

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ  
CENTRO DE ESTUDOS DO MAR**

**LAURA SORDO DE LAS NIEVES**

**ALTERAÇÕES NA ESTRUTURA E FUNCIONAMENTO DE UM BANCO DE  
*HALODULE WRIGHTII* (CYMODOCEACEAE) DURANTE UM FLORESCIMENTO  
MASSIVO DE EPÍFITAS NA BAÍA DE PARANAGUÁ (PARANÁ, BRASIL)**

**PONTAL DO SUL  
2008**

**LAURA SORDO DE LAS NIEVES**

**ALTERAÇÕES NA ESTRUTURA E FUNCIONAMENTO DE UM BANCO DE  
*HALODULE WRIGHTII* (CYMODOCEACEAE) DURANTE UM FLORESCIMENTO  
MASSIVO DE EPÍFITAS NA BAÍA DE PARANAGUÁ (PARANÁ, BRASIL)**

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado em Sistemas Costeiros e Oceânicos, Setor de Ciências da Terra da Universidade Federal do Paraná, pela aluna Laura Sordo de las Nieves, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Sistemas Costeiros e Oceânicos.

**Orientador:** Prof. Dr. Paulo da Cunha Lana

**PONTAL DO SUL  
2008**

S713

Sordo de Las Nieves, Laura, 1982-

Alterações na estrutura e funcionamento de um banco de *Halodule wrightii* (Cymodoceaceae) durante um florescimento massivo de epífitas na Baía de Paranaguá (Paraná, Brasil) / Laura Sordo de Las Nieves. – Pontal do Paraná, 2008. 60 f.: il.

Orientador: Prof. Dr. Paulo da Cunha Lana.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Paraná, Setor de Ciências da Terra, Centro de Estudos do Mar. Programa de Pós-graduação em Sistemas Costeiros e Oceânicos.

1. Macrofitas aquáticas . 2. Macroalgas . 3. Epífitas. 4. Bentos.  
5. Oceanografia biológica. I. Título. II. Lana, Paulo da Cunha.  
III. Universidade Federal do Paraná.

CDD 589.3

## TERMO DE APROVAÇÃO

**Laura Sordo de las Nieves**

**“ALTERAÇÕES NA ESTRUTURA E FUNCIONAMENTO DE UM  
BANCO DE *HALODULE WRIGHTII* (CYMODOCEACEAE)  
DURANTE UM FLORESCIMENTO MASSIVO DE EPÍFITAS NA  
BAÍA DE PARANAGUÁ (PARANÁ, BRASIL)”.**

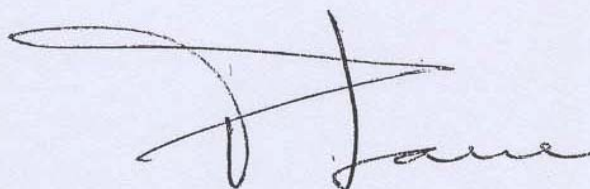
Dissertação aprovada como requisito parcial para a obtenção do grau de Mestre em Sistemas Costeiros e Oceânicos, da Universidade Federal do Paraná, pela Comissão formada pelos professores:



Prof. Dr. Joel Christopher Creed (UERJ)



Prof. Dr. Frederico Pereira Brandini (CEM-UFPR)



Prof. Dr. Paulo da Cunha Lana (CEM-UFPR)  
Presidente

*“No fundo, no fundo, tudo é bentos”*

*A minha família, aos meus amigos  
e colegas do laboratório de bentos  
e a todos os amigos do mundo  
inteiro*

## AGRADECIMENTOS

A minha maravilhosa família que amo com loucura, a minha mãe, Milagros de las Nieves Bonilla, ao meu irmão, Alvaro Sordo de las Nieves, e ao meu pai Manuel Sordo Faraldo, uma pessoa que sempre me incitou a lutar pelos meus sonhos. Este trabalho não poderia ter sido possível sem o seu apoio incondicional.

A Agencia Española de Cooperación Internacional (AECI) por fornecer a bolsa de mestrado ao longo de todo o período da dissertação.

Ao Dr. Paulo da Cunha Lana, amigo e o melhor orientador que poderia ter tido. Muito obrigada pela oportunidade de trabalhar com você, por toda ajuda e suporte logístico durante o mestrado.

Ao laboratório de Oceanografia Química do Centro de Estudos do Mar pelo ótimo trabalho em conjunto durante o mestrado. A Marília pela sua importante contribuição com as análises das amostras químicas, os cálculos dos fluxos bênticos e a ajuda no trabalho de campo. A Dra. Eunice Machado pela ajuda na interpretação dos resultados referentes à parte química, e pelo suporte logístico na parte química do trabalho.

A todos os funcionários do Centro de Estudos do Mar (CEM) da Universidade Federal do Paraná (UFPR), em especial aos marinheiros Josias, Zezé, Roney e Abrão, ao seu Antonio, Ester e aos funcionários da cantina por tão ótimas refeições, e aos professores e funcionárias do programa de pós-graduação de Sistemas Costeiro (PGSISCO) por todas as facilidades e ajuda. Em especial ao secretário da pós-graduação, Marcelo, pelo ótimo trabalho. A todos os amigos que me ajudaram no trabalho de campo: Maikon, Verônica, Tice, Fernando, Mariana, Lívia, Liciane, Felipe, Marco, Marília, Marcelo e os mergulhadores; o meu irmão Marcos, Ellie e Birigui, em especial a Flávia, pessoa amorosa, energética e grande mergulhadora que me ajudou muito no trabalho de campo. *Babies*, as coletas foram perfeitas graças a todos vocês.

A Dra. Beatriz Barbosa da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ) e aos doutores Eurico C. de Oliveira da Universidade de São Paulo (USP) e Luciano Fernandes da Universidade Federal do Paraná (UFPR) pelas identificações das macroalgas, microalgas e demais organismos epífitos. Obrigada a Franciane Pellizzari por toda a ajuda prestada e por me mostrar como fazer lâminas para ver as epífitas.

A Dra. Satie Taniguchi e ao Técnico Lourival Pereira de Souza no Laboratório de Química Orgânica Marinha (LABQOM) do Instituto Oceanográfico da USP, pela análise das

amostras de contaminantes por esgoto no sedimento. Ao Dr. César Martins pela ajuda nas interpretações dos resultados das concentrações de contaminantes de esgoto no sedimento.

Aos doutores Frederico Brandini e Joel Creed pela participação na banca examinadora e as críticas enriquecedoras, em especial a Fred por toda a ajuda prestada.

A Verônica, pessoa carinhosa e persistente, com a que aprendi muita coisa, especialmente sobre taxonomia de poliqueta e identificação das diferentes espécies do macrobentos. Muito obrigada por me ajudar desde o primeiro até o último dia, o meu tempo em Pontal não tivera sido a mesma coisa sem você.

Ao meu irmão do coração Maikon Di Domenico pela importante contribuição neste trabalho, nas análises estatísticas e na sua interpretação, e por todo o demais, amo você Maikito *"You are the number one!"*. A Mauricio Camargo pelas sugestões e interpretações dos dados estatísticos. A Ghise, pela análise das amostras de sedimento. A Marcelo Lamour pelo mapa da área de estudo

Ao Daniel, Fabio e Anita (ótima amiga e parceira do surf) pela inestimável ajuda nas correções do português no manuscrito e a Kalina, Flavia e Marcão pelos últimos toques na formatação.

A toda a família do bentos (UFPR/CEM), amigos queridos que fazem do trabalho diversão ao ritmo do cafezinho: a minha querida Micheli, Maikito, Verônica, a chiquitina de Tice, Leoncito, super Kalina, o bicho louco do Madeira(Alessandro), Fernando, Sambito, Marco (a ovelhinha risonha) e Fabio. A Marco, Vader e Daniel, amigos e colegas de NAGISA... não sabem o que significou formar parte de tão ótima equipe, pessoas que sempre estão dispostas a se ajudar dando o melhor de si mesmas, foi um prazer trabalhar com vocês. Nunca esqueçam de que *"no fundo no fundo tudo é bentos"*.

A todos os amigos que viraram família de Pontal do Sul (PR), muito obrigada por todos os jantares, churrascos, conversas, altos sons e momentos inesquecíveis, sempre lembrarei de cada um de vocês. As minhas irmãs brasileiras, Paula e Jú, amo tanto vocês chiquitinas, tive muita sorte de morar na casa de Jáh todo este tempo.

A todos os grandes amigos que vieram me visitar de diferentes partes do mundo; a Belén (Madri), a Javiera (Chile), a Jenna (EUA), o Attila ( Hungria), a minha prima Candela (Málaga), a Noemi(entre Florida e Espanha), a Maria e a Palomita (Tres Cantos, Madri), pessoas que me apoiarem desde o principio e compartilharem a minha alegria no paraíso. Sinto-me muito afortunada de ter recebido tanto amor durante este tempo.

## SUMÁRIO

### LISTA DE FIGURAS

### LISTA DE TABELAS

### RESUMO

### ABSTRACT

<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	1
1.1. Objetivos.....	5
<b>2. MATERIAIS E MÉTODOS</b> .....	6
2.1. Área de estudo.....	6
2.2. Planejamento amostral e procedimentos de campo e laboratório.....	8
2.3. Processamento dos dados.....	12
<b>3. RESULTADOS</b> .....	13
3.1. As variáveis ambientais e químicas.....	13
3.2. A comunidade epífita.....	19
3.3. Variáveis florísticas.....	20
3.4. Variáveis faunísticas.....	23
3.5. Relação entre variáveis florísticas e faunísticas.....	30
<b>4. DISCUSSÃO</b> .....	33
4.1. As variáveis ambientais e químicas.....	33
4.2. A flora.....	34
4.3. As epífitas.....	36
4.4. A fauna.....	37
4.5. Possíveis causas do florescimento das epífitas.....	38
<b>5. CONCLUSÕES</b> .....	40
<b>6. REFERÊNCIAS</b> .....	41
<b>ANEXO</b> .....	48



## LISTA DE FIGURAS

- Figura 1.** Eixo norte-sul do Complexo Estuarino de Paranaguá com indicação das regiões e locais de amostragem. P1 corresponde ao banco na Ilha Rasa da Cotinga e P2 ao banco na Ilha do Mel. A cor cinza escura indica a localização dos baixios de maré..... 7
- Figura 2.** Fluxos de oxigênio, amônia, nitrito, nitrato e fosfato ( $\text{mmol m}^{-2} \text{h}^{-1}$ ) nas quatro campânulas de acrílico usadas (duas claras e duas opacas) nos três períodos amostrais (dezembro 2006, maio 2007 e outubro 2007) na Ilha do Mel e na Ilha Rasa da Cotinga..... 16
- Figura 3.** Médias e erro padrão da biomassa (g) das plantas nos períodos amostrais de dezembro de 2006 (D06), maio de 2007 (M07) e outubro de 2007 (OUT07) nas áreas A, B e C na Ilha Rasa da Cotinga e na Ilha do Mel. As barras verticais representam um intervalo de confiança de 67%..... 21
- Figura 4.** Médias e erro padrão do número de folhas por eixo nos períodos amostrais de dezembro de 2006 (D06), maio de 2007 (M07) e outubro de 2007 (OUT07) na Ilha Rasa da Cotinga e na Ilha do Mel. As barras verticais representam um intervalo de confiança de 95%..... 22
- Figura 5.** Médias e erro padrão do número de folhas por eixo nos períodos amostrais de dezembro de 2006 (D06), maio 2007 (M07) e outubro 2007 (OUT07) nas áreas A, B e C na Ilha Rasa da Cotinga e na Ilha do Mel. As barras verticais representam um intervalo de confiança de 67%..... 22
- Figura 6.** Médias e erro padrão da distância entre intervalos do rizoma (mm) nos períodos amostrais de dezembro de 2006 (D06), maio de 2007 (M07) e outubro de 2007 (OUT07) nas áreas A, B e C na Ilha Rasa da Cotinga e na Ilha do Mel. As barras verticais representam um intervalo de confiança de 67%..... 23
- Figura 7.** Análise de proximidade (MDS), aplicada à matriz de abundância da macrofauna coletada na Ilha Rasa da Cotinga (■) e na Ilha do Mel (▲) nos três períodos amostrais (dezembro de 2006, maio de 2007 e outubro de 2007) sem nenhuma transformação dos dados (stress= 0,06)..... 23
- Figura 8.** Médias e erro padrão da riqueza de espécies (S) nos períodos amostrais de dezembro de 2006 (D06), maio de 2007 (M07) e outubro de 2007 (OUT07) na Ilha Rasa da Cotinga e na Ilha do Mel. As barras verticais representam um intervalo de confiança de 95%..... 24
- Figura 9.** Médias e erro padrão da abundância (N) nos períodos amostrais de dezembro de 2006 (D06), maio de 2007 (M07) e outubro de 2007

	(OUT07) na Ilha Rasa da Cotinga e na Ilha do Mel. As barras verticais representam um intervalo de confiança de 95%.....	25
<b>Figura 10.</b>	Análise de proximidade (MDS), aplicada à matriz de abundância da macrofauna coletada na Ilha Rasa da Cotinga nos três períodos amostrais, dezembro de 2006 (▼), maio de 2007 (▲) e outubro de 2007(■) nas três áreas de pradarias (A, B e C) sem nenhuma transformação dos dados (stress= 0,15).....	26
<b>Figura 11.</b>	Médias e erro padrão da abundância (N) nos períodos amostrais de dezembro de 2006 (D06), maio de 2007 (M07) e outubro de 2007 (OUT07) nas áreas A, B e C na Ilha Rasa da Cotinga e na Ilha do Mel. As barras verticais representam um intervalo de confiança de 67%.....	27
<b>Figura 12.</b>	Médias e erro padrão da riqueza de espécies (S) nos períodos amostrais de dezembro de 2006 (D06), maio de 2007 (M07) e outubro de 2007 (OUT07) nas áreas A, B e C na Ilha Rasa da Cotinga e na Ilha do Mel. As barras verticais representam um intervalo de confiança de 67%.....	27
<b>Figura 13.</b>	Análise de proximidade (MDS), aplicada à matriz de abundância da macrofauna coletada na Ilha do Mel nos três períodos amostrais, representando com “bubbles” a densidade da espécie <i>Caprella scaura</i> encontrada nos períodos amostrais de dezembro de 2006 (D06), maio de 2007 (M07) e outubro de 2007 (OUT07).....	28
<b>Figura 14.</b>	Análise de proximidade (MDS), aplicada à matriz de abundância da macrofauna coletada na Ilha do Mel nos três períodos amostrais, dezembro de 2006 (▼), maio de 2007(▲) e outubro de 2007(■) nas três áreas da pradaria (A,B e C) sem nenhuma transformação dos dados ( stress= 0,16).....	29
<b>Figura 15.</b>	Análise de proximidade (MDS), aplicada à matriz de abundância da macrofauna coletada na Ilha do Mel nos três períodos amostrais, representando com “bubbles” a densidade da espécie <i>Magelona papillicornis</i> encontrada nas diferentes áreas da pradaria (A, B e C).....	30
<b>Figura 16.</b>	Curvas de rarefação de Sanders representando a riqueza de espécies na Ilha do Mel e na Ilha Rasa da Cotinga.....	31
<b>Figura 17.</b>	Diagrama representativo dos eixos 1 e 2 obtidos na CCA, considerando a relação entre as variáveis florísticas e as espécies da macrofauna encontradas em ambos os locais (Ilha do Mel e Ilha Rasa da Cotinga) nos três períodos amostrais (dezembro de 2006, maio de 2007 e outubro de 2007).....	32

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1.</b>	Classificação, grau de seleção e percentagens de areia, silte, argila, matéria orgânica (M.O.) e carbonato de cálcio (CaCO <sub>3</sub> ) obtidos na Ilha Rasa da Cotinga (IC) e Ilha do Mel (IM) em Dezembro de 2006 (D), Maio de 2007 (M) e Outubro de 2007 (O).....	14
<b>Tabela 2.</b>	<p><b>(a)</b> Valores de Produção líquida e fluxos de nutrientes (mmol m<sup>-2</sup> h<sup>-1</sup>), clorofila (µg/l) seston e OD (mg/l) na Ilha Rasa da Cotinga (IC) e Ilha do Mel (IM) nos meses de dezembro (D), maio (M) e outubro (O). Nas esferas claras o aumento no fluxo de oxigênio (FO<sub>2</sub>) foi padronizado como positivo. Sendo (-) para os nutrientes incorporados no sedimento e (+) para os nutrientes que foram liberados na coluna de água.....</p> <p><b>(b)</b> Valores de Respiração líquida e fluxos de nutrientes (mmol m<sup>-2</sup> h<sup>-1</sup>) na Ilha Rasa da Cotinga (IC) e Ilha do Mel (IM) nos meses de dezembro (D), maio (M) e outubro (O). Nas esferas escuras o aumento do fluxo de oxigênio (FO<sub>2</sub>) foi padronizado como negativo. Sendo (-) para os nutrientes incorporados no sedimento e (+) para os nutrientes que foram liberados na coluna de água.....</p>	17
<b>Tabela 3.</b>	Valores de clorofila (µg/l) seston e OD (mg/l) na Ilha Rasa da Cotinga (IC) e Ilha do Mel (IM) nos meses de dezembro (D), maio (M) e outubro (O).....	18
<b>Tabela 4.</b>	Concentrações dos nutrientes (mmol) na Ilha Rasa da Cotinga (IC) e Ilha do Mel (IM) nos meses de dezembro (D), maio (M) e outubro (O).....	18
<b>Tabela 5.</b>	Concentrações de esteróides no sedimento (µg g <sup>-1</sup> peso seco) na Ilha Rasa da Cotinga e Ilha do Mel nas diferentes áreas (A, B, C). LDM = < 0,01 µg.g <sup>-1</sup> .....	19
<b>Tabela 6.</b>	Razões para avaliação dos valores obtidos a partir da razão entre diferentes esteróis. I : colestanol / colesterol (Jeng & Han,1994) ; II : campesterol / estigmasterol / β-sitosterol (Volkman, 1986).....	19
<b>Tabela 7.</b>	Espécies na Ilha Rasa da Cotinga que contribuíram com mais de 8% para a dissimilaridade nos diferentes períodos (SIMPER).....	25
<b>Tabela 8.</b>	Espécies na Ilha do Mel que contribuíram com mais de 8% para a dissimilaridade nos diferentes períodos (SIMPER).....	28

## RESUMO

O florescimento massivo de macroalgas e epífitas e a conseqüente redução da vegetação aquática submersa é um fenômeno mundial pouco conhecido e ainda não resolvido. Para avaliar como pradarias marinhas reagem a esta perturbação e que fatores ambientais podem estar envolvidos, comparamos a evolução temporal de variáveis florísticas, faunísticas e biogeoquímicas em dois bancos de *Halodule wrightii* localizados na proximidade da desembocadura da Baía de Paranaguá (sul do Brasil). O primeiro banco, localizado na Ilha Rasa da Cotinga, sofreu uma regressão devido a um aumento significativo na densidade de epífitos entre 2004 e 2007, ao contrário do banco localizado na Ilha do Mel, onde permaneceram baixas a diversidade e densidade das epífitas associadas. Amostras faunísticas, florísticas, ambientais e granulométricas foram coletadas e campânulas bênticas foram usadas para medir os fluxos de oxigênio e nutrientes no verão, outono e primavera. À medida que aumentou a quantidade de epífitas ao longo do tempo, aumentaram as diferenças nas características florísticas e faunísticas entre os dois locais. A pradaria da Ilha Rasa da Cotinga teve uma marcada variação sazonal e uma maior variabilidade interna entre as diferentes subáreas amostradas ao longo do tempo, com uma tendência para diminuição da biomassa e número de folhas. Houve um aumento na riqueza e abundância de espécies entre maio e outubro, juntamente com uma mudança na estrutura da comunidade macrobêntica, com o aparecimento do anfípoda *Caprella scaura* e uma importante diminuição do poliqueta *Magelona papillicornis*. A pradaria da Ilha do Mel apresentou uma menor variabilidade interna e diferenças sazonais menos marcadas, com exceção de um pico de alta densidade da espécie *Magelona papillicornis* em maio. A biomassa e o número de folhas aumentaram ao longo do tempo, atingindo valores máximos na primavera. A abundância e riqueza de espécies diminuíram e não houve qualquer mudança significativa na estrutura da comunidade macrobêntica. Este estudo demonstrou que as mudanças nos sistemas de pradarias foram inicialmente refletidas nas variáveis biológicas e quase imperceptíveis nas variáveis químicas. Com base nesta observação, propomos o uso das plantas e animais como indicadores iniciais para detectar processos de degradação da qualidade da água em eventos de regressão das pradarias marinhas.

Palavras-Chave: *Halodule wrightii*, Baía de Paranaguá (Brasil), macrófitas marinhas, regressão, macroalgas, epífitas, qualidade da água, macrobentos, fluxos de oxigênio e nutrientes, campânulas bênticas.

## ABSTRACT

Seagrass regressions as a consequence of algal blooms occur frequently around the world and their causes remain unresolved and controversial. To evaluate how these systems react to this disturbance, and which factors can be involved, we compared the temporal variation of biological and biogeochemical variables at two seagrass meadows of *Halodule wrightii* at Paranaguá bay (Southern Brazil), one located at Rasa da Cotinga Island where there was a significant increase of epiphyte biomass since 2004, and a second meadow located at Mel Island, where epiphytes were scarce. Faunistic, floristic, environmental and granulometric samples were collected and benthic chambers were used for the measurements of oxygen and nutrient fluxes. Differences between biological variables at both meadows increased with epiphyte growth. At Rasa da Cotinga Island there was a marked seasonal and internal variation in plant biomass and number of leaves that increased with time. The macrobenthic community responded to this change with a raise between May and October in the abundance and species richness together with an important change in the macrobenthic community, with the dominance of the amphipod *Caprella scaura* and a significant decrease in the contribution of the polychaete *Magelona papillicornis*. At the same time, Mel Island presented minor seasonal or internal variations, with the exception of a high density patch of the polychaete specie *Magelona papillicornis* found at the area B in May of 2007. The biomass and number of leaves increased with time and macrobenthic abundance and species richness tended to decrease without any other major changes in the structure of the community. This study showed that the first signs of degradation or regression of local seagrasses are rather reflected on biological variables than on the chemical ones. We propose the use of plant and animals as early indicators to detect the beginning of water quality degradation in events of seagrass regression.

Key-Words: *Halodule wrightii*, Paranaguá bay (Brazil), seagrasses, regression, macroalgae, epiphytes, water quality, macrobenthos, oxygen and nutrient fluxes, benthic chambers.

## 1. INTRODUÇÃO

As pradarias marinhas são encontradas em numerosas áreas costeiras de todo o mundo. São formadas por plantas superiores adaptadas à vida no mar, com flores e rizomas dos quais brotam eixos com folhas eretas e raízes para fixação (Creed & Araújo, 2005). Além de auxiliar na estabilização dos sedimentos, suportam uma grande variedade de organismos, são áreas de recrutamento para muitas espécies comerciais de peixes e moluscos e têm níveis de produção primária entre os maiores registrados para comunidades aquáticas submersas, podendo produzir cerca de 500 a 1000 g C/m<sup>2</sup>ano (Fezchel, 1973; Skilleter *et al.*, 2006). Normalmente não existem na natureza como compartimentos ecológicos isolados de outras plantas marinhas, estando geralmente associadas a outras formações, como manguezais ou sistemas de recifes de corais, no caso dos trópicos.

As pradarias marinhas são consideradas indicadores de saúde ambiental dos sistemas costeiros, na medida em que a sua dependência da luz e a proximidade da zona costeira as tornam suscetíveis aos efeitos das perturbações antropogênicas e naturais. Programas de monitoramento regionais e nacionais chegam mesmo a incorporar o acompanhamento da ocorrência e abundância das pradarias marinhas como base para procedimentos de manejo costeiro. As macrófitas marinhas têm diferentes funções e um efeito significativo nos processos físicos, químicos e biológicos de áreas costeiras em diferentes escalas espaciais (cm-km) e temporais (min-anos), podendo inclusive influenciar a produtividade de pescarias costeiras. Na Austrália, a necessidade de gerenciar as pescarias de uma forma sustentável tem sido um fator motivador da proteção destas formações. Em Queensland, as macrófitas marinhas são protegidas pelo *Queensland Fisheries Act 1994*, não podendo sofrer quaisquer intervenções sem licença ambiental, devido ao seu reconhecido papel no aumento da produtividade pesqueira (Coles *et al.*, 2004). Outras ações de manejo das pradarias visam a proteção de sistemas ecológicos mais amplos ou a manutenção da biodiversidade marinha como um todo (Short *et al.*, 2001).

É por isto que recentes regressões e extinções locais em todo o mundo têm sido motivo de preocupação (Burd & Dunton, 2001). Estes declínios podem ser reconhecidamente induzidos por perturbações naturais ou humanas, embora as últimas tenham sido responsabilizadas por mais de 70% dos casos relatados (Short & Wyllie-Echevarria, 1996).

As principais causas naturais do declínio na ocorrência e abundância das pradarias em grande escala são eventos físicos e meteorológicos, como mudanças nas taxas de

sedimentação e erosão, aumento da turbidez (causado por fatores como ressuspensão do sedimento por ventos fortes ou inundações causadas por rios), variabilidade na radiação solar (Nybakken, 2001), variabilidade climática inter-anual e eventos catastróficos, como furacões (Coles *et al.*, 2004).

Declínios das pradarias marinhas podem também estar relacionados com ciclos sazonais ou naturais de desenvolvimento das próprias plantas. Interações biológicas, como infestação por fungos (Orth *et al.*, 2006), herbívora (Nacken & Reise, 2000) e a atividade bioturbadora de alguns organismos (Philippart, 1994; Suchanek, 1983), estão entre as causas mais comuns do desaparecimento das pradarias marinhas. Grandes herbívoros como aves migratórias, tartarugas marinhas, ouriços-do-mar e peixes-bois podem reduzir significativamente a biomassa dos bancos. Por outro lado, a herbívora pode beneficiar diretamente as plantas pela remoção dos organismos epífitos (Hughes *et al.*, 2004).

Dentre as causas humanas, a eutrofização é uma das principais responsáveis pelo declínio global das pradarias marinhas, bem como de outras espécies de vegetação aquática submersa, ao estimular o florescimento massivo de algas epífitas e macroalgas (Hughes *et al.*, 2004). O florescimento massivo de algas é um fenômeno global, que está começando a se tornar mais freqüente (Phillips, 2006), aparentemente por causa do aumento generalizado de nutrientes na coluna d' água de regiões costeiras (Camargo & Alonso, 2006). Neste contexto, ameaças às pradarias podem se originar a longas distâncias da zona costeira, como é o caso das práticas agrícolas, que aumentam as cargas de sedimento e herbicidas provenientes de lixiviação da terra, com grande potencial de impactar extensas áreas vegetadas costeiras. No entanto, estes processos permanecem pouco conhecidos e ainda controversos.

Dragagens para a manutenção de canais de navegação também podem ter um impacto mecânico direto sobre as pradarias marinhas, mesmo que essas perdas sejam pequenas em comparação às causadas pelo aumento da turbidez da água. Nestes casos, os impactos documentados mais comuns têm sido a destruição física por assoreamento ou pela erosão resultante de alterações hidrológicas (Onuf, 1994). De acordo com Long *et al.* (1996), as dragagens também podem ter efeitos positivos sobre o crescimento das macrófitas pela adição de nutrientes na coluna de água. A implantação de obras costeiras, como portos, embarcadouros e praias recuperadas com materiais terrígenos pode também ter impactos negativos sobre bancos de macrófitas marinhas.

De acordo com Lee Long & Thom (2001), é essencial termos um melhor conhecimento dos padrões sazonais e inter-anuais das mudanças naturais nas pradarias marinhas para avaliar corretamente a natureza e intensidade das mudanças associadas a

atividades humanas. O crescimento, abundância, morfologia e capacidade reprodutiva das macrófitas marinhas dependem da disponibilidade de nutrientes. A principal fonte de nutrientes que sustenta as altas taxas de produção primária e biomassa observada nas macrófitas marinhas está na própria coluna d' água e no espaço intersticial dos sedimentos. Neste sentido, as macrófitas marinhas se diferenciam das algas, já que são plantas com sistemas radiculares bem desenvolvidos capazes de absorver e reciclar nutrientes do sedimento (Nybakken, 2001). Ainda não se sabe se N ou P são os fatores limitantes do desenvolvimento de pradarias marinhas em águas tropicais. Para Holmer *et al.* (2001), esta controvérsia sugere por si só que são necessários estudos adicionais para compreender a limitação do desenvolvimento de macrófitas marinhas tropicais. Embora as pradarias marinhas estejam entre os ecossistemas mais produtivos do oceano, a maioria dos estudos disponíveis se concentram em duas espécies, *Zostera marina* na zona temperada do hemisfério norte e *Thalassia testudinum*, nos trópicos. Pouco se sabe sobre a produtividade das outras espécies.

Um parâmetro adicional de grande valor para a descrição e eventual acompanhamento da degradação das pradarias é a composição das espécies animais a elas associadas (Ward, 1984). A comunidade animal que vive associada aos rizomas ou no interior do sedimento tende a ser mais diversificada do que em áreas não vegetadas adjacentes, devido a uma maior complexidade do habitat, e por sofrer menores flutuações sazonais devido às condições ambientais menos estressantes e mais constantes (Omena & Creed, 2004). Alguns dos papéis funcionais da macrofauna incluem a estabilização do sedimento, o controle parcial da turbidez da coluna de água em águas rasas, o processamento do carbono e nutrientes e o seqüestro de contaminantes (Herman *et al.*, 1999; Levin *et al.*, 2001). Um importante e diversificado grupo taxonômico de organismos bênticos são os bioturbadores, que modificam a estrutura sedimentar ao escavar o sedimento que ingerem e defecam, afetando assim a distribuição das partículas (Giangrande *et al.*, 2001).

Por outro lado, as propriedades do sedimento afetam as macrófitas marinhas (Longstaff & Dennison, 1999) e a macrofauna associada de diversas maneiras. A quantidade de matéria orgânica, argila e silte têm um papel primário na determinação da diversidade e abundância da macrofauna (Lana & Guiss, 1991; Thrush *et al.*, 2003). Bancos de macrófitas marinhas tendem a acumular sedimentos mais finos com uma alta quantidade de matéria orgânica (M.O.) em comparação com áreas não vegetadas (Friend *et al.*, 2003).

*Halodule wrightii* Ascherson é a espécie mais freqüente e amplamente distribuída nas pradarias marinhas ao longo da costa brasileira, com exceção da região sul, onde a espécie



*Ruppia marítima* L. domina amplos setores do Complexo Estuarino da Lagoa dos Patos (Creed, 1999). Outras espécies reportadas no Brasil são *Halodule emarginata* den Hartog, *Halophila decipiens* Ostenfeld e *Halophila baillonii* Ascherson (Oliveira *et al.*, 1983).

Macrófitas do gênero *Halodule* são normalmente encontradas em áreas arenosas e rasas (Creed, 2003; Corbisier, 1994; Oliveira *et al.*, 1983, 1997), distribuindo-se desde regiões tropicais do Caribe e no Golfo do México, onde contribuem com uma percentagem significativa da produção primária, até o sul da costa brasileira, onde formam pradarias menos extensas. As espécies de *Halodule* podem atuar como pioneiras e prevalecer em habitats não favoráveis para outras espécies de macrófitas marinhas. O gênero parece ter uma ampla tolerância ecológica (Hartog, 1973), característica que poderia favorecer o seu plantio ou transplante em áreas degradadas que estão sendo recuperadas. *Halodule wrightii* é sensível a alterações na quantidade de luz (Neely, 2000), circulação na água, temperatura, salinidade (Onuf *et al.*, 2003) e nutrientes (Hauxwell *et al.*, 2001). Por outro lado, como as suas folhas são finas e flexíveis, pode tolerar prolongados períodos de exposição (Mattson, 2000).

Na Baía de Paranaguá (Paraná, Brasil), manchas de extensão variável de *Halodule wrightii* ocorrem em baixios ou planícies de marés nas Ilhas do Mel, Rasa da Cotinga (Lana *et al.*, 2001) e Cobras (*obs. pess.*), onde podem formar extensas pradarias, embora sua distribuição local esteja provavelmente condicionada pela alta turbidez da água e pelas temperaturas médias relativamente baixas, em área próxima do limite sul da distribuição geográfica conhecida.

Devido à escassez de trabalhos sobre macrófitas marinhas na América do Sul, são ainda insatisfatórias as informações sobre alterações regionais na sua distribuição e abundância. Até agora, o único episódio de regressão documentada de *Halodule wrightii* no Brasil foi relatada para o Rio de Janeiro (Creed, 2003). Em geral, os estudos disponíveis estão restritos à análise de metais pesados em *H. wrightii*, que acumula altas concentrações de zinco e cádmio (Lacerda & Rezende, 1986), e aos efeitos do dano físico causado por âncoras em macrófitas e macroalgas (Creed & Amado Filho, 1999). Apesar da falta de publicações relacionadas aos impactos nos bancos de macrófitas, a proximidade de áreas urbanas estuarinas ou costeiras sugere a existência de impactos não documentados, já que não existe uma legislação específica que proteja estes ecossistemas (Creed, 2000).

Os bancos de *Halodule wrightii* vêm sendo estudados na região da Baía de Paranaguá por Fournier & Lana (*com. pess.*) desde 2004. Um declínio significativo dos bancos na Ilha Rasa da Cotinga (Baía de Paranaguá) passou a ser observado entre 2005 e 2007 (*obs. pess.*). Em julho de 2005, houve um declínio drástico e o eventual desaparecimento do banco local

de *H. wrightii*. Posteriormente foi registrado um novo banco do lado do primeiro, que também passou a sofrer uma regressão a partir de dezembro de 2006. Estas regressões foram hipoteticamente atribuídas ao florescimento de epífitas que por sua vez acarretam o sombreamento das macrófitas marinhas, o branqueamento dos rizomas e a perda de cor da planta, seguida da mortalidade dos bancos.

Para avaliar como o ecossistema está reagindo a esta perturbação e que fatores ambientais podem estar envolvidos nestas mudanças, comparamos a evolução temporal de variáveis florísticas, faunísticas e químicas em dois bancos de *Halodule wrightii* localizados na proximidade da desembocadura da Baía de Paranaguá em dezembro de 2006 (verão), maio (outono) e outubro (primavera) de 2007. O primeiro banco, localizado na Ilha Rasa da Cotinga, esteve sujeito a um aumento significativo na densidade de epífitas ao longo dos três últimos anos, ao contrário do banco localizado na Ilha do Mel, onde permaneceram baixas a diversidade e densidade de epífitas associadas, com exceção da macroalga *Hypnea musciformis*, registrada em maio de 2007, mas sempre em baixas quantidades e sem aparentemente afetar a pradaria.

### 1.1. Objetivos

Este estudo aborda o problema da regressão das pradarias marinhas sob um enfoque integrado para se ter uma melhor compreensão da situação atual dos bancos da Baía de Paranaguá.

O objetivo geral do trabalho foi descrever as alterações na estrutura e funcionamento de um banco local de *Halodule wrightii*, expressas por variáveis químicas, físicas e biológicas, comparando os padrões encontrados em um banco em regressão na Ilha Rasa da Cotinga, afetado pelo florescimento massivo de epífitas, com um banco na Ilha do Mel, sem infestação importante de epífitas. A hipótese a ser testada é de que o aumento na densidade das epífitas e o conseqüente sombreamento do banco causam diferenças significativas na estrutura e funcionamento das pradarias, e que estas diferenças tendem a aumentar ao longo do tempo, com o avanço dos processos de regressão e degradação. A hipótese nula é que não há diferenças significativas na estrutura e funcionamento de pradarias livres de epífitas.

Apesar dos bancos de macrófitas marinhas e a sua fauna associada terem sido geralmente bem descritos em diferentes áreas costeiras, pouco se conhece a respeito das conseqüências ecológicas dos florescimentos massivos de algas epífitas sobre as plantas, sobre a fauna e sobre os fluxos de nutrientes. Variáveis químicas, incluindo as taxas de consumo de oxigênio no sedimento e os fluxos de nutrientes na interface água-sedimento

(fosfato, amônia, nitrato e nitrito inorgânicos dissolvidos, nitrogênio e fósforo total no sedimento), foram medidas com o uso de campânulas bênticas. Foram acompanhadas variáveis físico-químicas adicionais, como pH, temperatura, clorofila, material particulado em suspensão (séston) e realizadas análises de contaminantes por esgoto no sedimento. As variáveis florísticas analisadas compreenderam a distância entre os intervalos do rizoma horizontal (*plastochrone interval*), a biomassa da macrófita, dos organismos epífitos (restrita ao mês de outubro) e o número, comprimento e largura das folhas. As variáveis faunísticas incluíram a abundância e a riqueza das espécies macrobênticas associadas às macrófitas.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1. Área de estudo

A Baía de Paranaguá (25°20'-25°35'S/48° 20' - 48°45'W) é um dos ecossistemas estuarinos mais importantes do Atlântico Sudoeste, abrangendo cerca de 600 km<sup>2</sup> de superfície de água, incluindo dois corpos de água principais, as baías de Paranaguá e Antonina em sua porção sul e as baías de Laranjeiras e Pinheiros ao norte. Compreende uma rica diversidade de habitats, incluindo restingas, manguezais, marismas, bancos de macrófitas marinhas, costões rochosos e extensos baixios de maré não vegetados. Levantamentos preliminares têm indicado que os baixios de maré da região cobrem uma área de 310 km<sup>2</sup>, podendo alcançar até 2 km de largura e sendo principalmente colonizados por manguezais e marismas, mesmo que extensas áreas permaneçam não vegetadas (Netto & Lana, 1997) (Figura 1).

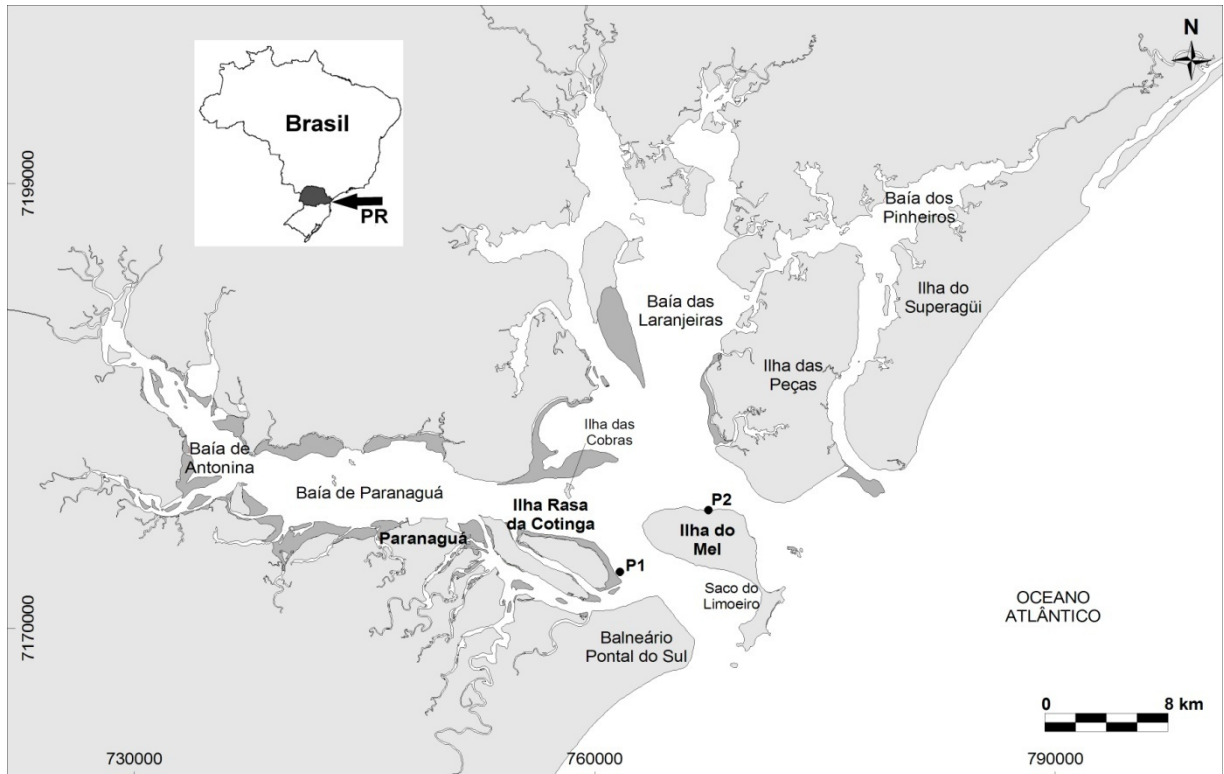


Figura 1. Eixo norte-sul do Complexo Estuarino da Baía de Paranaguá com indicação das regiões e locais de amostragem. P1 corresponde ao banco na Ilha Rasa da Cotinga e P2 ao banco na Ilha do Mel. A cor cinza escura indica a localização dos baixios de maré.

De acordo com Netto & Lana (1997), a Baía de Paranaguá pode ser dividida em três setores diferentes de acordo com os parâmetros físico-químicos, as características do sedimento e o regime hidrodinâmico. O *setor euhalino* de alta energia se situa entre a Ilha do Mel e a Ilha Rasa da Cotinga. Os sedimentos são constituídos de areia fina bem selecionada e os teores de matéria orgânica e de umidade são os menores encontrados no estuário. O *setor polihalino*, situado entre a Ilha da Cotinga e a Ilha das Peças, é caracterizado por sedimentos com areia muito fina e mal selecionada, exceto em planícies próximas a desembocadura de rios de grande energia, onde predominam sedimentos grosseiros com a presença de grânulos de seixos. O *setor mesohalino* está localizado na região a montante do estuário, que compreende a Baía de Antonina, caracterizado por baixa energia e por sedimento fluído siltico argiloso. Suas planícies entre-marés apresentam os maiores teores de matéria orgânica e umidade, conferindo um baixo grau de compactação dos sedimentos.

Há três ou quatro décadas a área é considerada bem preservada e a maioria das perturbações eram de pequena escala, geralmente associadas às atividades extrativistas ou agrícolas tradicionais. Na atualidade novos problemas têm aparecido. O crescimento e desenvolvimento urbano da cidade e o Porto de Paranaguá têm contribuído para o aumento da

eutrofização por esgotos com elevados níveis de matéria orgânica e contaminantes no sedimento (Andriguetto-Filho, 1998).

O Porto de Paranaguá é o mais importante no Sul do Brasil com relação à exportação de grãos. Impactos ambientais significativos estão associados às operações do porto, incluindo dragagens, introdução de espécies pelo tráfego dos navios, estocagem de produtos químicos e granéis, disposição de resíduos, etc.

## 2.2. *Planejamento amostral e procedimentos de campo e laboratório*

Pequenos bancos de *Halodule wrightii* ocorrem nos baixios de maré do setor euhalino da baía, na Ilha Rasa da Cotinga, na Ilha das Cobras, e em diferentes áreas da Ilha do Mel, como na Ponta Oeste, no Saco de Limoeiro e no lado esquerdo do istmo em Nova Brasília.

A pradaria em regressão está localizada em um baixio de maré em frente à Ilha Rasa da Cotinga ( $25^{\circ}31'51,6''S/48^{\circ}23'47,5''W$ ) em um ambiente de alta energia, paralelo ao canal de acesso ao Porto de Paranaguá, submetida à poluição indireta da cidade de Paranaguá, que é o maior núcleo urbano da baía. Há três grandes manchas levemente elevadas que só ficam expostas nas marés mais baixas de quadratura ou sizígia, com uma extensão aproximada de 0,8 km.

A pradaria sem florescimento de epífitas se localiza na Ponta Oeste da Ilha do Mel ( $25^{\circ}29'37,2''S/48^{\circ}20'24,31''W$ ), em uma área não urbanizada, dentro de uma reserva natural, de difícil acesso. O banco se encontra em um baixio de maré paralelo à praia, em um ambiente de baixa energia. O local tem pequenos sangradouros procedentes dos manguezais que desembocam na área de estudo. A pradaria tem uma distribuição heterogênea formada por manchas de diferentes tamanhos que se distribuem ao longo de uma praia de aproximadamente 2 km.

Os pontos de coleta foram georreferenciados, utilizando o sistema de posicionamento global (GPS). Para avaliação da variabilidade biológica interna de cada pradaria e adequada representatividade amostral, cada banco foi dividido em três áreas (A, B e C), em cada uma das quais foram coletadas cinco réplicas ou unidades amostrais, sendo coletadas 15 réplicas por pradaria e período para as variáveis biológicas.

Para as análises de contaminantes por esgoto, foram coletadas três amostras por local, uma em cada área da pradaria. Amostras biológicas e medidas físico-químicas foram

tomadas em ambos os bancos, sempre em marés de quadratura, em três períodos diferentes: dezembro (verão) de 2006, maio (outono) de 2007 e outubro (primavera) de 2007.

Para a avaliação dos nutrientes na interface água-sedimento nos bancos amostrados, em cada dia de amostragem foram utilizadas quatro campânulas bênticas de acrílico (com 0,0167 m<sup>3</sup> de volume e 0,125 m<sup>2</sup> de área), duas delas transparentes, para as medições de produção líquida, e duas escuras, para as medições de respiração líquida, a uma profundidade de 1-2 metros. A produção líquida é a produção observada quando produção e respiração ocorrem ao mesmo tempo. As campânulas foram fixadas no sedimento com um marco de ferro no centro aproximado de cada pradaria. Foi possível reduzir os eventuais problemas causados pelo confinamento, com a formação de gradientes dentro das campânulas, homogeneizando manualmente a coluna d'água no interior das campânulas (Plus *et al.*, 2001) no início do experimento e de hora em hora. Foi utilizado mergulho autônomo para a fixação das campânulas, retirada das amostras e homogeneização da água durante o tempo de incubação.

Cada incubação *in situ* durou cerca de 3 – 3,5 horas, dependendo das condições climáticas do dia da amostragem. Amostras de água foram coletadas dentro das campânulas, para as diferentes análises, com auxílio de oito seringas (100 ml) no início e no final de cada incubação. As amostras foram filtradas em filtros de fibra de vidro Schleicher & Schuell GF-52C e armazenadas em frascos de polietileno, sob refrigeração, para posterior análise de nutrientes inorgânicos dissolvidos (fosfato, amônio, nitrato e nitrito) e nutrientes orgânicos totais (nitrogênio e fósforo) (Grasshoff *et al.*, 1983). Da água amostrada, mediu-se imediatamente a temperatura, com um termômetro de mercúrio (0,1 de precisão), salinidade, através de um salinômetro de indução (precisão de 1 unidade), pH, com um pHmetro digital (0,01 de precisão) e oxigênio dissolvido, determinado segundo Strickland & Parsons, (1972), baseado no método iodométrico clássico de Winkler.

As concentrações de oxigênio dissolvido foram convertidas de ml/l a mg/l, aplicando-se o fator de 1,43 (Carmouze, 1994). O oxigênio dissolvido e nutrientes na interface água-sedimento foram estimados através da variação das concentrações de oxigênio dissolvido e nutrientes nas campânulas durante as incubações usando a equação de Carmouze (1994);

$$F_i = \frac{([i]_{t_0} - [i]_{t_f}) * V/A}{T}$$

Onde:

F<sub>i</sub>: Fluxo do constituinte i, por unidade de área e de tempo (μmol. m<sup>-2</sup> h<sup>-1</sup>);

$[i]_{t_0}$ - $[i]_{t_f}$  : Concentrações inicial e final, respectivamente, do constituinte  $i$ ;

V: Volume (em litros=  $dm^3$ ) de água incubada

A: Área de sedimento encerrada em  $m^2$  e,

T: Tempo de incubação em horas.

De acordo com a equação acima foi possível inferir se ocorreu a liberação dos constituintes para a coluna d' água (valores positivos) ou a incorporação desses constituintes pelo sedimento (valores negativos).

Concomitante às incubações com as campânulas bênticas, também foi realizada a incubação de água de fundo, em frascos de oxigênio escuro, para correção das variações nas concentrações de oxigênio dissolvido ocorridas na água incubada nas caixas. Para tal, efetuou o seguinte cálculo:

$$\text{COS corrigido} = \Delta[\ ] \text{ OD inc} - \Delta[\ ] \text{ OD fundo}$$

Onde:

F: fator de correção;

$\Delta[\ ] \text{ OD inc}$ : Variação na concentração de OD encontrada na água de fundo incubada (escuro) na caixa bêntica (água + sedimento) dividida pelo tempo de incubação em horas;

$\Delta[\ ] \text{ OD fundo}$  : Diferença na concentração de OD na água de fundo inicial e a final incubada nos frascos escuros ( somente da água de fundo) dividida pelo tempo de incubação em horas)

A partir desta correção obteve-se o consumo de oxigênio ocorrido exclusivamente na interface água sedimento, para cada tipo de campânula (clara ou escura).

Para a determinação de clorofila-*a* foram filtradas cerca de 30 ml das amostras em filtros SS52  $\mu m$ , que permaneceram congelados até a análise. O método empregado foi o fluorimétrico, descrito por Strickland & Parsons (1972), com a utilização de um fluorômetro Turner Designs, modelo AU-10.

Para a determinação dos teores de seston foram filtradas cerca de 120 ml de cada amostra de água em filtros de fibra de vidro, previamente lavados e pesados. Esses filtros permaneceram congelados até a análise, que consiste na determinação da diferença gravimétrica entre os filtros com amostra e os filtros vazios (Strickland & Parsons, 1972).

As amostras faunísticas e florísticas foram coletadas após a incubação das campânulas bênticas para não perturbar o sedimento, usando corers de PVC de 15 cm de

diâmetro e 10 cm de altura, com a maré mais seca. Para a triagem das amostras foram utilizadas malhas de 0,5 mm. Após triagem, os organismos foram anestesiados com Cloreto de Magnésio, fixados em formalina 4% durante 24 horas e preservados em álcool 70%. Devido à alta densidade de detritos em algumas amostras estas foram coradas com rosa de bengala. Os organismos foram identificados e quantificados em nível de espécie quando possível.

As macrófitas foram separadas do sedimento e refrigeradas para análises posteriores. As algas epífitas foram separadas das plantas somente na coleta de outubro, já que nos outros períodos sua quantidade era tão pequena que não foi possível retirá-las sem afetar a biomassa das plantas. As plantas e epífitas foram secadas durante 6h a 80°C e pesadas em uma balança de alta precisão para obter a biomassa. Dois eixos da planta por amostra foram separados para contagem do número de folhas, e medidos o comprimento, largura das folhas e a distância de três intervalos diferentes do rizoma horizontal (*plastochrone interval*) medido com o auxílio de um paquímetro e um microscópio estereoscópico.

Amostras de sedimento para a análise de esteróides fecais foram processadas segundo a metodologia descrita por Kawakami & Montone (2002). Os extratos resultantes foram levados até peso seco constante. Ao resíduo foi adicionado N, O-bis (trimetil-silil-trifluor-acetamida) / trimetil-cloro-silano (BSTFA / TMCS – 99:1) (Supelco) e deixados em banha-maria (65 °C) por 90 minutos para a reação de derivação. A mistura dos esteróis na forma de derivados trimetil-silícicos foi obtida através da injeção (*splitless*) de 2 µl da amostra em um cromatógrafo a gás Hewlett Packard (HP), modelo 5890 II, acoplado a um espectrômetro de massas (GC-MS) e uma coluna capilar Ultra 2 da HP, com 50 m de comprimento, 0,25 mm de espessura do filme, 0,32 mm de diâmetro interno e fase estacionária de 5% fenil-metil-silicona, com a seguinte razão de aquecimento: (1) 40 - 240 °C a 20 °C min<sup>-1</sup>, (2) 240 - 255 °C a 0,25 °C min<sup>-1</sup>, (3) isotérmico a 255 °C por 10 min, (4) 255 - 300 °C a 20 °C min<sup>-1</sup>, (5) isotérmico a 300 °C por 5 min. O limite de detecção (LD), definido como três vezes o desvio padrão do sinal no mesmo tempo de retenção dos compostos analisados no branco, foi de 10 ng.g<sup>-1</sup> para todos os esteróis e cetonas estudadas (Qian & Jackson, 1997).

As amostras de sedimento para análises granulométricas foram processadas segundo a metodologia descrita por Suguio (1973) para peneiramento em intervalos de 0,5 phi e pipetagem em intervalos de 1 phi. Os parâmetros granulométricos foram obtidos com o programa SysGran, versão 3.0 (Camargo, 2006), pelo método de McCammon (1962). Para a determinação do teor de carbonatos, uma fração da amostra do sedimento foi exposta à



dissolução ácida com ácido clorídrico (HCl) a 10% de volume. O teor de matéria orgânica foi determinado pela queima de 5 gramas do material coletado em forno mufla a 800<sup>o</sup> C por oito horas. Dados relativos às precipitações, temperatura do ar e radiação foram tomados da estação meteorológica automática do Centro de Estudos do Mar, que é monitorada permanentemente pelo Laboratório de Física Marinha.

### 2.3. *Processamento dos dados*

Para a análise das variáveis químicas foram obtidas médias da clorofila, seston, oxigênio dissolvido e concentrações de nutrientes nas esferas claras e escuras e comparados por separado os valores dos fluxos de cada uma das campânulas.

Para a análise das variáveis florísticas foram obtidas médias das 15 amostras por local e período para o comprimento, largura e número de folhas por eixo, distância entre-nós e diâmetro do rizoma.

Para o reconhecimento visual das principais tendências de variação da fauna foi utilizado o escalonamento multidimensional (MDS) que é uma representação gráfica ou “mapa” da similaridade entre as amostras do macrobentos. Para averiguar se houve diferenças significativas ( $p < 0.05$ ) nas comunidades entre os locais e os períodos amostrais aplicou-se a análise de similaridade ANOSIM bi-fatorial. A análise de similaridade percentual (SIMPER – *similarity percentages*) foi usada para identificar os táxons que mais contribuíram para as diferenças entre as duas pradarias (Clarke, 1993). A relação entre os locais e os períodos amostrais foi calculada através dos coeficientes de similaridade de Bray & Curtis. Estas análises foram geradas com o pacote PRIMER (*Plymouth Routine in Multivariate Ecological Research-Plymouth University*)

A significância da variabilidade espaço-temporal da biomassa, distância entre os intervalos do rizoma horizontal, comprimento e número de folhas por eixo, riqueza de espécies (S) e abundância (N) da fauna foram avaliadas por meio de uma análise de variância trifatorial (ANOVA-trifatorial). Foram considerados como fatores fixos o período amostral (dezembro, maio e outubro), os locais (Ilha Rasa da Cotinga e Ilha do Mel), as áreas (comparando as três áreas, A, B e C, em cada local para verificar se existe uma variação interna) e as suas interações como fontes de variação. O grau de homogeneidade das variâncias foi avaliado pelo teste de Monte Carlo e aceita para  $p > 0,05$ . Não foi necessário transformar os dados.

A análise de Correspondência Canônica (CCA) foi aplicada sobre a matriz de abundância de todas as espécies da macrofauna encontradas, nos três períodos e nos dois locais, para verificar quão robustas são as correlações entre a abundância das espécies da macrofauna e as variáveis florísticas.

Para uma análise comparativa da riqueza de espécies empregou-se adicionalmente o método da curva de rarefação proposto por Sanders (1968), que permite estimar o número de espécies nas comunidades através da comparação entre várias amostras. A curva de rarefação, utilizada para avaliar a relação entre a abundância de indivíduos e a diversidade é uma boa base comparativa entre os locais, pois não leva em consideração a área amostral, mas sim o número de indivíduos contados. É um modelo matemático que considera a probabilidade de uma espécie ser encontrada quando "n" indivíduos são contados.

### 3. RESULTADOS

#### 3.1. *Variáveis ambientais e químicas*

Não houve precipitações nos dias anteriores à coleta de dezembro na Ilha Rasa da Cotinga, mas aconteceram precipitações leves às 02h00min de 0,4 mm no dia da amostragem (12/12). No dia 13 de dezembro na Ilha do Mel houve precipitações de 0,2-1,6 mm das 02h00min às 09h00min da manhã. No período de maio não houve precipitações no dia da coleta na Ilha Rasa da Cotinga (23/05), mas houve precipitações de 0,6-3,8 mm em 22 de maio das 02h00min-08h00min. No dia da coleta na Ilha do Mel (23/05) não houve precipitações. Em outubro, não ocorreram precipitações nos dias de coleta, mas sim nos dias imediatamente anteriores, no dia 14 à tarde (0,4-12,2 mm), durante todo o dia 15 (0,2-2,4 mm) e no 16 (0,2-3,2 mm) principalmente no final do dia.

Os maiores níveis de radiação foram registrados no verão na Ilha Rasa da Cotinga ( $832,0 \text{ W/ m}^2$ ), no outono na Ilha do Mel ( $560,1 \text{ W/ m}^2$ ) e na primavera na Ilha Rasa da Cotinga ( $792,6 \text{ W/ m}^2$ ). A temperatura do ar variou entre 26-26,5°C, no verão, 20-21°C no outono e 23 - 24 °C na primavera.

A textura do sedimento foi similar em ambos os locais (Tabela 1), variando de areia muito fina a areia fina, moderadamente selecionada a muito bem selecionada. A concentração de matéria orgânica somente variou entre locais em maio, quando se registrou o maior valor na Ilha do Mel (2,93%) e o menor valor na Ilha Rasa da Cotinga (0,62 %). A percentagem de  $\text{CaCO}_3$  no sedimento não apresentou variações significativas entre períodos ou locais

variando entre 2,79-3,79%. A classificação e grau de seleção do sedimento bem como as percentagens de areia, silte, argila, matéria orgânica e carbonato de cálcio, são apresentados na Tabela 1. O pH (7,20-8,23) não variou significativamente entre os locais e os períodos. A salinidade oscilou entre 26,5 – 30 g/kg em todos os períodos e locais, exceto em dezembro na Ilha do Mel quando caiu para 15 g/kg.

Tabela 1. Classificação (AMF=Areia Muito Fina; AF= Areia Fina), grau de seleção (MS= Moderadamente Selecionado; BS= Bem Selecionado; MBS= Muito Bem Selecionado) e percentagens de areia, silte, argila, matéria orgânica (M.O.) e carbonato de cálcio (CaCO<sub>3</sub>) obtidos na Ilha Rasa da Cotinga (IC) e Ilha do Mel (IM) em dezembro de 2006 (D), maio de 2007 (M) e outubro de 2007 (O).

<b>Período</b>	<b>Dezembro</b>	<b>2006</b>	<b>Maio</b>	<b>2007</b>	<b>Outubro</b>	<b>2007</b>
<b>Local</b>	<b>RasaCotinga</b>	<b>Mel</b>	<b>RasaCotinga</b>	<b>Mel</b>	<b>RasaCotinga</b>	<b>Mel</b>
Classificação	AMF	AMF	AMF	AF	AMF	AF
Grau de seleção	MS	BS	MS	BS	MBS	MBS
Areia(%)	94,12	95,45	96,20	96,64	97,53	97,67
Silte(%)	3,44	2,07	2,41	1,68	1,00	1,33
Argila(%)	2,38	2,412	1,390	1,68	1,33	0,99
M.O.(%)	1,71	1,20	0,62	2,93	0,98	0,63
CaCO <sub>3</sub> (%)	2,79	3,32	3,53	3,46	3,79	3,57

Os fluxos de oxigênio e nutrientes estão representados na Figura 2 e os valores obtidos nas esferas claras (Tabela 2 a) e nas escuras (Tabela 2 b).

Nas esferas claras houve uma maior produção de oxigênio nos períodos de dezembro e maio na Ilha do Mel (2, 413 e 5,449 mmol m<sup>-2</sup> h<sup>-1</sup> em dezembro e 1,36 e 5 mmol m<sup>-2</sup> h<sup>-1</sup> em maio) em comparação com a produção observada na Ilha Rasa da Cotinga (0,216 e 1,768 mmol m<sup>-2</sup> h<sup>-1</sup> em dezembro e -0,83 e 0,11 mmol m<sup>-2</sup> h<sup>-1</sup> maio). Em outubro, a produção de oxigênio mudou em ambos os locais atingindo os valores máximos observados nos três períodos na Ilha Rasa da Cotinga (1,63 e 2,83 mmol m<sup>-2</sup> h<sup>-1</sup>) e os valores mínimos observados na Ilha do Mel (-1,48 e -0,65 mmol m<sup>-2</sup> h<sup>-1</sup>). A maioria dos valores para o fluxo de oxigênio nas esferas escuras foram negativos. As maiores taxas de consumo de oxigênio pelo sedimento (COS), ou fluxo de oxigênio nas esferas escuras, foram observadas em outubro na Ilha Rasa da Cotinga (-0,13 e -2,57 mmol m<sup>-2</sup> h<sup>-1</sup>). Houve uma elevada produção de oxigênio na campânula escura-2 em maio na Ilha do Mel (2,91 mmol m<sup>-2</sup> h<sup>-1</sup>). Isto pode ser devido a uma infiltração de água durante o experimento, o que explicaria os altos valores de produção de oxigênio na campânula escura onde era esperado ter um maior consumo, e o aumento de seston na água coletada da campânula no final do experimento (indo de 7,22 a 8,87 mg/l).

Os valores dos fluxos de  $\text{NH}_4$  foram negativos ou pouco elevados em ambos os locais. Os menores valores foram registrados na Ilha do Mel em maio (-0,24 e -0,05  $\text{mmol m}^{-2} \text{h}^{-1}$ ) e os maiores na Ilha do Mel em dezembro (0,02 e 0,019  $\text{mmol m}^{-2} \text{h}^{-1}$ ) nas campânulas claras. Os valores dos fluxos de  $\text{NO}_2$  foram pouco elevados em ambos os locais, com valores máximos em maio na Ilha Rasa da Cotinga (0,01 e 0,041  $\text{mmol m}^{-2} \text{h}^{-1}$ ) e os menores em maio na Ilha do Mel (-0,007 e 0,00097  $\text{mmol m}^{-2} \text{h}^{-1}$ ). Os fluxos de  $\text{NO}_3$  foram pouco elevados em ambos os locais, atingindo os menores valores em dezembro na Ilha do Mel (0,033 e -0,006  $\text{mmol m}^{-2} \text{h}^{-1}$ ) e em outubro na Ilha Rasa da Cotinga (-0,0078 e 0,0093  $\text{mmol m}^{-2} \text{h}^{-1}$ ).

Houve inconsistências nos valores de  $\text{NO}_3$  nas campânulas bênticas claras na Ilha do Mel em maio (0,02 e -0,02  $\text{mmol m}^{-2} \text{h}^{-1}$ ) e em outubro na Ilha Rasa da Cotinga (-0,02 e 0,01  $\text{mmol m}^{-2} \text{h}^{-1}$ ). Isto pode ter sido causado por infiltração durante o experimento na campânula clara-2 em maio na Ilha do Mel, onde foi observado um aumento de seston na água coletada no final do experimento ( indo de 53 a 58,72  $\text{mg/l}$ ). Por outro lado, não houve infiltrações de água aparentemente em nenhuma das campânulas claras em outubro na Ilha Rasa da Cotinga. As divergências entre ambas podem ser devidas a outros fatores, como por exemplo, um diferente grau de bioturbação dos sedimentos. Os valores dos fluxos de  $\text{PO}_4$  foram pouco elevados ou negativos em ambos os locais. Os menores valores foram encontrados em maio na Ilha do Mel (0,037 e -0,26  $\text{mmol m}^{-2} \text{h}^{-1}$ ).

Os fluxos de nutrientes nas esferas escuras variaram de forma similar ao longo do tempo nos dois locais (Tabela 2b). Em dezembro e maio, houve um maior consumo dos nutrientes em ambos os locais (valores negativos), ou valores pouco elevados, como  $\text{PO}_4$  em dezembro na Ilha do Mel (0,0005 e 0,0004  $\text{mmol m}^{-2} \text{h}^{-1}$ ). Em maio na Ilha do Mel ocorreu o maior consumo de  $\text{PO}_4$  (-0,027 e -0,18  $\text{mmol m}^{-2} \text{h}^{-1}$ ). O valor mais baixo observado para o fluxo de  $\text{NH}_4$  foi encontrado na esfera escura-1 na Ilha Rasa da Cotinga em outubro (-0,7  $\text{mmol m}^{-2} \text{h}^{-1}$ ).

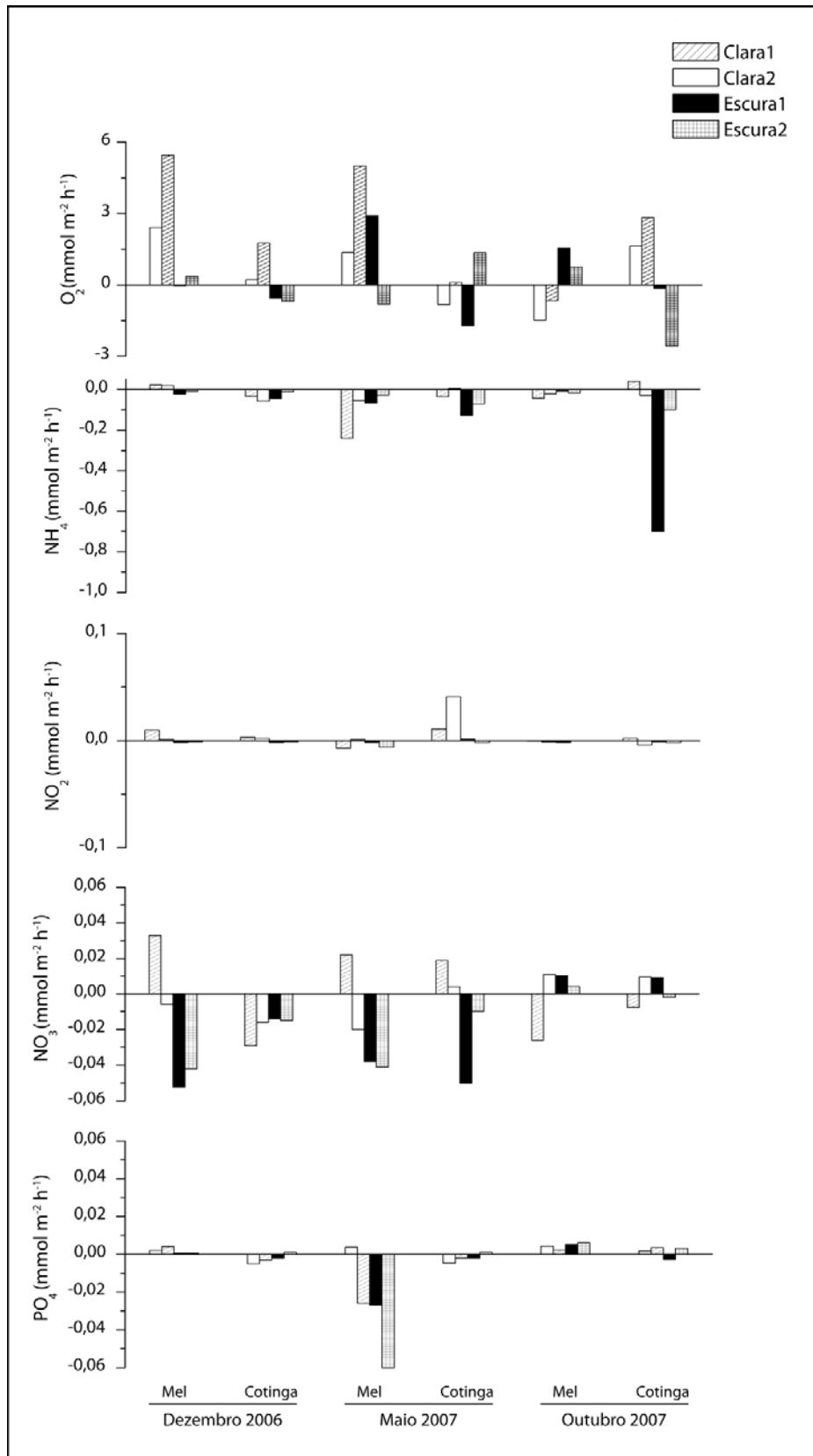


Figura 2. Fluxos de oxigênio, amônia, nitrito, nitrato e fosfato ( $\text{mmol m}^{-2} \text{h}^{-1}$ ) nas quatro campânulas de acrílico usadas (duas claras e duas escuras) nos três períodos amostrais (dezembro 2006, maio 2007 e outubro 2007) na Ilha do Mel e na Ilha Rasa da Cotinga.

Tabela 2. (a): Valores de Produção líquida e fluxos de nutrientes ( $\text{mmol m}^{-2} \text{h}^{-1}$ ) na Ilha Rasa da Cotinga (IC) e Ilha do Mel (IM) nos meses de dezembro (D), maio (M) e outubro (O). Nas esferas claras o aumento no fluxo de oxigênio (FO<sub>2</sub>) foi padronizado como positivo. Sendo (-) para os nutrientes incorporados no sedimento e (+) para os nutrientes que foram liberados na coluna de água.

Período		Dezembro	2006	Maio	2007	Outubro	2007
Local		RasaCotinga	Mel	RasaCotinga	Mel	RasaCotinga	Mel
FO <sub>2</sub>	Clara1	0.217	2,413	-0.83	1,36	1,63	-1.48
	Clara2	1.768	5,449	0.11	5	2,83	-0.65
FNH <sub>4</sub>	Clara1	-0.034	0.022	-0.035	-0.24	0.039	-0.043
	clara2	-0.057	0.019	0.0045	-0.055	-0.029	-0.022
FNO <sub>2</sub>	clara1	0.003	0.01	0.011	-0.007	0.0022	-0.0004
	clara2	0.002	0.001	0.041	0.00097	-0.0041	-0.0012
FNO <sub>3</sub>	clara1	-0.029	0.033	0.019	0.022	-0.0078	-0.026
	clara2	-0.016	-0.006	0.0039	-0.02	0.0093	0.011
FP <sub>04</sub>	clara 1	-0.005	0.002	-0.0047	0.0037	0.0017	0.0042
	clara2	-0.003	0.004	-0.002	-0.026	0.0034	0.0021

Tabela 2. (b): Valores de Respiração líquida e fluxos de nutrientes ( $\text{mmol m}^{-2} \text{h}^{-1}$ ) na Ilha Rasa da Cotinga (IC) e Ilha do Mel (IM) nos meses de dezembro (D), maio (M) e outubro (O). Nas esferas escuras o aumento do fluxo de oxigênio (FO<sub>2</sub>) foi padronizado como negativo. Sendo (-) para os nutrientes incorporados no sedimento e (+) para os nutrientes que foram liberados na coluna de água.

Período		Dezembro	2006	Maio	2007	Outubro	2007
Local		RasaCotinga	Mel	RasaCotinga	Mel	RasaCotinga	Mel
FO <sub>2</sub>	escura1	-0.558	-0.027	-1.7	2.91	-0.13	1.54
	escura2	-0.698	0.353	1.35	-0.82	-2.57	0.75
FNH <sub>4</sub>	escura1	-0.044	-0.023	-0.128	-0.065	-0.7	-0.0085
	escura2	-0.012	-0.009	-0.07	-0.028	-0.1	-0.017
FNO <sub>2</sub>	escura1	-0.002	-0.002	0.0012	-0.002	-0.001	-0.002
	escura2	-0.001	-0.001	-0.002	-0.006	-0.002	-0.0002
FNO <sub>3</sub>	escura1	-0.014	-0.052	-0.05	-0.038	0.009	0.01
	escura2	-0.015	-0.042	-0.01	-0.041	-0.002	0.004
FP <sub>04</sub>	escura1	-0.002	0.0005	-0.002	-0.027	-0.0028	0.005
	escura2	0.001	0.0004	0.001	-0.18	0.003	0.006

Os níveis de clorofila foram mais elevados na Ilha Rasa da Cotinga nos três períodos amostrais (4,164; 3,536 e 0,173  $\mu\text{g/l}$  em dezembro, maio e outubro respectivamente) em relação à Ilha do Mel (2,272; 2,886 e 0,104  $\mu\text{g/l}$  em dezembro, maio e outubro respectivamente). Os maiores valores de seston foram encontrados em dezembro na Ilha Rasa da Cotinga (50,396  $\text{mg/l}$ ), em maio na Ilha do Mel (55,906  $\text{mg/l}$ ) e em outubro na Ilha Rasa da Cotinga (25,497  $\text{mg/l}$ ). Não houve diferenças significativas nos níveis de oxigênio dissolvido (OD) nos diferentes períodos ou entre os locais (7,755-8,841  $\text{mg/l}$ ) (Tabela 3).

Tabela 3. Valores de clorofila ( $\mu\text{g/l}$ ) seston e OD ( $\text{mg/l}$ ) na Ilha Rasa da Cotinga (IC) e Ilha do Mel (IM) nos meses de dezembro (D), maio (M) e outubro (O).

<b>Período</b>	<b>2006</b>		<b>2007</b>		<b>2007</b>	
	<b>Dezembro</b>	<b>Maio</b>	<b>Dezembro</b>	<b>Maio</b>	<b>Outubro</b>	<b>Outubro</b>
<b>Local</b>	<b>RasaCotinga</b>	<b>Mel</b>	<b>RasaCotinga</b>	<b>Mel</b>	<b>RasaCotinga</b>	<b>Mel</b>
Clorofila	4,164	2,272	3,536	2,886	0,173	0,104
Seston	50,396	30,105	30,280	55,905	34,647	25,497
OD	8,700	8,279	8,841	8,452	8,660	7,755

$\text{NH}_4$  foi o único nutriente cuja concentração variou significativamente entre locais e períodos de coleta ao longo de tempo, com valores de 1,33 e 1,15 mmol em dezembro, 3,35 e 3,63 mmol em maio e 14,51 e 14,19 mmol em outubro, na Ilha Rasa da Cotinga e na Ilha do Mel respectivamente (Tabela 4).

Tabela 4. Concentrações dos nutrientes ( $\mu\text{mol}$ ) na Ilha Rasa da Cotinga (IC) e Ilha do Mel (IM) nos meses de dezembro (D), maio (M) e outubro (O).

	<b>2006</b>		<b>2007</b>		<b>2007</b>	
	<b>Dezembro</b>	<b>Maio</b>	<b>Dezembro</b>	<b>Maio</b>	<b>Outubro</b>	<b>Outubro</b>
<b>Local</b>	<b>RasaCotinga</b>	<b>Mel</b>	<b>RasaCotinga</b>	<b>Mel</b>	<b>RasaCotinga</b>	<b>Mel</b>
$\text{NH}_4$	1,16	1,57	3,57	3,36	16,86	14,31
$\text{NO}_2$	0,15	0,15	0,72	0,73	0,13	0,11
$\text{NO}_3$	1,07	2,21	2,02	1,71	1,81	2,00
$\text{PO}_4$	0,27	0,11	0,25	0,46	0,45	0,31

Não houve diferenças significativas nos níveis de fósforo no sedimento (de 0,97-1,36 mg/g) nos diferentes períodos ou entre os locais. O nitrogênio no sedimento variou sazonalmente. Em dezembro foram encontrados 18,23 mg/g na Ilha Rasa da Cotinga e 14,92 mg/g na Ilha do Mel. Em maio as concentrações diminuíram para 9,09 mg/g na Ilha Rasa da Cotinga e 8,61 mg/g na Ilha do Mel e em outubro continuou declinando, com valores de 7,73 mg/g na Ilha Rasa da Cotinga e 7,84 mg/g na Ilha do Mel.

As concentrações individuais de esteróis e cetonas são mostradas na Tabela 5. Coprostanol, epicoprostanol, coprostanona e colestano não foram detectados em nenhuma das amostras analisadas, indicando a ausência de uma introdução significativa de esgotos nas regiões estudadas. O predomínio de esteróis  $\text{C}_{29}$ , como  $\beta$ -sitosterol ocorreu apenas na área C da Ilha Rasa da Cotinga, sugerindo um aporte de material terrígeno neste local na medida em que este composto é associado com matéria orgânica de origem continental (Volkman *et al.*, 1998). Porém, os baixos valores encontrados para a razão campesterol:  $\beta$ -sitosterol (1,0:[0,8 – 1,6]) indicam a origem predominante autóctone deste esterol, visto que sedimentos sujeitos a

intensa contribuição terrígena apresentam valores mais elevados para esta razão (1,0 : 6,6) (Volkman, 1986).

Tabela 5. Concentrações de esteróides no sedimento ( $\mu\text{g g}^{-1}$  peso seco) na Ilha Rasa da Cotinga e Ilha do Mel nas diferentes áreas (A, B, C). LDM =  $< 0,01 \mu\text{g.gm.}^{-1}$

	Ilha Rasa da Cotinga			Ilha do Mel		
	A	B	C	A	B	C
<b>Esteróis</b>						
Coprostanol	< LDM	< LDM	< LDM	< LDM	< LDM	< LDM
Epicoprostanol	< LDM	< LDM	< LDM	< LDM	< LDM	< LDM
Colesterol	1,01	0,55	0,29	0,68	0,44	0,48
Colestanol	0,08	0,06	0,07	0,15	0,08	0,07
Campesterol	0,17	0,24	0,17	0,42	0,19	0,11
Estigmasterol	0,21	0,31	0,22	0,38	0,25	0,13
$\beta$ -sitosterol	0,20	0,49	0,32	0,47	0,21	0,13
Coprostanona	< LDM	< LDM	< LDM	< LDM	< LDM	< LDM
Colestanona	< LDM	< LDM	< LDM	< LDM	< LDM	< LDM

O cálculo da razão campesterol: estigmasterol não mostrou valores característicos de sedimentos sujeitos ao aporte de material terrígeno (1,0: [0,9 – 1,3]), nos quais era esperada uma proporção igual a 1,0: 1,6 (Volkman,1986) (Tabela 6).

Tabela 6. Razões para avaliação dos valores obtidos a partir da razão entre diferentes esteróis. I : colestanol / colesterol (Jeng & Han,1994) ; II : campesterol / estigmasterol /  $\beta$ -sitosterol (Volkman, 1986) nas diferentes áreas (A,B e C) em ambos os locais (Ilha Rasa da Cotinga e Ilha do Mel).

	Ilha Rasa da Cotinga			Ilha do Mel		
	A	B	C	A	B	C
<b>Razão (I)</b>	0,08	0,11	0,24	0,22	0,18	0,15
<b>Razão (II)</b>	1,0: 1,2 : 1,0	1,0: 1,3 : 1,6	1,0: 1,3 : 1,5	1,0: 0,9 : 1,2	1,0: 1,3 : 0,8	1,0: 1,2 : 1,0

### 3.2. A comunidade epífita

A comunidade de epífitas aumentou ao longo do tempo na Ilha Rasa da Cotinga, atingindo sua maior densidade em outubro de 2007. Esta comunidade foi formada principalmente pela macroalga parda epífita *Hincksia mitchelliae*, que dominou a comunidade nos três períodos, a macroalga verde, *Ulva clathrata* que apareceu em maio e persistiu em outubro, e *Hypnea musciformis* que apareceu somente em outubro. Além das macroalgas ocorreram pelo menos doze espécies diferentes de diatomáceas epífitas, sendo as mais



abundantes *Pleurosigma sp.1*, *Nitzschia martiana*, *Tabularia sp.1* e *Navicula sp.1*, além de *Licmophora sp.1*, *Licmophora sp.2*, *Pleurosigma sp.2*, *Gyrosigma sp.1*, *Nitzschia sp.1*, *Mastogloia sp.1*, *Cocconeis sp. 1* e *Cocconeis sp.2*), duas espécies de dinoflagelados (*Prorocentrum emarginatum* e *Prorocentrum rhatymium*), hidrozoários (do gênero *Aglaophenia*) e protozoários.

Na Ilha do Mel foi encontrada a maior quantidade de epífitas no mês de maio, com as macroalgas *Hypnea musciformis* dominando a comunidade e o aparecimento de *Hinckesia mitchelliae* em pequenas quantidades.

### 3.3. Variáveis florísticas

O comprimento, largura das folhas e diâmetro do rizoma foram maiores na Ilha do Mel ao longo do tempo. Em outubro de 2007 houve um aumento destas três variáveis nos dois locais. As médias da biomassa (I. Mel=1,74 mm; I. Rasa da Cotinga=1.15 mm), o número de folhas (I. Mel=2,89 mm; I. Rasa da Cotinga=1,74 mm), o comprimento e largura das folhas (I. Mel=5,49 mm; 0,5 mm; I. Rasa da Cotinga=5,08 mm; 0,49 mm) e o diâmetro do rizoma (I. Mel=1,12 mm, I. Rasa da Cotinga=0,87 mm) foram maiores na Ilha do Mel do que na Ilha Rasa da Cotinga. A distância dos intervalos do rizoma foi maior na Ilha Rasa da Cotinga (I. Mel=0,687 mm, I. Cotinga=0,835 mm).

A biomassa das plantas variou de forma distinta em cada local. Na Ilha Rasa da Cotinga diminuiu ao longo do tempo, com diferenças significativas entre áreas ( $F=0,02$ ) (Figura 3). Estas diferenças foram devidas a uma alta variabilidade entre as amostras, especialmente na área C, em dezembro, onde foi encontrado o valor mais elevado da biomassa, na réplica C2 da pradaria, que foi de 8,345 g., O resto dos valores encontrados em todos os períodos em ambos os locais variaram de 0,04-3,92 g. Curiosamente o menor valor para a biomassa também foi encontrado na área C da Ilha Rasa da Cotinga (0,04 g) mas no período de maio. Por outro lado, na Ilha do Mel a biomassa aumentou ao longo do tempo e por igual em todas as áreas.

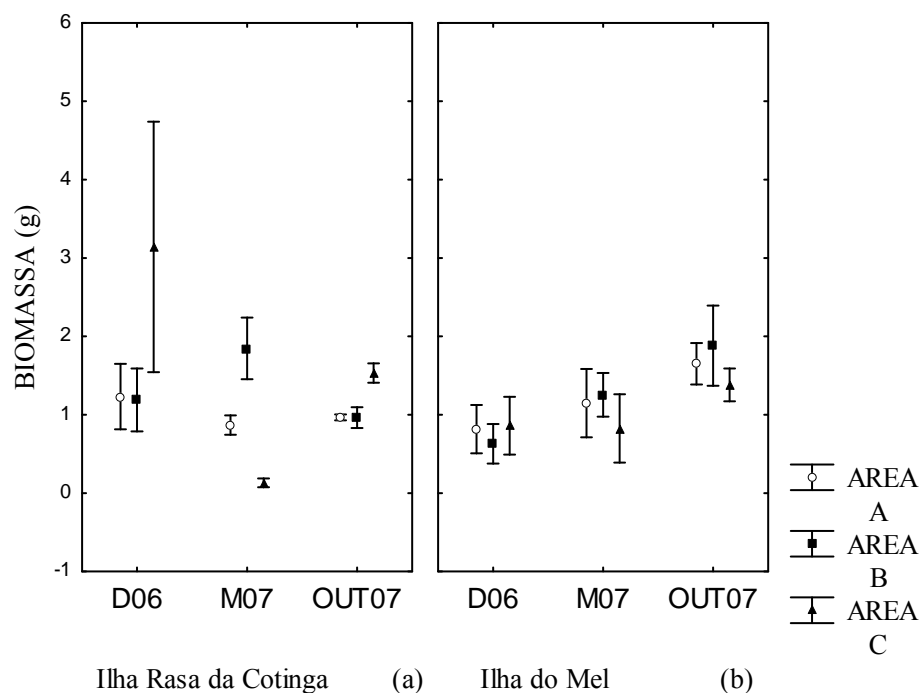


Figura 3. Médias e erro padrão da biomassa (g) das plantas nos períodos amostrais de dezembro de 2006 (D06), maio de 2007 (M07) e outubro de 2007 (OUT07) nas áreas A, B e C, na Ilha Rasa da Cotinga (a) e na Ilha do Mel (b). As barras verticais representam um intervalo de confiança de 67%.

O número de folhas foi similar nos diferentes períodos na Ilha Rasa da Cotinga ( $F=0,58$ ) (Figura 4). Por outro lado, na Ilha do Mel o número de folhas variou sazonalmente. Houve uma diferença significativa entre locais ( $F=0,000127$ ) e períodos ( $F=0,00051$ ) e na interação entre os dois ( $F=0,005463$ ).

Na Ilha do Mel o número de folhas foi maior nos meses mais quentes, outubro e dezembro, tendo uma importante diminuição em maio (Figura 4). As três áreas se comportaram de maneira parecida, com o número de folhas diminuindo em maio e aumentando em outubro. Por outro lado, na Ilha Rasa da Cotinga não houve mudanças sazonais, mas sofreu uma variação interna, apresentando uma diminuição no número de folhas na área C, um aumento na área A e nenhuma mudança aparente na área B (Figura 5).

A distância entre os intervalos do rizoma horizontal variou de forma similar nos dois locais e nas três áreas, com uma maior diminuição na Ilha do Mel, onde foi registrada uma diferença significativa entre locais ( $F=0,002738$ ), períodos ( $F=1,22E-05$ ) e na interação entre os dois ( $F=0,010854$ ) (Figura 6).

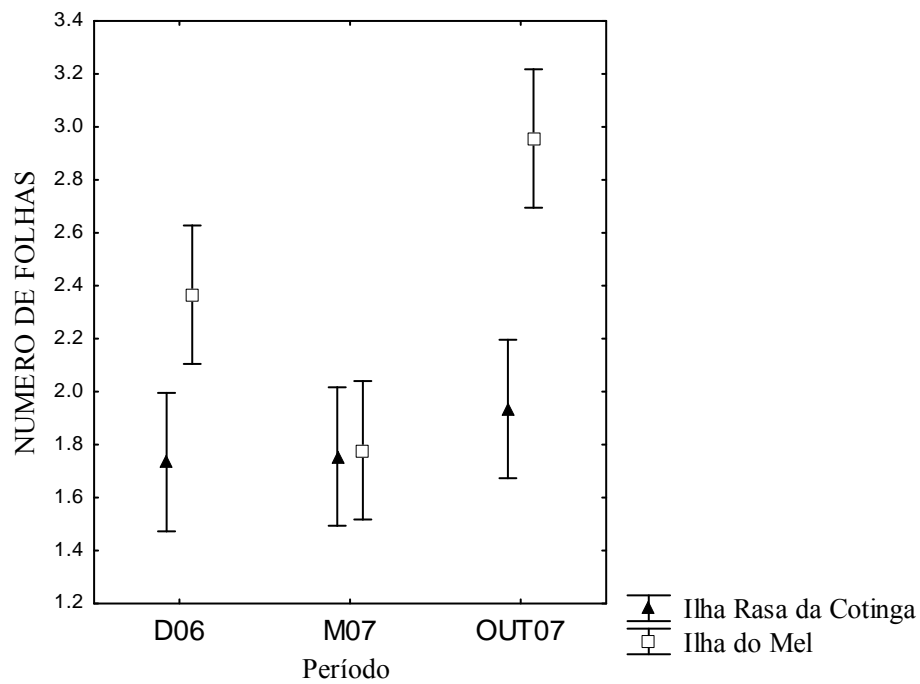


Figura 4. Médias e erro padrão do número de folhas por eixo nos períodos amostrais de dezembro de 2006 (D06), maio de 2007 (M07) e outubro de 2007 (OUT07) na Ilha Rasa da Cotinga e na Ilha do Mel. As barras verticais representam um intervalo de confiança de 95%.

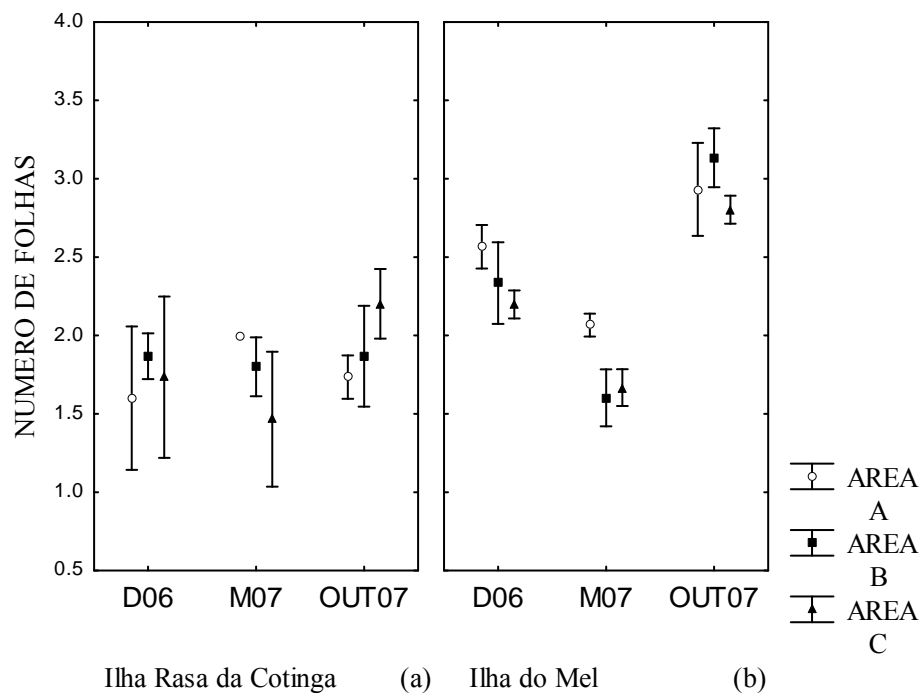


Figura 5. Médias e erro padrão do número de folhas por eixo nos períodos amostrais de dezembro de 2006 (D06), maio 2007 (M07) e outubro 2007 (OUT07) nas áreas A, B e C na Ilha Rasa da Cotinga (a) e na Ilha do Mel (b). As barras verticais representam um intervalo de confiança de 67%.

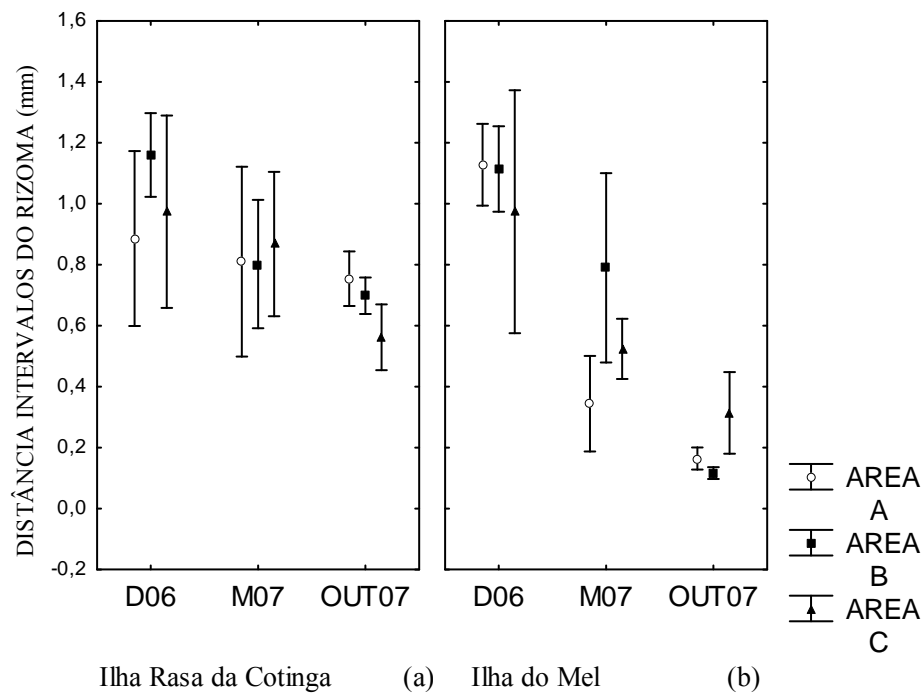


Figura 6. Médias e erro padrão da distância entre os intervalos do rizoma (mm) nos períodos amostrais de dezembro de 2006 (D06), maio de 2007 (M07) e outubro de 2007 (OUT07) nas áreas A, B e C na Ilha Rasa da Cotonga e na Ilha do Mel. As barras verticais representam um intervalo de confiança de 67%.

### 3.4. Variáveis faunísticas

As comunidades macrobênticas associadas às macrófitas marinhas variaram significativamente entre a Ilha Rasa da Cotonga e a Ilha do Mel (Figura 7).

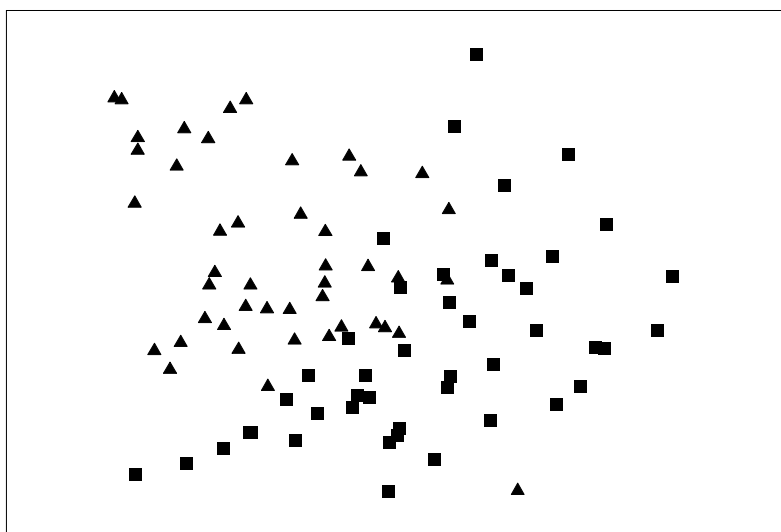


Figura 7. Análise de proximidade (MDS), aplicada à matriz de abundância da macrofauna coletada na Ilha Rasa da Cotonga (■) e na Ilha do Mel (▲) nos três períodos amostrais (dezembro de 2006, maio de 2007 e outubro de 2007) sem nenhuma transformação dos dados (stress= 0,06).

A riqueza (Figura 8) e abundância de espécies (Figura 9) variaram marcadamente entre locais ( $F=4,03E-05$ ;  $F= 0,0012$ ), áreas ( $F=0,037063$ ;  $F=1,60E-06$ ) e na interação entre local e período ( $F=0,002439$ ;  $F= 0,013242$ ). Foi encontrado um maior número de espécies na Ilha Rasa da Cotinga (66 spp) em relação à Ilha do Mel (55 spp). O total de indivíduos encontrados nos três períodos foi quase três vezes maior na Ilha Rasa da Cotinga (3065 ind.) do que na Ilha do Mel (1203 ind.). À medida que aumentou a quantidade de epífitas, aumentaram as diferenças entre os dois locais.

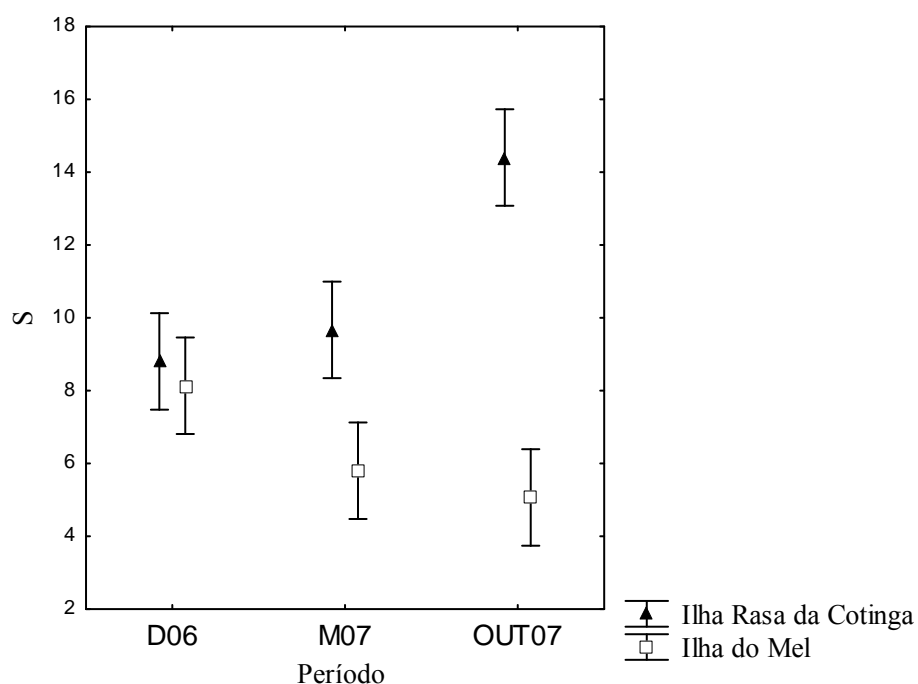


Figura 8. Médias e erro padrão da riqueza de espécies da macrofauna (S) nos períodos amostrais de dezembro de 2006 (D06), maio de 2007 (M07) e outubro de 2007 (OUT07) na Ilha Rasa da Cotinga e na Ilha do Mel. As barras verticais representam um intervalo de confiança de 95%.

Foi coletado um total de 3065 organismos durante as três campanhas na Ilha Rasa da Cotinga. O filo Annelida (Classe Poliqueta) dominou a comunidade com 30 espécies, destacando-se os poliquetas *Lumbricalus januarii* e *Magelona papillicornis* com uma contribuição de 19,66 e 25,32 % respectivamente. Foram encontradas 17 espécies do filo Mollusca e 15 do filo Arthropoda. De um total de 929 indivíduos, 842 foram encontrados em outubro na Ilha Rasa da Cotinga, dentre esses 728 são da espécie *Caprella scaura*.

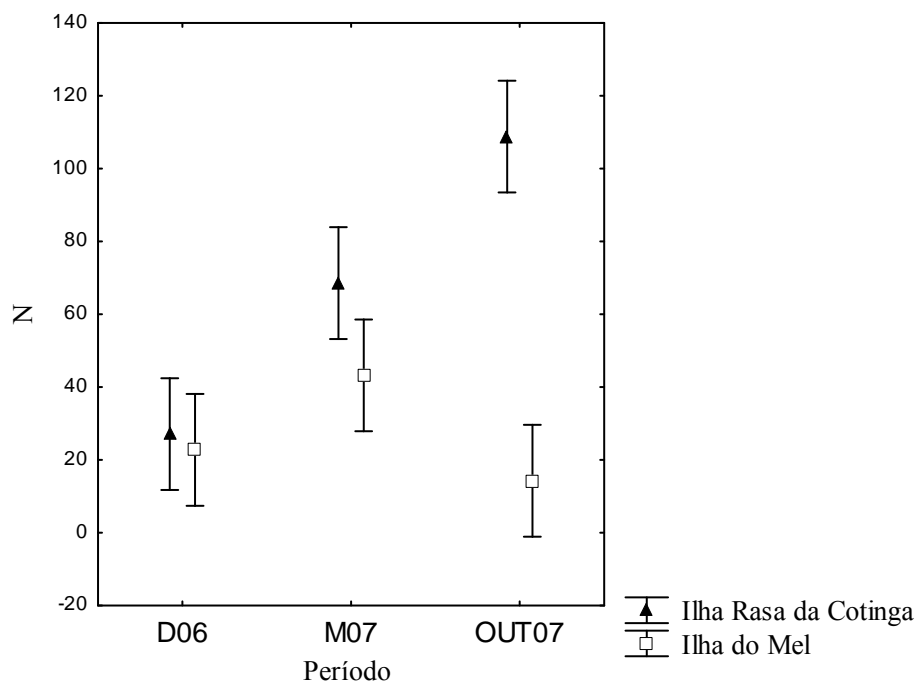


Figura 9. Médias e erro padrão da abundância da macrofauna (N) nos períodos amostrais de dezembro de 2006, (D06), maio de 2007 (M07) e outubro de 2007 (OUT07) na Ilha Rasa da Cotinga (a) e na Ilha do Mel (b). As barras verticais representam um intervalo de confiança de 95%.

Os filos Cnidaria e Cephalocordada, representados pelas espécies *Edwardsia fusca* e *Branchiostoma caribaeum*, tiveram uma contribuição importante para a dissimilaridade entre os dois locais. As duas espécies foram mais abundantes na Ilha Rasa da Cotinga (502 indivíduos de *Branchiostoma* em comparação a somente 15 indivíduos na Ilha do Mel, e 358 indivíduos de *Edwardsia fusca* na Ilha Rasa em comparação a 14 indivíduos na Ilha do Mel). Espécies dos grupos Sipuncula e Ophiuroidea foram raras e não identificadas em nível de espécie (Tabela 7).

Tabela 7. Espécies na Ilha Rasa da Cotinga que contribuíram com uma contribuíram com mais de 8% para a dissimilaridade entre ambos os locais nos diferentes períodos amostrais (SIMPER).

Espécies	Contrib.%	Diss/SD
<i>Magelona papillicornis</i>	20,34	1,17
<b><i>Caprella scaura</i></b>	<b>17,34</b>	<b>0,68</b>
<i>Branchiostoma caribaeum</i>	14,02	1,22
<i>Edwardsia fusca</i>	11,82	1,13
<i>Lumbricalus januarii</i>	8,90	1,26

Houve uma marcada variação sazonal da macrofauna (Figura 10) e uma variabilidade interna entre as diferentes áreas na Ilha Rasa da Cotíngia. No mês de outubro foi encontrada a maior abundância e riqueza de espécies da macrofauna (Figuras 8 e 9), especialmente nas áreas A e C, que visualmente pareciam mais degradadas pela macroalga e demais epífitas (Figuras 11 e 12). Essa mudança causou um aumento na abundância e diversidade de organismos que usam a alga como substrato, criando um novo nicho para outras espécies se assentar, especialmente do filo Arthropoda. Esse foi o caso do anfípoda *Caprella scaura*, que sem contribuição na comunidade em dezembro e maio, passou a ser a espécie dominante em outubro na Ilha Rasa da Cotíngia, com uma contribuição de 47.38% (Figura 13).

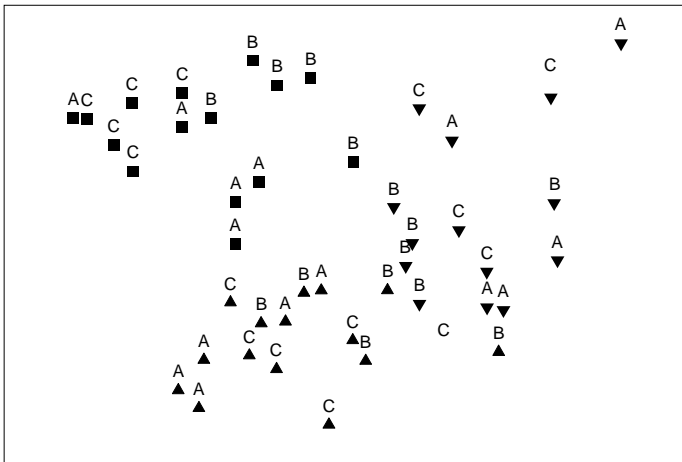


Figura 10. Análise de proximidade (MDS), aplicada à matriz de abundância da macrofauna coletada na Ilha Rasa da Cotíngia nos três períodos amostrais, dezembro de 2006 (■), maio de 2007 (▼) e outubro de 2007 (▲) nas três áreas de pradaria (A, B e C) sem nenhuma transformação dos dados (stress= 0,15).

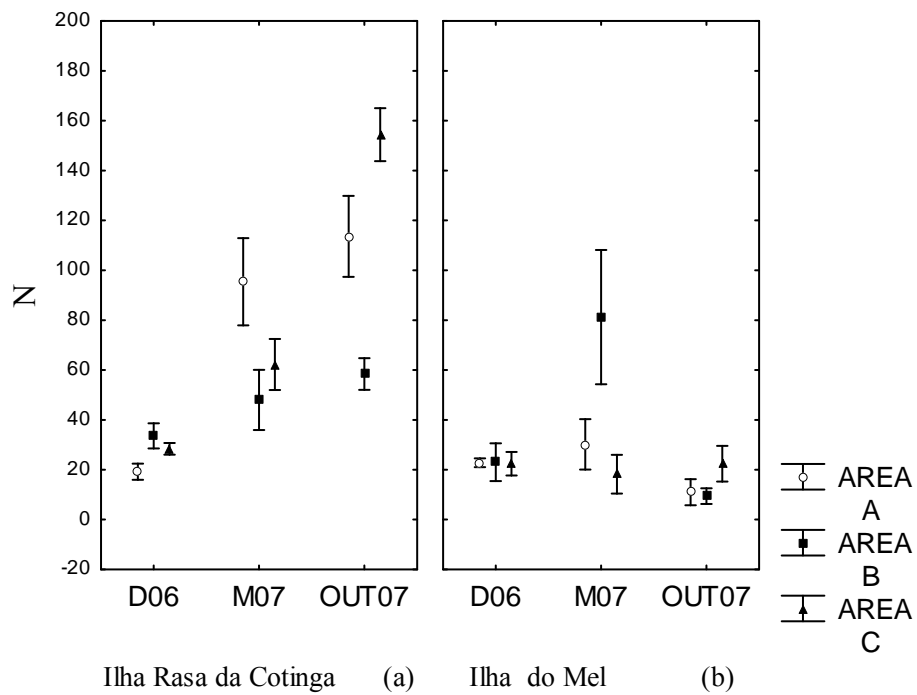


Figura 11. Médias e erro padrão da abundância (N) nos períodos amostrais de dezembro de 2006 (D06), maio de 2007 (M07) e outubro de 2007 (OUT07) nas áreas A, B e C na Ilha Rasa da Cotinga e na Ilha do Mel. As barras verticais representam um intervalo de confiança de 67%.

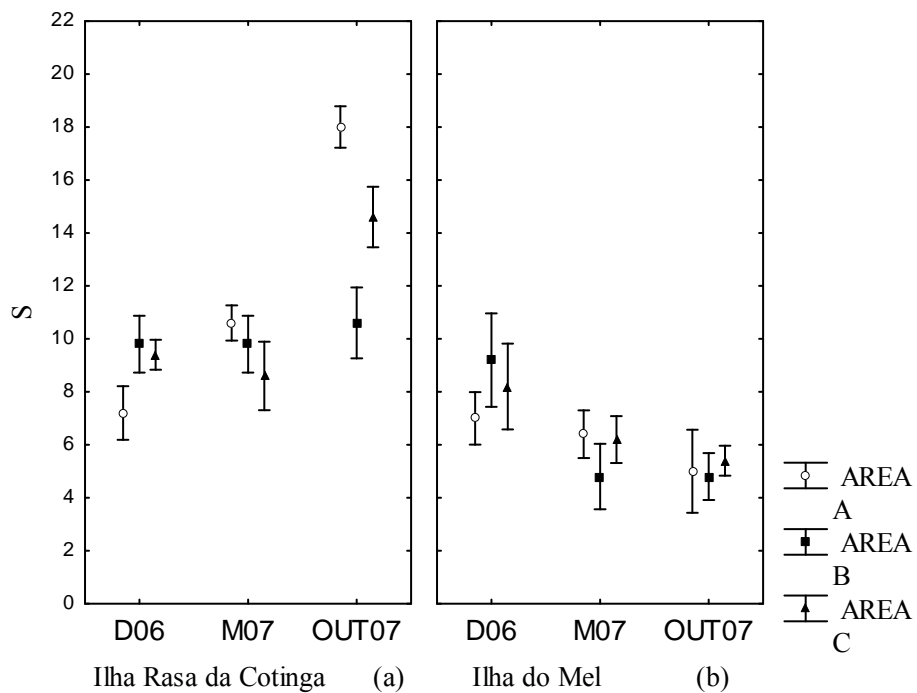


Figura 12. Médias e erro padrão da riqueza de espécies (S) nos períodos amostrais de dezembro de 2006 (D06), maio de 2007 (M07) e outubro de 2007 (OUT07) nas áreas A, B e C na Ilha Rasa da Cotinga e na Ilha do Mel. As barras verticais representam um intervalo de confiança de 67%.



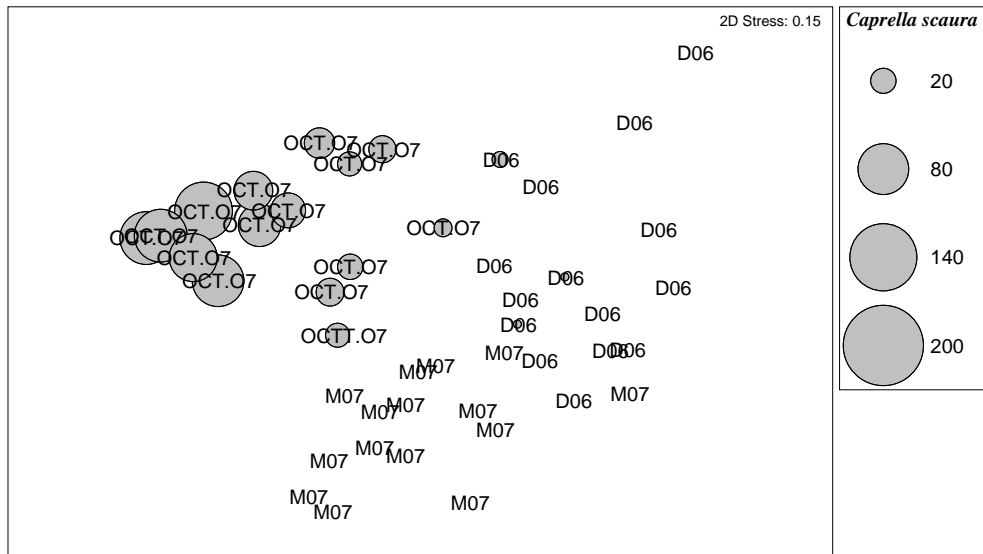


Figura 13. Análise de proximidade (MDS), aplicada à matriz de abundância da macrofauna coletada na Ilha do Mel nos três períodos amostrais, representando com “bubbles” a densidade da espécie *Caprella scaura* encontrada nos períodos amostrais de dezembro de 2006 (D06), maio de 2007 (M07) e outubro de 2007 (OCT.07).

Um total de 1203 organismos foi coletado durante as três campanhas na Ilha do Mel. O filo Annelida (Classe Polychaeta) dominou a comunidade com 24 espécies. As espécies que mais contribuíram localmente foram os poliquetas *Magelona papillicornis* (com uma contribuição de 53,31%), *Lumbricalus januarii* (com uma contribuição de 29,77%) e *Opheliidae sp.* (com uma contribuição de 8,26%). Foram encontradas 13 espécies do filo Mollusca. Do filo Arthropoda foram identificadas 12 espécies. Os filios Cnidaria e Cephalocordata foram dominados pelas espécies *Edwardsia fusca* e *Branchiostoma caribaeum*. Os grupos Sipuncula e Ophiuroidea foram raros e não foram identificados em nível de espécie. A estrutura da comunidade não variou significativamente ao longo do tempo, sempre dominando as mesmas espécies (Tabela 7).

Tabela 8. Espécies na Ilha do Mel que contribuíram com mais de 8% para a dissimilaridade nos diferentes períodos (SIMPER).

Espécies	Contrib.%	Diss/SD
<i>Magelona papillicornis</i>	53.31	53.31
<i>Lumbricalus januarii</i>	29.77	83.09
<i>Opheliidae sp.</i>	8.26	91.35

Houve uma menor variabilidade interna da macrofauna sem diferença sazonal significativa ( $R=0,252$ ) na Ilha do Mel ( Figura 14) . A abundância (Figura 11) e riqueza de espécies (Figura 12) diminuíram ao longo do tempo de forma homogênea nas três áreas. A única diferença significativa entre áreas ocorreu em maio na área B, onde foi encontrada uma mancha de alta densidade do poliqueta *Magelona papillicornis*. Dos 487 indivíduos de *Magelona* encontrados em maio, 353 eram procedentes desta área (Figura 15).

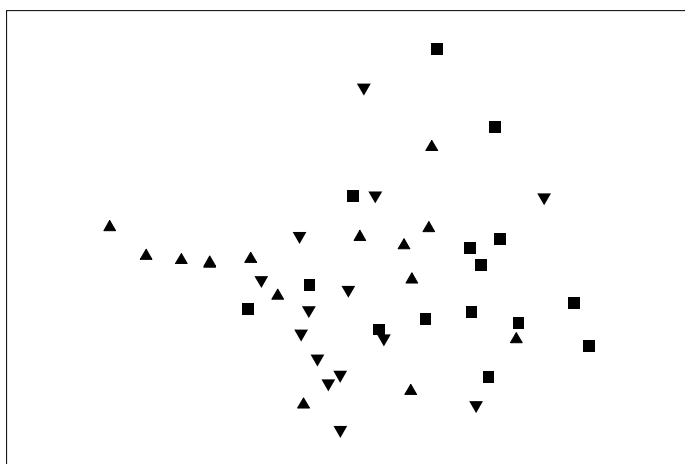


Figura 14. Análise de proximidade (MDS), aplicada à matriz de abundância da macrofauna coletada na Ilha do Mel nos três períodos amostrais, dezembro de 2006 (▼), maio de 2007(▲) e outubro de 2007(■) sem nenhuma transformação dos dados (stress= 0,16).

*Magelona papillicornis* teve uma abundância significativa em ambos os locais e foi uma das espécies que mais contribuiu para a diferença entre as pradarias. Foi a segunda espécie mais abundante no mês de dezembro na Ilha Rasa da Cotinga e a mais abundante na Ilha do Mel. Em maio foi a mais abundante nos dois locais e em outubro foi a segunda mais abundante na Ilha do Mel, passando, no entanto, de ser uma das espécies mais abundantes, a ter uma contribuição de apenas 5,25% na Ilha Rasa da Cotinga.

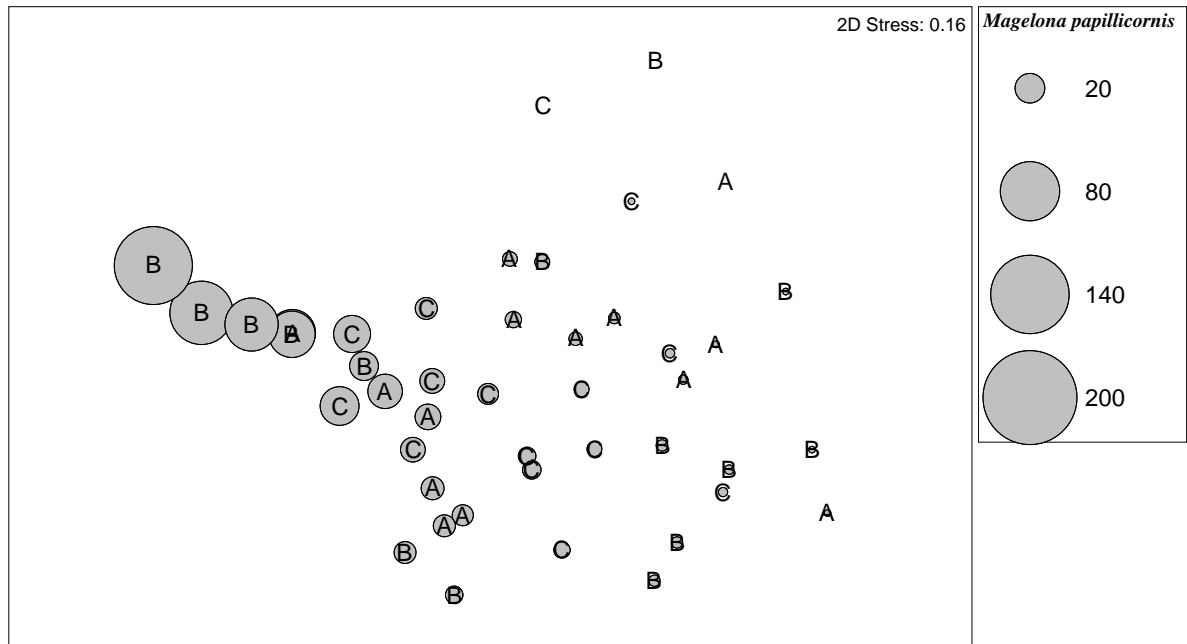


Figura 15. Análise de proximidade (MDS), aplicada à matriz de abundância da macrofauna coletada na Ilha do Mel nos três períodos amostrais, representando com “bubbles” a densidade da espécie *Magelona papillicornis* encontrada nas diferentes áreas da pradaria (A, B e C).

Mesmo o valor de riqueza sendo maior e a abundância três vezes maior na Ilha Rasa da Cotinga, as curvas de rarefação obtidas mostraram que os maiores valores de riqueza ocorreram na Ilha do Mel (Figura 16). Para cada 500 indivíduos contados foram estimadas cerca de 39 espécies na Ilha do Mel e 35 na Ilha Rasa da Cotinga.

### 3.5. Relações entre variáveis florísticas e faunísticas

O CCA evidenciou correlações ecológicas significativas entre a macrofauna e as variáveis florísticas (Figura 17). Foi observado que a ocorrência de diferentes espécies de crustáceos e moluscos correlacionou-se principalmente com uma maior biomassa e com um maior número, comprimento e largura das folhas. Entre as espécies de moluscos encontradas destacaram-se *Divaricella quadrisulcata*, *Tellina diversicolor*, *Lucina pectinata*, *Nucula sp.*, *Amphissa amminata*, *Mitrella lunata*, *Codaquia sp.*, *Anachis sp.* e *Epitonium sp.* Dos crustáceos destacaram-se *Monochorophium acherusicum*, *Caprella sp.*, *Platyschonopidae*, *Amphipoda sp1*, *Amphipoda sp 2*, *Amphipoda sp. 3*, *Amphipoda sp.4*, *Decapoda sp.*, *Xanthidae sp.*, *Paguridae sp.*, *Brachyura sp.* e *Portuninae sp.*

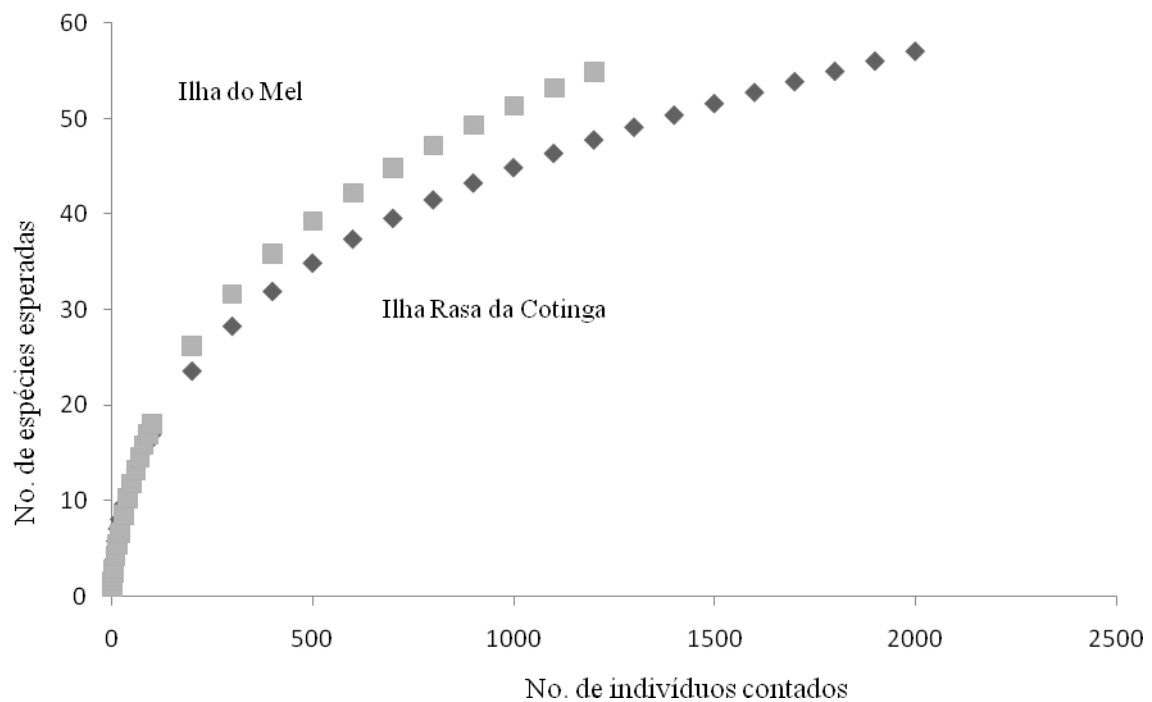


Figura 16. Curvas de rarefação de Sanders representando a riqueza de espécies na Ilha do Mel e na Ilha Rasa da Cotinga.

Somente em outubro de 2007 foi possível separar e estimar a quantidade de algas epífitas na Ilha Rasa da Cotinga. Os resultados mostraram que houve uma correlação significativa entre a biomassa das epífitas presentes e a densidade do anfípoda *Caprella scaura*. As áreas nos extremos da pradaria (A e C) apresentaram mais epífitas e caprelídeos, a subárea A com 0,654 mg de epífitas e 205 caprelídeos, a subárea C com 0,8072 mg de epífitas e 393 caprelídeos. Por outro lado, a subárea B, localizada na zona média da pradaria, apresentou a menor densidade de epífitas associados com 0,176 mg e o menor número de caprelídeos (118 indivíduos).

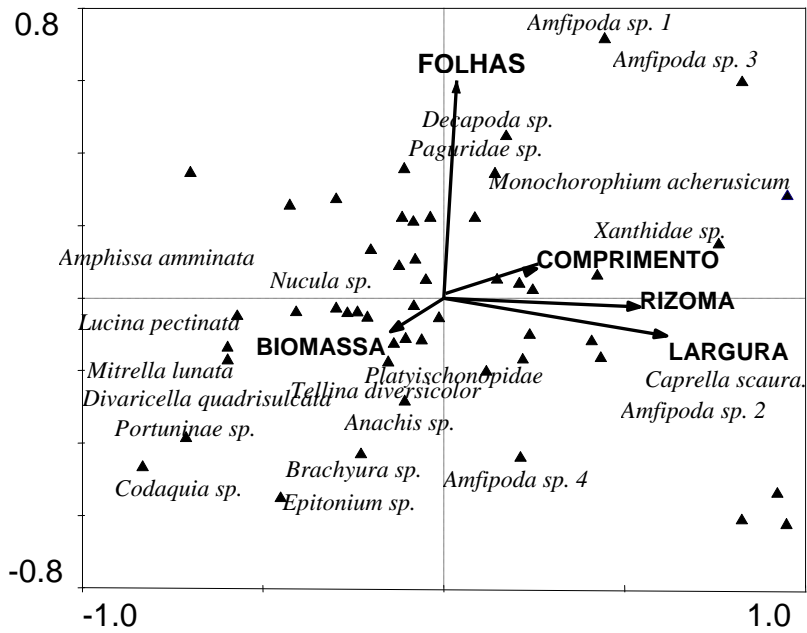


Figura 17. Diagrama representativo dos eixos 1 e 2 obtidos na CCA, considerando a relação entre as variáveis florísticas e as espécies da macrofauna encontradas em ambos os locais (Ilha do Mel e Ilha Rasa da Cotinga) nos três períodos amostrais (dezembro de 2006, maio de 2007 e outubro de 2007).

## 4. DISCUSSÃO

### 4.1. As variáveis ambientais e químicas

Embora os níveis de clorofila fossem levemente maiores na Ilha Rasa da Cotinga em todos os períodos, as maiores concentrações sempre coincidiram com os maiores níveis de radiação solar em ambos os locais (em dezembro na Ilha Rasa da Cotinga e em maio na Ilha do Mel). O fato de que os níveis de clorofila estivessem entre os menores registrados em outubro na Ilha Rasa da Cotinga, apesar da alta radiação, sugere um padrão de mudança sazonal, independentemente dos fluxos de nutrientes, da quantidade de epífitas ou da produção no ambiente.

A produção líquida, ou fluxo de oxigênio nas esferas claras, variou marcadamente entre locais. Na Ilha do Mel em dezembro foram encontrados os maiores valores e uma maior produção de todos os nutrientes durante as incubações *in situ*. Estes resultados eram esperados já que na Baía de Paranaguá os maiores valores de clorofila e nutrientes inorgânicos dissolvidos tendem a ser registrados nos setores polihalino e mesohalino durante a época de chuvas mais pronunciadas, de novembro a abril (Knoppers *et al.*, 1987), atingindo os maiores valores de produção no verão.

As diferenças observadas entre os locais nos valores para a produção líquida em outubro podem ter sido influenciados por numerosos fatores como o grau de exposição da planície de maré, uma maior atividade bioturbadora dos organismos da macrofauna, as condições ambientais, como fortes ventos, precipitações antes o durante as coletas, os níveis de radiação, diferenças de maré etc.

As condições meteorológicas antes da amostragem em outubro, com chuvas durante três dias antes da coleta, certamente causaram uma maior ressuspensão dos sedimentos e conseqüentemente liberação de amônio que se refletiu nos altos valores de produção líquida encontrados na Ilha Rasa da Cotinga. Neste período houve um incremento significativo na abundância e riqueza das espécies macrobênticas na Ilha Rasa da Cotinga e uma importante diminuição na Ilha do Mel. O aumento da fauna bêntica junto com um aumento da comunidade epífita na Ilha Rasa da Cotinga pode ter favorecido uma maior liberação de oxigênio do sedimento para a coluna de água pela ação dos organismos bioturbadores, explicando assim uma maior produção líquida em outubro e uma maior respiração líquida nos três períodos atingindo os seus valores máximos neste período. De acordo com Mistri *et al.* (2002), as comunidades macrobênticas podem afetar diretamente a estabilidade e os processos

biogeoquímicos do sedimento, já que os organismos bioturbadores afetam o funcionamento do substrato, em termos de fluxos de energia e produção (Wilde, 1991).

Todos estes fatores podem ter favorecido o aumento na biomassa das macroalgas e epífitas na Ilha Rasa da Cotinga. De acordo com Hughes *et al.* (2004), a biomassa das epífitas aumenta em resposta ao enriquecimento da coluna de água e diminui em resposta ao enriquecimento do sedimento. Mesmo que os fluxos de oxigênio e nutrientes nas esferas claras e escuras tenham sido similares em ambos os locais, foi registrada em outubro na Ilha Rasa da Cotinga uma maior produção de nutrientes ( $\text{NH}_4$ ,  $\text{NO}_3$ ,  $\text{PO}_4$ ) do que consumo ( $\text{NO}_2$ ) durante as incubações *in situ*.

Entretanto, na Ilha do Mel os únicos nutrientes que aumentaram durante as incubações neste mesmo período foram  $\text{NO}_3$  e  $\text{PO}_4$ . A diminuição na abundância e riqueza de espécies bênticas na Ilha do Mel poderia explicar os baixos valores da produção líquida na primavera, devido ao menor grau de bioturbação dos sedimentos. A planície de maré onde se encontram as gramas na Ilha do Mel fica menos exposta e é uma área de menor energia em comparação com a planície da Ilha Rasa da Cotinga o que poderia explicar uma menor ressuspensão dos sedimentos.

Razões envolvendo o esterol colestanol podem indicar transformações diagênicas ocorrendo nos sedimentos marinhos. Os altos valores da razão de colestanol/colesterol ( $< 1,0$ ) indicam processos de hidrogenação do colesterol que são característicos de regiões anóxicas (Jeng & Han, 1994). Os baixos valores da razão colestanol/colesterol nas amostras analisadas indicam que os sedimentos das regiões estudadas apresentam características óxicas, não favorecendo processos de hidrogenação do colesterol e preservação de matéria orgânica. Colesterol foi o composto predominante nas amostras analisadas, indicando um importante aporte de matéria orgânica de origem marinha para os sedimentos da região. Fontes terrígenas de campesterol e estigmasterol foram menos significativas em relação à de aporte marinho.

#### 4.2. A flora

Trabalhos anteriores realizados na costa sudeste do Brasil mostraram que a biomassa de *Halodule wrightii* aumenta sazonalmente atingindo os seus valores máximos na primavera (Oliveira *et al.*, 1997) ou no final do verão (Creed, 1999). Estes resultados coincidem com os registrados na Ilha do Mel, onde houve um aumento progressivo da biomassa, atingindo os maiores valores na primavera. Ao mesmo tempo, na Ilha Rasa da Cotinga, a biomassa teve uma marcada variação interna. As áreas com uma maior densidade de epífitas (A e C)

responderam com uma diminuição da biomassa, registrando-se um aumento da biomassa somente na área B em primavera, a área menos degradada da pradaria.

Na Ilha Rasa da Cotinga, as plantas responderam à redução de luz com uma diminuição da biomassa e da densidade de folhas, mas com um aumento da sua largura e comprimento. De fato, o incremento na largura da folha é uma resposta comum a baixos níveis de luz em diferentes espécies de fanerógamas (Neely, 2000). De acordo com Phillips (1990), variações na adaptatividade, morfologia e resposta na floração têm uma correlação com condições ambientais no caso de numerosas espécies. A intensidade de luz tem um efeito na morfologia, abundância e produtividade das macrófitas. A densidade de folhas, o comprimento e largura, a quantidade de clorofila e a biomassa podem também variar em função de mudanças na intensidade da luz.

Em um estudo sobre as espécies *Halodule pinifolia* e *Halophila ovalis* (Longstaff & Dennison, 1999), as respostas morfológicas à redução de luz consistiram numa diminuição na biomassa, na densidade de folhas e na altura do dossel. As análises temporais demonstraram que a biomassa da espécie *Halodule pinifolia* declina rapidamente depois de 38 dias de sombreamento, com a biomassa no dia 78 sendo 70% menor que no dia 38. Extrapolações do declínio da biomassa além da duração do experimento indicam que a morte completa da planta aconteceria depois de 90-100 dias sem luz.

No mês de maio a biomassa diminuiu assim como o número de folhas, seguindo-se um posterior aumento no diâmetro do rizoma e no comprimento e largura das folhas em outubro. Esta diferença sazonal foi registrada nos dois locais, mas foi mais acentuada na Ilha do Mel. De acordo com Hemminga & Duarte (2000), a vegetação desaparece depois da estação de florescimento e os bancos se desenvolvem novamente na primavera quando há um crescimento do rizoma e o desenvolvimento das sementes. Este ciclo de crescimento coincide com o ciclo sazonal de sedimentação que acontece nos meses desprovidos de vegetação onde tem uma erosão do sedimento no inverno.

A distância entre os intervalos do rizoma variou em ambos locais, com reduções muito mais marcadas na Ilha do Mel. De acordo com Hemminga & Duarte (2000a), as cicatrizes que marcam os intervalos do rizoma são os pontos de inserção das folhas, o que fortalece a observação de que na Ilha do Mel a produção de folhas foi maior do que na Ilha Rasa da Cotinga, especialmente na primavera, período compreendido entre maio e outubro.

Folhas constituem uma variável do peso da planta, dependendo da profundidade, substrato, disponibilidade de nutrientes e estação do ano (Zieman & Wetzel, 1980). Muitas medições da biomassa e estimativas da produção em certas áreas dependem da estimativa do



número de folhas. A densidade das folhas tem aplicações para o sensoriamento remoto das pradarias marinhas e implicações no regime de fluxo e a complexidade do habitat dentro dos bancos de macrófitas marinhas (Denninson, 1990). De acordo com Kolawski *et al.* (2001), durante os meses mais quentes as taxas de crescimento das folhas são maiores, o que coincidiu com os resultados obtidos na Ilha do Mel onde o número de folhas foi maior no verão e na primavera tendo uma marcada diminuição no outono. Por outro lado, na Ilha Rasa da Cotinga não teve variações importantes entre os diferentes períodos.

As flutuações na produção de folhas e no crescimento do rizoma em espécies de macrófitas deveriam refletir as mudanças nas características do ambiente durante o seu período de vida (Guidetti, 2001), o que foi corroborado neste estudo. As mudanças ambientais acarretadas pelo florescimento de epífitas na Ilha Rasa da Cotinga foram muito diferentes do padrão esperado ou observado na Ilha do Mel, com uma correspondente variabilidade interna determinada pelo grau ou intensidade de degradação das diferentes áreas da pradaria.

De acordo com Hemminga & Duarte (2000) existe uma relação alométrica entre o aumento do diâmetro do rizoma e o aumento na largura e comprimento da folha. O que foi corroborado neste trabalho, onde à medida que aumentou o diâmetro do rizoma aumentou a largura e comprimento das folhas.

#### 4.3. As epífitas

A macroalga *Hincksia mitchelliae* foi a espécie que dominou a comunidade epífita durante os três períodos amostrais, independentemente de mudanças na temperatura ou de uma maior produção sazonal. A maior diversidade e densidade de epífitas na Ilha Rasa da Cotinga foi registrada no período de outubro. Este aumento na biomassa teve um efeito direto sobre a estrutura e funcionamento da pradaria, especialmente evidente nas variáveis florísticas e na fauna associada.

O aparecimento da macroalga *Hypnea musciformis* em maio na Ilha do Mel é provavelmente sazonal. Trabalhos anteriores no Brasil já identificaram *Hypnea sp.* como uma macroalga comum em bancos de macrófitas marinhas (Oliveira *et al.*, 1997). Creed & Araújo (2004) encontraram *Hypnea sp.* associada a *Halodule wrightii* também no mês de maio (1996 e 1997), o que mostra que possivelmente esta é a sua época de reprodução. As baixas quantidades de *Hincksia mitchelliae* na Ilha do Mel neste mesmo período poderiam estar relacionadas com uma maior disponibilidade de matéria orgânica e seston.

#### 4.4. A fauna

Em maio, foi registrada na pradaria da Ilha do Mel uma marcada variabilidade interna da macrofauna, causada pelo aumento na abundância do poliqueta *Magelona papillicornis* na área B. De acordo com Jones (1968), *Magelona sp.* vive em ambientes de areias bem selecionadas e a sua principal fonte de alimentos são detritos, diatomáceas e matéria orgânica em geral. Os maiores valores de matéria orgânica foram encontrados justamente na área B da pradaria, assim como os valores mais elevados de seston na pradaria. Provavelmente, as amostras da área B foram coletadas em uma mancha de alta densidade de indivíduos, durante a época de recrutamento da espécie.

O anfípoda *Caprella scaura*, anteriormente rara ou ausente, passou a ser a espécie dominante em outubro na Ilha Rasa da Cotinga. Este anfípoda é encontrado na zona sublitoral, em fundos de algas, em bóias e em redes de aquicultura. Tem apêndices reduzidos na região abdominal para se agarrar a substratos como alga e hidróides. Alimenta-se principalmente de materiais em suspensão puxando as suas antenas, ou raspando as diatomáceas e detritos que crescem na superfície do substrato. Análises do conteúdo estomacal indicam que o detrito orgânico, incluindo diatomáceas, é a sua principal fonte de alimento (Takeuchi *et al.*, 2001).

De acordo com Hughes *et al.* (2004) a abundância das diferentes espécies da macrofauna pode proporcionar um entendimento particular do papel funcional representado por cada espécie. Em outubro foi encontrado um grande número de caprelídeos com embriões, o que sugere que a espécie se beneficiou de condições favoráveis para colonizar a área e se reproduzir. A contribuição de *Caprella scaura* foi quase inexistente na Ilha do Mel, sugerindo que o aumento de suas densidades esteve diretamente relacionado ao aumento na biomassa da alga. Isto poderia explicar a ausência do poliqueta *Magelona papillicornis*, que ao ter a mesma fonte de alimento que o anfípoda *Caprella*, um tamanho menor e sem adaptações para colonizar fundos vegetados, pode ter sofrido competição inter-específica. Este processo teria levado à dominância da comunidade por *Caprella scaura* e à diminuição significativa de *Magelona papillicornis*.

A abundância muito mais elevada da espécie *Edwardsia fusca* na Ilha Rasa da Cotinga poderia estar indicando um possível início de eutrofização da água. Rocha (2006) mostrou em uma análise da variabilidade espacial e sazonal do macrobentos sublitoral ao longo de um gradiente de contaminação na Ilha da Cotinga que a ausência de *Edwardsia fusca* nos pontos mais externos ao gradiente e sua elevada contribuição e abundância nos pontos internos

expostos a uma maior contaminação fazem desta espécie em uma possível indicadora de distúrbios antrópicos.

#### 4.5. Possíveis causas do florescimento da macroalga e outras epífitas

Diferentes trabalhos referiram-se à substituição de comunidades de macrófitas marinhas por comunidades de macroalgas (Duarte, 1995; Valiela *et al.*, 1997; Hemminga, 1998; Flindt *et al.*, 1999; Hauxwell *et al.*, 2003). As macroalgas causam uma diminuição na quantidade de luz que atinge as plantas e acarretam efeitos negativos no crescimento, na biomassa, na distribuição e na própria sobrevivência das plantas (Hughes *et al.*, 2004, Silberstein *et al.* 1996; Granger & Lizumi, 2001). Dunton (1996) relatou um declínio dos prados de *Halodule wrightii* em Laguna Madre, Texas, durante o período de 1989 a 1994, associado a uma redução de 50% de luminosidade pelo florescimento de uma alga marrom. Nas últimas décadas várias regiões do mundo têm registrado essas ocorrências com episódios descritos na costa do Mediterrâneo, Adriático, América do Norte, América Central, América do Sul, África, Oriente Médio e Ásia (Delgado *et al.*, 2002; IOC, 2007).

Dentre as principais causas do florescimento massivo de macroalgas e epífitas relatadas na literatura, destacam-se: A eutrofização cultural especialmente por nitrogênio e fósforo (Duarte, 1995; Valiela *et al.*, 1997; Hemminga, 1998; Flindt *et al.*, 1999; Hauxwell *et al.*, 2003, Burkholder *et al.*, 2007); altos níveis de radiação e aumentos sazonais dos nutrientes na água (Pittman & Pittman, 2005); a sobrepesca de predadores de topo que causam o aumento de pequenos predadores de herbívoros, aumentando assim a quantidade de epífitas; ou ainda a redução direta de grandes herbívoros, como tartarugas marinhas e o peixe-boi que se alimentam das algas associadas aos bancos (Hughes *et al.*, 2004).

Os fluxos de nutrientes medidos neste trabalho não refletiram uma eutrofização da água, não havendo diferenças importantes entre os fluxos medidos em ambos os locais. Somente em outubro os fluxos de oxigênio diferiram entre locais, mas esta diferença pode ser atribuída a outros fatores biogeoquímicos na coluna de água e não necessariamente ao florescimento algal.

Por outro lado, processos biológicos podem estar mascarando a eventual eutrofização da água, como, por exemplo, uma maior abundância de populações escavadoras e o aumento de pequenos herbívoros invertebrados na Ilha Rasa da Cotinga. De acordo com Wilde (1991), em sistemas costeiros eutrofizados, ou em outros habitats com uma deposição excessiva de matéria orgânica, as populações escavadoras têm um papel significativo na canalização das

partículas potenciais de comida e biomassa, através da produção bacteriana e do macrozoobentos, acelerando a mineralização e a liberação dos nutrientes no sedimento.

Outro fator que pode estar contribuindo é a posição geográfica da pradaria. De acordo com o modelo ASSETS - Assessment of Estuarine Trophic Status, uma metodologia desenvolvida pela NOAA (Bricker et al., 2003) como ferramenta de classificação da eutrofização estuarina dos Estados Unidos, a pradaria localizada na Ilha Rasa da Cotonga pode ser categorizada como uma área com capacidade de diluir ou exportar os nutrientes, por se localizar em uma área de alta energia e se encontrar na frente de um canal de navegação. Modelos como este tem o objetivo de avaliar a pressão antrópica no estuário usando diferentes indicadores primários (clorofila-*a*, macroalgas e epífitas) e secundários (oxigênio dissolvido, reduções na vegetação aquática submersa e florescimentos de algas nocivas e tóxicas) que descrevem o aporte de nutrientes, e a capacidade do ambiente de lidar com esse material (Susceptibilidade Estuarina). Esta metodologia foi aplicada recentemente nos estuários de Babitonga, Guaratuba e Cananéia (Mizerkowski, 2007), ainda que a regressão da vegetação aquática submersa não tenha sido considerada por não haver nenhuma informação local a respeito.

Grandes herbívoros podem afetar significativamente a biomassa das macrófitas marinhas. Na Baía de Paranaguá, não ocorrem pássaros herbívoros em densidades suficientes para explicar a regressão das macrófitas (Ricardo Krul, *com pess*). O maior herbívoro local que se alimenta de macrófitas marinhas é a tartaruga-verde *Chelonia mydas*. Um estudo local sobre a dieta e ecologia alimentar de 80 tartarugas-verdes juvenis indicou a alta taxa de ingestão da grama marinha *Halodule wrightii* (Guebert, 2008). *H. wrightii* é o principal alimento das tartarugas no verão, representando 98% dos itens ingeridos em questão de importância, seguido do inverno com 75%. Por outro lado, a atividade de grandes herbívoros pode beneficiar as macrófitas marinhas, já que também se alimentam das algas epífitas associadas. Os pescadores artesanais na Baía de Paranaguá atuam em áreas de pesca localizadas em baixios de maré colonizados por gramas marinhas. Neste estudo foram observadas marcas de barcos no banco localizado do lado da Ilha das Cobras. De acordo com Guebert (*pess. obs.*) é normal encontrar tufos de gramas marinhas presas nas redes de pesca assim como tartarugas-verdes. Assim, outro fator que pode estar influenciando o aumento na densidade de macroalgas e outras epífitas poderia ser uma redução da herbívora por grandes pastadores sobre *Halodule*.

## 5. CONCLUSÕES

O marcado aumento das epífitas ao longo do tempo, sem relação aparente com a temperatura ou aumento na quantidade de nutrientes, causou por sua vez uma evidente variabilidade na pradaria de *Halodule wrightii* na Ilha Rasa da Cotinga. Houve uma importante variabilidade interna determinada pela maior ou menor densidade de epífitas nas diferentes áreas da pradaria, junto com uma diminuição da biomassa e do número de folhas em outubro. Com o aumento da biomassa das epífitas, houve alterações correspondentes na estrutura da macrofauna, com pequenos invertebrados que usam a alga como substrato passando a dominar a comunidade. Apesar do importante aumento da abundância da fauna de invertebrados na Ilha Rasa da Cotinga, a comunidade macrobêntica da pradaria não infestada na Ilha do Mel apresentou-se mais diversificada e estável.

Estas respostas biológicas assemelham-se àquelas relatadas na literatura frente à deterioração na qualidade da água (Surugiu, 2005; Sfriso, 2001). No entanto, o comportamento de variáveis químicas potencialmente indicadoras de eutrofização não permite afirmar que esteja acontecendo uma mudança ambiental importante na Ilha Rasa da Cotinga, possivelmente por se tratar ainda de estágios iniciais de um processo de deterioração. Por outro lado, as mudanças ambientais estão claramente evidentes no comportamento das variáveis faunísticas e florísticas, que refletiram uma mudança importante na estrutura e funcionamento do ecossistema.

Devido à complexidade nos fatores ambientais e biológicos que podem influenciar a resposta das macrófitas marinhas à redução de luz, é necessário que indicadores prematuros de alerta sejam desenvolvidos (Longstaff & Dennison, 1999). A relação entre a qualidade da água e o desempenho dos bancos de macrófitas marinhas é tão estreita que mudanças na cobertura das macrófitas podem ser vistas como um sintoma prematuro de alerta da deterioração na qualidade da água. Neste contexto, informações sobre a distribuição espacial e as mudanças correntes das pradarias marinhas podem aprimorar os trabalhos de monitoramento ambiental costeiro (Dennison *et al.*, 1993; Tomasko *et al.*, 1993), ou servir como dados de referência para modelos espaciais preditivos (Ferguson & Korfmacher, 1997). Os resultados obtidos neste trabalho permitem a proposição do uso das plantas e fauna associada como indicadores iniciais dos processos de degradação da qualidade da água costeira.

## 6. REFERÊNCIAS

- ANDRIGUETO-FILHO, J. M.; TORRES, R. F.; TOMAZ, L. M. (1998). Interações, fatores de mudança e sustentabilidade das práticas materiais e dinâmicas ambientais nos sistemas técnicos da pesca artesanal. In: LIMA, R. E. & NEGRELLE, R. R. B (eds.). **Meio Ambiente e Desenvolvimento no Litoral do Paraná: diagnóstico**. Curitiba: UFPR, 95 - 104.
- BRICKER, S. B.; FERREIRA, J. G.; SIMAS, T. (2003). An integrated methodology for assessment of estuarine trophic status. **Ecological Modelling**, 169: 36-60.
- BURD, A.B., DUNTON, K.H. (2001). Field verification of a light-driven model of biomass changes in the seagrass *Halodule wrightii*. **Marine Ecology Progress Series**, 209: 85-98.
- BURKHOLDER, J.M., TOMASKO, D.A., TOUCHETTE, B.W. (2007). Seagrass and eutrophication. **Journal of Experimental Marine Biology and Ecology**, 350: 46-72.
- CAMARGO, M. G. (2006). Sysgran: um sistema de código aberto para análises granulométricas do sedimento. **Revista Brasileira de Geociências**, Curitiba, 36 (2): 345-352.
- CAMARGO, J.A., ALONSO, A. (2006). Ecological and toxicological effects of inorganic nitrogen pollution in aquatic ecosystems: A global assessment. **Environment International**, 32 (6): 831-849.
- CARMOUZE, J.P. (1994). O Metabolismo dos Ecossistemas Aquáticos: Fundamentos Teóricos, Métodos de Estudo e Análises Químicas. In: BLÜCHER, E. **FAFESP**, 253.
- CLARKE, K. R. (1993) Non-parametric multivariate analyses of changes in community structure. **Australian Journal of Ecology**, 18:117-143.
- COLES, R., CAMPBELL, S., MELLORS, J., WAYCOTT, M., GOGGIN, L. (2004). Seagrasses in Queensland waters. Folheto publicado pela **CRC Reef Research Centre Ltd**. ([www.reef.crc.org.au](http://www.reef.crc.org.au)).
- CORBISIER, T.N. (1994). Macrozoobenthos da Praia do Codó (Ubatuba, SP) e a presença de *Halodule wrightii* (Ascherson). **Boletim do Instituto Oceanográfico**, Universidade de São Paulo, 42, 99-111.
- CREED, J.C., AMADO FILHO, G.M. (1999). Disturbance and recovery of the macroflora of a seagrass (*Halodule wrightii* Ascherson) meadow in the Abrolhos Marine National Park, Brazil: an experimental evaluation of anchor damage. **Journal of Experimental Marine Biology and Ecology**, 235: 285-306.
- CREED, J.C. (1999). Distribution, seasonal abundance and shoot size of the seagrass *Halodule wrightii* near its southern limit at Rio de Janeiro State, Brazil. **Aquatic Botany**, 64 (3-4): 47-58.
- CREED, J.C. (2000) The biodiversity of Brazil' seagrasses and seagrass habitats: A first analysis. In: PERGENT, G., PERGENT-MARTINI, C, BUIA, M.C., GAMBI, M.C. **Biologia Marina Mediterranea**. Società Italiana di Biologia Marina. 7(2):207-210.

CREED, J.C. (2003). The seagrasses of South America: Brazil, Argentina and Chile. **World Atlas of Seagrasses**. GREEN E.P. E SHORT F.T. (eds.). University of California Press, 24: 243-249.

CREED, J.C., ARAÚJO, F.C. (2005). Bancos de macrófitas marinhas: são oásis de diversidade nos desertos de substratos não consolidados? In: **X Reunião Brasileira de ficologia**. Rio de Janeiro. Anais, 221-237.

DELGADO, G.; POPOWSKI, G.; POMBO, M. C. (2002). Nuevos registros de dinoflagelados tóxicos epibénticos em Cuba. **Revista de Investigaciones Marinas**, 23(3): 229-232.

DENNISON, W.C., ORTH, R.J., MOORE, K.A., STEVENSON, J.C., CARTER, V., KOLTAR, S. BERGTROM, P.W., BATIUK, R.A. (1993). Assessing water quality with submerged aquatic vegetation habitat requirements as barometers of Chesapeake Bay health. **Bioscience** 43:86-94.

DUARTE, C.M. (1995). Submerged aquatic vegetation in relation to different nutrient regimes. **Ophelia**, 41:87-112

DUNTON, K.H. (1996). Photosynthetic production and biomass of the subtropical seagrass *Halodule wrightii* along an estuarine gradient. **Estuaries**, 19:436-447.

FERGUSON, R.L., KORFMACHER, K. (1997). Remote sensing and GIS analysis of seagrass meadows in North Carolina, USA. **Aquatic Botany**, 58: 241-258.

FEZCHEL, T. (1973). Aspects of the decomposition of seagrasses. **Marine Science**, 4: 123-145.

FRIEND, P.L., CIAVOLA, P., CAPPUCCI, S., SANTOS, R. (2003). Bio-dependent bed parameters as a proxy tool for sediment stability in mixed habitat intertidal areas. **Continental Shelf Research**, 23:189 -1917.

GIANGRANDE, A., LICCIANO, M., FANELLI, G. (2001). Bioturbation behaviour in two Mediterranean polychaetes. **Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom**, 81: 341-342.

GRANGER, S., LIZUMI, H. (2001). Water quality measurement methods for seagrass habitats. In: SHORT, F.T., COLES, R.G., SHORT, C.A. (eds.). **Global Seagrass Research Methods**, Elsevier, 20: 393-406.

GRASSHOFF, K., EHRHARDT, M., KREMLING, K. (1983). Methods of seawater analysis. **Verlag Chemie**, 2ª edição. Weinheim, 419.

GUEBERT, F. M. (2008). **Ecologia alimentar e consumo de resíduos sólidos por tartarugas-verdes, *Chelonia mydas***, no litoral do Estado do Paraná. Tese (Mestrado em Zoologia) Setor de Ciências Biológicas, Universidade Federal do Paraná. 63 p.

GUIDETTI, P. (2001). Detecting environmental impacts on the Mediterranean seagrass *Posidonia oceanica* (L.): the use of reconstructive methods in combination with “beyond BACI” designs. **Journal of Experimental Marine Biology and Ecology**, 260, 27–39.

HEMMINGA, M.A., 1998. The root/rhizome system of seagrasses: an asset and a burden. **Journal of Sea Research**. 39, 183–196.

HEMMINGA, M.A., DUARTE, C.M. (2000). Population and community dynamics. In: **Seagrass ecology**. Cambridge University Press, 3: 65-97.

HERMAN P.M.J., MIDDLEBURG, J.J., VANDEKOPPEL, J., HEIP, C.H.R. (1999). Ecology of estuarine macrobenthos. **Advances in Ecological Research**, 29: 195-231.

HARTOG, C. (1973). Structure, function and classification in seagrass communities. **Marine Science**, 4: 89-121.

HAUXWELL, J., CEBRIÁN, J., HERRERA-SILVEIRA, J.A., RAMIREZ, J., ZALDIVAR, A., GOMEZ, N., ARANDA-CIREROL, N. (2001). Measuring production of *Halodule wrightii*: Additional evidence suggests clipping underestimates growth rate. **Aquatic Botany**, 69:41-54.

HOLMER, M., ANDERSEN, F. Ø., NIELSEN, S.L., BOSCHKER, H.T.S. (2001). The importance of mineralization based on sulfate reduction for nutrient regeneration in tropical seagrass sediments. **Aquatic Botany**, 71: 1-17.

HUGHES, A.R., JUN BANDO, K., RODRIGUEZ, L.R., WILLIAMS, S.L. (2004). Relative effects of grazers and nutrients in seagrasses: A meta-analysis approach. **Marine Ecology Progress Series**, 282: 87-99.

IOC. The Intergovernmental Oceanographic Commission of UNESCO. (2007). *Harmful Algae News*. An IOC Newsletter on toxic algae and algal blooms. Disponível em: <http://ioc.unesco.org/hab/news.htm>. Acesso em 20 de julho de 2007.

JENG W. L. & B. C. HAN. (1994). Sedimentary coprostanol in Kaohsiung Harbour and Tan-Shui Estuary, Taiwan. **Marine pollution Bulletin**, 28: 494-499.

JONES, M. L. (1968). On the morphology, feeding, and behavior of *Magelona sp.* **Biological Bulletin**, 134 (2): 272-297.

KAWAKAMI, S. K. & MONTONE, R. C. (2002). An efficient ethanol-based analytical protocol to quantify fecal steroids in marine sediments. **Journal of Brazilian Chemical Society**, 13: 226 - 232.

KNOPPERS, B.A., BRANDINI, F.P., THAMM, C.A. (1987) Ecological studies in the Bay of Paranaguá II. Some physical and chemical characteristics. **Neritica** 2: 1-36.

LACERDA, L.D., REZENDE, C.E. (1986). Metals in the seagrass *Halodule wrightii* Aschers during one growing season. **Revista Brasileira de Botânica**, 9:87-90.



LANA, P.C., GUISS, C. (1991). Influence of *Spartina alterniflora* on structure and temporal variability of macrobenthic associations in a tidal flat of Paranaguá bay (southeastern Brazil). **Marine Ecology Progress Series**, 73: 231-244.

LANA, P. C., MARONE, E., LOPES, R. M. & MACHADO, E. C. (2001). The subtropical estuarine complexo of Paranaguá Bay, Brazil. In: SEELIGER, U.; KJERFVE, B. (eds.). **Coastal marine ecosystems of Latin America**. Berlin. Springer, 131-145.

LEE LONG, W.J., THOM, R.M. (2001). Improving seagrass habitat quality. In: SHORT, F.T., COLES, R.G., SHORT, C.A. (eds.). **Global Seagrass Research Methods**. Elsevier, 21: 407-423.

LEVIN, L.A., BOESCH D.F., COVICH, A., DAHM, C., ERSÉUS, C., EWEL, K.C., KNEIB, R.T., MOLDENKE, A., PALMER, M.A., SNELGROVE, P. STRAYER, D, WESLAWSKI, J.M. (2001). The function of marine critical transition zones and the importance of sediment biodiversity. In: **Ecosystems**. Springer, (4): 430-451.

LONG, B. G., DENNIS, D.M., SKEWES, T.D., POINER, I.R. (1996) Detecting an environmental impact of dredging on seagrass beds with a BACIR sampling design. **Aquatic Botany**, 53: 235-243.

LONGSTAFF, B.J., DENNISON, W.D. (1999). Seagrass survival during pulsed turbidity events: the effects of light deprivation on the seagrasses *Halodule pinifolia* and *Halophila ovalis*. **Aquatic Botany**, 65: 105-121.

MATTSON, R.A. (2000). Seagrass ecosystem characteristics and research and management needs in the Florida big bend. In: BORTONE, A. S. (ed.). **Seagrasses (Monitoring, ecology, physiology, and management)**. CRC Press. 20:259-277.

McCAMMON R.B. (1962). Efficiencies of percentile measurements for describing the mean size and sorting of sedimentary particles. **Journal of Geology**, 70:453-465.

MISTRI, M., FANO, E.A., GUION, F., ROSSI, R. (2002) Disturbance and community pattern of polychaetes inhabiting Valle Margnavacca (Valli di Comacchio, Northern Adriatic Sea, Italy). **Marine Ecology**, 23(1):31-49.

MIZERKOWSKI, B.D. (2007) **Modelo comparativo do estado trófico estuarino: Babitonga, Guaratuba, Laranjeiras e Cananea**. Tese (Mestrado em Sistemas Costeiros e Oceânicos). Setor de Ciências da Terra da Universidade Federal do Paraná.

NACKEN, M., REISE, K. (2000). Effects of herbivorous birds on intertidal seagrass beds in the northern Wadden Sea. **Helgoland Marine Research**, 54 (2-3): 87-94.

NEELY, M.B. (2000). Somatic, respiratory, and photosynthetic responses of the seagrass *Halodule wrightii* to light reduction in Tampa Bay (Florida), including a whole plant carbon budget. In: BORTONE S.A. (ed.). **Seagrasses (Monitoring, ecology, physiology, and management)**. CRC Press, 3:33-48.

NETTO, S.A., LANA, P.C. (1997). Influence of *Spartina alterniflora* on superficial sediment characteristics of tidal flats in Paranaguá bay (South-eastern Brazil). **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, 44:641-648.

NYBAKKEN, J.W. (2001). Seagrass communities. In: **Marine biology: An ecological approach**. 5ª edição .Benjamin Cummings, 5: 210-215.

OLIVEIRA, E.C., PIRANI, J.R., GIULIETTI, A.M (1983). The Brazilian seagrasses. **Aquatic Botany**, 16, 251–267.

OLIVEIRA, C.E., CORBISIER, T.N., ESTON, V.R., AMBROSIO, O. (1997) Phenology of a seagrass (*Halodule wrightii*) bed on the southeast coast of Brazil. **Aquatic Botany** 56: 25-33.

OMENA, E., CREED, J.C. (2004) Polychaete fauna of seagrass beds (*Halodule wrightii* Ascherson) along the coast of Rio de Janeiro (Southeast Brazil). **Marine Ecology**, 25(4):273-288.

ONUF, C.P. (1994). Seagrasses, dredging and light in Laguna Madre, Texas, USA. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, 39:75-91.

ONUF, C.P., PHILIPS, R.C., MONCREIFF, C.A., RAZ-GUZMAN, A., HERRERA-SILVA, J.A. (2003). The seagrasses of the Gulf of Mexico. In: Green E.P. and Short F.T. (eds.). **World Atlas of Seagrasses**. University of California Press, 22:224-233.

ORTH,R.J.,LUCKENBACH,M.L.,MARION,S.R.,MOORE,K.A.,WILCOX,D.J.(2006) Seagrass recovery in the Delmarva Coastal Bays, USA. **Aquatic Botany**, 84:26-36

PHILIPPART,C.J. M.(1994) Interactions between *Arenicola marina* and *Zostera noltii* on a tidal flat in the Wadden Sea. **Marine Ecology Progress Series**, 111:251-257.

PHILLIPS, J.A. (2006). Drifting blooms of the endemic filamentous brown alga *Hinckesia sordida* at Noosa on the subtropical east Australian coast. **Marine Pollution Bulletin**, 52: 962-968.

PHILLIPS, R.C. (1990) Responses to environmental conditions. In: PHILLIPS, C.R.;MCROY, C.P. (eds.).**Seagrass Research Methods**. Unesco, 5: 43-46.

PITTMAN, S.J., PITTMAN, K.M. (2005). Short-term consequences of a benthic cyanobacterial bloom (*Lyngbya majuscula*, Gomont) for fish and penaeid prawns in Morenton Bay (Queensland, Australia). **Estuarine, Coastal and Shelf science**, 63: 619-632.

PLUS, M., DESLOUS-PAOLI, J.M., AUBY, I., DAGAULT, F. (2001). Factors influencing primary production of seagrass beds (*Zostera noltii* Hornem.) in the Thau lagoon (French Mediterranean coast). **Journal of Experimental Marine Biology and Ecology**, 259: 63-84.

QIAN, Y., JACKSON, T. (1997). Standard Operating Procedures from Geochemical and Environmental Research Group. **TAMU: College Station, USA**.

ROCHA, D.C. (2006). **O uso da suficiência taxonômica para avaliar efeitos de um gradiente de poluição sobre o macrobentos** sublitoral na baía de Paranaguá (Paraná, Brasil). Monografia (Bacharelado em Oceanografia), Universidade Federal do Paraná.

SANDERS, H. L. (1968). Marine benthic: a comparative study. **American naturalist**, 102: 243-282.

SFRISO, A., BIRKEMEYER, T., GHETTI, P.F. (2001). Benthic macrofauna changes in areas of Venice lagoon populated by seagrasses or seaweeds. **Marine Environmental Research**, 52: 323-349.

SHORT, F.T., COLES, R.G., PERGENT-MARTINI, C. (2001). Global seagrass distribution. In: SHORT, F.T., COLES, R.G., SHORT, C.A. (eds.). **Global Seagrass Research Methods**. Elsevier, 1: 5-30.

SHORT, F.T., WYLLIE-ECHEVERRIA, S. (1996). Natural and human induced disturbance of seagrasses. **Environmental Conservation**, 23:17-27.

SILBERSTEIN, K., CHIFFINGS, A.W., MCCOMB, A.J. (1996). The loss of seagrasses in Cockburn Sound, Western Australia.3.: The effect of epiphytes on productivity of *Posidonia australis*. **Aquatic botany**, 24 (4): 355-371

SKILLETER, G.A., CAMERON, B., ZHARIKOV, Y., BOLAND, D., MCPHEE, D.P. (2006). Effects of physical disturbance on infaunal and epifaunal assemblages in subtropical, intertidal seagrass beds. **Marine Ecology Progress Series**, 308:61-78.

STRICKLAND, J.D.H., PARSONS, T.R. (1972). A practical handbook of seawater analysis. Ottawa, **Fisheries Research Board of Canada**, 122 (172).

SUCHANEK, T. H. (1983). Control of seagrass communities and sediment distribution by *Callianassa* (Crustacea, Thalassinidea) bioturbation. **Journal of Marine Research**, 41: 281-298.

SUGUIO, K.(1973).**Introdução à sedimentologia**.In: BLÜCHER,E.(ed.). Universidade de São Paulo, 317.

SURUGIU, V. (2005). The use of polychaetes as indicators of eutrophication and organic enrichment of coastal waters: a study case- Romanian Black sea coast. Disponível em: [http://www.bio.uaic.ro/Anale/biol\\_an/2005/10-V\\_Surugiu.pdf](http://www.bio.uaic.ro/Anale/biol_an/2005/10-V_Surugiu.pdf). Acesso em 22 de dezembro de 2007.

TAKEUCHI, I., TAKAHASHI S., TANABE, S., MIYAZAKI, N. (2001) *Caprella* watch: a new approach for monitoring butyltin residues in the ocean. **Marine Environmental Research**, 52:97-113.

THRUSH, S. F., HEWITT, J. E., NORKKO, A., NICHOLLS, P. E., FUNNELL, G. A., ELLIS, J. I. (2003). Habitat change in estuaries: Predicting broad-scale responses of intertidal macrofauna to sediment mud content. **Marine Ecology Progress Series**, 263:101-112.

VALIELA, I. MCCLELLAND, J., HAUXWELL, J., BEHR, P.J., HERSH, D. FOREMAN, K. (1997) Macroalgal blooms in shallow estuaries: Controls and ecophysiological and ecosystem consequences. **Limnology Oceanography**, 42:1105–1118.

VOLKMAN, J.K. (1986). A review of sterol markers for marine and terrigenous organic matter. **Organic Geochemistry**, 9(2): 83-99.

VOLKMAN, J.K., BARRET, S.M., BLACKBURN, S.I., MANSOUR, M.P., SIKES, E.L. AND GELIN, F. (1998). Microalgal biomarkers: a review of recent research developments. **Organic Geochemistry**, 29(5-7): 1163-1179.

WARD, T. J. (1984). Role of acute metal toxicity in structuring seagrass fauna near a lead smelter. **Marine Ecology Progress Series**, 17:117-124.

WILDE, P.A.W.J. (1991). Interactions in burrowing communities and their effects on the structure of marine benthic ecosystems. **Symposia of the Zoological Society of London**. 63:107-117.

ZIEMAN, J.C., WETZEL, E.G. (1980). Productivity in seagrasses: methods and rates. In: Phillips, R.C., McRoy, C.P. (Eds.), **Handbook of Seagrass Biology**. Garland STPM Press, New York, pp. 87–116.

## ANEXO

Anexo 1. Variáveis químicas medidas na Ilha Rasa da Cotinga e Ilha do Mel nas esferas claras (Clara 1 e clara 2) e escuras (escura 1 e escura 2) nos três períodos amostrais (dezembro, maio e outubro). Temperatura em °C (temp.), salinidade em g/kg (sal.), pH, clorofila em µg/l (cloro), seston em mg/l e oxigênio dissolvido em mg/l (OD).

	data	local	caixa	temp.	sal.	pH	cloro	seston	OD
1	12/12/06	Cotinga	clara in 1	26.00	28.00	7.20	2.81	36.2	8.49
2	12/12/06	Cotinga	clara fin 1	27.00	27.00	7.32	3.58	56.8	8.81
3	12/12/06	Cotinga	esc in 1	26.00	27.00	7.19	3.77	48.7	8.86
4	12/12/06	Cotinga	esc fin 1	27.00	27.00	7.34	6.18	59.7	8.49
5	12/12/06	Cotinga	clara in 2	26.00	27.00	7.23	5.69	48.6	8.24
6	12/12/06	Cotinga	clara fin 2	27.00	27.00	7.32	4.59	60.0	9.25
7	12/12/06	Cotinga	esc in 2	26.00	28.00	7.24	0.00	55.9	8.67
8	12/12/06	Cotinga	esc fin 2	27.00	28.00	7.23	0.00	56.3	8.15
9	12/12/06	Cotinga	ag.fund in	25.00	7.17	1.00	1.46	29.4	8.07
10	12/12/06	Cotinga	ag.fund.fin	26.00	7.24	1.50	4.12	31.6	9.76
11	13/12/06	I.Mel	clara in 1	25.50	24.00	7.14	2.51	18.0	8.19
12	13/12/06	I.Mel	clara fin 1	26.50	22.00	7.19	1.96	28.1	8.79
13	13/12/06	I.Mel	esc in 1	25.50	24.00	7.16	1.94	58.7	7.81
14	13/12/06	I.Mel	esc fin 1	26.50	24.00	7.26	2.61	66.0	9.49
15	13/12/06	I.Mel	clara in 2	25.50	25.00	7.19	2.31	29.5	7.92
16	13/12/06	I.Mel	clara fin 2	26.50	25.00	7.30	2.31	44.8	8.22
17	13/12/06	I.Mel	esc in 2	25.50	25.00	7.23	0.00	81.0	6.44
18	13/12/06	I.Mel	esc fin 2	26.50	25.00	7.21	0.00	56.3	10.52
19	13/12/06	I.Mel	ag.fund in	25.50	25.00	7.22	4.69	18.2	7.88
20	13/12/06	I.Mel	ag.fund.fin	26.50	25.00	7.23	1.78	47.0	8.15
21	23/05/07	Cotinga	clara in 1	21.00	30.00	8.05	1.73	21,45	9.03
22	23/05/07	Cotinga	clara fin 1	21.00	30.00	8.02	4.27	32,60	9.03
23	23/05/07	Cotinga	esc in 1	21.00	30.00	8.30	3.53	30,53	8.02
24	23/05/07	Cotinga	esc fin 1	21.00	30.00	7.93	3.50	30,10	6.79
25	23/05/07	Cotinga	clara in 2	21.00	30.00	7.92	2.90	30,90	8.35
26	23/05/07	Cotinga	clara fin 2	21.00	30.00	8.08	5.24	36,18	8.96
27	23/05/07	Cotinga	esc in 2	21.00	30.00	7.76	0.00	24,66	7.96
28	23/05/07	Cotinga	esc fin 2	21.00	30.00	7.98	0.00	34,82	8.95
29	23/05/07	Cotinga	ag.fund in	21.00	29.00	8.04	3.30	24,79	7.92
30	23/05/07	Cotinga	ag.fund.fin	21.00	30.00	8.00	4.64	33,23	8.27
31	24/05/07	I.Mel	clara in 1	19.80	30.00	8.14	3.40	61,96	7.30
32	24/05/07	I.Mel	clara fin 1	21.00	30.00	8.24	2.71	46,95	8.91
33	24/05/07	I.Mel	esc in 1	19.80	30.00	8.16	3.08	53,75	7.22
34	24/05/07	I.Mel	esc fin 1	21.00	30.00	8.24	3.30	56,81	8.87
35	24/05/07	I.Mel	clara in 2	19.80	30.00	8.12	2.93	53,09	7.84
36	24/05/07	I.Mel	clara fin 2	21.00	30.00	8.45	2.51	58,72	9.75
37	24/05/07	I.Mel	esc in 2	19.80	30.00	8.09	3.45	51,61	8.13
38	24/05/07	I.Mel	esc fin 2	21.90	30.00	8.19	3.20	52,79	12.56
39	24/05/07	I.Mel	ag.fund in	19.80	30.00	8.14	2.56	50,76	7.58
40	24/05/07	I.Mel	ag.fund.fin	21.00	30.00	8.16	2.56	52,22	6.95
41	18/10/07	Cotinga	clara in 1	23.00	30.00	7.94	0.14	38,42	8.64
42	18/10/07	Cotinga	clara fin 1	23.00	29.00	8.00	0.14	24,69	8.58
43	18/10/07	Cotinga	esc in 1	23.00	30.00	7.96	0.13	31,49	8.01
44	18/10/07	Cotinga	esc fin 1	23.00	25.00	8.15	0.27	19,12	8.63
45	18/10/07	Cotinga	clara in 2	23.00	30.00	8.05	0.16	49,40	8.21
46	18/10/07	Cotinga	clara fin 2	23.00	28.00	8.15	0.25	26,08	9.20
47	18/10/07	Cotinga	esc in 2	23.00	25.00	8.03	0.12	42,40	8.20
48	18/10/07	Cotinga	esc fin 2	23.00	26.00	8.01	0.12	27,95	7.06
49	18/10/07	Cotinga	ag.fund in	22.50	27.00	8.13	0.10	17,21	9.04
50	18/10/07	Cotinga	ag.fund.fin	23.00	25.00	8.10	0.57	26,96	8.35
51	19/10/07	I.Mel	clara in 1	23.00	29.00	8.04	0.13	22,54	8.26
52	19/10/07	I.Mel	clara fin 1	26.00	27.00	8.29	0.06	16,92	7.25
53	19/10/07	I.Mel	esc in 1	23.00	27.00	8.07	0.12	25,05	7.95
54	19/10/07	I.Mel	esc fin 1	23.00	24.00	8.12	0.09	23,95	11.05
55	19/10/07	I.Mel	clara in 2	24.00	27.00	8.10	0.13	32,42	7.92
56	19/10/07	I.Mel	clara fin 2	23.00	26.00	8.30	0.10	27,60	7.58
57	19/10/07	I.Mel	esc in 2	24.00	27.00	8.14	0.14	24,09	7.27

<b>58</b>	19/10/07	I.Mel	esc fin 2	24.00	27.00	8.12	0.09	20.75	9.32
<b>59</b>	19/10/07	I.Mel	ag.fund in	24.00	25.00	8.13	0.05	13.53	8.21
<b>60</b>	19/10/07	I.Mel	ag.fund.fin	24.00	29.00	8.20	0.08	17.77	10.36

Anexo 2. Valores iniciais e finais das concentrações dos nutrientes (PO4, NO2, NO3 e NH4) na Ilha Rasa da Cotinga e Ilha do Mel nas esferas claras (Clara1 e clara 2) e escuras (escura1 e escura 2) e na água de fundo (AF) nos três períodos amostrais (dezembro, maio e outubro).

<b>DATA</b>	<b>LOCAL</b>	<b>CAIXA</b>	<b>HORA</b>	<b>PO4</b>	<b>NO2</b>	<b>NO3</b>	<b>NH4</b>
12/12/06	Cotinga	Bj Cl in 1	11:26	<b>0,40</b>	<b>0,11</b>	<b>2,00</b>	<b>1,81</b>
12/12/06	Cotinga	Bj Cl fin 1	14:26	<b>0,29</b>	<b>0,16</b>	<b>1,33</b>	<b>1,04</b>
12/12/06	Cotinga	Bj Esc in 1	11:36	<b>0,23</b>	<b>0,18</b>	<b>0,80</b>	<b>1,22</b>
12/12/06	Cotinga	Bj Esc fi 1	14:53	<b>0,18</b>	<b>0,14</b>	<b>0,52</b>	<b>0,30</b>
12/12/06	Cotinga	Bj Cl in 2	11:55	<b>0,23</b>	<b>0,16</b>	<b>1,17</b>	<b>1,68</b>
12/12/06	Cotinga	Bj Cl fin 2	15:01	<b>0,19</b>	<b>0,19</b>	<b>0,92</b>	<b>0,79</b>
12/12/06	Cotinga	Bj Esc in 2	12:06	<b>0,30</b>	<b>0,16</b>	<b>1,08</b>	<b>1,35</b>
12/12/06	Cotinga	Bj Esc fi 2	15:12	<b>0,33</b>	<b>0,13</b>	<b>0,72</b>	<b>1,07</b>
12/12/06	Cotinga	AFI	11:00	<b>0,33</b>	<b>0,19</b>	<b>2,68</b>	<b>0,86</b>
12/12/06	Cotinga	AFF	15:17	<b>0,17</b>	<b>0,10</b>	<b>6,13</b>	<b>0,30</b>
13/12/06	I.Mel	Bj Cl in 1	09:55	<b>0,06</b>	<b>0,11</b>	<b>1,75</b>	<b>0,88</b>
13/12/06	I.Mel	Bj Cl fin 1	12:55	<b>0,09</b>	<b>0,16</b>	<b>2,30</b>	<b>1,24</b>
13/12/06	I.Mel	Bj Esc in 1	10:05	<b>0,11</b>	<b>0,18</b>	<b>3,27</b>	<b>2,67</b>
13/12/06	I.Mel	Bj Esc fi 1	12:50	<b>0,12</b>	<b>0,14</b>	<b>2,20</b>	<b>2,19</b>
13/12/06	I.Mel	Bj Cl in 2	09:17	<b>0,06</b>	<b>0,16</b>	<b>1,65</b>	<b>1,02</b>
13/12/06	I.Mel	Bj Cl fin 2	12:24	<b>0,16</b>	<b>0,19</b>	<b>1,52</b>	<b>1,45</b>
13/12/06	I.Mel	Bj Esc in 2	09:23	<b>0,14</b>	<b>0,16</b>	<b>2,98</b>	<b>1,67</b>
13/12/06	I.Mel	Bj Esc fi 2	12:29	<b>0,15</b>	<b>0,13</b>	<b>2,00</b>	<b>1,46</b>
13/12/06	I.Mel	AFI	09:09	<b>0,07</b>	<b>0,19</b>	<b>1,86</b>	<b>1,00</b>
13/12/06	I.Mel	AFF	12:39	<b>0,06</b>	<b>0,10</b>	<b>2,37</b>	<b>0,75</b>
23/05/07	Cotinga	Bj Cl in 1	10:35	<b>0,38</b>	<b>0,52</b>	<b>1,93</b>	<b>4,08</b>
23/05/07	Cotinga	Bj Cl fin 1	13:32	<b>0,27</b>	<b>0,76</b>	<b>2,35</b>	<b>3,31</b>
23/05/07	Cotinga	Bj Esc in 1	10:25	<b>0,21</b>	<b>0,52</b>	<b>3,04</b>	<b>5,22</b>
23/05/07	Cotinga	Bj Esc fi 1	13:27	<b>0,18</b>	<b>0,54</b>	<b>1,94</b>	<b>2,31</b>
23/05/07	Cotinga	Bj Cl in 2	10:55	<b>0,21</b>	<b>0,65</b>	<b>1,62</b>	<b>2,97</b>
23/05/07	Cotinga	Bj Cl fin 2	13:36	<b>0,17</b>	<b>1,48</b>	<b>1,70</b>	<b>3,06</b>
23/05/07	Cotinga	Bj Esc in 2	10:42	<b>0,28</b>	<b>0,67</b>	<b>1,92</b>	<b>4,61</b>
23/05/07	Cotinga	Bj Esc fi 2	13:45	<b>0,31</b>	<b>0,63</b>	<b>1,64</b>	<b>3,02</b>
23/05/07	Cotinga	AFI	10:00	<b>0,31</b>	<b>0,58</b>	<b>0,87</b>	<b>2,67</b>
23/05/07	Cotinga	AFF	13:21	<b>0,16</b>	<b>0,75</b>	<b>2,15</b>	<b>3,56</b>
24/05/07	I.Mel	Bj Cl in 1	09:00	<b>0,59</b>	<b>0,91</b>	<b>2,04</b>	<b>8,09</b>
24/05/07	I.Mel	Bj Cl fin 1	13:17	<b>0,60</b>	<b>0,75</b>	<b>2,54</b>	<b>2,69</b>
24/05/07	I.Mel	Bj Esc in 1	09:20	<b>0,51</b>	<b>0,79</b>	<b>1,92</b>	<b>3,17</b>
24/05/07	I.Mel	Bj Esc fi 1	13:30	<b>0,45</b>	<b>0,75</b>	<b>1,13</b>	<b>1,83</b>
24/05/07	I.Mel	Bj Cl in 2	09:46	<b>0,40</b>	<b>0,59</b>	<b>1,87</b>	<b>2,53</b>

24/05/07	I.Mel	Bj Cl fin 2	13:35	<b>0,33</b>	<b>0,62</b>	<b>1,39</b>	<b>1,23</b>
24/05/07	I.Mel	Bj Esc in 2	10:00	<b>0,46</b>	<b>0,78</b>	<b>1,86</b>	<b>4,02</b>
24/05/07	I.Mel	Bj Esc fi 2	13:40	<b>0,32</b>	<b>0,65</b>	<b>0,91</b>	<b>3,35</b>
24/05/07	I.Mel	AFI	08:40	<b>0,39</b>	<b>0,80</b>	<b>1,12</b>	<b>2,24</b>
24/05/07	I.Mel	AFF	13:11	<b>0,43</b>	<b>0,87</b>	<b>0,68</b>	<b>2,11</b>
18/10/07	Cotinga	Bj Cl in 1	08:47	<b>0,47</b>	<b>0,07</b>	<b>2,20</b>	<b>13,34</b>
18/10/07	Cotinga	Bj Cl fin 1	12:15	<b>0,52</b>	<b>0,12</b>	<b>2,01</b>	<b>14,31</b>
18/10/07	Cotinga	Bj Esc in 1	09:03	<b>0,53</b>	<b>0,15</b>	<b>1,90</b>	<b>29,64</b>
18/10/07	Cotinga	Bj Esc fi 1	12:27	<b>0,48</b>	<b>0,13</b>	<b>2,09</b>	<b>15,06</b>
18/10/07	Cotinga	Bj Cl in 2	09:24	<b>0,51</b>	<b>0,21</b>	<b>1,84</b>	<b>15,59</b>
18/10/07	Cotinga	Bj Cl fin 2	12:41	<b>0,60</b>	<b>0,10</b>	<b>2,10</b>	<b>14,81</b>
18/10/07	Cotinga	Bj Esc in 2	09:40	<b>0,44</b>	<b>0,16</b>	<b>1,17</b>	<b>17,25</b>
18/10/07	Cotinga	Bj Esc fi 2	12:50	<b>0,53</b>	<b>0,12</b>	<b>1,13</b>	<b>14,86</b>
18/10/07	Cotinga	AFI	10:07	<b>0,44</b>	<b>0,00</b>	<b>2,58</b>	<b>13,76</b>
18/10/07	Cotinga	AFF	13:00	<b>0,52</b>	<b>0,15</b>	<b>2,09</b>	<b>12,29</b>
19/10/07	I.Mel	Bj Cl in 1	08:40	<b>0,23</b>	<b>0,11</b>	<b>2,23</b>	<b>15,33</b>
19/10/07	I.Mel	Bj Cl fin 1	12:00	<b>0,33</b>	<b>0,10</b>	<b>1,58</b>	<b>14,25</b>
19/10/07	I.Mel	Bj Esc in 1	08:50	<b>0,28</b>	<b>0,15</b>	<b>2,00</b>	<b>14,06</b>
19/10/07	I.Mel	Bj Esc fi 1	12:30	<b>0,41</b>	<b>0,11</b>	<b>2,28</b>	<b>13,83</b>
19/10/07	I.Mel	Bj Cl in 2	09:05	<b>0,28</b>	<b>0,12</b>	<b>1,73</b>	<b>13,86</b>
19/10/07	I.Mel	Bj Cl fin 2	12:22	<b>0,33</b>	<b>0,09</b>	<b>2,01</b>	<b>13,32</b>
19/10/07	I.Mel	Bj Esc in 2	09:12	<b>0,22</b>	<b>0,08</b>	<b>2,03</b>	<b>15,13</b>
19/10/07	I.Mel	Bj Esc fi 2	12:10	<b>0,37</b>	<b>0,08</b>	<b>2,13</b>	<b>14,72</b>
19/10/07	I.Mel	AFI	09:36	<b>0,34</b>	<b>0,09</b>	<b>2,27</b>	<b>10,58</b>
19/10/07	I.Mel	AFF	12:40	<b>0,46</b>	<b>0,17</b>	<b>2,42</b>	<b>13,16</b>

Anexo 3. Nitrogênio (NO<sub>3</sub>) e fósforo (PO<sub>4</sub>) no sedimento nas esferas claras( C1 e C2), escuras( E1 e E2) e na água de fundo (AF), na Ilha Rasa da Cotinga e na Ilha do Mel nos três períodos amostrais ( dezembro, maio e outubro).

DATA	LOCAL	CAIXA	PO4	NO3
12/12/06	Cotinga	<b>AF</b>	1,55	15,73
12/12/06	Cotinga	<b>C1</b>	0,90	19,54
12/12/06	Cotinga	<b>C2</b>	1,19	15,58
12/12/06	Cotinga	<b>E1</b>	1,51	16,28
12/12/06	Cotinga	<b>E2</b>	0,59	21,52
13/12/06	I.Mel	<b>AF</b>	1,25	17,72
13/12/06	I.Mel	<b>C1</b>	1,30	17,28
13/12/06	I.Mel	<b>C2</b>	0,67	12,80
13/12/06	I.Mel	<b>E1</b>	1,29	17,21
13/12/06	I.Mel	<b>E2</b>	0,62	12,39
23/05/06	Cotinga	<b>E1</b>	1,53	13,52
23/05/06	Cotinga	<b>E2</b>	0,98	8,44
23/05/06	Cotinga	<b>C1</b>	1,05	8,24
23/05/06	Cotinga	<b>C2</b>	1,13	6,15
23/05/06	Cotinga	<b>AF</b>	1,24	7,84
23/05/06	Cotinga	<b>AF</b>	1,14	8,57

24/05/07	I.Mel	<b>E1</b>	1,24	8,14
24/05/07	I.Mel	<b>E2</b>	1,51	10,71
24/05/07	I.Mel	<b>C1</b>	1,43	4,10
24/05/07	I.Mel	<b>C2</b>	0,54	11,48
24/05/07	I.Mel	<b>AF</b>	0,80	4,83
19/10/07	Cotinga	<b>C1</b>	1,69	12,40
19/10/07	Cotinga	<b>C2</b>	0,71	4,98
19/10/07	Cotinga	<b>E1</b>	1,35	7,17
19/10/07	Cotinga	<b>E2</b>	1,02	6,36
19/10/07	Cotinga	<b>AF</b>	1,11	8,04
20/10/07	I.Mel	<b>C1</b>	1,77	11,15
20/10/07	I.Mel	<b>C2</b>	1,29	8,77
20/10/07	I.Mel	<b>E1</b>	0,87	3,69
20/10/07	I.Mel	<b>E2</b>	1,49	7,78
20/10/07	I.Mel	<b>AF</b>	1,86	6,39

Anexo 4. Valores da biomassa (g), o numero de folhas, o comprimento das folhas(mm) a largura das folhas(mm) o diâmetro do rizoma(mm) e a distância entre os intervalos do rizoma (mm) nas diferentes áreas (A, B e C) da Ilha Rasa da Cotinga (P1) e a Ilha do Mel (P2).

<b>Amostra</b>	<b>Período</b>	<b>Biomassa</b>	<b>Numero de Folhas</b>	<b>Comprimento das folhas</b>	<b>Largura das folhas</b>	<b>Diâmetro do rizoma</b>	<b>Intervalo do rizoma</b>
P1A1	D06	1,67	2	5,23	0,37	1,28	1,33
P1A2	D06	2,273	2,33	3,76	0,37	0,8	0,6
P1A3	D06	1,023	1,67	4,86	0,32	0,64	1,33
P1A4	D06	1,19	2	3,53	0,4	0,64	1,17
P1A5	D06	0	0	0	0	0	0
P1B1	D06	1,046	1,67	3,77	0,35	0,64	1,17
P1B2	D06	2	1,67	4,05	0,48	0,96	1
P1B3	D06	0,563	2,33	4,61	0,43	0,96	0,83
P1B4	D06	1,993	2	4,12	0,4	0,64	1,57
P1B5	D06	0,286	1,67	4	0,42	0,86	1,23
P1C1	D06	1,766	2	4,93	0,43	0,64	0,7
P1C2	D06	8,345	1,67	4,8	0,38	0,8	1,57
P1C3	D06	1,672	2,67	2,96	0,46	0,64	1,43
P1C4	D06	3,925	2,33	1,43	0,43	0,96	1,17
P1C5	D06	0	0	0	0	0	0
P2A1	D06	1,876	2,33	3,64	0,43	0,96	1,17
P2A2	D06	0,838	3	4,56	0,52	1,12	0,73
P2A3	D06	0,305	2,33	3,17	0,37	1,28	1,37
P2A4	D06	0,577	2,67	4,05	0,5	0,96	1
P2A5	D06	0,485	2,5	4,34	0,48	0,8	1,37
P2B1	D06	0,683	1,67	5,62	0,38	0,96	1,1
P2B2	D06	1,287	3	5,32	0,37	0,8	0,8
P2B3	D06	0,922	2,33	4,33	0,43	0,96	1,1
P2B4	D06	0,183	2	4,17	0,37	0,96	1,57
P2B5	D06	0,069	2,67	6,15	0,44	1,12	1



P2C1	D06	0,064	2,33	2,86	0,5	0,8	0,17
P2C2	D06	0,356	2,33	4,99	0,46	0,8	0,5
P2C3	D06	1,701	2	3,83	0,4	0,96	2,27
P2C4	D06	0,581	2,33	4,17	0,34	0,96	1,1
P2C5	D06	1,598	2	4,53	0,37	0,96	0,83
P1A1	M07	1,259	2	3,65	0,35	0,8	0,75
P1A2	M07	0,594	2	3,53	0,29	0,64	0,72
P1A3	M07	0,904	2	4,9	0,35	0,8	0,38
P1A4	M07	0,745	2	4,24	0,35	0,8	0,32
P1A5	M07	0,837	2	3,44	0,4	0,8	1,88
P1B1	M07	1,265	2,33	3,18	0,27	0,8	1,01
P1B2	M07	3,236	1,67	2,84	0,38	0,8	0,32
P1B3	M07	1,509	1,67	2,84	0,32	0,8	0,58
P1B4	M07	1,742	2	5,18	0,35	0,96	0,68
P1B5	M07	1,482	1,33	2,19	0,28	0,64	1,42
P1C1	M07	0,044	1,33	1,37	0,28	0,64	0,82
P1C2	M07	0,311	2	3,33	0,29	0,8	1,52
P1C3	M07	0,166	0	0	0	0,8	0,34
P1C4	M07	0,048	2	3,63	0,32	0,8	1,15
P1C5	M07	0,086	2	3,35	0,37	0,8	0,51
P2A1	M07	1,474	2	3,19	0,4	0,8	0,04
P2A2	M07	0,92	2	3,75	0,37	0,96	0,14
P2A3	M07	0,324	2,33	4,91	0,46	0,96	0,25
P2A4	M07	2,512	2	3,42	0,37	0,64	0,84
P2A5	M07	0,508	2	3,33	0,4	0,8	0,45
P2B1	M07	0,905	1,67	4,12	0,38	0,8	0,65
P2B2	M07	1,633	2	5,13	0,4	1,28	1,89
P2B3	M07	0,434	1,67	3,54	0,42	0,96	0,61
P2B4	M07	1,576	1	5,02	0,32	0,8	0,35
P2B5	M07	1,723	1,67	3,78	0,42	0,96	0,45
P2C1	M07	0,496	1,33	3,19	0,32	0,96	0,69
P2C2	M07	2,125	1,67	5,28	0,38	0,64	0,18
P2C3	M07	0,068	2	4,45	0,36	0,96	0,58
P2C4	M07	1,313	1,67	3,6	0,32	1,12	0,62
P2C5	M07	0,124	1,67	4,48	0,35	0,8	0,55
P1A1	OCT.07	0,949	2	5,65	0,4	0,8	0,73
P1A2	OCT.07	1,048	1,67	4,8	0,54	1,01	0,6
P1A3	OCT.07	0,845	1,33	4,98	0,54	0,93	0,74
P1A4	OCT.07	0,999	2	3,38	0,16	1,01	1,06
P1A5	OCT.07	0,993	1,67	5,06	0,59	0,69	0,64
P1B1	OCT.07	1,132	1,67	3,82	0,45	0,69	0,67
P1B2	OCT.07	0,984	1,67	5,34	0,5	0,69	0,64
P1B3	OCT.07	0,526	2,67	21,72	0,49	0,77	0,61
P1B4	OCT.07	0,948	2,33	5,47	0,53	1,48	0,66
P1B5	OCT.07	1,227	1	2,93	0,43	0,95	0,91
P1C1	OCT.07	1,723	2,67	5,17	0,45	0,83	0,7

P1C2	OCT.07	1,485	1,67	5,28	0,43	0,69	0,47
P1C3	OCT.07	1,453	2	4,92	0,51	3,52	0,78
P1C4	OCT.07	1,818	2,67	3,44	0,59	0,91	0,63
P1C5	OCT.07	1,183	2	3,08	0,42	1,04	0,23
P2A1	OCT.07	1,917	3	4,44	0,52	1,15	0,09
P2A2	OCT.07	2,107	2,33	4,73	0,45	0,88	0,2
P2A3	OCT.07	1,286	3,33	5,19	0,58	1,07	0,23
P2A4	OCT.07	2,045	3,67	3,95	0,47	1,03	0,08
P2A5	OCT.07	0,897	2,33	2,84	0,5	0,91	0,22
P2B1	OCT.07	1,316	2,67	5,78	0,33	1,12	0,14
P2B2	OCT.07	1,98	3,67	5,26	0,47	0,75	0,17
P2B3	OCT.07	0,66	3	7,81	0,55	1,15	0,11
P2B4	OCT.07	2,004	3,33	4,49	0,46	1,28	0,08
P2B5	OCT.07	3,445	3	5,1	0,57	1,39	0,08
P2C1	OCT.07	1,342	3	6,78	0,58	1,33	0,11
P2C2	OCT.07	1,264	2,67	6,96	0,58	1,07	0,38
P2C3	OCT.07	0,761	2,67	9,14	0,55	1,2	0,17
P2C4	OCT.07	1,676	3	4,19	0,43	0,8	0,15
P2C5	OCT.07	1,859	2,67	6,66	0,59	1,55	0,76

Anexo5. Resultados do ANOVA tri-fatorial para a biomassa, distância entre os intervalos do rizoma horizontal, comprimento e número de folhas por eixo, riqueza de espécies (S) e abundância (N) da fauna considerando como fatores fixos o período amostral (dezembro, maio e outubro), os locais (Ilha Rasa da Cotinga e Ilha do Mel), as áreas e as suas interações como fontes de variação. Os números em negrita mostram as interações que foram significativas. GL( grau de liberdade).

	GL	F	Pr(>F)
<b>Biomassa</b>			
Ponto	1	0,078856	0,783636586
Periodo	2	1,447902	0,273340323
Ponto x Periodo	2	2,307509	0,141932767
ponto x periodo x area	12	2,189163	<b>0,021071767</b>
<b>Numero de folhas</b>			
Ponto	1	30,72899	<b>0,000127113</b>
Periodo	2	15,227	<b>0,000510006</b>
Ponto x Periodo	2	8,296858	<b>0,005463411</b>
ponto x periodo x area	12	0,865648	0,584447091
<b>Intervalo do rizoma</b>			
Ponto	1	14,11158	<b>0,002738137</b>
Periodo	2	33,55013	<b>1,22E-05</b>
Ponto x Periodo	2	6,751163	<b>0,010854472</b>
ponto x periodo x area	12	0,473789	0,923741172
<b>Abundancia (N)</b>			
Ponto	1	17,55612	<b>0,001253995</b>
Periodo	2	3,433755	0,066191137

---

Ponto x Período	2	6,335493	<b>0,013242453</b>
ponto x período x área	12	5,468057	<b>1,60E-06</b>
<b>Riqueza de espécies (S)</b>			
Ponto	1	39,52435	<b>4,03E-05</b>
Período	2	1,407506	0,28240695
Ponto x Período	2	10,35361	<b>0,002439076</b>
ponto x período x área	12	1,994344	<b>0,03706266</b>

---





## Continuação Anexo 6.

	P1A1M	P1A2M	P1A3M	P1A4M	P1A5M	P1B1M	P1B2M	P1B3M	P1B4M	P1B5M	P1C1M	P1C2M	P1C3M	P1C4M	P1C5M	P2A1M	P2A2M	P2A3M	P2A4M	P2A5M	P2B1M	P2B2M	P2B3M	P2B4M	P2B5M	P2C1M	P2C2M	P2C3M	P2C4M	P2C5M
<i>Goniada maculata</i>	0	1	0	1	1	1	0	0	0	0	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0
<i>Goniada brunnea</i>	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Goniada emerita</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Glycinde multidentis</i>	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
<i>Goniada littorea</i>	0	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
<i>Perinereis</i> sp.	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Parandalia tricuspis</i>	0	0	2	0	0	3	2	1	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Marphysa sanguinea</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Lumbricalus tetraura</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Ninae</i> sp.	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Lumbricalus januarii</i>	10	6	3	34	10	5	7	9	1	3	4	5	4	8	19	4	8	7	5	9	0	12	11	6	6	1	8	4	1	5
<i>Mangelona nonatoi</i>	11	56	36	50	21	20	6	32	10	8	32	16	19	30	21	27	4	49	3	6	11	91	138	49	64	6	31	5	2	1
<i>Poecilochaetus</i> sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1
<i>Scaloplos onlini</i>	0	0	2	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Dispio remanei</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Spionidae</i> sp.1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Scolecopsis</i> sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Spiophanes</i> sp.	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Laonice cirrata</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
<i>Grubeulepis</i> sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Glycera americana</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Ophelidae</i> sp.	1	3	3	4	1	1	0	4	4	0	0	4	0	1	0	3	3	1	0	1	0	2	1	1	1	0	1	1	3	1
<i>Aricidea</i> sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Pholoidae</i> sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Owenia</i> sp.	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Sigambra grubei</i>	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
<i>Chrysopatulae</i> sp.	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Onuphis eremita oculata</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
<i>Lycidice</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Capitella</i> sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Holosydnella brasiliensis</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Gyptis</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Sabellidae</i> sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Prionospio steentropi</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Neanthes succinea</i>	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
<i>Lucina pectinata</i>	1	3	3	2	1	4	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Codaquia</i> sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Solen tehueltchus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Divaricella quadrisulcata</i>	0	0	0	0	0	0	0	2	0	2	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Nucula</i> sp.	0	2	1	2	3	8	0	0	0	0	3	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Tellina diversicolor</i>	2	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
<i>Abra aequalis</i>	0	0	0	0	0	1	1	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
<i>Amygdalum papyrium</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Picnogalida</i> sp.	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Myrtea lens</i>	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Anomalocardia brasiliensis</i>	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
<i>Calliostoma</i> sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Nadittarina vermeji</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Epitonium</i> sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Amphisca aminata</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
<i>Volvarina</i> sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Mitrella lunata</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	2
<i>Anachis</i> sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Mytella</i> sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Natica</i> sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Bowmanella brasiliensis</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Macoma</i> sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Branquiosstoma marabaenses</i>	29	41	18	36	9	11	12	12	6	3	5	31	7	20	27	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0
<i>Edwardsia fusca</i>	4	3	32	6	10	11	1	18	10	2	1	22	4	1	5	0	0	0	2	0	1	2	0	1	0	0	0	0	0	0
<i>Sipuncula</i> sp.	1	0	1	0	0	0	0	1	0	0	3	0	1	1	0	0	1	1	0	1	0	0	1	0						







