

INFLUÊNCIA DE UM RECIFE ARTIFICIAL MARINHO SOBRE A  
INFAUNA DO ENTORNO NO LITORAL NORTE DO ESTADO DO RIO  
DE JANEIRO

**CATARINA DALVI BOINA**

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO NORTE FLUMINENSE – UENF

Campos dos Goytacazes - RJ

Novembro de 2008



INFLUÊNCIA DE UM RECIFE ARTIFICIAL MARINHO SOBRE A  
INFAUNA DO ENTORNO NO LITORAL NORTE DO ESTADO DO RIO  
DE JANEIRO

**CATARINA DALVI BOINA**

Dissertação Apresentada ao Centro de  
Biotecnologia e Biotecnologia da Universidade  
Estadual do Norte Fluminense como parte das  
exigências para a obtenção do título de Mestre  
em Ecologia e Recursos Naturais.

Orientadora: Prof<sup>a</sup> Ilana Rosental Zalmon

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO NORTE FLUMINENSE – UENF

Campos dos Goytacazes - RJ

Novembro de 2008

INFLUÊNCIA DE UM RECIFE ARTIFICIAL MARINHO SOBRE A  
INFAUNA DO ENTORNO NO LITORAL NORTE DO ESTADO DO RIO  
DE JANEIRO

**CATARINA DALVI BOINA**

Dissertação Apresentada ao Centro de  
Biotecnologia e Biotecnologia da Universidade  
Estadual do Norte Fluminense como parte das  
exigências para a obtenção do título de Mestre  
em Ecologia e Recursos Naturais.

Aprovada em 25 de novembro de 2008.

Comissão Examinadora:

---

Prof<sup>a</sup> Helena Passeri Lavrado (Dr<sup>a</sup>, Ciências Biológicas – Biofísica) – UFRJ

---

Prof<sup>o</sup> Ronaldo Novelli (Dr<sup>o</sup>, Biotecnologia e Biotecnologia) – UENF

---

Prof<sup>o</sup> Carlos Eduardo Veiga de Carvalho (Dr<sup>o</sup>, Geociências - Geoquímica) – UENF

---

Prof<sup>a</sup> Ilana Rosental Zalmon (Dr<sup>a</sup>, Ciências Biológicas) – UENF

Orientadora

Dedico esta dissertação aos meus pais, Zé Luiz e Gracinha.

## AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por todas as formas de vida.

À Dr<sup>a</sup> Ilana Rosental Zalmon pela orientação, paciência e oportunidade de realizar este estudo.

Ao Dr. Carlos Eduardo de Rezende (Laboratório de Ciências Ambientais – UENF) e Dr. Alex Bastos (Departamento de Oceanografia – UFES) pelo apoio nas análises geoquímicas.

Ao Dr. Carlos Eduardo Veiga de Carvalho (Laboratório de Ciências Ambientais – UENF) pela revisão final da dissertação.

À banca examinadora, pela avaliação deste trabalho.

Aos técnicos, funcionários e colegas do Laboratório de Ciências Ambientais pela ajuda nos trabalhos de campo e laboratório, além das contribuições ao texto, em especial a Werther, Daniel, Bruno, Isabela, Carolina, Renato, Wendel, Fred, Jomar, Elaine, Daniele, Tiago e Maurício.

À Karla Paresque (Laboratório de Bentologia – UFES) e Daniele Barbeiro (Laboratório de Ciências Ambientais – UENF) pela ajuda na identificação dos organismos.

Aos professores do Programa de Pós Graduação pela constante preocupação em desenvolver nos alunos do Programa uma análise crítica das pesquisas.

À FAPERJ pelo apoio financeiro e bolsa de estudos.

A todos os amigos de Vitória e Campos, por estarem sempre por perto nos momentos descontraídos e em outros nem tanto assim.

Ao Guilherme, pelo amor e incentivo.

## SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS .....	<i>ix</i>
LISTA DE TABELAS .....	<i>xii</i>
RESUMO .....	<i>xiii</i>
ABSTRACT .....	<i>xiv</i>
<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>1</b>
<b>2 OBJETIVOS.....</b>	<b>4</b>
<b>3 HIPÓTESES.....</b>	<b>5</b>
<b>4 MATERIAL E MÉTODOS .....</b>	<b>5</b>
4.1 Área de Estudo.....	5
4.2 O Complexo de Recifes Artificiais Marinhos.....	8
4.3 Desenho Experimental .....	9
4.4 Delineamento Amostral .....	10
4.4.1 Análise da Infauna .....	10
4.4.2 Análise Geoquímica.....	10
4.5 Tratamento e Análise dos Dados.....	11
4.5.1 Estrutura de Comunidade .....	11
4.5.2 Diferenças entre Tratamentos (distâncias e períodos).....	12
<b>5 RESULTADOS .....</b>	<b>14</b>
5.1 Análise do sedimento .....	14
5.1.1 Granulometria .....	14
5.1.2 Carbonato .....	15
5.1.3 Matéria Orgânica .....	16
5.1.4 Carbono Total.....	17
5.1.5 Nitrogênio total.....	18
5.1.6 Fósforo Orgânico .....	19
5.2 Análise da Infauna .....	20
5.2.1 Fevereiro de 2006.....	20
5.2.1.1 Análise Qualitativa .....	20
5.2.2 Novembro de 2006 .....	24
5.2.2.1 Análise Qualitativa .....	24
5.3 Estrutura da Comunidade .....	28
5.3.1 Fevereiro de 2006.....	28
5.3.2 Novembro de 2006 .....	30

<b>5.4</b>	<b>Diferenças entre Distâncias de Amostragem .....</b>	<b>32</b>
<b>5.4.1</b>	<b>Fevereiro de 2006.....</b>	<b>32</b>
<b>5.4.1.1</b>	<b>Análise de Variância.....</b>	<b>32</b>
<b>5.4.1.2</b>	<b>Análise Multivariada.....</b>	<b>33</b>
<b>5.4.2</b>	<b>Novembro de 2006 .....</b>	<b>35</b>
<b>5.4.2.1</b>	<b>Análise de Variância.....</b>	<b>35</b>
<b>5.4.2.2</b>	<b>Análise Multivariada.....</b>	<b>36</b>
<b>5.5</b>	<b>Relação entre Infauna e os Parâmetros do Sedimento .....</b>	<b>38</b>
<b>5.5.1</b>	<b>Fevereiro de 2006.....</b>	<b>38</b>
<b>5.5.1.1</b>	<b>Análise de Correspondência Canônica .....</b>	<b>38</b>
<b>5.5.1.2</b>	<b>Análise BIOENV.....</b>	<b>40</b>
<b>5.5.2</b>	<b>Novembro de 2006 .....</b>	<b>40</b>
<b>5.5.2.1</b>	<b>Análise de Correspondência Canônica .....</b>	<b>40</b>
<b>5.5.2.2</b>	<b>Análise BIOENV.....</b>	<b>43</b>
<b>6</b>	<b>DISCUSSÃO.....</b>	<b>43</b>
<b>6.1</b>	<b>Análise do sedimento .....</b>	<b>43</b>
<b>6.2</b>	<b>Análise da Infauna .....</b>	<b>48</b>
<b>7</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>53</b>
<b>8</b>	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>54</b>



## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Localização da área de instalação do complexo recifal na costa norte do estado do Rio de Janeiro.....	6
Figura 2: Precipitação total observada para o Brasil nos meses de fevereiro (à esquerda) e novembro (à direita) do ano de 2006. Fonte: <a href="http://clima1.cptec.inpe.br/monitoramento_brasil.shtml">http://clima1.cptec.inpe.br/monitoramento_brasil.shtml</a> .....	7
Figura 3: Foto dos módulos constituintes do complexo de recifes artificiais marinhos..	8
Figura 4: Representação gráfica dos grupos de módulos do complexo recifal. ....	8
Figura 5: Representação gráfica dos grupos de módulos do complexo recifal. O esquema não possui escala real. ....	9
Figura 6: Composição granulométrica das distâncias de amostragem no complexo de recifes artificiais marinhos em fevereiro/2006 (A) e novembro/2006 (B). ....	15
Figura 7: Valores médios de carbonato nas distâncias de amostragem $\pm$ desvio padrão (linhas verticais) no complexo de recifes artificiais marinhos em fevereiro/2006 (A) e novembro/2006 (B), amostras em duplicata.....	16
Figura 8: Percentual de matéria orgânica das distâncias de amostragem no complexo de recifes artificiais marinhos em fevereiro/2006 (A) e novembro/2006 (B).....	17
Figura 9: Percentual de carbono total das distâncias de amostragem no complexo de recifes artificiais marinhos em fevereiro/2006 (A) e novembro/2006 (B). ....	18
Figura 10: Percentual de nitrogênio total das distâncias de amostragem no complexo de recifes artificiais marinhos em fevereiro/2006 (A) e novembro/2006 (B).....	19
Figura 11: Percentual de fósforo orgânico das distâncias de amostragem no complexo de recifes artificiais marinhos em fevereiro/2006 (A) e novembro/2006 (B).....	20
Figura 12: Abundância relativa dos grandes grupos zoológicos amostrados em fev/06. ....	22
Figura 13: Riqueza relativa dos grandes grupos zoológicos em números de táxons amostrados em fev/06.....	23
Figura 14: Percentual de tipos de hábitos alimentares de Polychaeta nas distâncias de amostragem em fev/2006. ....	23
Figura 15: Abundância relativa dos grandes grupos zoológicos encontrados em nov/06. ....	26
Figura 16: Riqueza relativa dos grandes grupos zoológicos em termos de números de táxons encontrados em nov/06.....	27

Figura 17: Percentual dos tipos de hábitos alimentares dos Polychaeta nas distâncias de amostragem em nov/2006.....	28
Figura 18: Variação da riqueza taxonômica média $\pm$ desvio padrão (linhas verticais) nas distâncias de amostragem em fev/2006 (n = 4 unidades amostrais para cada distância). .....	28
Figura 19: Variação da densidade média dos indivíduos $\pm$ desvio padrão (linhas verticais) nas distâncias de amostragem em fev/2006 (n = 4 unidades amostrais para cada distância). .....	29
Figura 20: Variação da diversidade média (índice de Shannon) $\pm$ desvio padrão (linhas verticais) nas distâncias de amostragem em fev/2006 (n = 4 unidades amostrais para cada distância). .....	29
Figura 21: Variação da dominância média (índice de Simpson) $\pm$ desvio padrão (linhas verticais) nas distâncias de amostragem em fev/2006 (n = 4 unidades amostrais para cada distância). .....	30
Figura 22: Variação da riqueza taxonômica média $\pm$ desvio padrão (linhas verticais) encontrado nas distâncias de amostragem em fev/2006 (n = 4 unidades amostrais para cada distância).....	30
Figura 23: Variação da densidade média dos indivíduos $\pm$ desvio padrão (linhas verticais) encontrado nas distâncias de amostragem em nov/2006 (n = 4 unidades amostrais para cada distância).....	31
Figura 24: Variação da diversidade média (índice de Shannon) $\pm$ desvio padrão (linhas verticais) das distâncias de amostragem em nov/2006 (n = 4 unidades amostrais para cada distância). .....	31
Figura 25: Variação da dominância média (índice de Simpson) $\pm$ desvio padrão (linhas verticais) das distâncias de amostragem em nov/2006 (n = 4 unidades amostrais para cada distância). .....	32
Figura 26: Análise de ordenação MDS para os valores de densidade média dos táxons nas distâncias de amostragem em fev/06 (5; 25; 100 e 500 = distância em metros do recife artificial). .....	33
Figura 27: Análise de ordenação MDS com os valores da densidade de cada amostra das distâncias de amostragem em fev/2006 (5; 25; 100; 500 = distância do recife artificial, A; B; C; D = unidades amostrais de cada ponto de amostragem). As unidades amostrais 5A, 5D, 25B, 100C, 100D e 500A e as distâncias de amostragem 0 e 50 m não foram consideradas nesta análise devido à ausência de organismos nas amostras. ....	34
Figura 28: Análise de ordenação MDS com os valores de densidade média dos táxons nas distâncias de amostragem em nov/06.....	36
Figura 29: Análise de ordenação MDS com os valores da densidade de cada amostra das distâncias de amostragem em nov/2006 (0; 5; 25; 50; 100 e 500 = distância do recife artificial, A; B; C e D = unidades amostrais de cada ponto de amostragem).....	37
Figura 30: Análise de correspondência canônica com as distâncias de amostragem, os táxons e as variáveis ambientais do sedimento em fevereiro/2006. ....	39

Figura 31: Análise de correspondência canônica incluindo distâncias de amostragem, variáveis do sedimento e táxons amostrados em novembro/2006. .... 42

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Lista dos táxons encontrados na primeira coleta (fev/06) e densidade total de cada táxon por distância de amostragem. Para cada táxon, é apresentado o somatório do número de organismos que ocorreram todas as unidades amostrais de uma dada distância. ....	21
Tabela 2: Lista dos táxons encontrados na segunda coleta (nov/06) e densidade total de cada táxon por distância de amostragem. Para cada táxon, é apresentado o somatório do número de organismos que ocorreram todas as unidades amostrais de uma dada distância. ....	24
Tabela 3: Resultados da análise de variância de Kruskal-Wallis entre as diferentes distâncias de amostragem em fev/2006 com relação aos descritores da estrutura da comunidade. ....	32
Tabela 4: Valores do índice de dispersão relativa (IRD) entre as amostras do gradiente de distâncias a partir do complexo recifal. ....	34
Tabela 5: Resultados da análise de Kruskal-Wallis entre as diferentes distâncias de amostragem em nov/2006. ....	35
Tabela 6: Resultados da análise de Kruskal-Wallis das mesmas distâncias de amostragem entre fev/2006 e nov/2006 (F = fev/06; N = nov/06). ....	35
Tabela 7: Análise de variância de Kruskal-Wallis entre fev/2006 e nov/2006 em relação aos descritores de estrutura de comunidade, considerando as seis distâncias de amostragem ....	36
Tabela 8: Valores do índice de dispersão relativa entre as amostras do gradiente de distâncias a partir do complexo recifal. ....	37
Tabela 9: Valores da análise BIOENV dos parâmetros do sedimento com a abundância dos táxons da infauna em fevereiro de 2006. Correlação em ordem decrescente com relação aos valores mais elevados (Variáveis: 1 – matéria orgânica; 2 – areia; 3 – carbono orgânico; 4 – fósforo orgânico). ....	40
Tabela 10: Valores da análise BIOENV dos parâmetros do sedimento com a abundância dos táxons da infauna em novembro de 2006. Correlação em ordem decrescente com relação aos valores mais elevados (variáveis: 1 – areia; 2 – carbono orgânico; 3 – fósforo orgânico; 4 – matéria orgânica). ....	43
Tabela 11: Comparação entre os percentuais de carbonato e sedimentos finos (lama) do presente trabalho no complexo recifal e do trabalho de Lacerda <i>et al.</i> (2004) realizado na plataforma continental interior e em campos de exploração de petróleo na Bacia de Campos. Valores de média, desvio padrão e variação mínima e máxima dos percentuais registrados. ....	48

## RESUMO

A influência de um complexo recifal no litoral norte do Estado do Rio de Janeiro (21°29'S, 41°00'W) sobre a infauna do entorno foi avaliada em fevereiro e novembro de 2006 ao longo de um gradiente de distâncias, 0, 5, 25, 50, 100 e 500 m, em que foram coletadas com um tubo de 10cm de diâmetro interno, cinco amostras do sedimento para análise da infauna e para análise geoquímica das variáveis: teor de matéria orgânica, carbonato, carbono orgânico, fósforo orgânico, nitrogênio orgânico e granulometria. A análise de variância com os descritores riqueza, abundância, diversidade e dominância de espécies não revelou diferenças significativas entre as distâncias de um mesmo período de amostragem e entre os períodos. O complexo de recifes artificiais marinhos do litoral norte do Estado do Rio de Janeiro exerce influência nos parâmetros do sedimento do entorno, destacando-se: percentual de matéria orgânica, carbono, fósforo e nitrogênio orgânico. No entanto, tal influência ocorreu de forma localizada no tempo (fev/06) e no espaço (nas proximidades dos módulos recifais: 0 - 5 m) e não em um gradiente de distâncias. As variações espaciais nos parâmetros do sedimento não explicam por si só a distribuição da infauna associada, dada à variabilidade da comunidade nas diferentes distâncias. Os organismos não se distribuíram em grupos evidentes de acordo com o gradiente de distâncias em que foram amostrados, seja em termos de abundância ou de guildas alimentares. A variabilidade da infauna nos pontos de amostragem sugere que a influência dos recifes artificiais é “perdida”, se dissipando rapidamente em face do hidrodinamismo intenso e do tamanho do complexo recifal, acarretando em um impacto reduzido dos recifes sobre a infauna do entorno.

## ABSTRACT

The influence of a reef complex on the northern coast of Rio de Janeiro (21° 29'S, 41° 00'W) on the surrounding infauna was evaluated over a distance gradient of, 0, 5, 25, 50, 100 and 500 m in February and November 2006. Five sediment samples for analysis of infauna and geochemical analysis of organic matter content, carbonate, organic carbon, organic phosphorus, organic nitrogen and particle size were collected along this gradient using a 10mm internal diameter tube. An analysis of variance using richness, abundance, diversity and dominance of species descriptors showed no significant differences between distances for the same sampling period or between periods. The artificial marine reef complex on the north coast of Rio de Janeiro State influenced the parameters of the surrounding sediment, mainly: the percentage of organic matter, carbon, phosphorus and organic nitrogen. However, this influence occurred at a specific time (Feb/06) and space (near the reef modules: 0 - 5 m) and not over the distance gradient. Spatial variation in the parameters of the sediment alone cannot explain the distribution of the associated infauna, given the variability of the community at different distances. The organisms were not distributed in evident groups either according to distance gradient that was sampled or in terms of abundance or feeding guilds. The variability of infauna at the sampling points suggests that the influence of artificial reefs is rapidly "lost", dissipating in consequence of intense hydrodynamism and the size of the reef complex, resulting in a reduced impact of the reefs on the surrounding infauna.

## 1 INTRODUÇÃO

Por definição, os recifes são estruturas situadas próximas à costa ou a ela diretamente ligados, podendo se localizar submersas ou a pequena altura do nível do mar (Ferreira, 2004). São extremamente importantes em termos de recursos biológicos, visto que sua estrutura tridimensional abriga uma grande quantidade de organismos de diferentes categorias (Villaça, 2002). Podem ser de origem natural, sendo também chamados de recifes biológicos, como os recifes de coral, de algas calcárias e de acumulação detritica (estromatólitos, recifes de arenito e bancos de fanerógamas marinhas) (Villaça, 2002) ou de origem artificial, conhecidos como recifes artificiais, lançados pelo homem no ambiente marinho (Jensen, 1994).

Recifes artificiais são definidos como estruturas submersas que imitam algumas características dos recifes naturais (Boaventura *et al.*, 2006), por ex. fornecem um substrato duro para organismos bênticos, os quais atraem peixes recifais importantes comercial e recreacionalmente (Pike & Lindquist, 1994). Estas estruturas têm sido construídas com matérias-primas como concreto, aço, plástico, pneus e carcaças de navios (Jensen *et al.*, 1994).

Os recifes artificiais são comumente utilizados como ferramenta para o manejo da pesca (Fabi *et al.*, 2002), proteção de áreas marinhas contra a pesca ilegal e, mais recentemente, para a preservação e reabilitação de habitats naturais (Boaventura *et al.*, 2006). Frequentemente os recifes artificiais estão localizados em extensas planícies de areia, isolados de recifes naturais rochosos, tornando-se potenciais agentes de alteração da abundância e distribuição de espécies e da estrutura da comunidade associada ao sedimento do entorno dos recifes (Ambrose & Anderson, 1990).

A escala de impactos dos recifes artificiais pode ser limitada ou se estender a várias centenas de metros do recife (Wilding & Sayer, 2002) e o ambiente pode ser impactado de várias formas: por contaminantes tóxicos, se presentes na matéria-prima do recife (Pickering, 1996) e, ainda, através da interação da estrutura com o regime local de correntes (Boaventura *et al.*, 2006), modificando taxas e processos de sedimentação, distribuição e classificação do tamanho do grão (Danovaro *et al.*, 2002) ou mesmo

promovendo alterações nas marcas de ondulação do sedimento (Davis *et al.*, 1982). A própria presença da estrutura recifal somada ao fluxo de água gerado pelas ondas e correntes remobiliza constantemente o sedimento adjacente (Lorenzi, 2004). Entretanto, informações sobre mudanças na hidrodinâmica induzidas por blocos de concreto são escassas (Ambrose & Anderson, 1990; Badalamenti & D'Anna, 1996).

O decréscimo na velocidade da corrente no perímetro do recife permite o assentamento de material fino incluindo partículas orgânicas com conseqüente decréscimo do tamanho médio das partículas do sedimento, concomitante enriquecimento orgânico (Guiral *et al.*, 1995) e mudanças na oxigenação do sedimento (Wilding & Sayer, 2002). Ocorre também o aumento da quantidade de algas e outros materiais orgânicos, como fezes e morte dos organismos associados aos recifes, resultando no aumento da matéria orgânica do sedimento (Ambrose & Anderson, 1990).

Ainda que um dos principais objetivos da implantação de recifes artificiais seja tentar assemelhá-los ao máximo aos recifes naturais, a dimensão e o tempo de implantação dos blocos recifais são os principais fatores que determinam a formação de diferentes comunidades de peixes e invertebrados associados. A ecologia e a história natural das espécies que compõem essas comunidades podem influenciar na composição e na distribuição da infauna do substrato inconsolidado do entorno (Posey & Ambrose, 1994).

O impacto dos recifes artificiais sobre a infauna do entorno pode ser considerado adverso, visto que ocorre a morte dos organismos que são enterrados pela implantação dos mesmos e as mudanças físicas e bióticas podem afetar a comunidade do sedimento. Entretanto, pode se considerar os efeitos dos impactos proporcionais à abundância e/ou dimensão dos recifes implantados. De modo que quanto maior o complexo recifal, mais importante torna-se verificar seu impacto na infauna associada (Ambrose & Anderson, 1990).

Danovaro *et al.* (2002) descreveram três maneiras de como os recifes artificiais podem afetar a comunidade da infauna adjacente: (a) por alteração do regime hidrodinâmico e das características físicas do substrato; (b) pela modificação da distribuição e/ou composição dos recursos alimentares e (c)



pela alteração das interações biológicas entre diferentes partes da cadeia alimentar. Um desses fatores pode prevalecer sobre os demais ou as diferentes forças podem atuar simultaneamente resultando em respostas complexas da comunidade da infauna. Ambrose & Anderson (1990) sugerem que parâmetros físicos podem influenciar o padrão de abundância da infauna mais que a predação, sendo a comunidade influenciada essencialmente em função da distância do recife.

A infauna, principal foco deste estudo, inclui todos os organismos do zoobentos que escavam ou se encontram enterrados no sedimento e são mais abundantes e diversos no substrato não-consolidado (Soares-Gomes *et al.*, 2002); está diretamente relacionada a características físicas e químicas do sedimento, de modo que perturbações ou alterações nessas características podem ser refletidas na estrutura da comunidade em termos de seus descritores como abundância, composição e densidade. Conseqüentemente, é relevante o estudo dessa comunidade como ferramenta para avaliação de impactos em ambientes aquáticos (Giere, 1993).

Apesar da influência dos recifes artificiais sobre o ambiente do entorno, os estudos nestes ambientes concentram-se quase que exclusivamente na atração e na ecologia alimentar de peixes (Donaldson & Clavijo, 1994; Lindquist *et al.*, 1994; Pike & Lindquist, 1994, Osenberg *et al.*, 2002; Relini *et al.*, 2002) e na colonização dos módulos de recifes pela epifauna e peixes recifais (Jensen *et al.*, 1994; Badalamenti *et al.*, 2002; Steimle *et al.*, 2002; Boaventura *et al.*, 2006), existindo uma menor quantidade de estudos sobre a comunidade de substrato inconsolidado (Barros *et al.*, 2001; Danovaro *et al.*, 2002; Fabi *et al.*, 2002; Steimle *et al.*, 2002; Wilding & Sayer, 2002; Lorenzi, 2004; Wilding, 2006). Em uma revisão sobre recifes artificiais, Baine (2001) verificou que os artigos relacionados ao tema “ecologia geral” correspondem cerca de 12% de todos os artigos sobre recifes, sendo que dentro deste tema o principal foco de estudo é a epifauna sobre os recifes artificiais, desta forma pode se considerar o tema deste estudo ainda pouco investigado. O presente trabalho vem acrescentar informações sobre os impactos causados pelos recifes artificiais sobre a infauna do entorno

justificando sua importância, visto que ainda não há um consenso sobre este tema.

No Brasil, os estudos em recifes artificiais seguem esta mesma tendência nos estados do Paraná (Scheffer, 2001), Ceará (Conceição, 2001; Conceição *et al.*, 2006; Conceição *et al.*, 2007) e no norte do Rio de Janeiro (Gomes *et al.*, 2001; Godoy *et al.*, 2002; Zalmon *et al.*, 2002; Zalmon & Gomes, 2003; Gomes *et al.*, 2004; Brotto *et al.*, 2006; Krohling *et al.*, 2006; Krohling & Zalmon, 2008). A exceção, Soares-Gomes *et al.* (2000) realizaram um estudo sobre a meiofauna do entorno de uma plataforma produtora de petróleo na Bacia de Campos e no litoral do Estado do Paraná e Lorenzi (2004) investigou a infauna de substrato inconsolidado a partir da instalação do complexo de recifes artificiais.

A análise da influência dos recifes artificiais marinhos sobre a infauna adjacente, aqui proposta, faz parte do projeto de pesquisa Programa Recifes Artificiais no Litoral Norte do Estado do Rio de Janeiro, iniciado em 1996, com objetivos de caracterizar os papéis funcionais dos recifes artificiais como atratores da ictiofauna e estudar os padrões de associação das comunidades bêntica e íctica.

## **2 OBJETIVOS**

Analisar a comunidade da infauna de substrato inconsolidado em termos de abundância e composição de espécies ao longo de um gradiente de distâncias a partir de um complexo de recifes artificiais;

Verificar a influência das possíveis diferenças das variáveis do sedimento como: teor de matéria orgânica, carbonato, carbono total; fósforo total; nitrogênio total e granulometria sobre a comunidade de macrofauna bêntica.

### 3 HIPÓTESES

H<sub>1</sub>: Os recifes artificiais marinhos do litoral norte do Estado do Rio de Janeiro exercem influência sobre o sedimento do entorno acarretando em um acúmulo de matéria orgânica e conseqüente enriquecimento de nutrientes.

H<sub>2</sub>: As possíveis mudanças ocorridas no sedimento afetam a comunidade da infauna em termos de sua estrutura (composição, riqueza, diversidade e abundância de espécies).

### 4 MATERIAL E MÉTODOS

#### 4.1 Área de Estudo

A área de estudo está localizada entre a foz dos rios Paraíba do Sul (sul) e Itabapoana (Norte), aproximadamente 25Km eqüidistantes destes dois pontos (Fig. 1) (Krohling, 2004). O complexo de recifes artificiais situa-se a cerca de três milhas náuticas da praia de Manguinhos (21° 29' S, 41° 00' W) no município de São Francisco do Itabapoana, RJ, apresentando uma coluna d'água de aproximadamente nove metros de profundidade (Brotto, 2006). O aporte de água doce na região é devido principalmente ao rio Paraíba do Sul (mais de 80% do total), seguido pelos rios Itabapoana e Macaé (Salomão *et al.*, 2001).

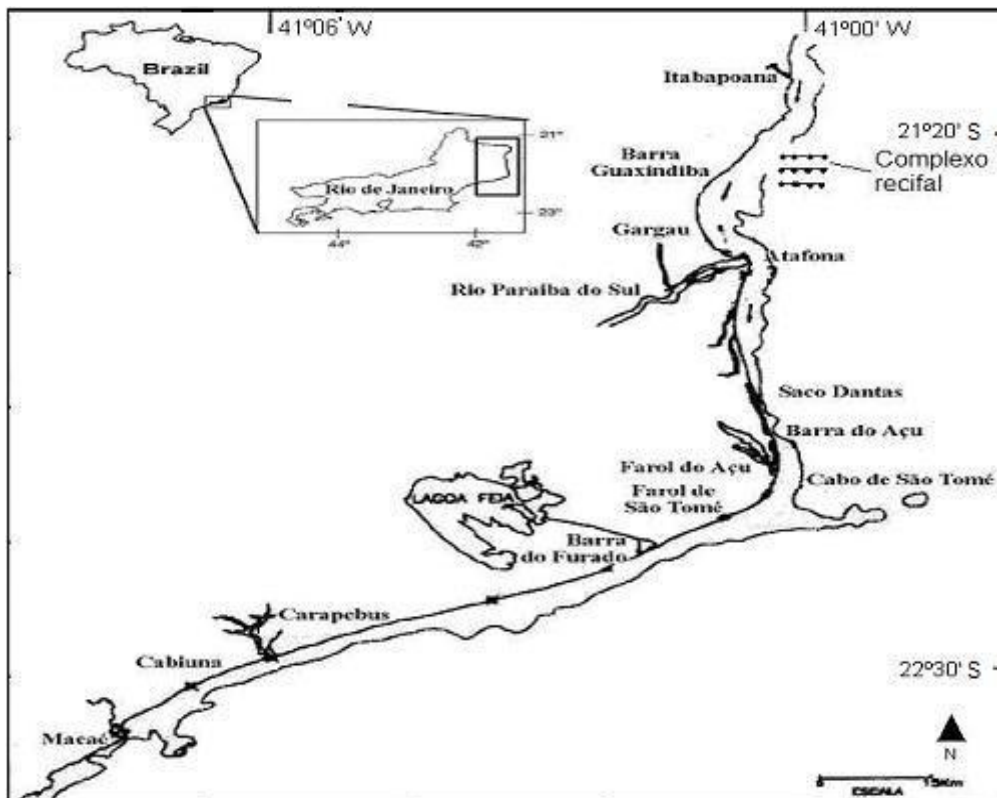


Figura 1: Localização da área de instalação do complexo recifal na costa norte do estado do Rio de Janeiro.

O litoral é pouco recortado com longas praias e poucos costões rochosos (Gomes, 2000). O fundo é plano constituído principalmente por nódulos calcáreos (rodolitos), areia e lama (Gomes, 1998).

O vento predominante na região é o Nordeste e conforme sua intensidade e direção, aliado à variação da maré e fases da lua, a condição do mar pode ser alterada de calmo (geralmente período matutino) a extremamente agitado (vespertino) (Krohling, 2004).

Em um estudo na Bacia de Campos, Soares-Gomes *et al.* (2000) caracterizaram as condições oceanográficas da área como complexas, governadas por áreas oligotróficas associadas com águas tropicais da corrente do Brasil e áreas mesotróficas devido ao fenômeno da ressurgência que traz águas frias e ricas em nutrientes. A entrada de água dos dois rios principais, Itabapoana e Paraíba do Sul, é da ordem de  $900\text{m}^3.\text{s}^{-1}$ . A plataforma é caracterizada por uma baixa deposição de matéria orgânica, com altas

concentrações de carbono orgânico e nitrogênio ocorrendo sobre o talude (Soares-Gomes *et al.*, 1999).

Analisando os valores de vazão média e precipitação pluviométrica mensais, Godoy *et al.* (2002) caracterizaram a região com duas estações: chuvosa (meses de dezembro, janeiro e fevereiro) e outra seca (demais meses).

No entanto, o ano de 2006 pode ser considerado atípico, visto que no mês de fevereiro de 2006 a variação na precipitação foi de 50 a 150mm (precipitação média da região norte fluminense = 100mm), enquanto em novembro de 2006 a variação na precipitação foi entre 200 e 300mm (precipitação média da região norte fluminense = 250mm) (Fig. 2).

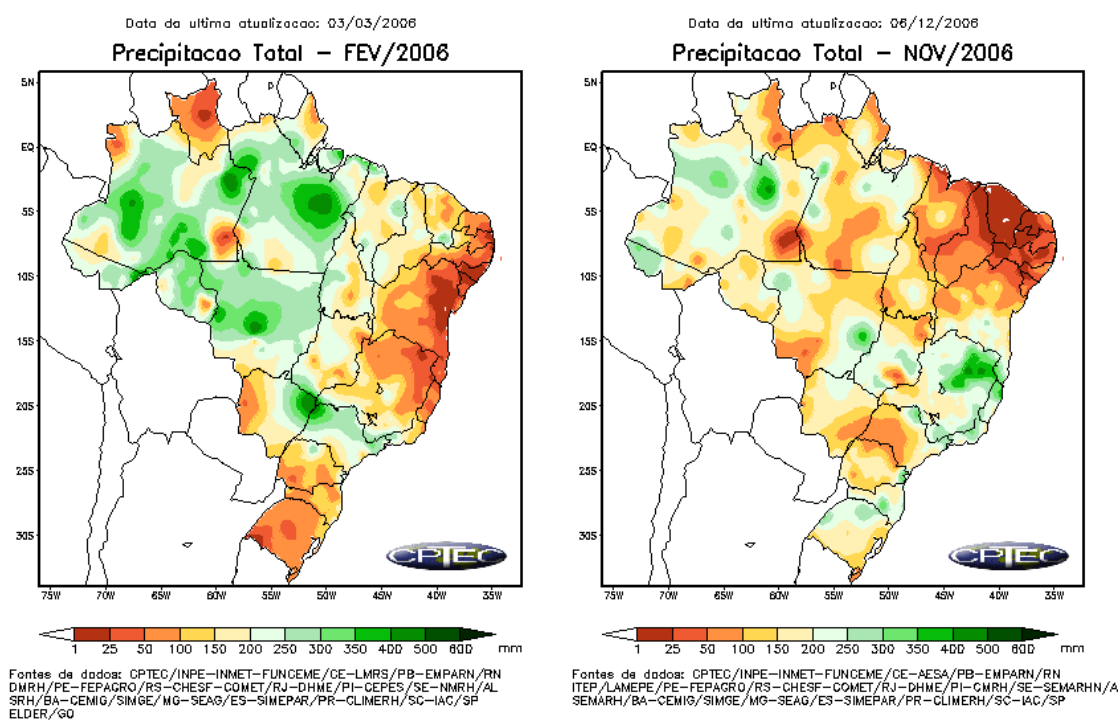


Figura 2: Precipitação total observada para o Brasil nos meses de fevereiro (à esquerda) e novembro (à direita) do ano de 2006. Fonte: [http://clima1.cptec.inpe.br/monitoramento\\_brasil.shtml](http://clima1.cptec.inpe.br/monitoramento_brasil.shtml)

## 4.2 O Complexo de Recifes Artificiais Marinhos

Em janeiro de 2002, foi implantado um complexo de recifes artificiais marinhos composto por diferentes módulos no litoral norte Fluminense. Os módulos utilizados para construir o complexo de recifes são do tipo *reefball*. Um total de 36 módulos foi instalado, cada um com peso entre 300 e 400 quilogramas, 1,0m de diâmetro de base e 0,80m de altura. Os módulos variam quanto à presença de cavidades e ou composição da superfície. Os 36 módulos foram agrupados segundo suas características e distribuídos em doze grupos de três módulos, os grupos distam aproximadamente 100m entre si. Atualmente a superfície de todos os grupos constituintes do complexo se apresenta homogênea devido à colonização da comunidade bêntica de substrato duro (Figs. 3 e 4).



Figura 3: Foto dos módulos constituintes do complexo de recifes artificiais marinhos.

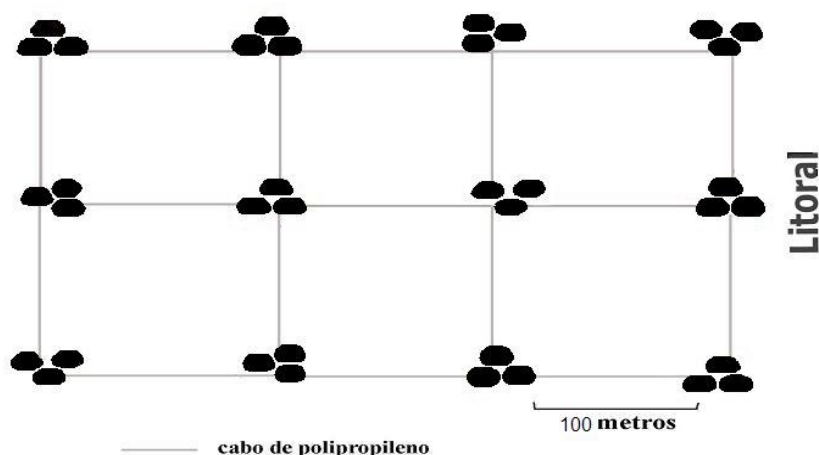


Figura 4: Representação gráfica dos grupos de módulos do complexo recifal.

### 4.3 Desenho Experimental

Para analisar a influência dos recifes sobre a infauna presente dentro do complexo recifal e do seu entorno (define-se entorno como a distância da borda de um lado do complexo até 500m de distância) foram escolhidas seis distâncias de amostragem, de modo a formar um gradiente de distâncias a partir do recife: dentro do complexo (0m), 5m, 25m, 50m, 100m e 500m em direção ao sul, devido a corrente de fundo predominante (Fig. 5). A distância a 500m do complexo recifal foi considerada a área-referência, sendo a área que não sofre influência alguma dos recifes. A escolha dessa área-referência se deu devido à impossibilidade de ser realizada amostragem anteriormente à implantação do complexo recifal.

A ausência de amostragem antes da implantação dos recifes artificiais influenciou também na escolha das distâncias que formam o gradiente. Com o objetivo de verificar qual a escala de influência do complexo recifal sobre o sedimento, foram coletadas amostras a menores distâncias dos recifes (0, 5 e 25m) e a distâncias maiores (50, 100 e 500m).

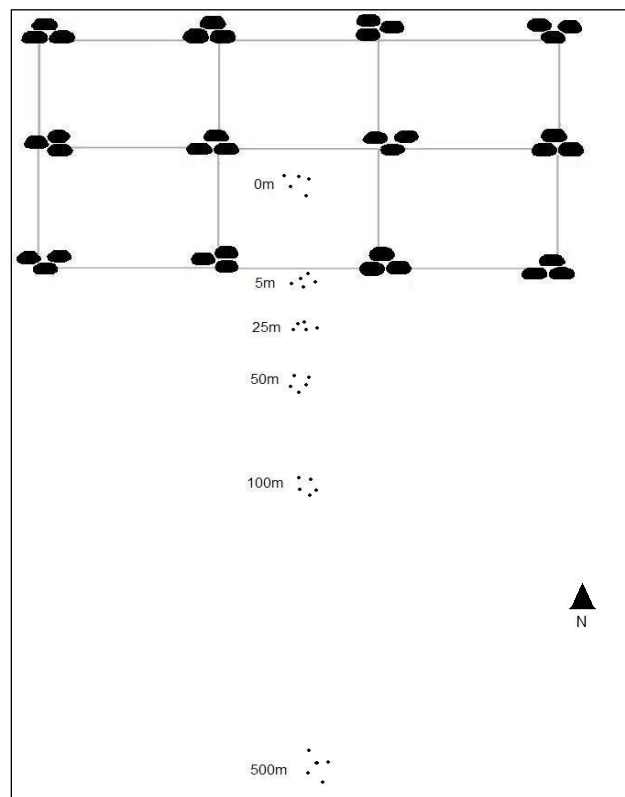


Figura 5: Representação gráfica dos grupos de módulos do complexo recifal. O esquema não possui escala real.

#### **4.4 Delineamento Amostral**

As campanhas ocorreram nos meses de fevereiro e novembro do ano de 2006. Em cada distância de amostragem foram coletadas cinco amostras de sedimento, distantes entre si cerca de 1 metro. Destas, quatro foram utilizadas para a análise da infauna e uma para a análise geoquímica das variáveis do sedimento: teor de matéria orgânica, carbonato, carbono orgânico; fósforo orgânico; nitrogênio orgânico e granulometria.

As amostras foram coletadas por mergulhadores com auxílio de um *corer* de PCV com 10cm de diâmetro interno, sendo constituídas pelos primeiros 10cm do sedimento. Imediatamente após a coleta, as amostras foram acondicionadas em sacos plásticos devidamente identificados, e fixadas com formol a 10%, enquanto as amostras para análise geoquímica foram congeladas.

##### **4.4.1 Análise da Infauna**

Em laboratório, as amostras para análise da infauna foram lavadas em peneira de malha 0,5mm a fim de separar a macrofauna (organismos que ficam retidos neste tamanho de malha) do sedimento.

O material retido na peneira de 0,5mm foi totalmente triado sob microscópio estereoscópico e os principais grupos encontrados foram identificados sob microscópio óptico até o menor nível taxonômico possível com chave específica para cada grupo (Rios, 1994; Amaral & Nonato, 1996).

##### **4.4.2 Análise Geoquímica**

A análise de granulometria foi realizada por peneiramento segundo Suguio (1973) no Laboratório de Sedimentologia da Universidade Federal do Espírito Santo (UFES). O sedimento foi categorizado segundo a classificação proposta por Wentworth (1922) que o separa em classes de tamanho, sendo chamado de cascalho todo grão > 2,0mm; de areia os grãos entre 0,062 e 2,0mm e de lama os grãos <0,062mm.

As análises de carbonato e matéria orgânica foram realizadas segundo o método de Dean (1974), enquanto as análises de carbono e nitrogênio total foram realizadas em um Analisador Elementar CHNS/O Perkin



Elmer (2.400 series II). O fósforo orgânico foi medido em espectrofotômetro após aquecimento e digestão do sedimento através das metodologias de Hongve, (1994) e Carmouze, (1994). Foi utilizada a fração de sedimento menor que 2mm para todas as análises e estas foram realizadas no Laboratório de Ciências Ambientais da Universidade Estadual do Norte Fluminense (UENF), sob coordenação do Prof. Carlos Eduardo de Rezende.

#### **4.5 Tratamento e Análise dos Dados**

A análise qualitativa envolveu a identificação dos táxons da macrofauna nas diferentes distâncias do recife artificial. A Classe Polychaeta, por ter sido a classe mais abundante em número de táxons, foi categorizada por guidas alimentares através da classificação de Fauchard & Jumars (1979), com a finalidade de se verificar possíveis variações dos hábitos alimentares de acordo com as amostras das diferentes distâncias.

##### **4.5.1 Estrutura de Comunidade**

Para detectar variações na estrutura da comunidade bêntica de infauna foram utilizados os seguintes descritores numéricos nas seis distâncias do recife e nos dois períodos de estudo (fevereiro e novembro de 2006):

- . Densidade: número de indivíduos coletados em uma dada distância do recife por unidade amostral. A área de amostragem dos organismos em cada corer foi de 0,008m<sup>2</sup>, sendo utilizada como unidade de medida, portanto, o número de indivíduos/0,008m<sup>2</sup>.

- . Riqueza taxonômica: número de táxons amostrados em uma dada distância do recife por unidade amostral. A área de amostragem dos organismos em cada corer foi de 0,008m<sup>2</sup>, sendo utilizada como unidade de medida, portanto, o número de táxons/0,008m<sup>2</sup>.

- . Diversidade taxonômica (Shannon & Weaver, 1949 *apud* Krebs, 1989): é uma função do número de táxons em uma comunidade e da distribuição dos indivíduos entre os táxons:

$H' = \sum p_i \ln p_i$ , onde:  $p_i$  = proporção de indivíduos do táxon  $i$  no total de indivíduos.

. Dominância (Simpson, 1949 *apud* Krebs, 1989) taxonômica: é fornecida pelo somatório do número de indivíduos de um táxon em relação ao número de indivíduos de todos os táxons em uma dada unidade amostral:

$D = \sum (n_i / N)^2$ , onde:  $n_i$  = número de indivíduos do táxon  $i$  e  $N$  = número total de indivíduos.

#### **4.5.2 Diferenças entre Tratamentos (distâncias e períodos)**

##### **. Análise de variância**

Foi detectada a não normalidade dos dados coletados e a heterocedastidade das variâncias conforme o teste de Shapiro-Wilk, essas características foram mantidas mesmo após a transformação dos dados pelos métodos de raiz quadrada e raiz. quarta, portanto foi realizada uma análise de variância não-paramétrica (Kruskal-Wallis) com o objetivo de detectar as seguintes diferenças: entre as diversas distâncias em um mesmo período de amostragem, entre as mesmas distâncias comparando-se os dois períodos de amostragem, e entre os dois períodos de amostragem considerando-se todas as distâncias. Esta análise foi realizada com todos os descritores da estrutura de comunidade calculados no presente trabalho: riqueza taxonômica, diversidade de Shannon, dominância de Simpson e densidade dos indivíduos.

##### **. Análise multivariada**

Para avaliar o grau de similaridade da comunidade bêntica entre os tratamentos (distâncias do recife), foi procedida uma análise de escalonamento não métrico multi-dimensional (MDS), com o índice Bray-Curtis como medida de dissimilaridade. A adequação da configuração das amostras no ordenamento MDS foi obtida através do valor de estresse, que abaixo de 0,05 proporciona uma excelente representação espacial sem probabilidade de má interpretação (Clarke & Warwick, 2001).

O teste de permutação ANOSIM (*one way*) (Clarke & Green, 1988) foi empregado a fim de avaliar a significância das diferenças entre os grupos pré-definidos a partir do método de ordenamento MDS. As matrizes de similaridade incluíram a abundância das espécies presentes em cada ponto. As quatro unidades amostrais de uma mesma distância foram tratadas como réplicas para aumentar a possibilidade de permutações e, conseqüentemente, o poder do teste (Clarke & Warwick, 2001). O teste ANOSIM produz uma estatística R que varia de -1 a +1. Valores R iguais a +1 são obtidos apenas quando todas as réplicas dentro dos grupos são mais similares entre si do que qualquer réplica de grupos diferentes.

Para verificar o ponto de amostragem sob maior influência dos recifes artificiais, foi realizada a análise MVDISP que gera os índices de dispersão relativa (IRD) e variada (IMD) entre amostras de uma mesma distância dos recifes e entre pares de distâncias, respectivamente. Segundo Warwick & Clarck (1993), distâncias com maior valor de IMD são consideradas mais impactadas, neste caso sob maior influência dos recifes artificiais.

O cálculo do IMD é realizado pela seguinte fórmula:

$$\text{IMD} = 2 (\bar{a}_t - \bar{a}_c) / (N_t + N_c)$$

Onde:

$\bar{a}_t$  = a distância média entre as similaridades das amostras impactadas;

$\bar{a}_c$  = a distância média entre as similaridades das amostras controle;

$N_t = n_t (n_t - 1) / 2$ ;  $N_c = n_c (n_c - 1) / 2$ , sendo que  $n_c$  e  $n_t$  são o número de amostras nos grupos tratamento e controle, respectivamente. Esta fórmula restringe a comparação à apenas dois grupos, no entanto ela pode ser estendida para vários grupos através de modificações, gerando uma sequência de dispersão que define a variabilidade relativa para cada um dos tratamentos (Clarke & Warwick, 2001) a qual foi utilizada no presente trabalho.

## **. Relação entre os dados bióticos e os dados ambientais (sedimento)**

As variáveis ambientais: granulometria, percentual de matéria orgânica, carbono e nitrogênio total, fósforo e orgânico e carbonato foram relacionadas aos indicadores da estrutura de comunidade através da análise de correspondência canônica – CCA (ter Braak, 1986), a fim de determinar a influência das variáveis acima sobre os organismos da infauna nas diferentes distâncias de amostragem (0, 5, 25, 50, 100, 500 metros de distância do recife artificial) nos dois períodos de estudo (seco e chuvoso).

O procedimento *Biotic-Environmental* (BIOENV) (Clarke & Ainsworth, 1993) foi utilizado para verificar a variável ambiental de maior correlação com a distribuição dos organismos. A análise baseia-se na construção de matrizes de similaridade com os dados abióticos e bióticos e seus ranqueamentos são comparados através do coeficiente de correlação de Spearman ( $\rho$ ) (Clarke & Warwick, 2001).

A análise de variância (Kruskal-Wallis) foi realizada no software Statistica v.6.0 e as análises multivariadas MDS, ANOSIM, MVDISP e BIOENV foram realizadas no PRIMER v. 6.0 (Clarke & Warwick, 2001), enquanto a CCA foi realizada no MVSP v. 3.1 (Kovach, 1993).

## **5 RESULTADOS**

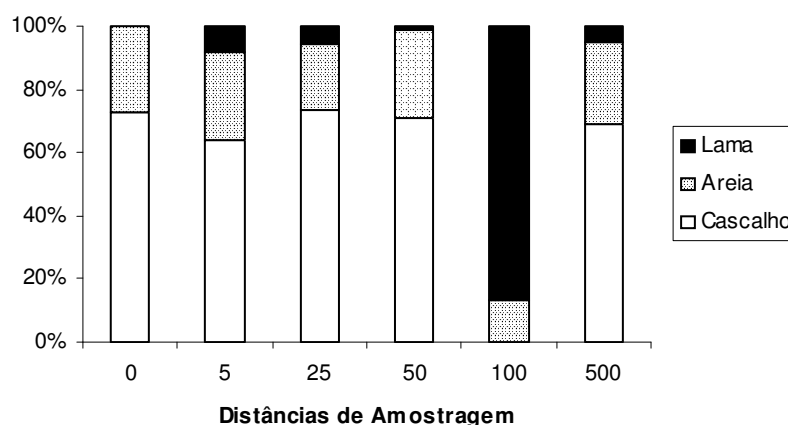
### **5.1 Análise do sedimento**

#### **5.1.1 Granulometria**

A composição granulométrica do sedimento em fevereiro/2006 revelou que as distâncias de amostragem a 0, 5, 25, 50 e 500 metros de distância dos recifes artificiais são constituídos principalmente por cascalho (valores superiores a 60%) e areia (20 a 30%). Apenas a distância 100 m é formada principalmente por lama, cerca de 90% (Fig. 6A). Já em novembro/2006, a composição granulométrica do sedimento revelou que as distâncias de amostragem nos recifes artificiais (0 m) e a 100 metros são

constituídos principalmente por lama (> 50%), enquanto nos demais é caracterizado predominantemente por cascalho e areia. (Fig. 6B).

(A)



(B)

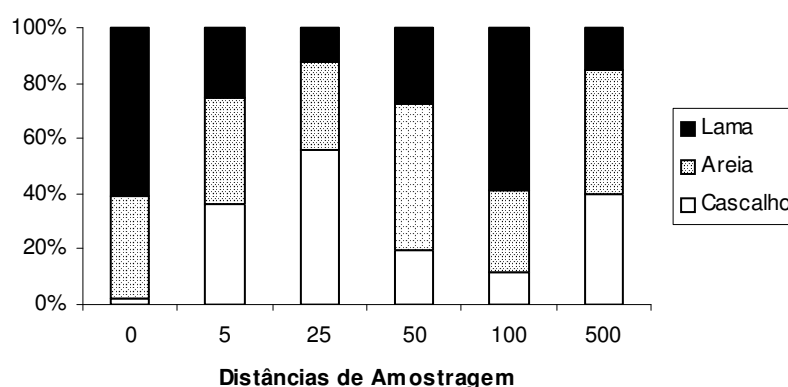


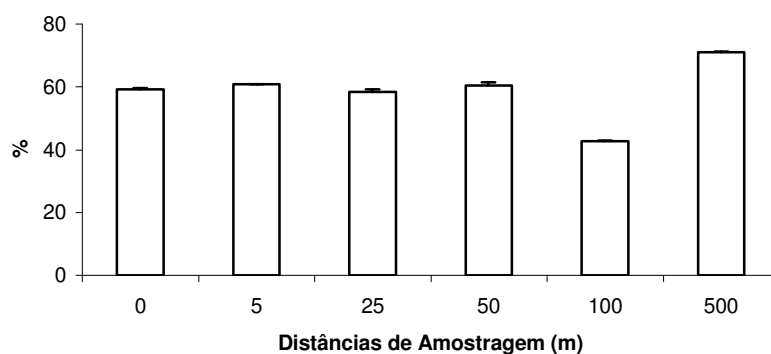
Figura 6: Composição granulométrica das distâncias de amostragem no complexo de recifes artificiais marinhos em fevereiro/2006 (A) e novembro/2006 (B).

### 5.1.2 Carbonato

O percentual de carbonato do sedimento em fevereiro/2006 revelou seu maior valor na distância 500 (70%) e menor valor na distância 100 (40%). As demais distâncias de amostragem apresentaram percentuais semelhantes (cerca de 60%) (Fig. 7A). Em novembro/2006, o percentual de carbonato foi similar nos pontos a 0 e 100 m com cerca de 50%, enquanto nas demais

distâncias apresentou-se entre 60 e 70%. O maior percentual de carbonato apresentou-se em ambos os períodos de estudo, a 500 m (Fig. 7B).

(A)



(B)

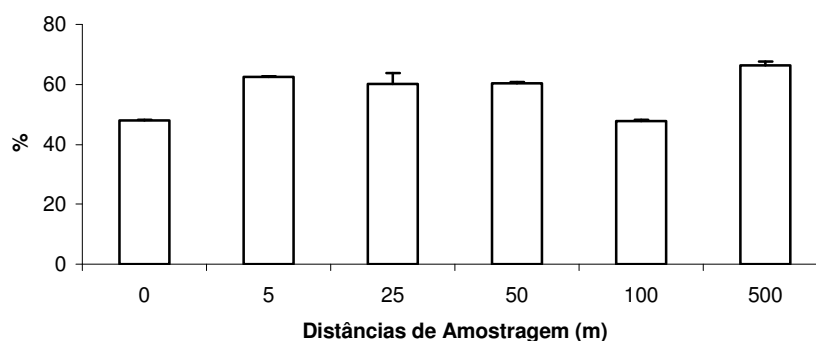


Figura 7: Valores médios de carbonato nas distâncias de amostragem  $\pm$  desvio padrão (linhas verticais) no complexo de recifes artificiais marinhos em fevereiro/2006 (A) e novembro/2006 (B), amostras em duplicata.

### 5.1.3 Matéria Orgânica

O teor de matéria orgânica em fevereiro/2006 apresentou os maiores valores nas distâncias 0 e 100 (acima de 10%), enquanto as demais distâncias de amostragem obtiveram valores abaixo de 10% (Fig. 8A). Já em novembro/2006, o teor de matéria orgânica do sedimento foi superior nos

pontos a 0, 50, 100 e 500 metros, variando entre 15 e 20% (Fig. 8B). Ressalta-se que, neste período, todas as distâncias de amostragem obtiveram valores mais elevados em relação à primeira coleta.

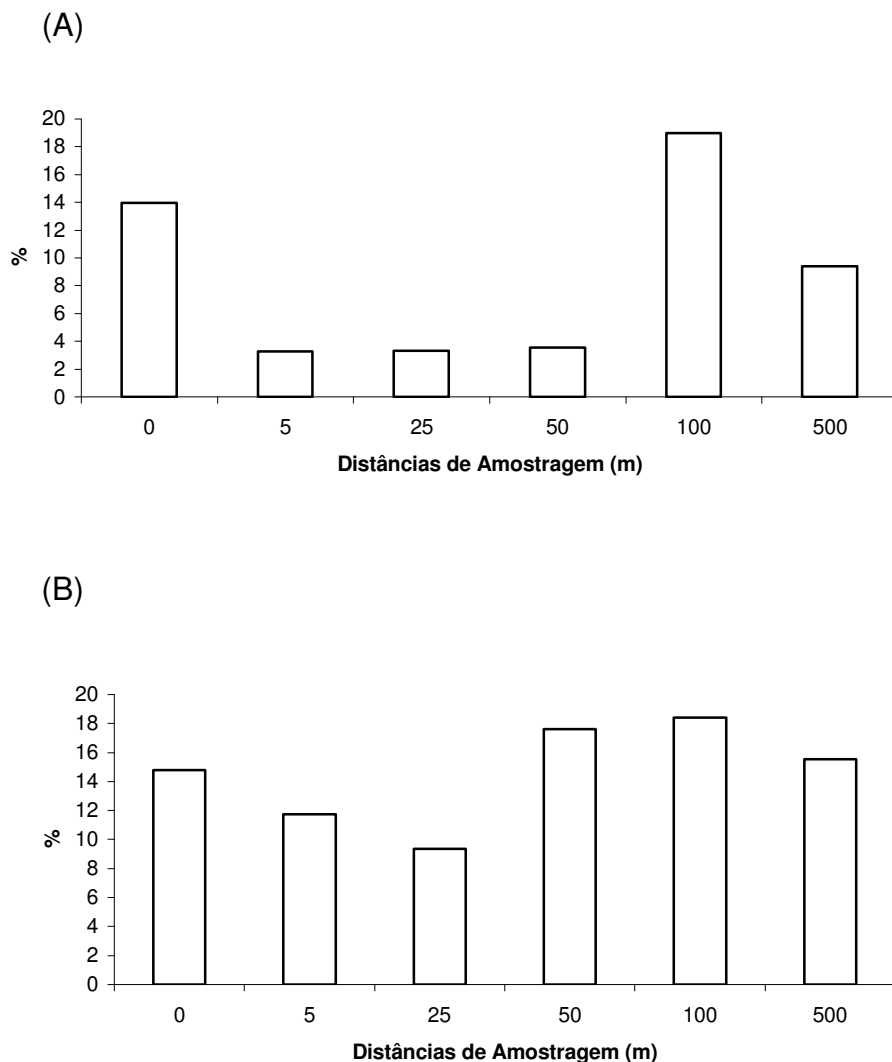


Figura 8: Percentual de matéria orgânica das distâncias de amostragem no complexo de recifes artificiais marinhos em fevereiro/2006 (A) e novembro/2006 (B).

#### 5.1.4 Carbono Total

Em fevereiro/2006, todas as distâncias de amostragem apresentaram cerca de 1% de carbono total em sua composição, excetuando-se as distâncias 100 e 500m com valores superiores, 2,0% e 1,5%, respectivamente (Fig. 9A). Em novembro/2006, apenas as distâncias a 5 e 25 m registraram valores em

torno de 1% de carbono total, enquanto as demais distâncias de amostragem obtiveram percentuais entre 1,5 e 2,0% (Fig. 9B).

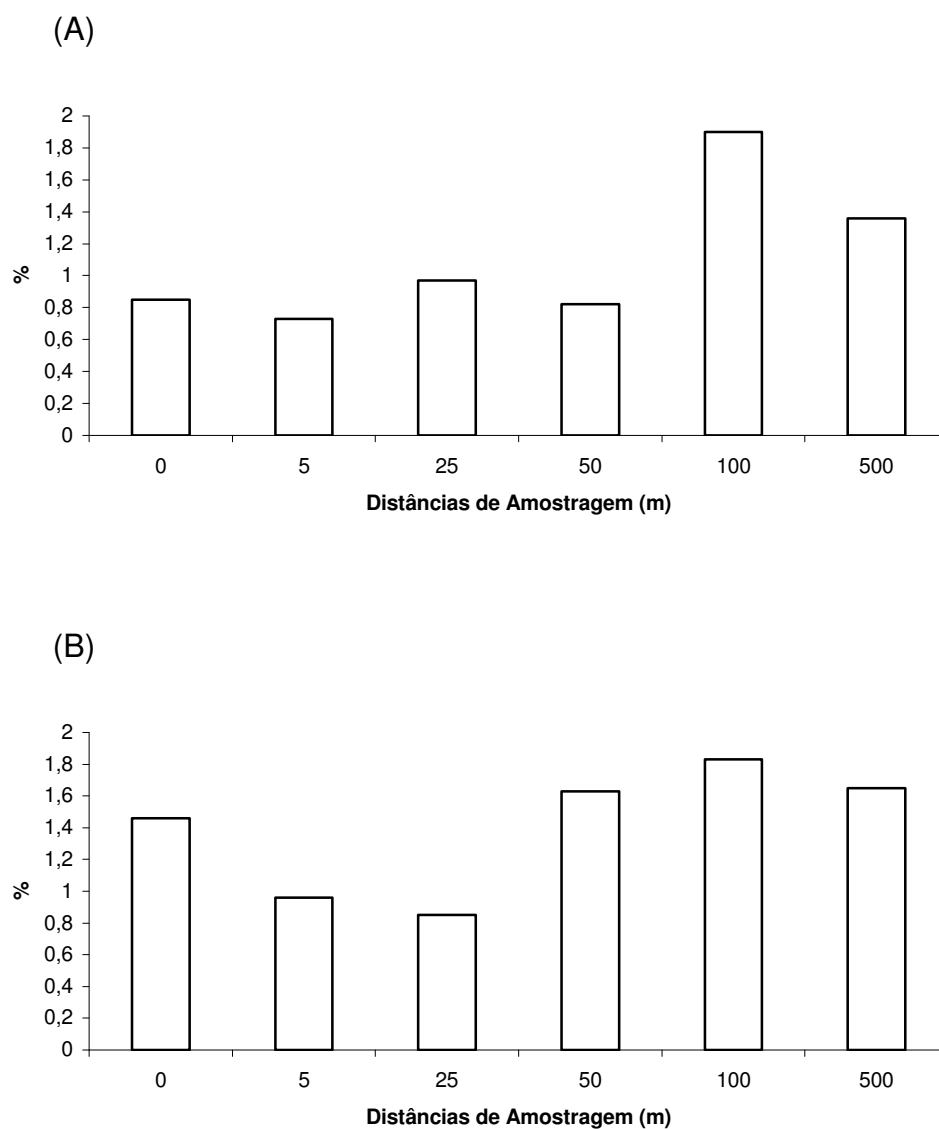


Figura 9: Percentual de carbono total das distâncias de amostragem no complexo de recifes artificiais marinhos em fevereiro/2006 (A) e novembro/2006 (B).

### 5.1.5 Nitrogênio total

Em fevereiro/2006, as distâncias de amostragem 100 e 500 apresentaram o maior percentual de nitrogênio total (acima de 0,2%) em relação às demais distâncias (Fig. 10A). Em novembro/2006, apenas as



distâncias 5 e 25 obtiveram valores inferiores a 0,15%, enquanto as demais distâncias de amostragem registraram percentuais acima de 0,2% (Fig. 10B).

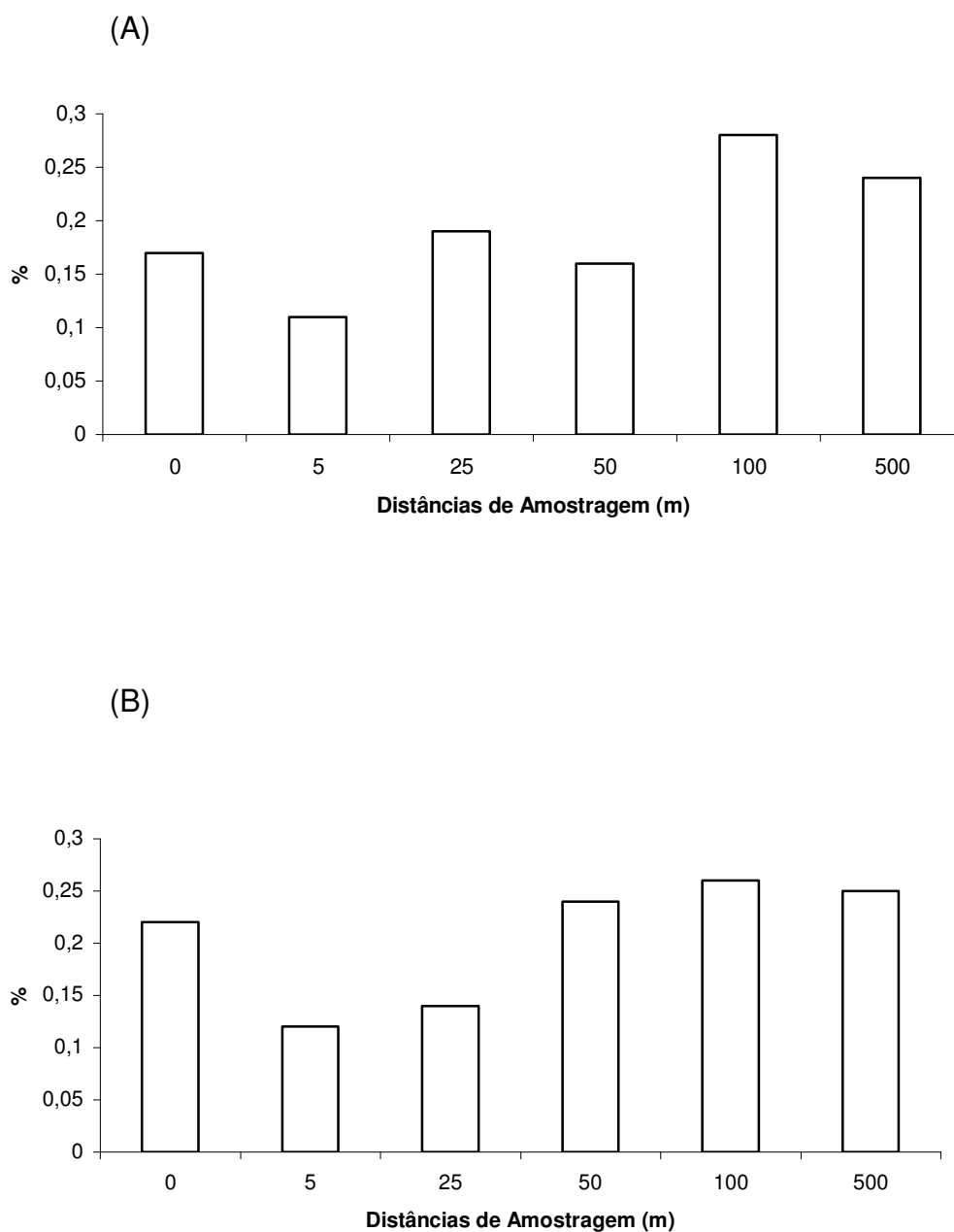


Figura 10: Percentual de nitrogênio total das distâncias de amostragem no complexo de recifes artificiais marinhos em fevereiro/2006 (A) e novembro/2006 (B).

### 5.1.6 Fósforo Orgânico

A concentração de fósforo orgânico nas distâncias 5, 25, 50 e 500 obteve valores inferiores a 0,003%, enquanto que as distâncias 0 e 100

apresentam valores superiores a 0,005% (Fig. 11A). Já em novembro/2006, todas as distâncias de amostragem apresentaram valores de fósforo orgânico inferiores em relação à primeira coleta, excetuando-se a distância 50, em torno de 0,004% (Fig. 11B).

(A)

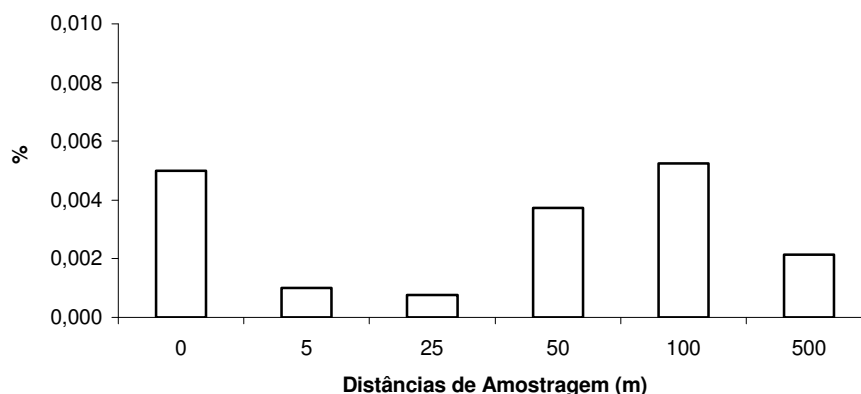
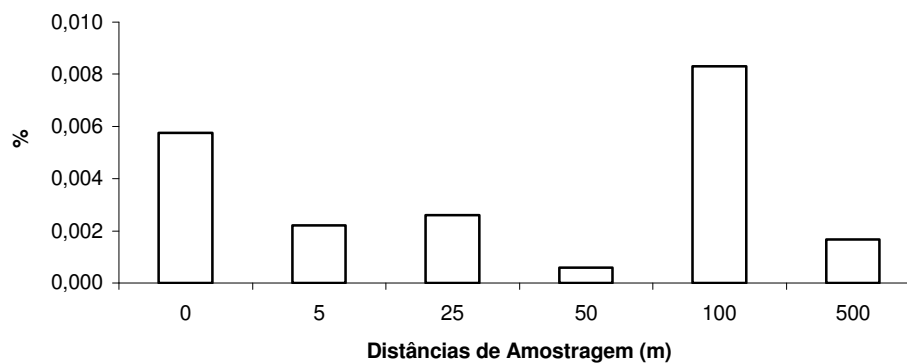


Figura 11: Percentual de fósforo orgânico das distâncias de amostragem no complexo de recifes artificiais marinhos em fevereiro/2006 (A) e novembro/2006 (B).

## 5.2 Análise da Infauna

### 5.2.1 Fevereiro de 2006

#### 5.2.1.1 Análise Qualitativa

Na Tabela 1, encontram-se os organismos amostrados em fevereiro de 2006, um total de 15 táxons e 73 indivíduos foi registrado nas seis

distâncias de amostragem, constituintes das classes Polychaeta (N = 8 táxons e 16 inds) e Crustacea (N = 6 táxons e 55 inds) e do filo Sipuncula (N = 1 táxon e 2 inds).

O maior número de táxons foi registrado na maior distância (500m) (N = 12), enquanto nas distâncias a 5, 25 e 100 m o número de táxons variou entre 2 e 5. Nas distâncias a 0 e 50 m do complexo recifal não foram encontrados organismos, a 500 m de distância, o anfípoda o *Ampelisca* sp2 foi o mais abundante (46 organismos). O ponto a 5 m de distância foi formado exclusivamente pela classe Polychaeta (*Streblosoma* sp e *Chaetacanthus* sp) e o ponto a 25 m, os poliquetas *Lumbrineriopsis* sp e *Lumbrineris* sp como táxons mais abundantes.

Tabela 1: Lista dos táxons encontrados na primeira coleta (fev/06) e densidade total de cada táxon por distância de amostragem. Para cada táxon, é apresentado o somatório do número de organismos que ocorreram todas as unidades amostrais de uma dada distância.

Táxons\Distância do recife (m)	0	5	25	50	100	500
Annelida						
Polychaeta						
Terebellidae						
<i>Streblosoma</i> sp		1	1			
Polynoidae						
<i>Chaetacanthus</i> sp		1				1
Lumbrineridae						
<i>Lumbrineriopsis</i> sp			2		1	
<i>Lumbrineris</i> sp			2			1
Flabelligeridae						
<i>Pherusa</i> sp			1			1
Oweniidae						
<i>Owenia</i> sp					2	
Cirratulidae						
<i>Tharyx</i> sp						1
Spionidae						
<i>Paraprinospio</i> sp						1
Arthropoda						
Crustacea						
Ampeliscidae						
<i>Ampelisca</i> sp1			2			2
<i>Ampelisca</i> sp2						46
<i>Ampelisca</i> sp3						2
Ordem Isopoda						
Excorallanidae						
Excorallanidae gen						1

Anthuridae						
<i>Amakusanthura</i> sp						1
Microcerberidae						
<i>Microcerberus</i> sp						1
Sipuncula						
<i>Sipuncula</i> sp						2
<b>Total por ponto</b>	<b>0</b>	<b>2</b>	<b>8</b>	<b>0</b>	<b>3</b>	<b>60</b>

Em relação à abundância relativa dos grandes grupos amostrados em fev/06, observou-se que Crustacea obteve o maior valor de número de indivíduos (N = 54 inds), seguido por Polychaeta (N = 16 inds), enquanto o filo Sipuncula apresentou 3% de abundância relativa (N = 2 inds) (Fig. 12).

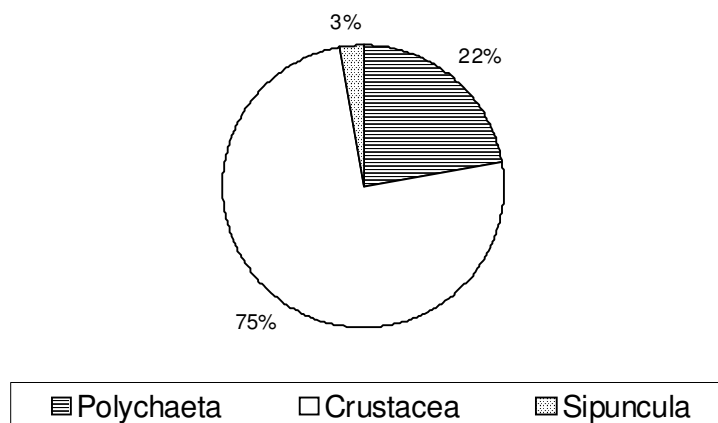


Figura 12: Abundância relativa dos grandes grupos zoológicos amostrados em fev/06.

A riqueza relativa dos grandes grupos em termos de número de táxons revelou o grupo Polychaeta como o mais rico, com 8 táxons, seguido por Crustacea (6 táxons) e Sipuncula (1 táxon) (Fig. 13).

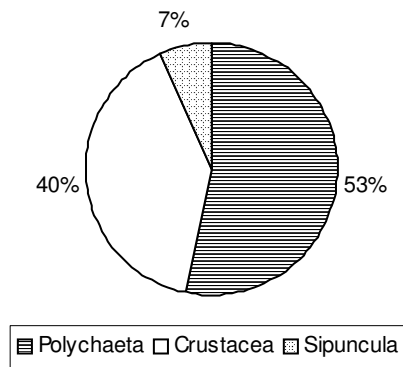


Figura 13: Riqueza relativa dos grandes grupos zoológicos em números de táxons amostrados em fev/06.

Quanto ao hábito alimentar dos indivíduos do grupo Polychaeta, verificou-se que em fev/2006 ocorreram apenas dois tipos: carnívoros e detritívoros de superfície. As distâncias de amostragem a 5 e 25m apresentaram maior percentual de carnívoros de superfície (acima de 50%) Enquanto as distâncias de amostragem a 100 e 500m apresentaram maior percentual de detritívoros de superfície (acima de 50%) (Fig.14). Tais guildas alimentares ocorreram de forma homogênea entre as famílias de Polychaeta, contribuindo de forma semelhante para o resultado observado.

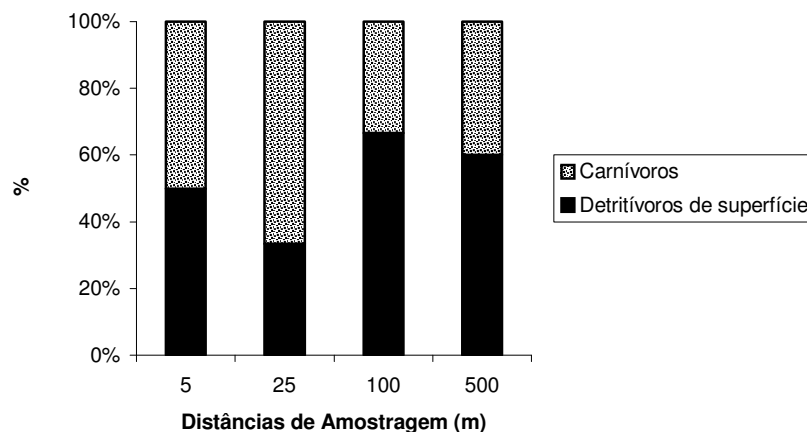


Figura 14: Percentual de tipos de hábitos alimentares de Polychaeta nas distâncias de amostragem em fev/2006.

## 5.2.2 Novembro de 2006

### 5.2.2.1 Análise Qualitativa

Na Tabela 2, encontram-se os organismos amostrados em novembro de 2006, um total de 40 táxons e 112 indivíduos foi registrado nas seis distâncias de amostragem, constituintes das classes Polychaeta (N = 27 táxons e 66 inds) e Crustacea (N = 8 táxons e 35 inds) Mollusca (Polyplacophora e Bivalvia: N = 3 táxons e 6 inds), Sipuncula (N = 1 táxon e 3 inds), Echinodermata (Ophiuroidea: N = 1 táxon e 2 inds).

O maior número de indivíduos foi registrado nos pontos mais distantes, a 100m (N = 27) e 500m (N = 28), enquanto nos demais variaram entre 11 e 18 indivíduos, a 5 e 0m respectivamente.

Como táxons exclusivos por distância destacam-se a 0 m o poliqueta *Lepdonotus* sp, o bivalve *Semele casali* e os crustáceos *Porcellanidae* sp e *Microcerberus* sp2; a 5 m o poliqueta *Exogone* sp; a 25 m os poliquetas *Sabellaria* sp e *Hipponoe* sp; a 50 m os poliquetas *Kimbergonuphis* sp e *Paradoneis* sp e o crustáceo *Penaeidae* sp; a 100 m os poliquetas *Schistocomus* sp, *Chaetacanthus* sp, *Aedicira* sp, *Eupolymnia* sp, *Nicolea* sp, *Lisylla* sp, *Owenia* sp e o crustáceo *Caprellidae* sp; a 500 m o poliqueta *Rhodine* sp e o crustáceo *Exocorallanidae* sp (Tab. 5).

No ponto localizado no interior dos recifes e a 500 m, os crustáceos foram os principais componentes, com o predomínio de *Ampelisca* sp1. Já a 5, 25, 50 e 100 m de distância, mais de 70% dos indivíduos amostrados foram representados por poliquetas (Tab. 5).

Tabela 2: Lista dos táxons encontrados na segunda coleta (nov/06) e densidade total de cada táxon por distância de amostragem. Para cada táxon, é apresentado o somatório do número de organismos que ocorreram todas as unidades amostrais de uma dada distância.

Táxons\Distâncias de Amostragem	0	5	25	50	100	500
Annelida						
Polychaeta						
Ampharetidae						
<i>Isolda</i> sp	1	1	1		1	
<i>Schistocomus</i> sp					1	
Trichobranchidae						
<i>Terebellides</i> sp	1		1			

Polynoidae						
<i>Lepdonotus</i> sp	1					
<i>Chaetacanthus</i> sp					1	
Lumbrineridae						
<i>Lumbrineris</i> sp	2	1	3	2	2	3
Onuphidae						
<i>Kimbergonuphis</i> sp				1		
Opheliidae						
<i>Ophelia</i> sp	1		1			
Syllidae						
<i>Exogone</i> sp		2				
<i>Autolytus</i> sp				1	2	
<i>Typosyllis</i> sp			1	1	3	1
<i>Pionosyllis</i> sp				1		1
Paraonidae						
<i>Paraonis</i> sp		2		1		
<i>Paradoneis</i> sp				1		
<i>Aedicira</i> sp					1	
Goniadidae						
<i>Glycinde</i> sp		1				1
Trichobranchidae						
<i>Trichobranchus</i> sp		1	1			1
Magelonidae						
<i>Magelona</i> sp			2		2	1
Sabellariidae						
<i>Sabellaria</i> sp			1			
Amphinomidae						
<i>Hipponoe</i> sp			1			
Cirratulidae						
<i>Tharyx</i> sp			1	1		
Terebellidae						
<i>Streblosoma</i> sp				1		1
<i>Eupolymnia</i> sp					1	
<i>Nicolea</i> sp					2	
<i>Lisylla</i> sp					1	
Oweniidae						
<i>Owenia</i> sp					2	
Maldanidae						
<i>Rhodine</i> sp						1
Arthropoda						
Crustacea						
Amphipoda						
Ampeliscidae						
<i>Ampelisca</i> sp1	5				1	15
Caprellidae						
Caprellidae gen					1	
Isopoda						
Anthuridae						
<i>Amakusanthura</i> sp	1			1		1
Excorallanidae						
Excorallanidae gen						1
Microcerberidae						
<i>Microcerberus</i> sp1	3				3	

<i>Microcerberus</i> sp2	1					
Decapoda						
Panaeidae						
<i>Panaeidae</i> gen				1		
Anomura						
Porcellanidae						
<i>Porcellanidae</i> gen	1					
Sipuncula						
<i>Sipuncula</i> sp.		1	1		1	
Echinodermata						
Ophiuroidea						
<i>Ophiuroidea</i> sp			1			1
Mollusca						
Polyplacophora						
Ischnochitonina						
Ischnochitonidae						
<i>Ischnochiton niveus</i>		1				1
Bivalvia						
<i>Bivalvia</i> sp.		1		1		1
Veneroidea						
Semelidae						
<i>Semele casali</i>		1				
<b>Total por ponto</b>	<b>18</b>	<b>11</b>	<b>15</b>	<b>13</b>	<b>27</b>	<b>28</b>

A abundância relativa dos grandes grupos amostrados em nov/06 revelou Polychaeta (N = 66 inds) como o grupo com maior valor seguido por Crustacea (N = 35inds), Mollusca (N = 6 inds) Sipuncula (N = 3inds) e Echinodermata (N = 2 inds) (Fig. 15).

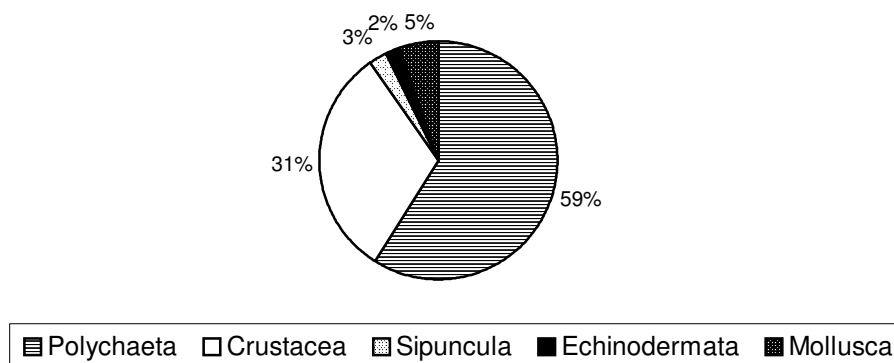


Figura 15: Abundância relativa dos grandes grupos zoológicos encontrados em nov/06.



A riqueza relativa dos grandes grupos em termo de número de táxons, a abundância de grupos apresentou o grupo Polychaeta (26 táxons) como o mais abundante, seguido por Crustacea (8 táxons), Mollusca (3 táxons), Sipuncula e Echinodermata (com 1 táxon para ambos) (Fig. 16).

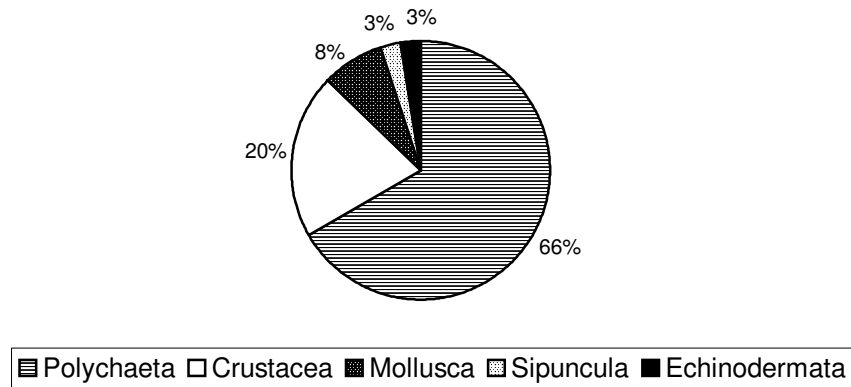


Figura 16: Riqueza relativa dos grandes grupos zoológicos em termos de números de táxons encontrados em nov/06.

O grupo Polychaeta apresentou quatro tipos de hábitos alimentares em nov/06, sendo que os que obtiveram os maiores percentuais foram os hábitos carnívoros e detritívoros de superfície. A distância 100 m obteve apenas estes dois hábitos, enquanto em todas as outras distâncias ocorreram também os detritívoros de subsuperfície, a distância a 25 m foi a única na qual ocorreu o hábito filtrador (Fig. 17).

As famílias que contribuíram para a maior ocorrência do hábito carnívoro foram Lumbrineridae e Syllidae e as que contribuíram para o hábito detritívoro de superfície foram Ampharetidae, Paraonidae, Magelonidae e Terebellidae, visto que estas famílias foram as que ocorreram em quase todas as distâncias de amostragem.

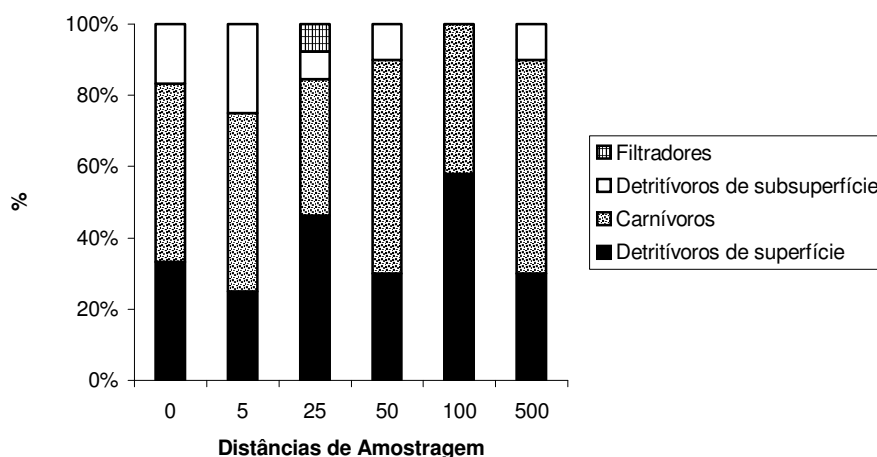


Figura 17: Percentual dos tipos de hábitos alimentares dos Polychaeta nas distâncias de amostragem em nov/2006.

### 5.3 Estrutura da Comunidade

#### 5.3.1 Fevereiro de 2006

Em fevereiro de 2006 não foram encontrados organismos nas distâncias a 0 (dentro do complexo recifal) e a 50 m do complexo. A distância a 500 m revelou a maior valor de riqueza média ( $S = 4$ ), sendo que os pontos a 5, 25 e 100m de distância apresentaram valores relativamente baixos ( $S = 0,5$ ; 2 e 1, respectivamente) quando comparados à maior distância de amostragem do complexo ( $S = 4$ ) (Fig. 18).

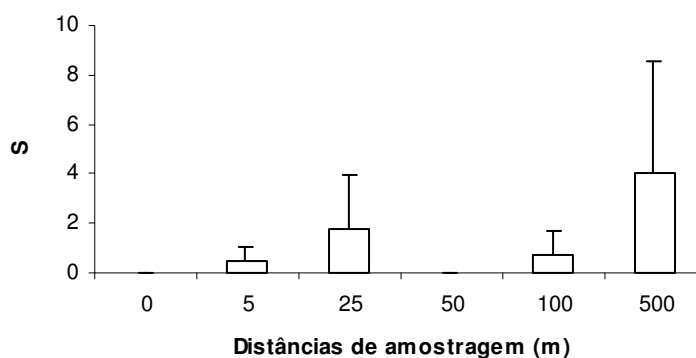


Figura 18: Variação da riqueza taxonômica média  $\pm$  desvio padrão (linhas verticais) nas distâncias de amostragem em fev/2006 ( $n = 4$  unidades amostrais para cada distância).

A densidade média dos indivíduos se apresentou em torno de 1,5 nas distâncias de amostragem 5, 25 e 100 m, enquanto que a 500 m o número médio obtido foi mais elevado, em torno de 18 indivíduos (Fig. 19).

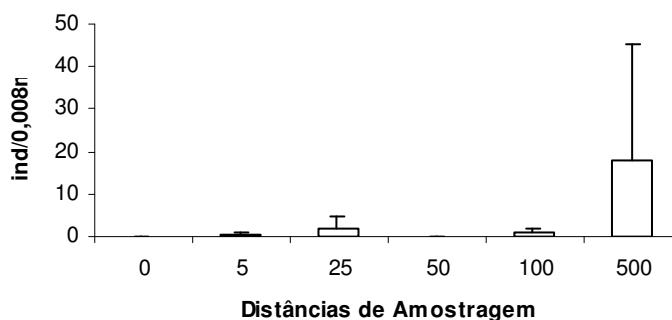


Figura 19: Variação da densidade média dos indivíduos  $\pm$  desvio padrão (linhas verticais) nas distâncias de amostragem em fev/2006 ( $n = 4$  unidades amostrais para cada distância).

O índice de diversidade não foi calculado para as distâncias a 0 e a 50 m do complexo, devido à ausência de organismos nas amostras coletadas. A maior diversidade ocorreu na maior distância, a 500m do recife ( $H' = 0,62$ ), seguindo-se os pontos a 25 e 100 m do complexo ( $H' = 0,39$  e  $0,17$ , respectivamente) (Fig. 20).

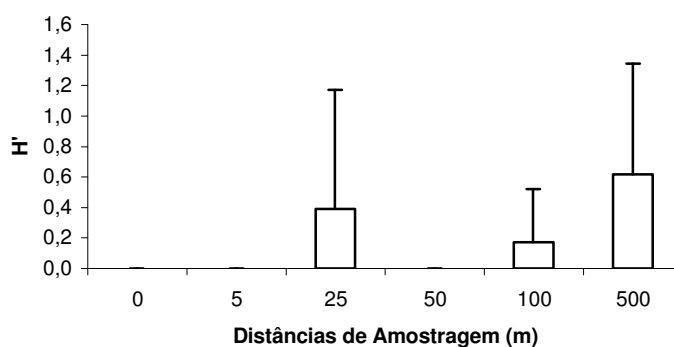


Figura 20: Variação da diversidade média (índice de Shannon)  $\pm$  desvio padrão (linhas verticais) nas distâncias de amostragem em fev/2006 ( $n = 4$  unidades amostrais para cada distância).

Os valores de dominância média apresentaram-se entre 0,4 e 0,6 nas distâncias a 5, 25, 100 e 500 m do recife (Fig. 21). Nos pontos a 0 e 5 m de distância a dominância não foi calculada devido a ausência de organismos nas amostras coletadas.

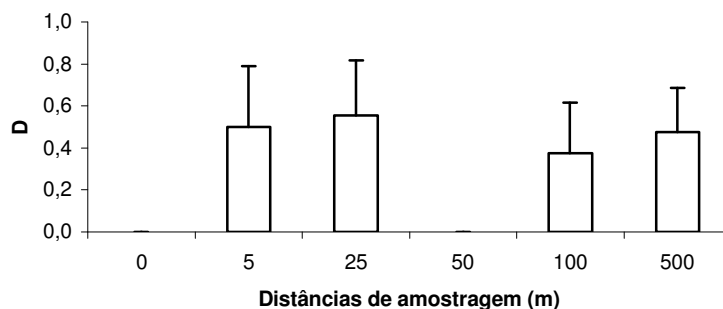


Figura 21: Variação da dominância média (índice de Simpson)  $\pm$  desvio padrão (linhas verticais) nas distâncias de amostragem em fev/2006 ( $n = 4$  unidades amostrais para cada distância).

### 5.3.2 Novembro de 2006

Em novembro de 2006, registraram-se valores similares de riqueza média de táxons ( $S = 3$ ) nas diferentes distâncias, à exceção do ponto a 100m em que foi amostrado um número superior ( $S = 5$ ) (Fig. 22).

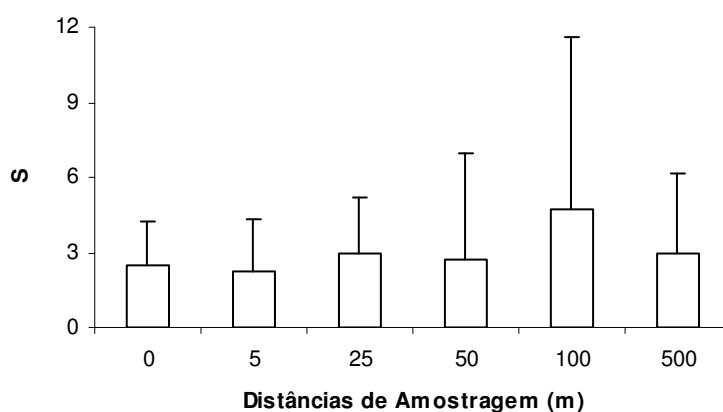


Figura 22: Variação da riqueza taxonômica média  $\pm$  desvio padrão (linhas verticais) encontrado nas distâncias de amostragem em fev/2006 ( $n = 4$  unidades amostrais para cada distância).

Em novembro de 2006, o número médio de indivíduos apresentou-se em torno de três, exceto nas distâncias a 100m e 500m, com cerca de 7 indivíduos em cada distância (Fig. 23).

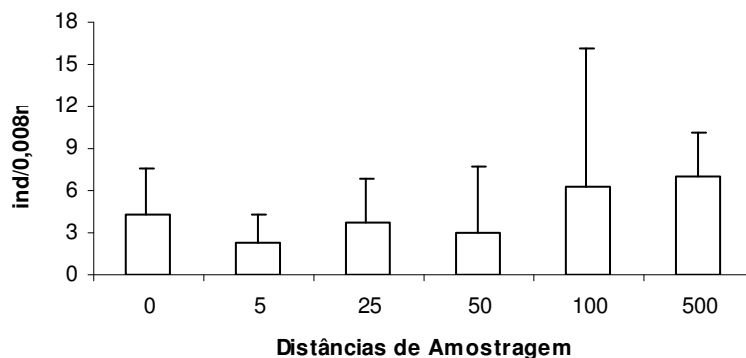


Figura 23: Variação da densidade média dos indivíduos  $\pm$  desvio padrão (linhas verticais) encontrado nas distâncias de amostragem em nov/2006 ( $n = 4$  unidades amostrais para cada distância).

Em nov/06 todos os valores de diversidade média se apresentaram maiores quando comparados a primeira coleta, (exceto a distância a 50 m do complexo recifal, com 0,5) sendo que as distâncias 0, 25, 50, 100 e 500 m apresentaram valores de diversidade média em torno de 0,8 (Fig. 24).

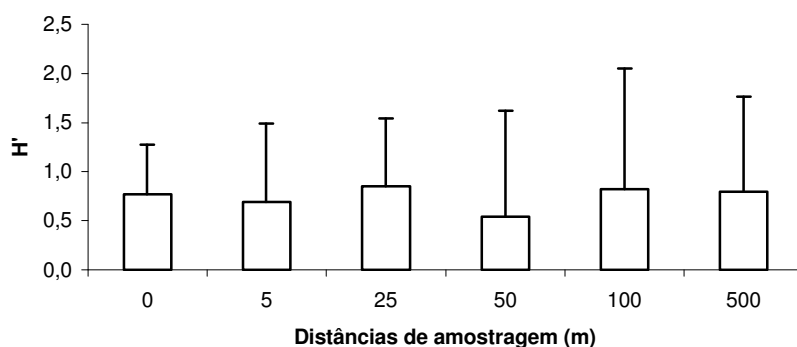


Figura 24: Variação da diversidade média (índice de Shannon)  $\pm$  desvio padrão (linhas verticais) das distâncias de amostragem em nov/2006 ( $n = 4$  unidades amostrais para cada distância).

As distâncias a 25, 50 e 100 m apresentaram os índices de dominância mais elevados, acima de 0,5, devido ao predomínio de *Isolda* sp e *Tharys* sp e *Kimbergonuphis* sp a 50m e *Owenia* sp e *Magelona* sp (Fig. 25). A dominância média das distâncias 0, 5 e 500 m apresentou em torno de 0,4.

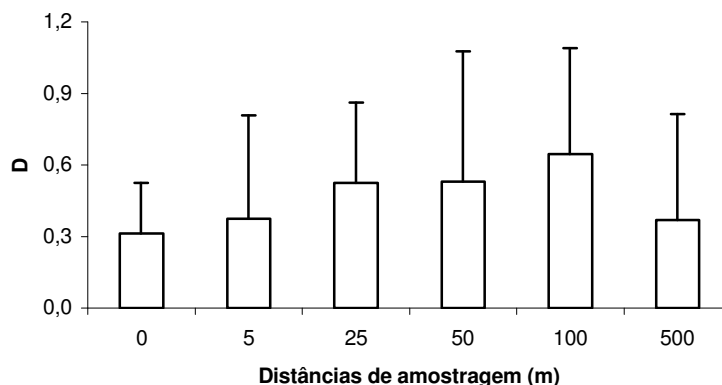


Figura 25: Variação da dominância média (índice de Simpson)  $\pm$  desvio padrão (linhas verticais) das distâncias de amostragem em nov/2006 ( $n = 4$  unidades amostrais para cada distância).

## 5.4 Diferenças entre Distâncias de Amostragem

### 5.4.1 Fevereiro de 2006

#### 5.4.1.1 Análise de Variância

Não foram registradas diferenças significativas ( $p > 0,05$ ) entre as diferentes distâncias de amostragem (5 x 25 x 100 x 500 m) em fevereiro/2006 para as análises realizadas com quaisquer descritores da comunidade (Tab. 3).

Tabela 3: Resultados da análise de variância de Kruskal-Wallis entre as diferentes distâncias de amostragem em fev/2006 com relação aos descritores da estrutura da comunidade.

<b>Descritor</b>	<b>H</b>	<b>p</b>
Riqueza	2,26	0,52
Diversidade	2,52	0,47
Dominância	0,41	0,93
Abundância	3,62	0,31

### 5.4.1.2 Análise Multivariada

A análise de escalonamento multidimensional (MDS) utilizando a abundância média dos táxons não revelou a formação de grupos evidentes com as distâncias de amostragem na coleta de fev/06, em face da dominância diferenciada em cada qual (Fig. 26). As distâncias a 0 e 50 metros não foram incluídas devido a ausência de indivíduos capturados.

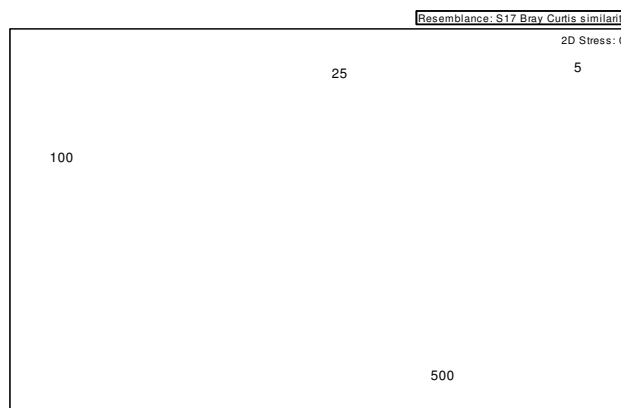


Figura 26: Análise de ordenação MDS para os valores de densidade média dos táxons nas distâncias de amostragem em fev/06 (5; 25; 100 e 500 = distância em metros do recife artificial).

Considerando-se as 4 unidades amostrais das 6 distâncias separadamente, a análise de ordenação MDS não revelou a formação de grupos incluindo as distâncias e sim, a dispersão das mesmas dada à baixa similaridade das respectivas associações da infauna, inclusive de mesma distância (por ex. 5B e 5C). O valor do estresse para a configuração bidimensional do MDS de 0,01 foi baixo, indicando que as similaridades estão adequadamente representadas pelas distâncias no plano, denotando uma representação gráfica adequada (Fig. 27).

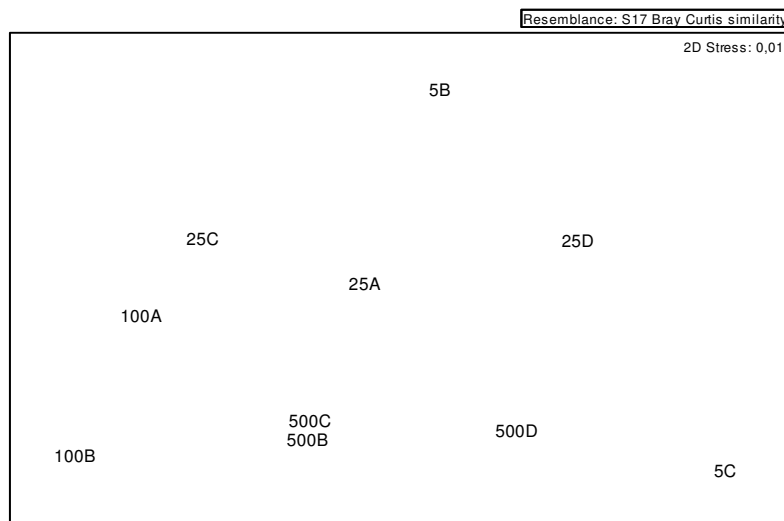


Figura 27: Análise de ordenação MDS com os valores da densidade de cada amostra das distâncias de amostragem em fev/2006 (5; 25; 100; 500 = distância do recife artificial, A; B; C; D = unidades amostrais de cada ponto de amostragem). As unidades amostrais 5A, 5D, 25B, 100C, 100D e 500A e as distâncias de amostragem 0 e 50 m não foram consideradas nesta análise devido à ausência de organismos nas amostras.

A análise de similaridade ANOSIM não foi realizada devido a ausência de grupos pré-definidos na análise de ordenação MDS.

A análise de dispersão multivariada (MVDISP) das amostras de cada distância de amostragem revelou o maior índice de dispersão relativa para as distâncias mais próximas do complexo recifal, 5 m (IRD = 1,67) e 25 m (IRD= 1,07). O menor valor de dispersão foi registrado para o ponto a 100 m (IRD = 0,33) (Tab. 4). As distâncias a 0 e 50 m do recife foram excluídas da análise em face da ausência de organismos amostrados nas mesmas.

Tabela 4: Valores do índice de dispersão relativa (IRD) entre as amostras do gradiente de distâncias a partir do complexo recifal.

Análise Global	
Pontos de Amostragem	Dispersão
100	0,33
500	0,94
25	1,07
5	1,67



## 5.4.2 Novembro de 2006

### 5.4.2.1 Análise de Variância

Não foram encontradas diferenças significativas ( $p > 0,05$ ) entre as diferentes distâncias de amostragem em novembro/2006 (0 x 5 x 25 x 50 x 100 x 500 m) para as análises realizadas com quaisquer descritores da comunidade (Tab. 5).

Tabela 5: Resultados da análise de Kruskal-Wallis entre as diferentes distâncias de amostragem em nov/2006.

<b>Descritor</b>	<b>H</b>	<b>p</b>
Riqueza	0,69	0,98
Diversidade	0,66	0,98
Dominância	2,11	0,83
Abundância	2,17	0,83

Comparando-se as mesmas distâncias de amostragem entre os diferentes períodos de coleta (fev e nov/2006), a análise de variância realizada não apresentou valores significativamente diferentes com quaisquer descritores utilizados (Tab. 6).

Tabela 6: Resultados da análise de Kruskal-Wallis das mesmas distâncias de amostragem entre fev/2006 e nov/2006 (F = fev/06; N = nov/06).

<b>Descritor</b>	<b>Pontos de Amostragem</b>	<b>H</b>	<b>p</b>
Riqueza	5F x 5N	1,49	0,22
	25F x 25N	1,40	0,23
	100F x 100N	1,82	0,18
	500F x 500N	0,08	0,77
Diversidade	5F x 5N	2,33	0,13
	25F x 25N	1,16	0,28
	100F x 100N	0,69	0,40
	500F x 500N	0,09	0,75
Dominância	5F x 5N	0,00	1,00
	25F x 25N	0,00	1,00
	100F x 100N	1,10	0,29
	500F x 500N	0,08	0,77
Abundância	5F x 5N	1,49	0,22
	25F x 25N	1,40	0,24
	100F x 100N	1,82	0,18
	500F x 500N	0,02	0,88

Tendo como unidades amostrais todas as amostras de cada uma das seis distâncias de amostragem as análises de variância entre fevereiro de 2006 e novembro de 2006 não apresentaram diferenças significativas (Tab. 7).

Tabela 7: Análise de variância de Kruskal-Wallis entre fev/2006 e nov/2006 em relação aos descritores de estrutura de comunidade, considerando as seis distâncias de amostragem

Descritor	H	p
Riqueza	3,19	0,07
Diversidade	3,33	0,07
Dominância	0,09	0,75
Abundância	2,93	0,08

#### 5.4.2.2 Análise Multivariada

Em nov/06, a análise de ordenação MDS utilizando a abundância média dos táxons reuniu os pontos a 0 e 500 m, devido à co-dominância em uma unidade amostral do táxon *Ampelisca* sp1, enquanto as demais distâncias de amostragem não formaram grupo evidente (Fig. 28).

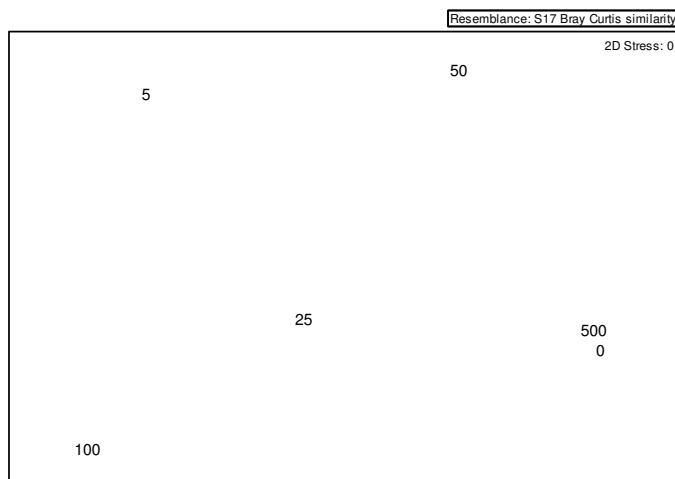


Figura 28: Análise de ordenação MDS com os valores de densidade média dos táxons nas distâncias de amostragem em nov/06.

Considerando-se as quatro unidades amostrais das seis distâncias investigadas, a análise de ordenação MDS revelou a formação de um grande grupo que incluiu unidades amostrais de todas as distâncias, evidenciando a

elevada similaridade de suas respectivas associações bênticas. O valor do estresse para a configuração bidimensional do MDS de 0,01 foi baixo, indicando que as similaridades estão adequadamente representadas pelas distâncias no plano, denotando uma representação gráfica adequada (Fig. 29).

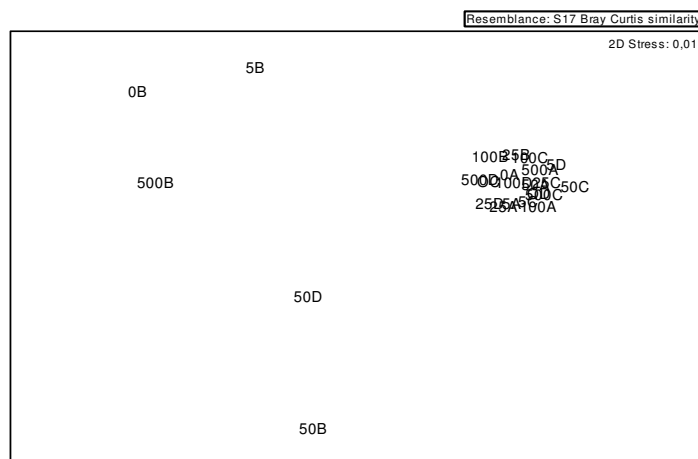


Figura 29: Análise de ordenação MDS com os valores da densidade de cada amostra das distâncias de amostragem em nov/2006 (0; 5; 25; 50; 100 e 500 = distância do recife artificial, A; B; C e D = unidades amostrais de cada ponto de amostragem).

A variabilidade espacial da infauna entre as diferentes distâncias do recife em cada unidade amostral, avaliada através da análise de similaridade (ANOSIM), não evidenciou diferenças significativas na comunidade bentônica de substrato não consolidado ( $p > 0,05$ ).

A análise de dispersão multivariada (MVDISP) revelou os menores valores do índice de dispersão relativa para os pontos a 5m (IRD = 0,7) e a 100m (IRD = 0,8) dos recifes artificiais, enquanto os demais pontos que compõem o gradiente de distância apresentaram um valor de dispersão mais elevado para suas amostras (IRD = 1,16) (Tab. 8).

Tabela 8: Valores do índice de dispersão relativa entre as amostras do gradiente de distâncias a partir do complexo recifal.

Análise Global	
Distâncias de Amostragem	Dispersão
100	0,7
5	0,8
0	1,16
25	1,16
50	1,16
500	1,16

## 5.5 Relação entre Infauna e os Parâmetros do Sedimento

### 5.5.1 Fevereiro de 2006

#### 5.5.1.1 Análise de Correspondência Canônica

A análise de correspondência canônica (CCA) realizada com os táxons amostrados, distâncias de amostragem e parâmetros ambientais monitorados em fevereiro/2006 revela o eixo 1 com 45% de explicação. Verifica-se que no lado direito encontram-se as distâncias de amostragem 5, 25 e 100 m relacionadas aos componentes orgânicos (teor de matéria orgânica, carbono, nitrogênio e fósforo orgânicos) e à lama (sedimento fino). Já a distância a 500 m do complexo recifal encontra-se do lado esquerdo do eixo 1, que se relaciona às variáveis não orgânicas, como cascalho, areia e carbonato de cálcio. Não foram considerados nesta análise os pontos a 0 e 50 m dos recifes devido a ausência de organismos capturados (Fig. 30).

Quando se inclui os táxons na referida análise, *Owenia* sp está diretamente relacionado à lama, *Lumbrineris* sp à matéria orgânica e fósforo orgânico; *Ampelisca* sp1 ao percentual de cascalho (sedimento grosso), enquanto os demais táxons pertencentes à Classe Crustacea, os polychaeta *Paraprinosprio* sp e *Tharyx* sp e Sipuncula estão mais relacionados ao percentual de carbonato (Fig. 30).

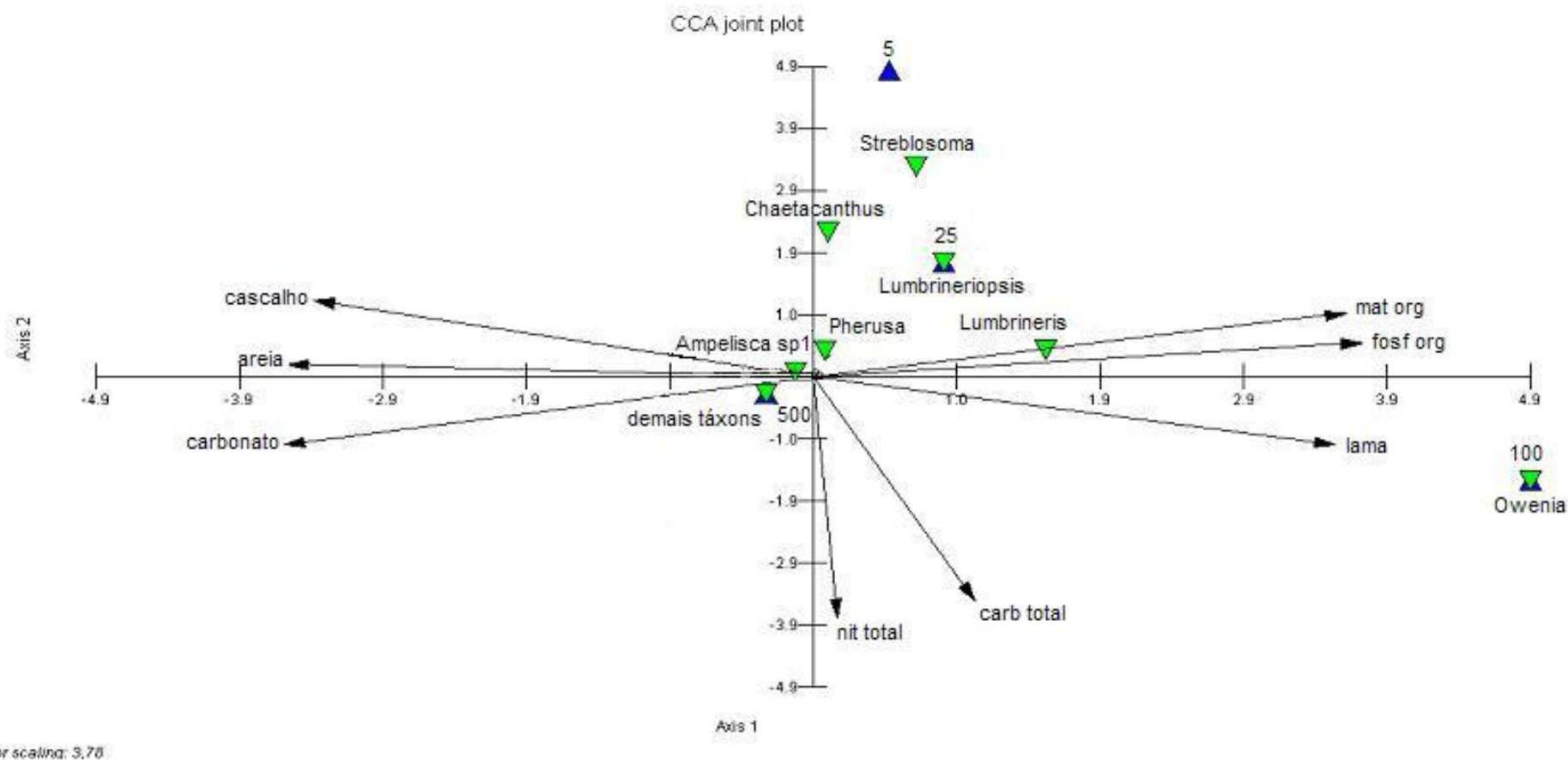


Figura 30: Análise de correspondência canônica com as distâncias de amostragem, os táxons e as variáveis ambientais do sedimento em fevereiro/2006.

### 5.5.1.2 Análise BIOENV

A análise BIOENV realizada em fevereiro de 2006 revelou que o teor de matéria orgânica (variável 1) foi o parâmetro ambiental de maior correlação com a distribuição dos organismos, seguindo-se a areia (variável 2), o carbono orgânico (variável 3) e o fósforo orgânico (variável 4) (Tab. 9).

Tabela 9: Valores da análise BIOENV dos parâmetros do sedimento com a abundância dos táxons da infauna em fevereiro de 2006. Correlação em ordem decrescente com relação aos valores mais elevados (Variáveis: 1 – matéria orgânica; 2 – areia; 3 – carbono orgânico; 4 – fósforo orgânico).

<b>Melhores Resultados</b>	
<b>Variáveis</b>	<b>Correlação</b>
1	0,714
2;1	0,714
1;3	0,714
1;4	0,714
2;1;3	0,714
2;1;4	0,714
1;3;4	0,714
2;1;3;4	0,714
3	0,600
2	0,486

## 5.5.2 Novembro de 2006

### 5.5.2.1 Análise de Correspondência Canônica

A análise de correspondência canônica (CCA) realizada com os táxons, pontos de amostragem e parâmetros do sedimento demonstra, no lado direito do eixo 1, as distâncias 5, 25 e 100 m mais relacionadas aos componentes orgânicos (matéria orgânica, carbono, nitrogênio e fósforo orgânicos) e à lama (sedimento fino), enquanto os pontos a 0 e a 500 m do complexo recifal encontram-se do lado esquerdo do eixo 1, que se relaciona às variáveis não orgânicas, como percentual de cascalho, areia e carbonato de cálcio (Fig. 31). O ponto a 50 m está em uma situação intermediária em relação aos demais. Quando se

considera os táxons na referida análise, *Schistocomus* sp, *Chaetacanthus* sp, *Aedicira* sp, *Eupolymnia* sp, *Nicolea* sp, *Lisylla* sp, *Owenia* sp, *Caprellidae* sp, *Typosyllis* sp, *Autolytus* sp, *Magelona* sp e *Microcerberus* sp1 apresentam-se mais relacionados as variáveis orgânicas e principalmente à distância de 100m (Fig. 31). *Ophiuroidea* sp, *Streblosma* sp e *Pionosyllis* sp estão mais relacionados aos percentuais de areia e carbonato de cálcio, e as distâncias de 0 e 500m, enquanto *Lumbrineris* sp, *Glicinde* sp e *Thrichobranhus* sp se relacionam mais ao percentual de cascalho (sedimento grosso) e ao ponto de amostragem a 50m. Os demais táxons estão mais relacionados aos pontos e menos às variáveis ambientais. Ressalta-se o baixo poder de explicação do eixo 1, com 25%.

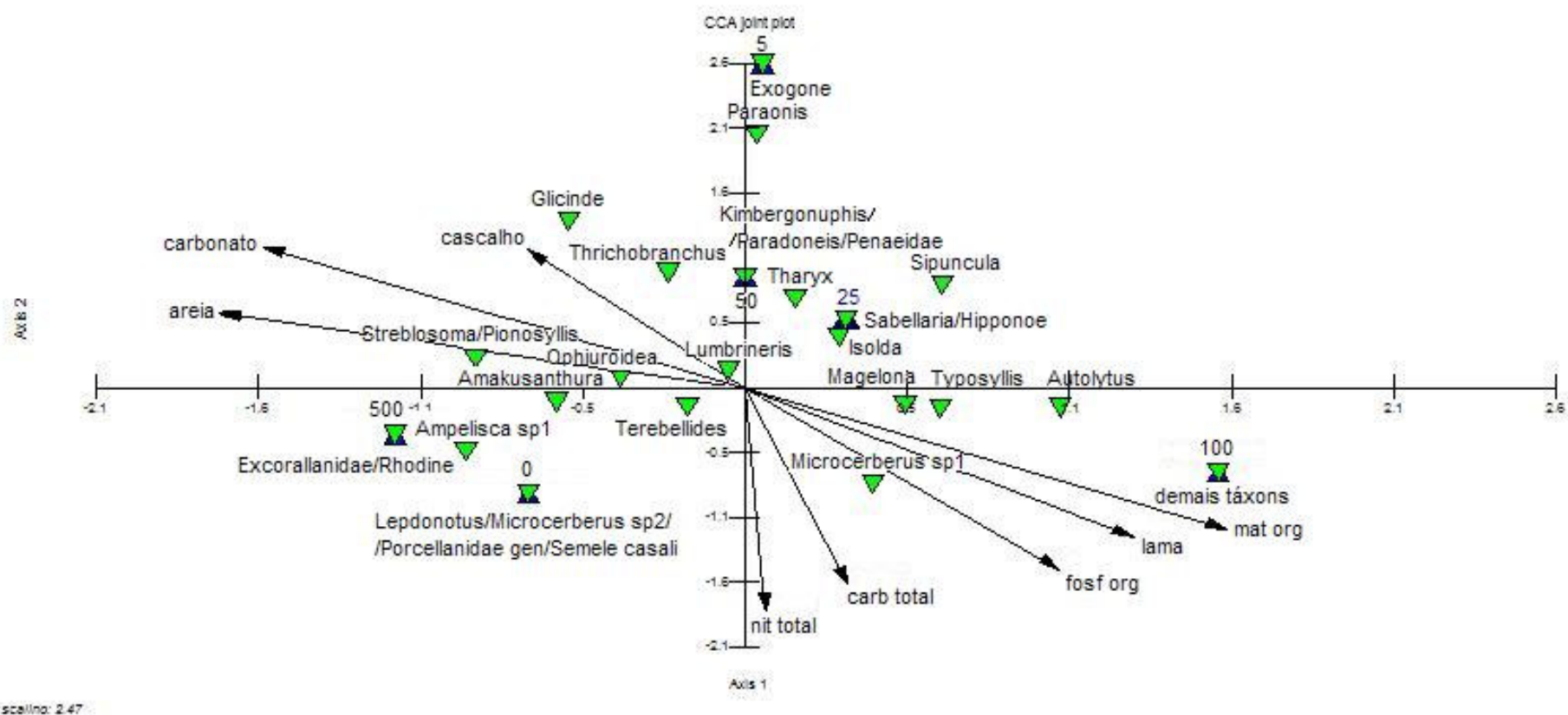


Figura 31: Análise de correspondência canônica incluindo distâncias de amostragem, variáveis do sedimento e táxons amostrados em novembro/2006.



### 5.5.2.2 Análise BIOENV

A análise BIOENV revelou que o parâmetro ambiental monitorado mais relacionado com a distribuição dos organismos da infauna foi o percentual de areia, carbono orgânico e de fósforo orgânico ( $r = 0,105$ ), seguindo-se o teor de matéria orgânica ( $r = 0,054$ ) (Tab. 10).

Tabela 10: Valores da análise BIOENV dos parâmetros do sedimento com a abundância dos táxons da infauna em novembro de 2006. Correlação em ordem decrescente com relação aos valores mais elevados (variáveis: 1 – areia; 2 – carbono orgânico; 3 – fósforo orgânico; 4 – matéria orgânica).

<b>Melhores Resultados</b>	
<b>Variáveis</b>	<b>Correlação</b>
1	0,105
1;2	0,105
1;3	0,105
1;2;3	0,105
4	0,054
4;3	0,054
1;4	0,043
1;4;2	0,043
1,4,3	0,043
1;4;2;3	0,043

## 6 DISCUSSÃO

### 6.1 Análise do sedimento

Em fevereiro de 2006, a granulometria se mostrou uniforme em todo o gradiente de distâncias (com exceção da distância a 100m), sugerindo não haver influência do complexo recifal sobre o tamanho dos grãos. Soares-Gomes *et al.* (2000) também encontraram a composição granulométrica uniforme em um gradiente de distâncias a partir de uma plataforma de petróleo na Bacia de Campos, RJ.

Em águas fora da costa brasileira, em um estudo sobre a ecologia de recifes artificiais na região sul da Califórnia, Davis *et al.* (1982) encontraram efeitos físicos perceptíveis apenas em pequenas áreas imediatamente vizinhas às estruturas recifais, e não registraram efeitos mensuráveis em marcas de ondulação do sedimento, tamanho do grão e carbono orgânico. Langlois *et al.*

(2005; 2006) estudaram o efeito de recifes artificiais sobre o entorno em três localidades diferentes na região nordeste da Nova Zelândia e também não verificaram diferenças na granulometria do sedimento do entorno em nenhum dos complexos recifais estudados.

Ainda em fevereiro de 2006, verificou-se que os valores encontrados para carbonato e granulometria são correspondentes: na distância a 100 m, onde foi obtido o menor percentual de cascalho (sedimento grosso), foi encontrado o menor percentual de carbonato, o que é esperado, visto que a porção de sedimento grosso das amostras em toda a área de estudo é formada principalmente por materiais bioclásticos (restos de conchas, algas calcárias incrustantes e outros organismos que são formados por corpos calcários) (Gomes, 1998).

Os dados granulométricos também corresponderam aos valores encontrados para a matéria orgânica, de modo que nas distâncias com o menor percentual de lama (sedimento fino) também foram encontrados os menores percentuais de matéria orgânica, excetuando-se a distância de amostragem dentro do complexo recifal (0 m), em que foi registrado o menor valor de lama dentre todas as distâncias de amostragem, mas com o segundo maior percentual de matéria orgânica. Sugere-se, assim, uma influência dos recifes sobre pontos muito próximos ou vizinhos a sua localização. A matéria orgânica desta distância pode ser proveniente de restos de organismos incrustantes dos módulos de recifes, fezes e pseudofezes de bivalves ou de peixes que visitam o complexo recifal. Nesta mesma região de estudo, Krohling *et al.* (2006) observaram a presença de organismos incrustantes nos módulos de recifes e o recrutamento destes organismos em placas submersas próximas às estruturas. Além destes, Zalmon *et al.* (2002) verificaram uma ictiofauna diversa na região próxima aos recifes, formada por espécies de peixes demersais, pelágicos e bênticos. Contudo não se pode comprovar a existência da influência sugerida, dada a ausência de replicação amostral para análise das variáveis ambientais (sedimento), não permitindo a realização de testes estatísticos para conclusão da referida sugestão.

As análises de carbono, nitrogênio total e fósforo orgânico revelam a mesma tendência dos valores encontrados para o teor de matéria orgânica, em

que as distâncias a 0, 100 e 500 m dos recifes apresentam, na maioria das vezes, os valores mais elevados para esses três elementos; estas distâncias de amostragem apresentaram os maiores percentuais para o teor de matéria orgânica total.

Já em novembro de 2006, no ponto de amostragem localizado no interior do complexo recifal (0 m) foi registrado mais sedimento fino (lama) do que em pontos mais distantes (excetuado-se o ponto 100 m, que também apresentou percentual de lama semelhante a 0m), indicando que os recifes podem influenciar no aumento de depósito de sedimentos finos. Danovaro *et al.* (2002) apontam como consequência direta para a reduzida fração de areia encontrada próximo aos recifes do Mar Adriático a redução da ação das correntes que atuam próximo aos recifes. Contudo, o próprio autor não observou tal efeito sobre o sedimento do entorno para os recifes do Mar Mediterrâneo. Novamente, deve-se considerar a possibilidade das diferenças encontradas serem espaciais e não temporais devido à falta de replicação da amostra para análise das variáveis ambientais (sedimento).

Em oposição aos resultados supracitados, Ambrose & Anderson (1990), Posey & Ambrose (1994) e Barros *et al.* (2001) registraram uma maior porção de sedimentos grossos em áreas mais próximas aos recifes, enquanto a maior fração de sedimentos finos foi observada apenas em amostras com mais de 10 m de distância do complexo. Barros *et al.* (2001) atribuem tal efeito à presença dos recifes artificiais que atuam como fonte de carbonato de cálcio para o sedimento próximo, devido, por exemplo, à morte de moluscos e crustáceos associados aos recifes. Os autores apontam ainda que a ação de ondas pode estar concentrada próximo aos recifes e que correntes locais causam uma perda local de sedimentos finos, contribuindo para a dominância de sedimentos grossos em áreas próximas aos módulos experimentais.

Em novembro de 2006, observou-se que os valores encontrados para carbonato e granulometria são correspondentes. Nas distâncias de amostragem com maiores percentuais de cascalho também foram encontrados os maiores percentuais de carbonato, provavelmente devido à constituição do sedimento. Snelgrove & Butman (1994) evidenciam que o conteúdo orgânico do sedimento é mais relacionado à distribuição da infauna do que a

granulometria, porque a matéria orgânica é a principal fonte de recurso alimentar para animais que se alimentam de detritos orgânicos depositados no sedimento ou que se encontram suspensos próximos ao fundo.

O teor de matéria orgânica foi correspondente aos percentuais de lama nos recifes artificiais em estudo. Sedimentos lamosos geralmente possuem maior conteúdo orgânico do que sedimentos de maior granulometria, pois a matéria orgânica tende a ser mais associada à fração de sedimento que se deposita em áreas de baixo fluxo (Snelgrove & Butman, 1994). Tal efeito pode ser devido à influência do complexo recifal na deposição de sedimentos finos com conseqüente aumento no teor de matéria orgânica. Fabi *et al.* (2002) verificaram que um complexo de recifes artificiais favorecia o depósito de silte (sedimento fino) e o acúmulo de matéria orgânica dentro da área do complexo. Airoidi *et al.* (2005) consideram os impactos dos recifes artificiais sobre as áreas do entorno de escala local, a saber: a mudança do tamanho do grão do sedimento, a mudança do seu conteúdo orgânico e a redução de habitats de substrato inconsolidado. Em uma escala temporal, os autores avaliam que, de maneira geral, o tamanho do grão do sedimento diminuirá enquanto o seu conteúdo orgânico aumentará.

Assim como em fevereiro de 2006, no mês de novembro deste mesmo ano, as análises de carbono e nitrogênio total e fósforo orgânico revelaram a mesma tendência para o teor de matéria orgânica, com valores mais elevados a 0, 50, 100 e 500 m de distância dos recifes. Como mencionado anteriormente, a matéria orgânica nos recifes pode ser proveniente da incrustação biológica (Krohling *et al.*, 2006), fezes de peixes que utilizam-nos como abrigo e ou para alimento, principalmente para juvenis (Brotto *et al.*, 2006) e outros que visitam as estruturas, mas que possuem uma distribuição espacial mais ampla (Zalmon *et al.*, 2002).

Realizando-se uma comparação temporal dos percentuais de matéria orgânica e de sedimentos finos registrados para ambos períodos de amostragem, verifica-se que para a maioria das distâncias houve um aumento destes percentuais no mês de novembro quando comparados ao mês de fevereiro. Estas observações podem estar relacionadas ao carreamento de material de origem continental através da drenagem do rio Paraíba do Sul,

levando-se em conta também que, ao contrário do que já foi caracterizado por estudos anteriores na região em termos de pluviosidade, o mês de novembro de 2006 possuiu maior índice de chuvas do que o mês de fevereiro.

Em um estudo sobre a contribuição de cargas fluviais para o ambiente marinho, Carvalho *et al.* (2002) apontam que a contribuição fluvial é representada principalmente por silte e argila e é mais claramente observada no interior da plataforma continental, onde a influência fluvial é dominante, particularmente do rio Paraíba do Sul, que carrega sedimento até a plataforma continental externa, com um fluxo médio anual entre 1,0 e 2,0 x 10<sup>6</sup> t/ano. Corroborando com tais resultados, Salomão *et al.* (2001) indicam que o rio Paraíba do Sul é um expressivo exportador de material em suspensão para os sedimentos da porção interior da plataforma continental.

Portanto torna-se clara a importância do estudo de cargas fluviais do rio Paraíba do Sul sobre o complexo recifal, visto que este também pode ser um fator importante para a deposição de sedimentos finos e, conseqüentemente, matéria orgânica para a região, dificultando, desta forma, inferências acerca da influência dos recifes artificiais sobre o sedimento do entorno. Desta forma, a estratégia de estudo das variáveis do sedimento desta região e, por conseqüência, da comunidade bentônica deve estabelecer novo paradigma e levar em consideração a fonte de material carregado pela drenagem da bacia do rio Paraíba do Sul.

Em relação aos percentuais de carbonato e lama, verifica-se que no presente trabalho foram registrados valores semelhantes a outros estudos realizados na plataforma continental do sudeste brasileiro (Tab. 11).

Tabela 11: Comparação entre os percentuais de carbonato e sedimentos finos (lama) do presente trabalho no complexo recifal e do trabalho de Lacerda *et al.* (2004) realizado na plataforma continental interior e em campos de exploração de petróleo na Bacia de Campos. Valores de média, desvio padrão e variação mínima e máxima dos percentuais registrados.

<b>Local</b>	<b>CaCO<sub>3</sub> (%)</b>	<b>Lama (%)</b>
<b>Complexo recifal</b>	58,19 ± 8,10	25,46 ± 28,16
	42,82 - 71,06	0,08 - 86,73
<b>Plataforma interior</b>	0,77 ± 0,95	36 ± 38,2
	<0,01 - 2,66	<0,2 - 96,9
<b>Campo Pargo</b>	25,8 ± 5,7	11,1 ± 6,1
	20,1 - 39,6	1,7 - 31,8
<b>Campo Pampo</b>	51,2 ± 11,7	98,9 ± 1,6
	37,4 - 64,3	94,5 - 100

## 6.2 Análise da Infauna

Os recifes artificiais foram implantados na costa norte do Rio de Janeiro em 1996, sendo este o primeiro estudo referente à distribuição da infauna no local e os resultados obtidos não evidenciaram diferenças na referida comunidade ao longo do gradiente de distância de 0 a 500m. Quanto à infauna, foram registradas táxons comuns e abundantes em todas as distâncias como o poliqueta *Lumbrineris* sp, outros predominando nos recifes e no ponto mais distante como o crustáceo anfípoda *Ampelisca* sp1 e alguns exclusivos de cada ponto de amostragem.

Em águas rasas da região sul da Califórnia, Davis *et al.* (1982) evidenciaram a influência dos recifes artificiais sobre a infauna apenas nas amostras muito próximas aos recifes, indicando que esta comunidade é menos sensível a efeitos associados aos recifes do que a epifauna sésil e de maior tamanho, e que a história de vida dos táxons que compõem a infauna (com alta frequência de recrutamento larval) permite a rápida reocupação das áreas impactadas pelas estruturas recifais. Barros *et al.* (2001), também não verificaram impactos dos recifes sobre a infauna em termos de abundância total e diversidade da comunidade nas diferentes distâncias amostradas. Lorenzi (2004), mesmo verificando a ocorrência de pequenas mudanças

granulométricas entre a coleta imediatamente antes e seis meses após a implantação de um complexo recifal, não observaram modificações na infauna próxima ao complexo. Langlois *et al.* (2005; 2006) estudaram o efeito de recifes artificiais sobre o entorno em três localidades diferentes na região nordeste da Nova Zelândia e também não verificaram diferenças na granulometria do sedimento do entorno em nenhum dos complexos recifais estudados. Já Fukunaga & Bailey-Brock (2008) observaram um aumento no tamanho do espaço intersticial do sedimento do entorno de um recife artificial no Havaí devido aos grandes pedaços de basalto que ocorreram no ambiente associados à implantação do recife. No entanto, a estrutura da comunidade do entorno deste recife foi relativamente similar às comunidades do entorno de outro complexo de recifes artificiais e de um recife natural próximo.

Em oposição aos resultados acima, Ambrose & Anderson (1990), registraram a influência de um complexo recifal da Califórnia sobre a infauna adjacente em termos de abundância dos organismos. Alguns táxons ocorreram com maior abundância em pontos próximos aos recifes enquanto outros possuíram maiores valores apenas em pontos mais afastados do complexo. No entanto, os autores ressaltam que o impacto verificado é limitado às áreas muito próximas aos recifes, onde os organismos associavam-se a sedimentos finos e nas áreas mais afastadas a sedimentos arenosos. Danovaro *et al.* (2002) apontaram uma clara influência dos recifes artificiais sobre o sedimento adjacente, com mudanças no tamanho dos grãos e a redução da camada redox, causadas por modificações das condições hidrodinâmicas e da topografia do fundo em micro-escala. Wolfson *et al.* (1979) pesquisaram os efeitos de uma plataforma de petróleo sobre a infauna adjacente e verificaram uma forte influência da mesma sobre a estrutura da comunidade, com a densidade de algumas espécies muito elevada e de outras significativamente reduzida devido à proximidade da estrutura artificial.

Quanto às guildas alimentares, tanto na amostragem de fevereiro quanto na de novembro de 2006 não foram verificadas variações dessas em relação às diferentes distâncias de amostragem. Todas as guildas ocorreram de forma homogênea no gradiente de distâncias, independente de variações ambientais registradas, indicando que as características do sedimento

monitoradas não influenciaram na distribuição das guildas alimentares da classe Polychaeta.

A disposição gráfica das quatro amostras de cada uma das seis distâncias reveladas pelo MDS evidenciou uma heterogeneidade da infauna em uma mesma distância, visto que amostras de diferentes distâncias foram por vezes mais similares entre si do que amostras de uma mesma distância. Estudos sobre comunidades de substrato inconsolidado sugerem que as diferenças entre os sítios estudados podem ser devido à heterogeneidade ambiental dos locais amostrados, o que tem sido atribuído à natureza móvel dos sedimentos que permite que características físicas do fundo variem em pequenas escalas espaciais e em pequenos períodos de tempo, de semanas ou dias (Langlois *et al.*, 2006). Portanto para uma melhor avaliação das variações na comunidade da infauna, tanto espaciais como temporais, faz-se necessária uma maior quantidade de unidades amostrais em cada distância, por exemplo, a realização da amostragem em vários transectos do gradiente de distâncias, contudo as fortes correntes de fundo levam a uma grande dificuldade da coleta de sedimento na área de estudo, causando fadiga aos mergulhadores, portanto por questões de segurança desses, não foi possível a realização de uma quantidade maior de réplicas nas distâncias de amostragem.

Warwick & Clarck (1993) ressaltam que o grau de variabilidade entre amostras coletadas em locais impactados é maior do que em áreas menos impactadas, de modo que o índice de dispersão entre amostras pode ser utilizado para identificação de situações em que ocorra algum tipo de impacto. Langlois *et al.* (*op. cit.*) verificaram valores do índice de dispersão multivariada mais elevados em distâncias mais próximas dos complexos recifais em dois de três complexos estudados. No presente estudo, em fevereiro de 2006, a distância a 5 m do complexo recifal apresentou os maiores valores de IMD entre amostras, sugerindo ser o ponto mais variável e/ou sob maior influência dos recifes artificiais sobre a infauna em relação aos demais. Já na estação seca (nov/2006), os maiores valores dos índices de dispersão entre amostras foram registradas nas distâncias mais próximas e nas mais afastadas do complexo recifal. Tais resultados indicam que a influência dos recifes artificiais sobre o entorno pode estar submetida às condições ambientais sazonais. Fabi



*et al.* (2002), em um estudo no mar Adriático, na região costeira da Itália, verificaram um efeito sazonal da influência dos recifes sobre o sedimento do entorno, sendo mais pronunciado na primavera e outono. Já no verão e inverno as diferenças entre as amostras do gradiente de distâncias foram pouco evidentes.

Langlois *et al.* (2006) não verificaram uma separação entre o gradiente de distâncias e as variáveis ambientais, o que dificultou explicar quaisquer efeitos da distância dos recifes sobre a estrutura da comunidade. No entanto, em um estudo nas mesmas localidades os autores observaram efeitos consistentes dos recifes sobre muitos táxons da megafauna (indivíduos com tamanho maior que 4 cm), sugerindo que os efeitos dos recifes sobre a macro e megafauna atuam diferentemente.

Em um estudo sobre os impactos ecológicos de estruturas de proteção costeira da Espanha, Itália e Reino Unido sobre o sedimento e a infauna, Martin *et al.* (2005) verificaram a influência das estruturas apenas nas regiões mais próximas aos substratos artificiais e enfatizaram que o estresse é limitado à área de influência do impacto gerado pelas estruturas de proteção, independente de condições ambientais particulares.

As relações entre a infauna e o sedimento são muito mais variáveis que o tradicionalmente proposto e, segundo Snelgrove & Butman (1994), não tem sido encontrado evidências que comprovem que quaisquer parâmetros como granulometria, teor de matéria orgânica, microorganismos, suprimento alimentar ou bioturbação possam, separadamente, determinar a distribuição da infauna. Os autores ressaltam que outros parâmetros podem ser ainda mais importantes destacando-se o assentamento larval e neste caso, o padrão da distribuição é determinado principalmente pelo fluxo de corrente na interface água-sedimento e o regime de transporte de sedimentos.

Nos recifes artificiais implantados na costa norte do Rio de Janeiro, Brotto *et al.* (2006) e Brotto & Zalmon (2007) ressaltam a importância das interações biológicas como a predação dos indivíduos da macrofauna por peixes atraídos pelo complexo recifal como um fator estruturador da comunidade íctica associada. No entanto, Ambrose & Anderson (1990) sugeriram que parâmetros físicos podem influenciar o padrão de abundância

da infauna mais que a predação e que a influência que a comunidade sofre é essencialmente em função da distância e do tamanho do recife e do ambiente de entorno.

Posey & Ambrose (1994) sugerem que existe um efeito indireto potencialmente importante dos predadores associados aos recifes sobre as presas do substrato inconsolidado adjacente. De acordo com Fabi & Fiorentini (1994), a biomassa de peixes aumenta dentro e ao redor dos recifes artificiais, quando comparada com áreas desprotegidas, confirmando a importância das interações biológicas como a predação dos indivíduos da macrofauna por peixes atraídos pelo complexo recifal como um fator estruturador da comunidade adjacente.

Ao realizarem estudos da influência de recifes artificiais marinhos na costa dos EUA sobre a macrofauna do entorno, Nelson *et al.* (1994) observaram que a densidade desta comunidade encontrava-se reduzida à distância de um metro do módulo dos recifes e atribuíram esta redução à predação e à remobilização do sedimento exercida pelos peixes residentes. Um experimento de exclusão de predação realizado no entorno de recifes artificiais teve como resultado a maior abundância de um organismo da megafauna, a lagosta errante *Munida gregária*, nos tratamentos com gaiolas de exclusão fornecendo uma forte evidência dos efeitos da predação por peixes associados a recifes e confirmando que o comportamento de forrageamento depleciona a abundância de presas de substrato inconsolidado próximo aos recifes (Galván *et al.*, 2008). Contudo, em um experimento de exclusão de predação sobre a infauna do entorno dos recifes, Barros (2001) sugere que outros fatores além da predação e da granulometria levam a diferenças na comunidade do sedimento e destaca que estudos experimentais podem levar a diferentes resultados em diferentes localidades e escalas espaciais.

Em uma revisão sobre recifes artificiais, Svane & Petersen (2001) consideram o seu efeito sobre o entorno como secundário, pois a maior parte dos estudos não registra efeitos mensuráveis em marcas de ondulação no sedimento, no conteúdo orgânico, na granulometria ou na composição da infauna. No entanto, é enfatizado que os efeitos da implantação dos recifes artificiais dependem claramente do tipo e tamanho das estruturas, do grau de

isolamento dos recifes além do ambiente de entorno como atributos do habitat capazes de alterar a estrutura e a dinâmica dos agrupamentos de peixes e da infauna associada.

Em comparação aos recifes artificiais implantados principalmente na Europa, EUA e Japão, superiores a 20 hectares (ex. Santos & Monteiro, 1997; Furukawa, 2000; Relini *et al.*, 2002; Reed *et al.*, 2006), o complexo recifal em estudo (300 X 200 m) pode ser referido como de pequeno porte e de caráter eminentemente experimental. Associado ao referido tamanho, o ambiente na região é caracterizado por correntes superiores a 0,5 nós (Melo *et al.*, 1975; Godoy *et al.*, 2002), de modo que as potenciais mudanças ocorridas no sedimento do entorno, como aumento no teor de matéria orgânica e conseqüente enriquecimento de nutrientes, decorrente em grande parte da colonização íctica e da epifauna, se diluem rapidamente. As variações espaciais nos parâmetros do sedimento monitorados não explicam por si só a distribuição da infauna associada, dada à variabilidade da comunidade nas diferentes distâncias de amostragem, indicando um reduzido impacto dos recifes em questão sobre a comunidade de substrato não consolidado local.

## **7 CONSIDERAÇÕES FINAIS**

O complexo de recifes artificiais marinhos do litoral norte do Estado do Rio de Janeiro exerce influência nos parâmetros do sedimento do entorno, destacando-se: percentual de matéria orgânica, carbono total, nitrogênio total e fósforo orgânico. No entanto, tal influência ocorreu de forma localizada no tempo (fevereiro de 2006) e no espaço (nas proximidades dos módulos recifais: 0-5 m) e não em um gradiente de distâncias.

Os resultados apresentados não revelam evidências claras da influência dos recifes artificiais marinhos sobre a infauna do entorno. Os organismos não se distribuíram em grupos evidentes de acordo com o gradiente de distâncias em que foram amostrados, seja em termos de abundância ou de guildas alimentares. A variabilidade da infauna nos pontos de amostragem sugere diferentes hipóteses alternativas: i) o raio de ação dos recifes artificiais é superior a 500 m de distância; ii) a influência dos recifes

artificiais é “perdida”, se dissipando rapidamente em face das correntes marinhas acentuadas no local (Godoy *et al.*, 2002). O hidrodinamismo intenso e o tamanho do complexo recifal sugerem uma influência reduzida dos recifes na comunidade de infauna do entorno dos módulos recifais.

No entanto deve-se considerar que a falta de replicação das amostras para as análises geoquímicas e a amostragem da infauna realizada em apenas um transecto dentro do gradiente de distâncias pode influenciar na interpretação dos resultados obtidos, sendo que a ausência de respostas claras pode estar relacionada também a esse problema, ao invés apenas da ausência da influência dos recifes.

Sugere-se a complementação deste estudo incluindo a influência e relação com a ictiofauna associada ao complexo recifal, em decorrência de seu potencial como predadores da infauna associada aos recifes.

## 8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AIROLDI, L.; ABBIATI, M.; BECK, M. W.; HAWKINS, S. J.; JONSSON, P. R.; MARTIN, D.; MOSCHELLA, P. S.; SUNDELOF, A.; THOMPSON, R. C.; ABERG, P. 2005. An ecological perspective on the deployment and design of low-crested and other hard coastal defence structures. *Coastal Engineering*, 52: 1073-1087.
- AMARAL, A. C. Z. & NONATO, E. F. 1996. *Annelida Polychaeta: características, glossário e chaves para famílias e gêneros da costa brasileira*. Campinas: Editora da UNICAMP. 124p.
- AMBROSE, R. F. & ANDERSON T. W. 1990. Influence of an artificial reef on the surrounding infaunal community. *Marine Biology*, 107: 42-52.
- BADALAMENTI, F.; CHEMELLO, R.; D'ANNA, G.; HENRIQUEZ RAMOS, P.; RIGGIO, S. 2002. Are artificial reefs comparable to neighbouring natural rocky areas? A mollusk case study in the Gulf of Castellammare (NW Sicily). *ICES Journal of Marine Science*, 59: 127-131.
- BADALAMENTI, F. & D'ANNA, G. 1996. Monitoring techniques for zoobenthic communities: influence of the artificial reef on surrounding infaunal community. *In European Artificial Reef Research*, pp 347-358. Proceedings of the 1<sup>st</sup> Conference of the European Artificial Reef Research Network, Ancona, Italy.
- BAINE, M. 2001. Artificial Reefs: review of their design, application, management and performance. *Ocean & Coastal Management*, 44: 241-259.

- BARROS, F. 2001. Evaluating the Importance of Predation on Subtidal Benthic Assemblages on Sandy Habitats Around Rock Reefs. *Acta Oecologica*, 27: 211-223.
- BARROS, F.; UNDERWOOD, A. J.; LINDERGARTH, M. 2001. The influence of rock reefs on structure of benthic macrofauna in nearby soft-sediments. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 52: 191-199.
- BOAVENTURA D.; MOURA, A.; LEITÃO, F.; CARVALHO, C.; CÚRDIA, J.; PEREIRA, P.; FONSECA, L. C.; SANTOS, M. N.; MONTEIRO, C. C. 2006. Macrobenthic colonisation of artificial reefs on the southern coast of Portugal (Ancão, Algarve). *Hydrobiologia*, 555: 335-343.
- BROTTO, D. S. 2006. Padrões de uso de um recife artificial pela comunidade de peixes no litoral norte do estado do Rio de Janeiro Tese de Doutorado, Biociências e Biotecnologia, UENF, 123 pp.
- BROTTO, D. S.; KROHLING, W.; ZALMON, I. R. 2006. Fish community modeling agents on an artificial reef on the northern coast of Rio de Janeiro – Brazil. *Brazilian Journal of Oceanography*, 54(4): 205-212.
- BROTTO, D. S. & ZALMON, I. R. 2007. The effect of artificial reef structural complexity and benthic colonization on gill net fish assemblages. *Tropical Oceanography*, 35(1): 1-16.
- CARMOUZE, J. P. 1994. *Metabolismos dos ecossistemas aquáticos: fundamentos teóricos, métodos de estudo e análises químicas*. São Paulo: Edgard Blucher/Fapesp. 254p.
- CARVALHO, C. E. V.; SALOMÃO, M. S. M. B.; MOLISANI, M. M.; REZENDE, C. E.; LACERDA, L. D. 2002. Contribution of a medium-sized tropical river to the particulate heavy-metal load for the South Atlantic Ocean. *Science of the Total Environment*, 284: 85-93.
- CLARKE, K. R. & AINSWORTH, M. 1993. A method of linking multivariate community structure to environmental variables. *Marine Ecology Progress Series*, 92: 205-219.
- CLARKE, K. R. & GREEN, R. H. 1988. Statistical design and analysis for a 'biological effects' study. *Marine Ecology Progress Series*, 46: 213-226.
- CLARKE, K. R. & WARWICK, R. M. 2001. *Changes in Marine Communities: an approach to statistical analysis and interpretation*. 2 ed.
- CONCEICAO, R. N. L. 2001. A situação atual dos recifes artificiais implantados no Estado do Ceará. *Arquivos de Ciências do Mar*, 34 (1): 107-115.

- CONCEIÇÃO, R. N. L.; MARINHO, R. A.; FRANKLIN JUNIOR, W.; LOPES, J.; CARPEGIANI, B. 2007. Projeto Recifes Artificiais Marinhos: apoio à pesca artesanal em Paracuru, Ceará, Brasil. 1 - Instalação e monitoramento. *Arquivos de Ciências do Mar*, 40: 72-77.
- CONCEICAO, R. N. L. & PEREIRA, J. A. 2006. Comunidades de peixes em recifes artificiais do estado do Ceará, Brasil. *Arquivos de Ciências do Mar*, 39: 99-109.
- DANOVARO, R.; GAMBI, C.; MAZZOLA, A.; MIRTO, S. 2002. Influence of artificial reefs on the surrounding infauna: analysis of meiofauna. *ICES Journal of Marine Science*, 59: 356-362.
- DAVIS, N.; VANBLARICOM, G. R.; DAYTON, P. K. 1982. Man-Made Structures on Marine Sediments: Effects on Adjacent benthic Communities. *Marine Biology*, 70: 295-303.
- DEAN Jr., W. E. 1974. Determination of carbonate and organic matter in calcareous sediments and sedimentary rocks by loss ignition: comparison with other methods. *Journal of Sedimentary Petrology*, 44 (1): 242-248.
- DONALDSON, P. L. & CLAVIJO, E. C. 1994. Diet of round scad (*Decapterus punctatus*) on a natural and artificial reef in Onslow Bay, North Carolina. *Bulletin of Marine Science*, 55 (2-3): 501-509.
- FABI, G.; FIORENTINI, L. 1994. Comparison between an artificial reef and a control site in the Adriatic Sea: analysis of four years of monitoring. *Bulletin of Marine Science*, 55: 538-558.
- FABI, G.; LUCCARINI, F.; PSNFILI, M.; SOLUSTRI, C.; SPAGNOLO, A. 2002. Effects of an artificial reef on the surrounding soft-bottom community (central Adriatic Sea). *ICES Journal of Marine Science*, 59: 343-349.
- FAUCHALD, K. & JUMARS, P. 1979. The Diet of worms: a study of Polychaete feeding guilds. *Oceanography and Marine Biology: an Annual Review*, 17: 193-284.
- FERREIRA, A. B. H. 2004. *Novo Dicionário Aurélio da Língua Portuguesa*. Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 3ª ed, 2120p.
- FURUKAWA, K. 2000. The role of a man-made headland in generating patches in coastal waters of Ise Bay, Japan. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 50: 33-37.
- FUKUNAGA, A. & BAILEY-BROCK, J. H. 2008. Benthic infaunal communities around two artificial reefs in Mamala Bay, Oahu, Hawaii. *Marine Environmental Research*, 65: 250-263.

- GALVÁN, D. E.; PARMA, A. M.; IRIBARNE, O. O. 2008. Influence of Predatory Reef Fishes on the Spatial Distribution of *Munida Gregária* (=M. Subrugosa) (Crustacea; Galatheidae) in shallow Patagonian Soft Bottoms. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 354: 93-100.
- GIERE, O. 1993. *Meiobentology: the microscope fauna in aquatic sediments*. 1<sup>st</sup> ed. Berlin, pp 235.
- GODOY, E. A. S.; ALMEIDA, T. C. M.; ZALMON, I. R. 2002. Fish Assemblages And Environmental Variables on an Artificial Reef - Rio de Janeiro, Brazil. *ICES, Journal of Marine Science*, 59: 138-143.
- GOMES, M. P., 1998. Estrutura e dinâmica da comunidade de peixes ósseos em recifes artificiais na enseada de Manguinhos – região Norte Fluminense. Dissertação de Mestrado, Biociências e Biotecnologia, UENF, 57pp.
- GOMES, F. A. C. 2000. *Comunidade incrustante em diferentes substratos experimentais no litoral norte do Estado do Rio de Janeiro (São Francisco do Itabapoana)*. Dissertação de Mestrado, Biociências e Biotecnologia, UENF, 66pp.
- GOMES, M. P.; NOVELLI, R.; ZALMON, I. R. 2004. Attraction of *Chloroscombrus crysurus* (Linnaeus, 1776) (Teleostei: Carangidae) by Artificial reefs on the Northern Coast of Rio de Janeiro. *Acta Biologica Leopoldensia*, 26 (2): 1-9.
- GOMES, M. P.; NOVELLI, R.; FARIA, V. V.; ZALMON, I. R. 2001. Potencial atrator de peixes ósseos em recife artificial no litoral norte do Estado do Rio de Janeiro. *Revista Brasileira de Zoologia*, 18 (3): 779-792.
- GUIRAL, D.; GOURBALT, N.; HELLEOUET, M. N. 1995. Sediment nature and meiobenthos of an artificial reef (Acadja) used for extensive aquaculture. *Oceanologica Acta*, 18: 543-555.
- HONGVE, D. 1994. Nutrient metabolism (C, N, P, and Si) in the trophogenic zone of a meromictic lake. *Hydrobiologia*, 277: 17-39.
- JENSEN, A. C.; COLLINS, K. J.; LOCKWOOD, A. P. M.; MALLINSON, J. J.; TURNPENNY, W. H. 1994. Colonization and fishery potential of a coal-ash artificial reef poole bay, United Kingdom. *Bulletin of Marine Science*, 55 (2-3): 1263-1276.
- KOVACH, W. L. 1993. *MVSP (Multivariate Statistical Package)*. Kovach PLC.
- KREBS, C. J. 1989. *Ecological Methodology*. New York, Harper & Row. Pp. 654.
- KROHLING, W. 2004. *Recrutamento, sucessão e efeito de tinta anti-incrustante na biota sésil em um recife artificial no litoral norte do Estado do Rio de Janeiro*. Dissertação de Mestrado, Biociências e Biotecnologia, UENF, 57pp.

- KROHLING, W.; BROTTTO, D. S.; ZALMON, I. R. 2006. Functional role of fouling community on na artificial reef at the northern coast of Rio de Janeiro State, Brazil. *Brazilian Journal of Oceanography*, 54: 183-191.
- KROHLING, W. & ZALMON, I. R. 2008. Epibenthic colonization on an artificial reef in a stressed environment off the north coast of the Rio de Janeiro State, Brazil. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, 51: 213-221.
- LACERDA, L. D.; REZENDE, C. E.; OVALLE, A. R. C.; CARVALHO, C. E. V. 2004. Mercury distribution in continental shelf sediments from two offshore oil fields in southeastern Brazil. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, 72: 178-185.
- LANGLOIS, T. J.; ANDERSON, M. J.; BABCOCK, R. C. 2005. Reef Associated Predators Influence Adjacent Soft-sediment Communities. *Ecology*, 89: 1508-1519.
- LANGLOIS, T. J.; ANDERSON, M. J.; BABCOCK, R. C. 2006. Inconsistent effects on different size classes of macrofauna in adjacent sand habitats. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 334: 269-282.
- LINDQUIST, D. G.; CAHOON, L. B.; CLAVIJO, I. E.; POSEY, M. H.; BOLDEN, S. K.; PIKE, L. A.; BURK, S. W.; CARDULLO, P. A. 1994. Reef fish stomach contents and prey abundance on reef and sand substrata associated with adjacent artificial and natural reefs in Onslow Bay, North Carolina. *Bulletin of Marine Science*, 55 (2-3): 308-318.
- LORENZI, L. 2004. *Estrutura das Associações Infaunais Sublitorais de Substrato Inconsolidado Adjacente a Recifes Artificiais e Naturais (Paraná, Brasil)*. Tese de Doutorado. Ciências Biológicas, Zoologia, UFPR, 189 pp.
- MARTIN, D.; BERTASI, F.; COLANGELO, M. A.; VRIES, M.; FROST, M.; HAWKIN, S. J.; MACPHERSON, E.; MOSCHELLA, P. S.; SATTA, P. M.; THOMPSON, R. C.; CECCHERELLI, V. U. 2005. Ecologic Impact of Coastal Defense Structures on Sediment and Mobile Fauna: evaluating and forecasting consequences of unavoidable modifications of native habitats. *Coastal Engineering*, 52: 1027-1051.
- MELO, U.; SUMMERHAYES, C. P.; ELLIS, J. P. 1975. Continental margin sedimentation off Brasil, part IV: Salvador to Vitoria, Southeastern Brazil. *Contributions to Sedimentology*, 4: 78-116.
- NELSON, W. G.; NEFF, T.; NAVRATILL, P.; RODDA, J. 1994. Disturbance effects on marine infauna near stabilized oil-ash reefs: spacial and temporal alteration of impacts Bulletin of Marine Science, 55 (2-3): 13-48
- OSENBERG, C. W.; MARY, C. M. St.; WILSON, J. A.; LINDBERG, W. J. 2002. A quantitative frame work to evaluate the attraction-production controversy. *ICES Journal of Marine Science*, 59: 214-221.



- PICKERING, H. 1996. Artificial reefs of bulk waste materials: a scientific and legal review of the suitability of using the cement stabilized by-products of coal-fired power stations. *Marine Pollution*, 20: 483-497.
- PIKE, L. & LINDQUIST, D. G. 1994. Feeding ecology of spottail pinfish (*Diplodus holbrooki*) from an artificial and natural reef in onslow bay, North Carolina. *Bulletin of Marine Science*, 55 (2-3): 363-374.
- POSEY, M. H. & AMBROSE, Jr. W. G. 1994. Effects of proximity to an offshore hard-bottom reef on infaunal abundances. *Marine Biology*, 118: 745-753.
- REED, D. C.; SCHROETER, S. C.; HUANG, D.; ANDERSON, T.; AMBROSE, R. F. 2006. Quantitative assessment of different artificial reef designs in mitigating losses to kelp forest fishes. *Bulletin of Marine Science*, 78(1): 133-150.
- RELINI, G.; RELINI, M.; GIOVANNI, T.; ANGELIS, G. 2002. Trophic relationships between fishes and artificial reef. *ICES Journal of Marine Science*, 59: 36-42.
- RIOS, E. C. 1994. *Seashells of Brazil*. 2ed. Rio Grande: FURG, 368pp.
- SALOMÃO, M. S. M. B.; MOLISANI, M. M.; OVALLE, A. R. C.; REZENDE, C. E.; LACERDA, L. D.; CARVALHO, C. E. V. 2001. Particulate heavy metal transport in the lower Paraíba do Sul River Basin, Southeastern, Brazil. *Hydrology Procedures*, 15: 587-593.
- SANTOS, M. N. & MONTEIRO, C. C. 1997. The Olhão artificial reef system (south Portugal): fish assemblages and fishing yield. *Fisheries Research*, 30: 33-41.
- SCHEFFER, A. 2001. *Estrutura e dinâmica de comunidades epilíticas de habitats artificiais e suas relações com os fatores ambientais na plataforma rasa do estado do Paraná*. Tese de Doutorado, Zoologia, UFPR, 111pp.
- SNELGROVE, P. V. R. & BUTMAN, C. A. 1994. Animal-sediments relationships revisited: cause versus effect. *Oceanography and Marine Biology: an Annual Review*, 32: 111-177.
- SOARES-GOMES, A.; ABREU, G. M. R. C.; ABSHER, T. M.; FIGUEIREDO, A. G. 1999. Abiotic features and abundance of the macrozoobenthos of continental margin sediments of East Brazil. *Archives of Fisheries Marine Research*, 47 (2/3): 321-334.
- SOARES-GOMES, A.; OLIVEIRA, E. B.; GABARDO I. T.; CARREIRA, R. S.; FERNANDEZ, G. B. 2000. Benthic meiofauna study around an offshore oil production platform in Campos Basin, southeast Brazilian Continental shelf. *Proceedings of the 5<sup>th</sup> Congress on Marine Science*, MARCUBA, LA Habana, CD-ROM Edition.

- SOARES-GOMES, A.; PAIVA, P. C.; SUMIDA, P. Y. G. 2002. *In: Biologia Marinha: Bentos de Sedimentos Não-Consolidados*, Rio de Janeiro: Interciência, 382p.
- STEIMLE, F.; FOSTER, K.; KROPP, R.; CONLIN, B. 2002. Benthic macrofauna productivity enhancement by an artificial reef in Delaware Bay, USA. *ICES Journal of Marine Science*, 59: 100-105.
- SUGUIO, K. 1973. *Introdução à Sedimentologia*. Edgard Blücher, Editora da Universidade de São Paulo. 317p.
- SVANE, I. & PETERSEN, J. K. 2001. On the Problems of Epibioses, Fouling and Artificial Reefs, a Review. *Marine Ecology*, 22 (3): 169-188.
- TER BRAAK C. J. F. 1986. Canonical correspondence analysis: a new eigenvector technique for multivariate direct gradient analysis. *Ecology*, 67: 1167-1179.
- VILLAÇA, R. 2002. Recifes Biológicos. *In* Pereira & Soares-Gomes, *Biologia Marinha*, Rio de Janeiro: Interciência, p 229-248.
- WARWICK, R. M. & CLARKE, K. R. 1993. Increased variability as a symptom of stress in marine communities. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 172: 215-226.
- WENTWORTH, C. K. 1922. A scale of grade e class terms of clastic sadiments. *Journal of Geology*, 30: 377-392.
- WILLDING, T. 2006. The benthic impacts of the Loch Linnhe artificial reef. *Hydrobiologia*, 555: 345-353.
- WILDING, T. A. & SAYER, M. D. J. 2002. Evaluating artificial reef performance: approaches to pre and post-deployment research. *ICES Journal of Marine Science*, 59: 222-230.
- WOLFSON, A.; VAN BLARICON, G.; DAVIS, N.; LEWBEL, G. S. 1979. The Marine Life of an Offshore Oil Platform. *Marine Ecology Progress Series*, 1: 81-89.
- ZALMON, I. R.; NOVELLI, R.; GOMES, M. P.; FARIA, V. V. 2002. Experimental Results of an Artificial Reef Program on the Brazilian Coast North of Rio de Janeiro. *ICES, Journal of Marine Science*, 59: 83-87.
- ZALMON, I. R.; GOMES, F. A. C. 2003. Comunidade incrustante em diferentes materiais de um recife artificial no litoral norte do Estado do Rio de Janeiro. *Biotemas*, 16 (1): 57-80.