

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
Programa de Pós-Graduação em Ecologia
Centro de Ciências Biológicas

Giorgia Freitas Alves

O papel de *Diopatra* spp. na estrutura e metabolismo da comunidade bêntica em ambiente marinho raso.

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Ecologia da Universidade Federal de Santa Catarina para a obtenção do título de Mestre em Ecologia.

Orientador: Prof. Dr. Paulo Roberto Pagliosa Alves

Co-orientadora: Prof. Dra. Alessandra Larissa Fonseca

Florianópolis
2011

Aos meus amores absurdos:
Giane e Greici.

AGRADECIMENTOS

Depois que terminei de escrever meus agradecimentos, percebi como é difícil expressar minha gratidão. Principalmente porque sem a ajuda das pessoas citadas aqui, além das que não tiveram o nome incluso, esse trabalho não poderia ser concluído. Senti a necessidade de fazer essa introdução para deixar explícito que me senti extremamente agraciada pelos “multiauxílios” que recebi das mais diversas fontes.

Agradeço à minha família. Às minhas irmãs Giane e Greici, pela amizade e amor absurdo, apoio constante e inabalável. Aos meus pais, pelo amor incondicional que os fez, inclusive, cometer a sandice de encarar trabalho de campo, independente das condições do tempo, sem “pedir pra sair”! Agradeço por vocês cinco sempre terem acreditado em mim! Muitas vezes, mais do que eu, o que me causava, com frequência, certo receio, mas que sempre me deu força pra seguir em frente.

Aos tios Gildo *in memorian*, Maria e família que sempre me proveram abrigo, no sentido mais amplo da palavra. Às minhas primas Ana Maria e Ana Cristina por não serem minhas primas-irmãs, mas “irmãs-primas”, acho que consegui resumir em com essa frase (hehe).

Aos tios Leopoldo e Maria Helena por acompanharem tudo de perto, pelo estágio voluntário do tio que englobou as mais diversas atividades e foi executado com muita eficiência e dedicação.

Aos tios Juarez e Sualda e também ao primo Lucas, por sempre se disporem a ajudar.

Às raras e valiosas exceções da Lei de Murphy. Ao meu orientador Paulo Pagliosa, por ter representado uma dessas exceções, me acolhendo após um imprevisto pouco tempo antes do processo seletivo do Mestrado. Obrigada por incansavelmente tentar estimular meu crescimento e, com isso, não economizar paciência, tempo, conversas, explicações, exemplos, desenhos... Enfim, obrigada por TUDO! Agradeço Alessandra Fonseca, pela orientação, nas diferentes etapas do trabalho pelos ensinamentos, por tentar decifrar comigo questões enlouquecedoras, por me “trazer pro chão”. Agradeço sua incrível capacidade de me acalmar que funcionava, inclusive, por telefone (Ufa!). Agradeço a vocês dois (Paulinho e Ale) por terem acreditado e nunca desistido de mim!

Aos meus queridos colegas de laboratório Tita, Mari, Áurea, Bruno, Joice pelos auxílios de natureza multivariada, em especial, ao

Super João que acompanhou esse trabalho desde o início na saúde e na doença, na alegria e na tristeza até que a defesa o livrasse de incumbências...ou não! hehe

Ao pessoal do Núcleo de Estudos do Mar, que sempre esteve disposto em “dar uma mãozinha” Paulo Manso, José Carlos Simonassi, Gisela Costa Ribeiro, Eduardo Soriano, em especial Sebastião Dutra, pelo imenso auxílio nas análises sedimentológicas.

Ao Curso de Pós-graduação em Ecologia, professores e as bolsistas de pós-doutorado Maria Luiza Fontes e Adriana Saccol. Aos meus colegas do mestrado, pelo companheirismo e amizade em especial a Mariana Henneman pelas análises de clorofila e pelos plantões tiradúvida.

Aos meus colegas de graduação, meu belo exemplo de amizade e respeito dentro de um grupo numeroso e diverso, em especial a Tatiane Beduschi, Vanessa Moraes, Félix Rosumek, Roona Silvie, Gabriela Reses que foram muito assíduos em me aconselhar além de se aventurar em auxílios de campo (no meio da lama), lab (com direito a horas-extra) ou em compartilhar minhas aventuras fantásticas ditas “Decifrando ‘erros’ no ‘R’” (estivesse “Beduschinha” no Brasil ou no outro lado do mundo).

Aos alunos da oceanografia, entre eles, Alexandre, Afonso, Ana Paula, Ana Paula, Alex e, claro, à incrível Ju (que agora é aluna do curso de química)! Agradeço pelas incontáveis vezes que me auxiliaram e pelo bom humor sempre presente e que costumava ser favorecido pelo cansaço de todos. Por isso era altíssimo em torno das 23 horas de sextas-feiras.

Ao professor Kay Saalfeld pelo auxílio na identificação de moluscos. Aos técnicos, Karla Scherer, Mara Bedin e Félix Rosumek pela eficiência e assistências mil.

Aos membros da banca Sérgio Netto, Eunice Machado, Paulo Lana e Orlei Negrello pela atenção, críticas e sugestões. Ao Sérgio, também pelas conversas produtivas durante o desenvolvimento do trabalho, pelo auxílio com as amostras de meiofauna. Ao Michel Santos, pela identificação dessas amostras.

À Tatiana Menchini Steiner, por sempre estar disposta a trocar informações sobre as “didis” e pelo atencioso auxílio taxonômico.

Ao CNPq, pelo apoio financeiro.

Ao IBAMA, pela autorização e colaboração com o estudo.

Aos pescadores que encontrei em campo, pelas conversas sobre a “bicha-do casulo”.

Às constantes amigas “extra UFSC” Dayani Becker da Silva, Juliana Alexandre et al. “Danezenho”, “Pableto” e “Rafeto” por terem superado o “grande nojinho” do campo e terem se rendido ao estágio voluntário em horários inoportunos. Ao Rafinha Búrigo por se prontificar na idealização, confecção e aperfeiçoamento de instrumentos de campo. Ao Marlon Bonatto, pela **presença**, suporte psicológico e bem-estar garantidos a milhas, milhas, milhas **E** millhas de distância.

Agradeço a Deus que, seja lá O que for, só pode ter sido Isso que fez com que eu encontrasse esse batalhão de gente pra me ajudar.

=')

“...e parece que sempre termina, mas não tem fim.”

Renato Russo

RESUMO

Espécies bênticas podem afetar a distribuição de outros organismos e o funcionamento do sistema pelas mudanças em variáveis físicas, químicas e biológicas introduzidas por suas atividades. A presença de poliquetas do gênero *Diopatra* e da fauna associada aos seus tubos foi manipulada experimentalmente para verificar seus efeitos na estrutura da comunidade e no metabolismo do entorno em baixios de maré não-vegetados. Para tanto, experimentos de campo foram realizados em três locais comparando três tratamentos: *i*) tubos com *Diopatra*; *ii*) tubos sem *Diopatra* e *iii*) ausência de tubos e *Diopatra* (controle). Para avaliar os efeitos sobre o metabolismo do ecossistema, câmaras bênticas foram empregadas para medidas dos fluxos de oxigênio e nutrientes entre o sedimento e a coluna de água. Sedimento, meiofauna e macrofauna foram coletados em locais com e sem a presença de *Diopatra* para verificar seus efeitos na estrutura das comunidades bênticas. De modo geral, a presença dos tubos favoreceu maiores densidades e número de espécies da macrofauna e, para alguns táxons, a presença do próprio tubícola foi importante. Ao contrário, a meioinfauna não discriminou as estruturas físicas e ocorreu em densidades menores em tratamentos com a presença de *Diopatra*, provavelmente devido à bioturbação e atividades de alimentação. Embora tenha havido variabilidade nas respostas dos fluxos dependentes de cada local, tanto a presença de *Diopatra* quanto as altas densidades da macrofauna influenciaram o fluxo de nutrientes nitrogenados e de oxigênio. Processos como nitrificação, denitrificação, amonificação e redução do nitrato parecem ser resultantes da excreção faunal, da bioirrigação e do microambiente disponibilizado pelos tubos.

Palavras- chave: *Diopatra*, metabolismo bêntico, bioturbação, meiofauna, macrofauna.

ABSTRACT

Benthic species may affect distribution of other organisms and system functioning by changes in physical, chemical and biological variables caused by their activities. The presence of polychaete of genera *Diopatra* and fauna associated to their tubes was experimentally manipulated in the field to access their effects on the surrounding community structure and ecosystem metabolism in intertidal plains. For that, experiments were set up in three sites, comparing three treatments: i) tube with *Diopatra*; ii) tube without *Diopatra* e iii) no tube and no *Diopatra* (control). To evaluate the effects of *Diopatra* and associated fauna over ecosystem metabolism, benthic chambers were employed to measure, oxygen and nutrient fluxes between sediment and water column. Sediment, meiofauna and macrofauna were collected in points with and without *Diopatra* to verify their effects on the structure of benthic communities. In general, the tubes favored higher densities and species numbers of macrofauna and, for some taxa, the presence of *Diopatra* was important. On the other hand, the meiofauna had similar densities between control and treatments with tube without *Diopatra* and occurred even in lower densities in treatments with *Diopatra* presence. Probably it was due to bioturbation and feeding activities. Although the fluxes responses have been variable dependig on the site, either *Diopatra* presence or high densities of macrofauna affected nitrogenous nutrients and oxygen fluxes. Processes like nitrification, denitrification, amonification and nitrato reduction seem to be resultant of faunal excretion, bioirrigation and microhabitat provided by the tubes.

Keywords: *Diopatra*, benthic metabolism, bioturbation, meiofauna, macrofauna.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Canal da Ilha de Santa Catarina, com indicações dos locais de coleta.	17
Figura 2: Tubo obstruído com cola de silicone. Extraído de amostra do tratamento tubo sem <i>Diopatra</i>	18
Figura 3: Detalhe do aparato experimental: a) Marcador indicativo de ponto de coleta; b) PVC utilizado para isolar a coluna de água e permitir os experimentos de fluxos na interface água-sedimento.	19
Figura 4: Aparatos experimentais em campo, após sua montagem e antes do início da amostragem da coluna d'água e do sedimento.	20
Figura 5: Médias e desvios padrão das variáveis sedimentológicas dos tratamentos nas três áreas experimentais. D: tubos com <i>Diopatra</i> ; T: tubo sem <i>Diopatra</i> ; C: controle. Resultados dos testes <i>post-hoc</i> : Bi: Biguaçu; Ar: Aririú; Ca: Cacupé. A barra abaixo das letras representa similaridades entre locais.	25
Figura 6: Médias e desvios padrão dos dados de densidade total (indivíduos/10 cm ²), densidade dos táxons selecionados e da riqueza de gêneros da meiofauna nos tratamentos experimentais e locais. D: tubos com <i>Diopatra</i> ; T: tubo sem <i>Diopatra</i> . Resultados dos testes <i>post hoc</i> : ns indica diferenças não significativas; Letras maiúsculas indicam diferenças entre tratamentos; letras iguais indicam tratamentos similares.	26
Figura 7: Médias e desvios padrão dos dados de densidade total (indivíduos/12,56cm ²) densidade dos táxons selecionados e riqueza dos táxons da macrofauna dos tratamentos nas três áreas experimentais. D: tubos com <i>Diopatra</i> ; T: tubo sem <i>Diopatra</i> ; C: controle. Resultados dos testes <i>pos- hoc</i> : ns indica diferenças não significativas; Bi: Biguaçu; Ar: Aririú; Ca: Cacupé. A barra abaixo das letras representa similaridade entre locais. Letras maiúsculas indicam diferenças entre tratamentos. Minúsculas, interação significativa. Caracteres iguais indicam médias similares.	29
Figura 8: Médias e desvios padrão dos fluxos de nutrientes e oxigênio entre sedimento e coluna de água, no interior das câmaras dos tratamentos nas três áreas experimentais. D: tubos com <i>Diopatra</i> ; T: tubo sem <i>Diopatra</i> ; C: controle. Resultados dos testes <i>post-hoc</i> : ns indica diferenças não significativas; Letras maiúsculas, diferenças entre tratamentos. Caracteres iguais indicam médias similares.	34

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Resultados da ANOVA bifatorial para variáveis do sedimento. Locais: Biguaçu, Aririú e Cacupé. Tratamentos: tubo com <i>Diopatra</i> , tubo sem <i>Diopatra</i> e controle.....	24
Tabela 2: Resultados da ANOVA bifatorial para as variáveis da meiofauna e da macrofauna nos tratamentos experimentais e locais....	28
Tabela 3: Resultados dos Testes-t entre concentrações de oxigênio dissolvido e pH na água externa e interna às câmaras nos diferentes tratamentos e locais.....	32
Tabela 4: Resultados da ANOVA bifatorial para os fluxos de oxigênio dissolvido e nutrientes. Locais: Biguaçu, Aririú e Cacupé. Tratamentos: tubo com <i>Diopatra</i> , tubo sem <i>Diopatra</i> ; C: controle.....	33
Tabela 5: Revisão de estudos com <i>Diopatra</i> indicando a dependência dos seus efeitos estruturadores sobre a macrofauna e a meiofauna, sinais biogeoquímicos e influências funcionais, considerando atributos relacionados aos agregados de <i>Diopatra</i> , características do hábitat bêntico e variações espaciais e temporais.	36

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	14
2 MATERIAL E MÉTODOS	16
2.1 ÁREAS EXPERIMENTAIS E DESENHO AMOSTRAL	16
2.3 PROCESSAMENTO DAS AMOSTRAS	21
2.4 ANÁLISE DE DADOS	22
3 RESULTADOS	24
3.1 VARIÁVEIS AMBIENTAIS	24
3.2 COMUNIDADE BÊNTECA	26
3.3 FLUXOS	31
4 DISCUSSÃO	35
5 REFERÊNCIAS	44
APÊNDICE A – Lista de gêneros da meiofauna com médias e desvios encontrados nos diferentes tratamentos e locais. Legenda: D: tubo com <i>Diopatra</i>; T: tubo sem <i>Diopatra</i>; C: controle.	51
APÊNDICE B – Lista de táxons da macrofauna com médias e desvios encontrados nos diferentes tratamentos e locais.	54

1 INTRODUÇÃO

Os processos bentônicos costeiros são mediados por características físicas, químicas e biológicas, havendo forte interação entre esses componentes. Espécies bênticas podem atuar como agentes ativos nas trocas entre esses componentes (Berke et al., 2010; Breitbart et al., 2010; Callaway et al. 2010; Woodin et al., 2010). A construção de estruturas físicas e a atividade biológica destes organismos podem ampliar a heterogeneidade ambiental (Hastings et al., 2007; Heiman & Micheli, 2010) e modificar o funcionamento do sistema (Breitbart et al., 2010). Os fluxos entre o sedimento e a coluna de água em ambientes rasos podem ser diretamente dependentes destes organismos (Volkenborn et al., 2007a e 2007b; Berke et al., 2010; Woodin et al., 2010), ou ainda, dependentes direta ou indiretamente da comunidade associada ou favorecida pelas novas estruturas físicas (Zühlke, 2001; Callaway, 2006; Hoey et al., 2009; Heiman & Micheli, 2010; Haanes & Gulliksen, 2011).

Os poliquetas do gênero *Diopatra* podem interferir nos componentes físicos e biológicos de seu entorno, por se tratar de um poliqueta tubícola. Possuem ampla distribuição geográfica e, no Brasil, há registros do litoral Nordeste ao Sul (Amaral et al., 2002 e 2006). O tubo secretado por estes poliquetas é formado por muco que enrijece em contato com a água (Myers, 1972). Tubos isolados ou agregados podem ser encontrados especialmente em áreas entremarés estuarinas ou de outros ambientes costeiros abrigados. A porção inferior dos tubos pode se estender até 1 m abaixo da superfície do sedimento e aproximadamente 6 cm acima (Myers, 1972). Enquanto na porção inferior as paredes são simples nas duas faces e formadas apenas por camadas de muco e sedimento adjacente passivamente aderido, na porção epibêntica somente a superfície interna permanece lisa, e no exterior há inclusão ativa de detritos, gerando um microambiente heterogêneo.

A construção de tubos por *Diopatra* spp. em fundos inconsolidados pode influenciar de forma variável a estrutura das comunidades da meiofauna (Bell & Coen, 1982a; Bell, 1985; Bell & Woodin, 1984; Guilherme, 1999), da macrofauna (Woodin, 1978; Bell & Devlin, 1983; Bell & Woodin, 1984; Ban & Nelson, 1987; Ambrose & Anderson, 1990; Thomsen et al., 2009), de bactérias (Phillips & Lovell, 1999; Matsui et al., 2004), de algas (Thomsen, 2004; Thomsen & Glathery, 2005; Thomsen et al., 2009) e de angiospermas (Harwell &

Orth, 2007). Considerando que as atividades dessas associações podem alterar a disponibilidade de nutrientes nos sedimentos, mudanças nos mesmos podem interferir no acoplamento bêntico-pelágico (Williams & Marinelli, 2003; Raffaelli et al., 2003; Covich et al., 2004; Ieno et al., 2006; Paspaspyrou et al., 2010).

Em geral, a abundância e a riqueza de espécies da fauna associada aos tubos são afetadas positivamente. As vias pelas quais a fauna interfere nos fluxos de nutrientes podem ocorrer tanto por relações tróficas quanto por bioturbação (Lohrer et al., 2004; Piot et al., 2008). Essa última é resultado de atividades como escavação, ingestão e egestão que, pelo movimento de partículas, rompe o gradiente químico no perfil vertical do sedimento (Michaud et al., 2005; Duport et al., 2006; Quintana & Kristensen, 2007) alterando as taxas reativas (Lohrer et al., 2004; Meysman et al., 2006; Gilbert et al., 2007).

Por outro lado, organismos tubícolas e habitantes de galerias promovem bioturbação por irrigação (bioirrigação). Nessa atividade ocorre o transporte ativo bidirecional de água e solutos no perfil vertical do sedimento (Kristensen, 2000; Paspaspyrou et al., 2007 e 2010). Assim, a água acima da superfície do sedimento desce, disponibilizando oxidantes nas camadas mais profundas. Ao mesmo tempo, solutos do interior dos tubos e galerias são transportados para a coluna de água. Pode ainda ocorrer difusão horizontal através das paredes de tubos e de tocas, cujas taxas de transporte são fortemente dependentes da natureza mucosa das paredes (Zorns et al., 2006). Desta forma, a permeabilidade difusiva pode ser substancialmente reduzida a pequenos solutos inorgânicos, se comparada com a difusão em solução livre. A permeabilidade da parede dos tubos de *Diopatra* é geralmente inferior àquela de outros invertebrados marinhos (Aller, 1983; Hannides et al., 2005). Entretanto, o volume de água movido para o interior de seu tubo (aproximadamente 68 ml.h^{-1}) (Mangum et al., 1968; Mayer et al., 1995), aliado à elevada frequência com que exerce essa atividade (mais de 50% do tempo), pode promover condições redox específicas que favorecem o balanço de nutrientes (Mayer et al., 1995).

Considerando que o tubícola *Diopatra* pode afetar a distribuição da meiofauna e da macrofauna por meio da construção de tubos e também pela sua atividade, o presente estudo tem como objetivo avaliar experimentalmente *in situ* se mudanças nos fluxos de nutrientes entre a coluna de água e o sedimento em áreas rasas são devidas à atividade biológica de *Diopatra*, da comunidade bêntica associada à estrutura física construída pelo poliqueta, ou ambas.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 ÁREAS EXPERIMENTAIS E DESENHO AMOSTRAL

O experimento em campo foi realizado na zona de transição entre o entremarés inferior e o sublitoral superior em três baixios durante uma semana em maio de 2010 no canal entre a Ilha de Santa Catarina e o continente, na região sul do Brasil. A região pode ser classificada como de micromarés (< 2 m) com amplitude máxima de 1,3 m. Os ventos predominantes são de Nordeste e Sul e a temperatura média anual é de 20,4 °C (Cruz, 1998).

Os três locais de coleta foram definidos após avaliação da ocorrência e densidades de *Diopatra* no entremarés ao longo de todo o canal entre a Ilha e o continente. Os locais selecionados possuíram densidade média de 4 ind.m² em uma extensão de 500 m², valor considerado apropriado para o desenvolvimento do estudo. O experimento foi realizado em Biguaçu (27°25'S;44°37'O), Aririú (27°41'S;48°38'O) e Cacupé (27°31'S; 48°31'O) (Fig. 1).

Os três baixios de maré assemelharam-se por estarem próximos à foz de rios com a formação de pequenos bosques de manguezal. As áreas experimentais em cada um dos locais abrangeram aproximadamente 600 m². Os tubos encontrados em Biguaçu e Cacupé, eram semelhantes por terem poucos detritos incrustados. Entretanto, no último, os comprimentos das porções epibênticas eram inferiores às encontradas nos outros locais estudados. Em Aririú, os tubos foram os mais robustos com acentuada inclusão de fragmentos de concha e de algas.

Para avaliar se *Diopatra* e seus tubos influenciam a estrutura da comunidade e o funcionamento do sistema bêntico e, também, se o efeito no funcionamento, caso exista, é dependente da estrutura da comunidade macrofaunal associada aos tubos, três tratamentos foram contrastados: i- com tubo e *Diopatra*; ii- com tubo, mas sem *Diopatra*; e iii- controle, próximos aos descritos anteriormente, porém sem *Diopatra* e tubos. Os tratamentos tubo com e sem o poliqueta contiveram único indivíduo e/ou tubo. No tratamento tubo sem *Diopatra* a presença do poliqueta foi manipulada a partir da obstrução cuidadosa da abertura superior do tubo com cola de silicone (Fig. 2). A eficiência desta manipulação foi confirmada por avaliações prévias.

A replicação foi igual a 5 para as amostras bentônicas e igual a 4 para as amostras da água.

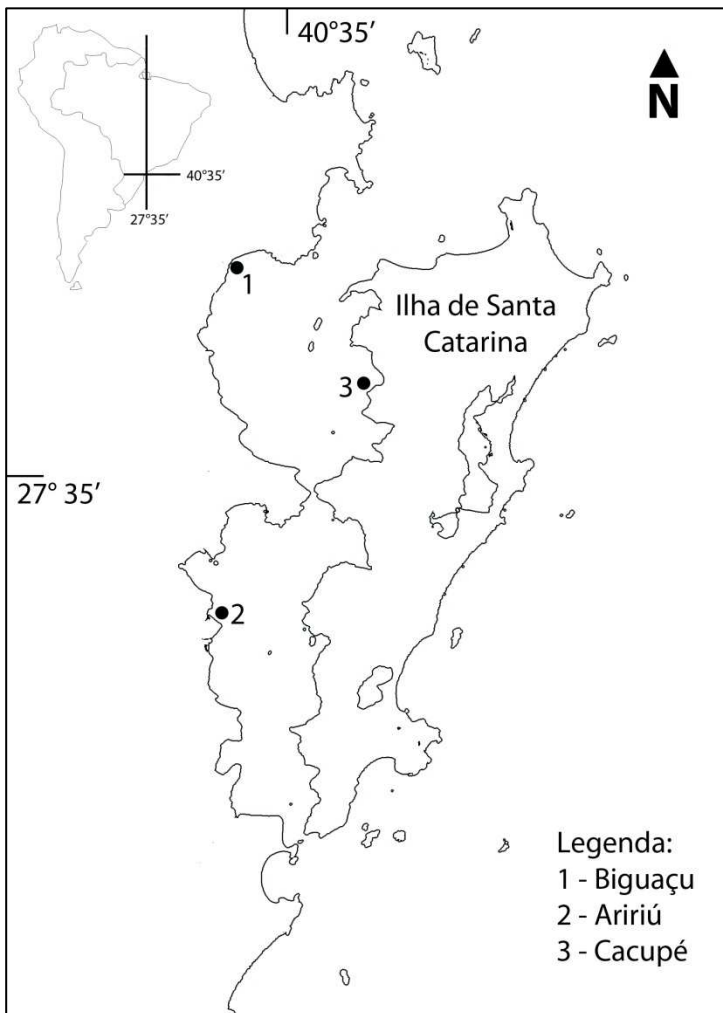


Figura 1: Canal da Ilha de Santa Catarina, com indicações dos locais de coleta.



Figura 2: Tubo obstruído com cola de silicone. Extraído de amostra do tratamento tubo sem *Diopatra*.

2.2 ARTEFATO EXPERIMENTAL E PROCEDIMENTOS DE CAMPO

Os possíveis efeitos de *Diopatra* e/ou seu tubo com fauna associada sobre o funcionamento do ecossistema foram avaliados através da medida de fluxos de oxigênio dissolvido e nutrientes (fosfato, N-amoniacal e nitrato) entre o sedimento e a coluna de água em cada um dos tratamentos descritos anteriormente. A técnica utilizada para realização dos experimentos foi uma adaptação da metodologia de água livre descrita em Carmouze (1994). O artefato experimental consistiu de um tubo de PVC de 120 cm de altura por 10 cm de diâmetro. O isolamento da água no interior dos artefatos foi garantido pela sua altura, suficiente para não entrar água pela extremidade superior durante a subida da maré, e pela de inserção do aparato até 8 cm no sedimento, evitando trocas laterais (Fig. 3b). Para avaliar a eficiência do aparato experimental, as concentrações de

oxigênio dissolvido (oxímetro Shott) e o pH (pHmetro Shott) no interior das câmaras e na água externa adjacente foram medidos ao final das amostragens da água.

A instalação do experimento em campo teve início na maré baixa e tubos de *Diopatra* foram localizados visualmente ou pelo tato, quando o nível de água não permitiu a observação direta. Pontos amostrais foram sinalizados com marcadores de metal que, adicionalmente, deram suporte ao aparato experimental (Fig. 3a e 3b). Tratamentos foram identificados pela fixação de barbantes coloridos aos marcadores de metal. Para cada tratamento e local foram instaladas quatro câmaras bênticas de PVC (Fig. 3b), fechadas na extremidade superior com uma tampa de PVC removível para evitar influência da luz.

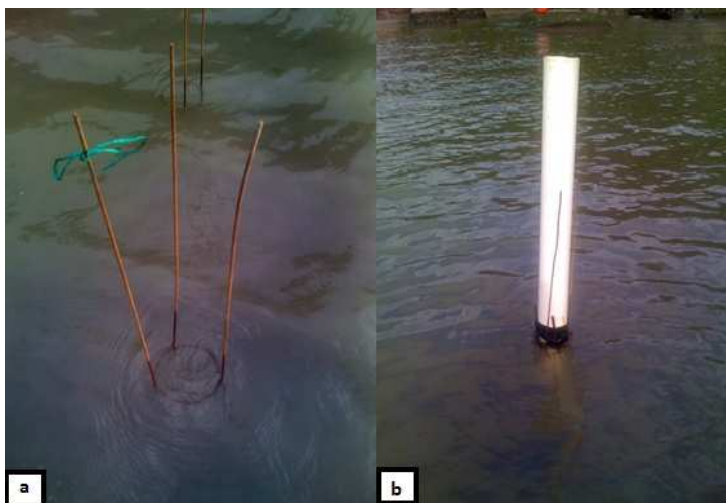


Figura 3: Detalhe do aparato experimental: a) Marcador indicativo de ponto de coleta; b) PVC utilizado para isolar a coluna de água e permitir os experimentos de fluxos na interface água-sedimento.

Cada experimento teve duração de 1 hora e meia, com o tempo contado a partir da amostragem inicial da água interna às câmaras. Este período foi determinado previamente em amostragem piloto, considerando: i) o tempo necessário para detecção de mudanças nas características da água; ii) o tempo médio em que a maré se matinha em altura apropriada para o experimento; e iii) o tempo médio gasto na

instalação do experimento. A coleta de dados *in situ* e da água inicial dos experimentos ocorreu quando o nível de água atingiu pelo menos 20 cm de altura no entorno do aparato experimental (Fig.3).



Figura 4: Aparatos experimentais em campo, após sua montagem e antes do início da amostragem da coluna d'água e do sedimento.

As concentrações de oxigênio e de nutrientes dissolvidos das águas internas às câmaras nos tempos inicial e final foram utilizadas para calcular os fluxos na interface sedimento-água. Em cada momento foram amostrados 120 mL de água com o uso de seringas acopladas a uma mangueira de silicone inserida pelo menos até 15 cm abaixo da superfície da água. A água interna ao aparato experimental foi cuidadosamente homogeneizada com auxílio de um bastão de vidro antes de cada amostragem. As amostras foram acondicionadas em frascos de polietileno previamente lavados e mantidas sob refrigeração em caixa térmica e ao abrigo da luz até filtração. Uma vez finalizada a coleta para a análise dos fluxos as câmaras foram cuidadosamente retiradas, mantendo os marcadores de metal no sedimento. As amostras para análise de sedimento (12,56 cm² de área e 5 cm de altura), de meiofauna (1,32 cm² de área e 6,2 cm de altura) e de macrofauna (12,56 cm² área e 10 cm de altura) foram obtidas do mesmo espaço delimitado

pelos marcadores, por amostradores de PVC. A amostragem da macrofauna foi realizada sobre o tubo de *Diopatra*, em tratamentos contendo essas estruturas, enquanto da meiofauna a amostragem se deu nos sedimentos adjacentes aos tubos. As amostras da meiofauna e da macrofauna foram fixadas em campo com formol 4% tamponado com água do mar e as amostras do sedimento foram levadas ao freezer até realização das análises.

2.3 PROCESSAMENTO DAS AMOSTRAS

Em laboratório, as amostras de água foram filtradas em filtro de fibra de vidro (Schleicher & Schuell). O filtrado foi utilizado para as análises dos nutrientes inorgânicos dissolvidos, fosfato, N-amoniaco e nitrato e nitrito, segundo os métodos descritos em Grasshoff et al. (1983). As absorvâncias dessas amostras foram lidas em espectrofotômetro (marca PRÓ ANÁLISE) utilizando-se cubetas de 5cm de passo óptico.

As concentrações dos nutrientes e do oxigênio dissolvido foram utilizadas no cálculo dos fluxos entre sedimento e coluna de água, a partir da fórmula (Carmouze, 1994):

$$F_i = (([i]_{tf} - [i]_{to}) * V / A) / T$$

Onde:

F_i é a quantidade de i produzida ou eliminada (fluxo de i), por unidade de área e tempo; $[i]_{to}$ e $[i]_{tf}$ são as concentrações do constituinte (descriptor) i , no início e no final da incubação respectivamente; V é a média do volume (em litros) de água dentro da câmara nos tempos inicial e final; A indica a área de sedimento delimitada em m^2 e T , o tempo de incubação em horas. As unidades resultantes desses cálculos foram em $mg \cdot m^{-2} \cdot h^{-1}$ para oxigênio dissolvido e em $\mu mol \cdot m^{-2} \cdot h^{-1}$, para os nutrientes. Valores negativos indicam fluxo de soluto da coluna da água para o sedimento (influxo) e positivos, o inverso (efluxo).

Para a análise granulométrica, as areias foram processadas por peneiramento e os finos quantificados pelo método da pipetagem (Suguio, 1973). Para determinação do conteúdo de matéria orgânica nos sedimentos utilizou-se o método de perda de peso por ignição a $600^\circ C$ por 2 horas. Os teores de carbonato biodetrítico foram determinados por perda de peso após reação química com ácido clorídrico 15% (Gross, 1971).

As amostras da meiofauna foram lavadas em jogo de peneiras de 500 μm (para retirar o sedimento mais grosseiro) e 63 μm de abertura

de malha. O material retido na menor peneira foi submetido ao processo de flotação com o uso de sílica coloidal (Ludox TM 50) diluída à gravidade específica de $1,15\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$ (Somerfield & Warwick, 1996). Esse processo foi repetido por duas vezes e, posteriormente, o material foi lavado com uma solução contendo 5% glicerina, 45% água e 50% álcool e depositado em blocos cavados de vidro. Assim que a solução foi evaporada, as lâminas permanentes foram confeccionadas para a identificação e contagem sob microscopia. As amostras da macrofauna foram lavadas em peneira de malha de $500\ \mu\text{m}$ e o material retido foi triado, contado e identificado até o menor nível taxonômico possível sob microscopia.

2.4 ANÁLISE DE DADOS

A eficiência do aparato experimental foi acessada por teste t, comparando as concentrações de oxigênio dissolvido e o pH no interior das câmaras e na água externa adjacente ao final do experimento. Considerou-se que o artefato isolou efetivamente a coluna d'água no seu interior quando estes valores foram significativamente diferentes. No local onde o aparato não apresentou eficiência, os dados dos fluxos medidos não foram considerados para responder a pergunta deste estudo. Contudo, todos os dados gerados neste estudo são aqui apresentados.

As diferenças das variáveis analisadas entre os locais (Biguaçu, Cacupé e Aririú) e os tratamentos (tubo com *Diopatra*, tubo sem *Diopatra* e controle) foram testadas por Análise de Variância bifatorial utilizando-se o pacote “General ANOVA Design”- GAD (Sandrini-Neto & Camargo, 2010) do programa R (versão 2.11.1). Os locais foram considerados como fator aleatório, enquanto os tratamentos foram definidos como fator fixo. A homocedasticidade dos dados foi testada com o teste de Cochran e, quando apropriado, os dados foram transformados segundo $\log(x+1)$. Quando diferenças significativas foram indicadas pelas análises de variância, empregou-se o teste post-hoc Student-Newman-Keuls.

Os fluxos de oxigênio e nutrientes entre sedimento e coluna de água foram submetidos a estas análises para avaliar o papel de *Diopatra* e/ou seu tubo e comunidade associada no funcionamento do sistema bêntico. Para testar as possíveis influências na estrutura da comunidade foi avaliada a significância das diferenças na granulometria, conteúdo de carbonato biodetrítico e de matéria orgânica nos sedimentos, densidade

total, riqueza e densidade de táxons selecionados da meio- e da macrofauna. Os táxons selecionados representaram pelo menos 60% da densidade total do seu grupo e ocorreram em no mínimo 33% das amostras.

3 RESULTADOS

3.1 VARIÁVEIS AMBIENTAIS

As concentrações de oxigênio dissolvido no interior das câmaras no início do experimento em Biguaçu (média $9,23 \pm 0,56$) e Cacupé ($8,61 \pm 1,11$) foram maiores do que em Aririú ($2,49 \pm 1,11$). Todas as variáveis do sedimento diferiram entre locais, mas não entre tratamentos (Tab. 1; Fig. 5). Maiores porcentagens de finos ocorreram em Cacupé, em contraste com Aririú e Biguaçu. Os grãos foram moderadamente selecionados em Biguaçu e Aririú e pobremente selecionados em Cacupé. Os teores de matéria orgânica e carbonato biodetrítico foram mais elevados em Cacupé e Aririú do que em Biguaçu.

Tabela 1: Resultados da ANOVA bifatorial para variáveis do sedimento. Locais: Biguaçu, Aririú e Cacupé. Tratamentos: tubo com *Diopatra*, tubo sem *Diopatra* e controle.

Fontes de Variação	de Tratamentos	Locais	Interação
Areia	F=1.2829 p=0.37115	F=31.5950 p=1.194e-08*	F=2.5538 p=0.05552
Finos	F=1.2854 p=0.37059	F=31.6097 p=1.188e-08*	F=2.5542 p=0.05549
Seleção dos grãos	F=1.5510 p= 0.31721	F=36.3034 p=2.334e-09*	F=2.4203 p= 0.06618
Matéria orgânica	F=0.9986 p=0.4449	F=18.9240 p=2.417e-06*	F=1.4927 p=0.2249
Carbonato biodetrítico	F=1.8552 p=0.2691	F=22.3959 p=4.795e-07*	F=1.0806 p=0.3805

* Indica resultados significativos (* $p < 0.05$)

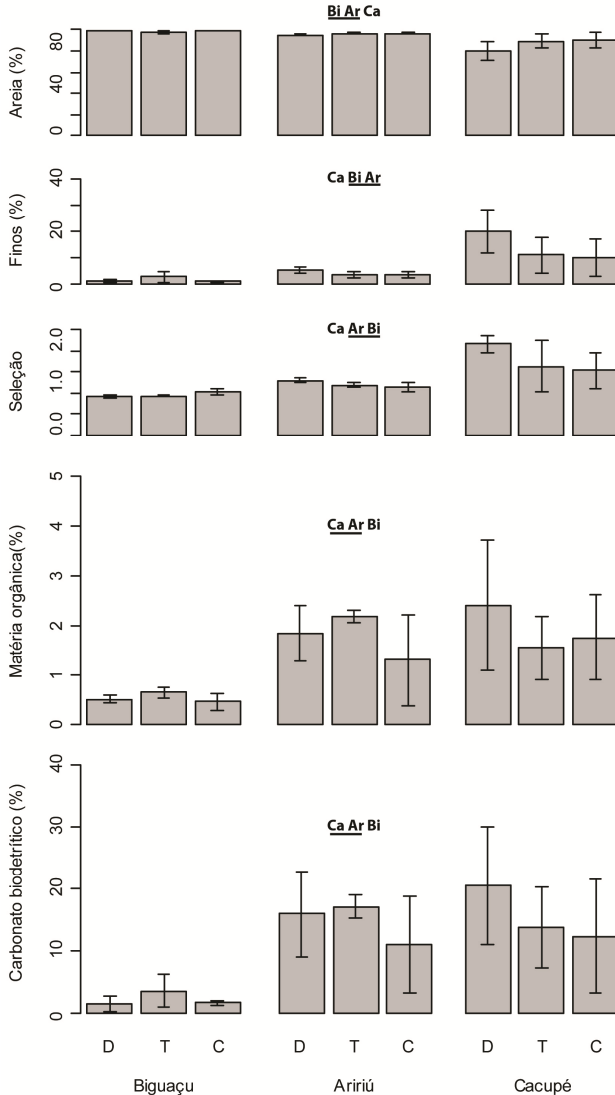


Figura 5: Médias e desvios padrão das variáveis sedimentológicas dos tratamentos nas três áreas experimentais. D: tubos com *Diopatra*; T: tubo sem *Diopatra*; C: controle. Resultados dos testes *post-hoc*: Bi: Biguaçu; Ar: Aririú; Ca: Cacupé. A barra abaixo das letras representa similaridades entre locais.

3.2 COMUNIDADE BÊNTECA

A meiofauna foi representada por 25 gêneros de um único filo, Nematoda (Apêndice A). A riqueza de espécies e a densidade total foram menores na presença de *Diopatra* do que nos tratamentos tubo sem *Diopatra* e controle e não ocorreram diferenças entre locais (Tab. 2; Fig. 6). As densidades dos gêneros selecionados *Daptonema* e *Viscosia* não variaram entre tratamentos nem entre locais.

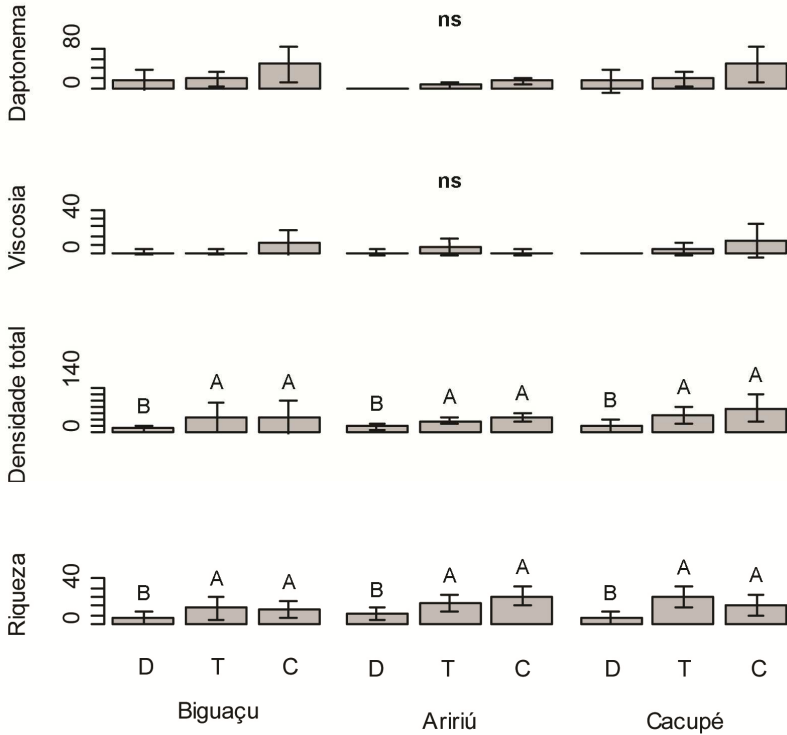


Figura 6: Médias e desvios padrão dos dados de densidade total (indivíduos/10 cm²), densidade dos táxons selecionados e da riqueza de gêneros da meiofauna nos tratamentos experimentais e locais. D: tubos com *Diopatra*; T: tubo sem *Diopatra*. Resultados dos testes *post hoc*: ns indica diferenças não significativas; Letras maiúsculas indicam diferenças entre tratamentos; letras iguais indicam tratamentos similares.

Ocorreram 49 táxons macrofaunais, distribuídos entre Polychaeta (66%), Oligochaeta (10%), Crustacea (4%) e outros (20%) (Apêndice B). A densidade total da macrofauna variou significativamente entre tratamentos (Tab. 2; Fig. 7), com densidades mais elevadas nos tratamentos tubo com *Diopatra* do que no controle, não havendo diferenças entre o tratamento tubo sem *Diopatra* e os demais. A riqueza de espécies e as densidades dos táxons selecionados *Polydora*, Corophidae, Caprellidae e *Sphenia antillensis* mostraram interação significativa entre tratamentos e locais, com valores mais elevados no tratamento tubo com *Diopatra* em Aririú. Adicionalmente, a riqueza de espécies e a densidade de Corophidae, em Aririú, e a densidade de *Polydora*, em Biguaçu, não variaram significativamente entre os tratamentos tubo com *Diopatra* e tubo sem *Diopatra*. O Polychaeta *Brania* também mostrou interação significativa, porém as densidades foram maiores no controle do que nos tratamentos tubo com e sem *Diopatra*, em Biguaçu. Nenhuma das variáveis com interação significativa mostrou qualquer diferença entre tratamentos em Cacupé. Por outro lado, as densidades de *Capitella* variaram significativamente entre tratamentos, independente dos locais, com maiores valores nos tratamentos tubo com e sem *Diopatra* do que no controle. As densidades dos táxons Oligochaeta, *Paraprionospio* e *Mediomastus* não responderam aos tratamentos, mostrando diferenças apenas entre locais ou não apresentando diferenças significativas.

Tabela 2: Resultados da ANOVA bifatorial para as variáveis da meiofauna e da macrofauna nos tratamentos experimentais e locais.

Fontes de Variação	Tratamentos	Locais	Interação
MEIOFAUNA			
<i>Daptonema</i>	F=5.6137 p=0.06900	F=3.0661 p=0.05894	F=0.9302 p=0.45735
<i>Viscosia</i>	F=2.0314 p=0.2461	F=0.2453 p=0.7837	F=1.9099 p=0.1299
<i>Theristus</i>	F=4.7804 P=0.0870	F=0.9342 P=0.4022	F=0.4158 P=0.7961
Abundância	F=18.0367 p=0.00996*	F=1.2467 p=0.299564	F=0.3502 p=0.842132
Riqueza	F=13.7298 p=0.01617*	F=2.8807 p=0.06910	F=0.8518 p=0.50198
MACROFAUNA			
Oligochaeta	F=0.0448 p=0.9566	F=12.3067 p=8.457e-05*	F=0.7905 p=0.5391
<i>Capitella</i>	F=8.6358 p=0.035*	F=4.0572 p=0.02576*	F=0.2032 p=0.93498
<i>Mediomastus californiensis</i>	F=1.8094 p=0.27565	F=2.5824 P=0.08953	F=2.3139 p=0.07616
<i>Brania</i>	F=0.1816 p=0.840413	F=1.8850 p=0.166511	F=4.1522 P=0.007233*
<i>Paraprionospio</i>	F=1.0689 p=0.4247	F=18.7315 p= 2.656e-06*	F=1.1889 p=0.3323
<i>Polydora</i>	F=8.4309 p=0.036764*	F=12.1476 p=9.297e-05*	F=4.5252 p=0.004595*
<i>Sphenia antillensis</i>	F=2.9509 p=0.1631893	F=9.9923 p=0.000353*	F=3.5587 p=0.0151611*
Caprellidae	F=1.2986 p= 0.3676	F=30.6440 p=1.692e-08*	F=8.8175 p=4.541e-05*
Corophidae	F=1.0156 p=0.439861	F=6.6262 p=0.003546*	F=3.0080 p=0.030686*
Abundância	F=7.8757 p= 0.04101*	F=22.2463 p= 5.127e-07*	F= 2.5124 p= 0.05863
Riqueza	F=3.4884 p=0.13279	F=35.1732 p=3.408e-09*	F=3.6257 p=0.01393*

* Indica resultados significativos (*p<0.05)

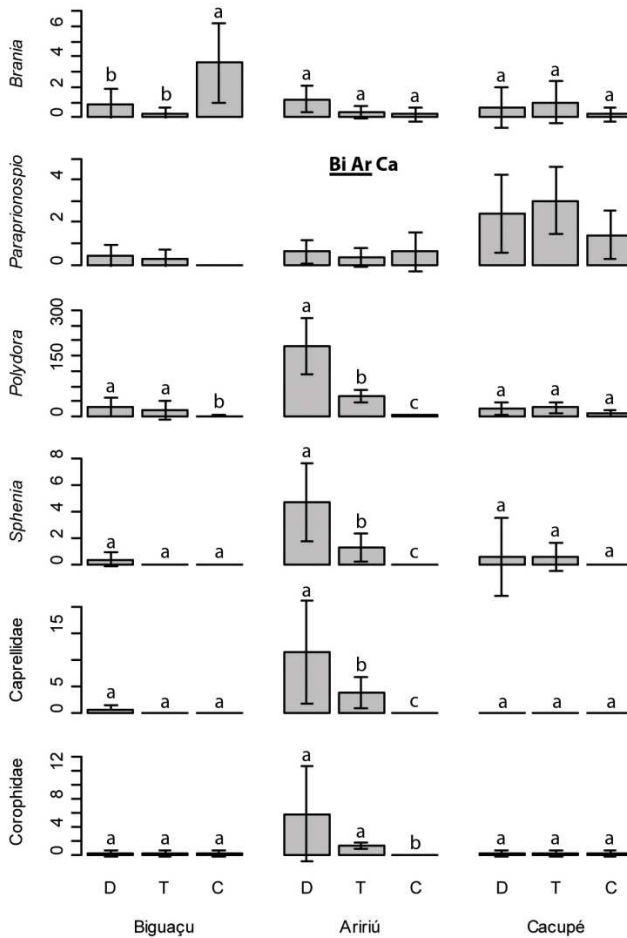


Figura 7: Médias e desvios padrão dos dados de densidade total (indivíduos/12,56cm²) densidade dos táxons selecionados e riqueza dos táxons da macrofauna dos tratamentos nas três áreas experimentais. D: tubos com *Diopatra*; T: tubo sem *Diopatra*; C: controle. Resultados dos testes *pos-hoc*: ns indica diferenças não significativas; Bi: Biguaçu; Ar: Aririú; Ca: Cacupé. A barra abaixo das letras representa similaridade entre locais. Letras maiúsculas indicam diferenças entre tratamentos. Minúsculas, interação significativa. Caracteres iguais indicam médias similares.

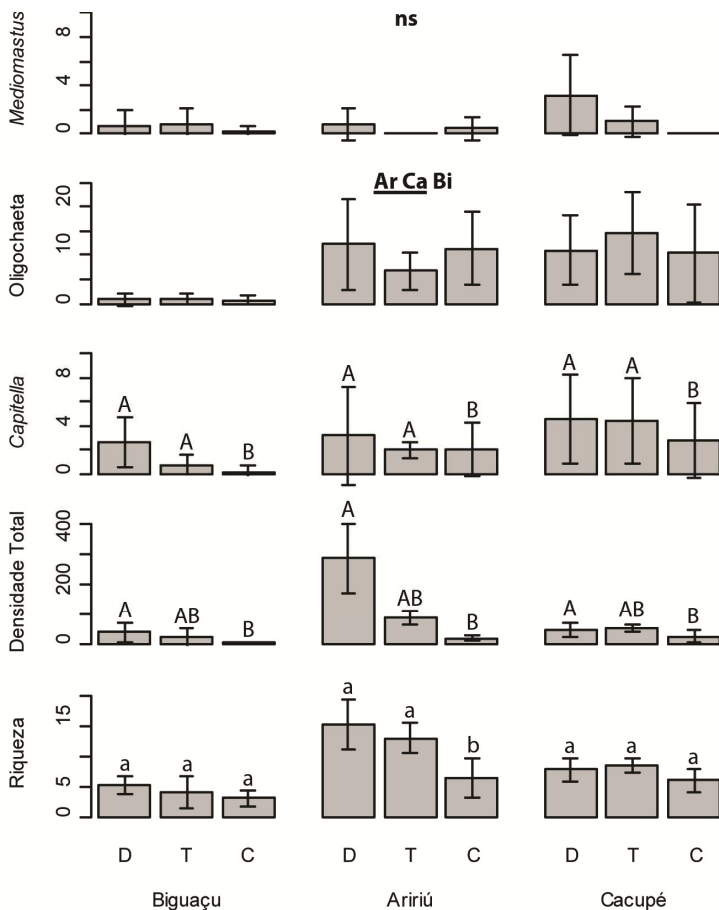


Figura 7 (continuação): Médias e desvios padrão dos dados de densidade total (indivíduos/12,56cm²) densidade dos táxons selecionados e riqueza dos táxons da macrofauna dos tratamentos nas três áreas experimentais. D: tubos com *Diopatra*; T: tubo sem *Diopatra*; C: controle. Resultados dos testes *pos-hoc*: ns indica diferenças não significativas; Bi: Biguaçu; Ar: Aririú; Ca: Cacupé. A barra abaixo das letras representa similaridade entre locais. Letras maiúsculas indicam diferenças entre tratamentos. Minúsculas, interação significativa. Caracteres iguais indicam médias similares.

3.3 FLUXOS

A eficácia do aparato experimental foi confirmada pelas diferenças significativas nas concentrações de oxigênio dissolvido e pH entre a água incubada nas câmaras e a água externa de cada local no final do experimento para todos os tratamentos em Biguaçu e Aririú (Tab. 1). Em Cacupé o aparato não mostrou efeito, uma vez que as características da água no interior não diferiram daquelas do exterior das câmaras. Como consequência, não houve diferenças em quaisquer dos fluxos analisados entre os tratamentos experimentais em Cacupé.

Os fluxos entre a coluna de água e sedimentos variaram em função do soluto analisado (Tab. 5; Fig. 8). Os fluxos de fosfato foram semelhantes entre tratamentos e locais. Ao contrário, os fluxos de oxigênio dissolvido, N-amoniacal e nitrato apresentaram interação significativa entre tratamentos e locais. Em geral, houve consumo de oxigênio dissolvido pelos sedimentos, sendo menor no tratamento tubo com *Diopatra* do que nos tratamentos tubo sem *Diopatra* e controle, em Biguaçu. Em Aririú não ocorreram diferenças significativas nos fluxos de oxigênio dissolvido entre tratamentos, entretanto foram observados efluxos em tratamentos tubo sem *Diopatra* e com *Diopatra*. O N-amoniacal mostrou efluxo do sedimento para coluna d'água significativamente maior no tratamento tubo sem *Diopatra*, em Biguaçu. Apresentou ainda efluxo no tratamento tubo com *Diopatra* e influxo nos tratamentos tubo sem *Diopatra* e controle, em Aririú. Houve influxo de nitrato maior no tratamento tubo sem *Diopatra* do que nos tratamentos tubo com *Diopatra* e controle, em Biguaçu. Em Aririú, observou-se efluxo de nitrato no tratamento tubo sem *Diopatra*, sendo diferente do influxo que ocorreu no controle. Neste local, o tratamento tubo com *Diopatra* não diferiu dos demais.

Tabela 3: Resultados dos Testes-t entre concentrações de oxigênio dissolvido e pH na água externa e interna às câmaras nos diferentes tratamentos e locais.

	Oxigênio	pH
Biguacu		
Tubo com <i>Diopatra</i>	t = -3.1803 df = 5.294 p = 0.02266*	t = -1.6029 df = 9.004 p = 0.143
Tubo sem <i>Diopatra</i>	t = -5.9673 df = 5.954 p = 0.001020*	t = -2.8524 df = 5.948 p = 0.02937*
Controle	t = -7.8567 df = 7.02 p = 0.0001008*	t = -2.6828 df = 6.577 p = 0.03332*
Aririú		
Tubo com <i>Diopatra</i>	t = -19.9421 df = 9.393 p = 5.257e-09*	t = -6.0925 df = 5.935 p = 0.0009269*
Tubo sem <i>Diopatra</i>	t = -5.442 df = 5.714 p = 0.001871*	t = -19.6815 df = 9.588 p = 4.49e-09*
Controle	t = -19.87 df = 9.575 p = 4.185e-09*	t = -16.9231 df = 9.744 p = 1.508e-08*
Cacupé		
Tubo com <i>Diopatra</i>	t = -1.9606 df = 6.015 p = 0.0975	t = -1.3963 df = 9.467 p = 0.1945
Tubo sem <i>Diopatra</i>	t = -2.8339 df = 9.559 p = 0.01850*	t = -1.0968 df = 9.744 p = 0.2991
Controle	t = -2.8472 df = 6.385 p = 0.02736	t = -1.6778 df = 8.574 p = 0.1294

*indicam valores significativos ($p < 0,05$); ns: resultados não significativos.

Tabela 4: Resultados da ANOVA bifatorial para os fluxos de oxigênio dissolvido e nutrientes. Locais: Biguaçu, Aririú e Cacupé. Tratamentos: tubo com *Diopatra*, tubo sem *Diopatra*; C: controle.

Fontes de Variação	Tratamentos	Locais	Interação
Oxigênio dissolvido	F=0.3589 p=0.7358745	F=20.5643 p=0.0002566*	F=5.7513 p=0.0117140*
Fosfato	F=0.1269 p=0.88738	F=3.3121 p=0.08545	F=0.1946 p=0.82485
N-amoniacal	F=0.6737 P=0.597492	F=10.0415 p=0.005314 *	F=4.4206 p=0.027431 *
Nitrato	F=0.4081 p=0.710177	F=25.6422 p=8.088e-05*	F=7.6463 p=0.003947*

* Indica resultados significativos (*p<0.05)

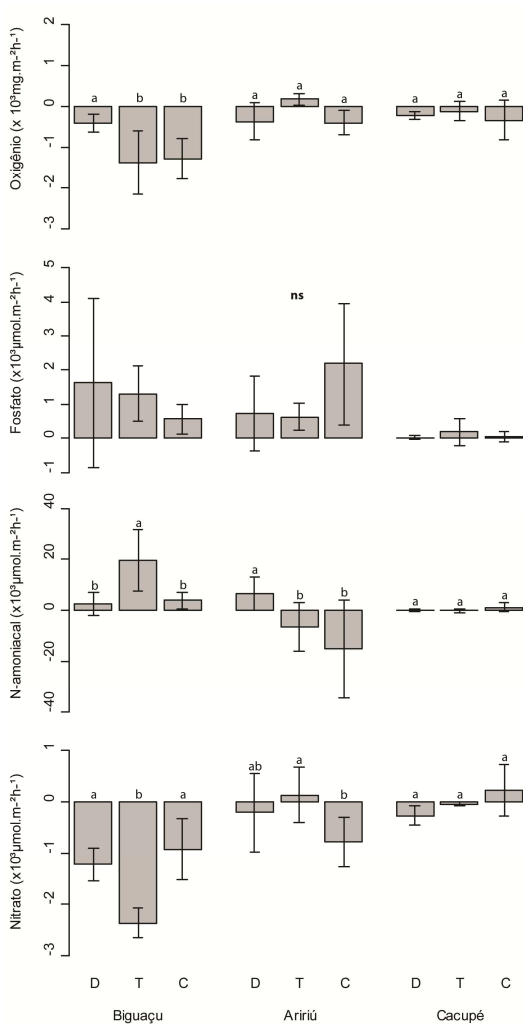


Figura 8: Médias e desvios padrão dos fluxos de nutrientes e oxigênio entre sedimento e coluna de água, no interior das câmaras dos tratamentos nas três áreas experimentais. D: tubos com *Diopatra*; T: tubo sem *Diopatra*; C: controle. Resultados dos testes *post-hoc*: ns indica diferenças não significativas; Letras maiúsculas, diferenças entre tratamentos. Caracteres iguais indicam médias similares.

4 DISCUSSÃO

A variabilidade das respostas da fauna e dos fluxos à presença ou ausência de *Diopatra* e seu tubo dependeu fortemente das características de cada local estudado. Uma avaliação histórica de estudos realizados com *Diopatra* (Tab. 5) mostra variações dependentes da densidade de indivíduos, dos locais avaliados, do tempo para as respostas e das características do sedimento, além de outros atributos como alterações na presença de algas nos tubos e idade dos organismos. Estruturalmente, em relação a esses trabalhos sumarizados, foram detectadas mais relações positivas do que negativas para a meiofauna e a macrofauna quando da presença do poliqueta e seu tubo. Enquanto as respostas da meiofauna estão relacionadas mais comumente aos organismos que colonizam a superfície dos tubos, para a macrofauna os indivíduos infaunais são os que sofrem maiores efeitos. Em geral, pouca atenção tem sido dispensada para a influência das variações espaciais no papel estruturador e funcional deste engenheiro de ecossistema. Funcionalmente, apesar de investigações detectarem alterações nas taxas de nitrificação, mostram uma baixa permeabilidade da parede dos tubos de *Diopatra*, não havendo efeitos evidentes nas adjacências do tubo, seja em processos de advecção da água intersticial ou na na biogeoquímica dos sedimentos.

Tabela 5: Revisão de estudos com *Diopatra* indicando a dependência dos seus efeitos estruturadores sobre a macrofauna e a meiofauna, sinais biogeoquímicos e influências funcionais, considerando atributos relacionados aos agregados de *Diopatra*, características do hábitat benthico e variações espaciais e temporais.

Funcionamento		Estrutura	Outros	Sedimento	Tempo	Local	Nº. de tubos	Referência
Sinal		Macrofauna	Meiofauna					
Biogeoquímico								
---	Bioirrigação (+)	---	---	---	---	---	---	Mangum et al. (1968)
---	Inf (+)	---	---	---	D (sazonal)	---	D (0, 1, 6)	Woodin (1978)
---	Inf (+)	---	---	---	ND (sazonal)	---	D (0, 1, 6)	Woodin (1981)
---	Epi (+)	Epi (+)	D (Algas); ND (Conchas)	---	---	---	ND (1, 4)	Bell & Coen (1982a)
---	Epi (+)	Epi (+)	---	---	D (dias)	---	---	Bell & Coen (1982b)

Epi: epifauna; Inf.: infauna; “D” e “ND” indicam se a resposta observada na fauna ou no funcionamento é dependente ou não dependente do atributo analisado; valores entre () qualificam ou quantificam o atributo (+): efeito positivo; (-) efeito negativo; (0) sem efeito.

Tabela 5 (continuação): Revisão de estudos com Diopatra indicando a dependência dos seus efeitos estruturadores sobre a macrofauna e a meiofauna, sinais biogeoquímicos e influências funcionais, considerando atributos relacionados aos agregados de Diopatra, características do hábitat benthico e variações espaciais e temporais.

Funcionamento		Estrutura	Outros	Sedimento	Tempo	Local	N.º de tubos	Referência
Sinal Biogeoquímico		Macrofauna	Meiofauna					
---	Inf (+); Epi (+)	---	---	---	D (horas e dias)	---	---	Bell & Devlin (1983)
Permeabilidade do sedimento	---	---	D (carga de CaCO_3)	---	---	---	---	Aller (1983)
---	Inf (+)	Inf (0)	D (Idade)	---	---	---	D (0, 1, 3, 6)	Bell & Woodin (1984)
---	Inf (-)	Inf (0)	D (Idade)	---	D (dias)	---	D (<3 e >25)	Luckenbach (1984)
---	---	Epi (+)	D (Conchas; tamanho de tubos)	---	D (dias)	D (2)	---	Bell (1985)

Epi: epifauna; Inf.: infauna; "D" e "ND" indicam se a resposta observada na fauna ou no funcionamento é dependente ou não dependente do atributo analisado; valores entre () qualificam ou quantificam o atributo (+): efeito positivo; (-) efeito negativo; (0) sem efeito.

Tabela 5 (continuação): Revisão de estudos com *Diopatra* indicando a dependência dos seus efeitos estruturadores sobre a macrofauna e a meiofauna, sinais biogeoquímicos e influências funcionais, considerando atributos relacionados aos agregados de *Diopatra*, características do hábitat benthico e variações espaciais e temporais.

Funcionamento	Estrutura	Outros	Sedimento	Tempo	Local	Nº.de	Referência
Sinal	Macrofauna	Meiofauna					
	Inf (+)	---	D	---	---	D (0, 8)	Luckenbach (1986)
---	Inf (0)	---	---	ND (mensal)	ND (2)	ND (0, 1, 4)	Ban & Nelson (1987)
---	Inf (-)	---	D (densidade fauna associada aos tubos)	---	---	D (0, 1, 2, 4)	Luckenbach (1987)
Potencial de nitrificação (+)	---	---	D ($[NH_4^+]$ no sedimento; bioirrigação)	---	---	---	Mayer et al. (1995)
---	Inf (+)	---	---	---	---	D (0, >1)	Ambrose & Anderson (1990)

Epi: epifauna; Inf.: infauna; “D” e “ND” indicam se a resposta observada na fauna ou no funcionamento é dependente ou não dependente do atributo analisado; valores entre () qualificam ou quantificam o atributo (+): efeito positivo; (-) efeito negativo; (0) sem efeito.

Tabela 5 (continuação): Revisão de estudos com Diopatra indicando a dependência dos seus efeitos estruturadores sobre a macrofauna e a meiofauna, sinais biogeoquímicos e influências funcionais, considerando atributos relacionados aos agregados de Diopatra, características do hábitat bêntico e variações espaciais e temporais.

Funcionamento	Estrutura		Outros	Sedimento	Tempo	Local	N° de tubos	Referência
	Macrofauna	Meiofauna						
---	---	Inf. (+); Epi (+)	---	D	D (dias)	---	---	Guilherme (1999)
(-)	---	---	D (carga de íons; tamanho de moléculas)	---	---	---	---	Hannides et al. (2005)
---	Epi (+)	---	---	---	---	D (3)	(0, >1)	Thomsen et al., (2009)
Permeabilidade da parede do tubo (0).	---	---	---	---	---	ND	ND (>1)	Waldbusser & Marinelli (2009)
Fluxo vertical via sedimento adjacente (0)	---	---	---	---	---	ND (2)	---	---

Epi: epifauna; Inf.: infauna; “D” e “ND” indicam se a resposta observada na fauna ou no funcionamento é dependente ou não dependente do atributo analisado; valores entre () qualificam ou quantificam o atributo (+): efeito positivo; (-) efeito negativo; (0) sem efeito.

Tabela 5 (continuação): Revisão de estudos com *Diopatra* indicando a dependência dos seus efeitos estruturadores sobre a macrofauna e a meiofauna, sinais biogeoquímicos e influências funcionais, considerando atributos relacionados aos agregados de *Diopatra*, características do hábitat bêntico e variações espaciais e temporais.

Funcionamento	Estrutura		Outros	Sedimento	Tempo	Local	N° de tubos	Referência
	Macrofauna	Meiofauna						
Permeabilidade da parede do tubo (0)	---	---	---	D	---	---	---	Berke et al. (2010)
Fluxo vertical;	Epi (+)		D (algas)	---	---	ND (3)	D (0, >1)	Thomsen et al. (2010)
Oxigênio (+); solutos nitrogenados (+); Fósforo (0)	Epi (+); Inf (+)	Inf (-)	D (presença <i>Diopatra</i> ,)	ND	---	D (3)	D (0, 1)	Este estudo

Epi: epifauna; Inf.: infauna; “D” e “ND” indicam se a resposta observada na fauna ou no funcionamento é dependente ou não dependente do atributo analisado; valores entre () qualificam ou quantificam o atributo (+): efeito positivo; (-) efeito negativo; (0) sem efeito.

No presente estudo, não foram detectados efeitos da presença de tubos isolados de *Diopatra* sobre as características do sedimento de entorno, a despeito das diferenças encontradas entre os locais. Ao mesmo tempo, as densidades totais das comunidades da meiofauna e da macrofauna associadas aos tubos com *Diopatra* foram distintas daquelas encontradas no controle, independente da homogeneidade nas características do sedimento. Por outro lado, atributos relacionados a tamanhos dos tubos, presença de algas e quantidade de fragmentos de conchas aderidas a eles podem ter sido determinantes na variabilidade espacial de respostas dos táxons e também riqueza macrofaunais. A maior complexidade dos tubos seria responsável pela geração de microambientes disponíveis para a fauna (Bell, 1985; Haanes & Guliksen, 2010). Enquanto a aderência de algas, adicionalmente, atenuaria grandes variações de parâmetros físicos comuns no entremarés favorecendo condições mais estáveis (Bell & Coen, 1982a; Thomsen et al., 2010).

Em geral, os táxons da macrofauna que apresentaram densidades mais elevadas na presença de *Diopatra* são organismos detritívoro-suspensívoros, cujo modo de alimentação poderia ser estimulado por mudanças nos fluxos de água (Taghon et al., 1980; Graf & Rosenberg, 1997). *D. cuprea* bombeia grande volume de água por unidade de tempo para dentro e fora de seu tubo, com altas taxas de irrigação estimadas (Mangum et al., 1968; Mayer et al., 1995). Considerando que o estímulo à alimentação por suspensão é mais dependente da quantidade de partículas em suspensão do que da velocidade da corrente (Taghon et al., 1980), é possível que essa resposta tenha sido restrita à Aririú, pelo maior conteúdo orgânico deste local que poderia ser suspenso pelas atividades de bioirrigação (Graf & Rosenberg, 1997).

Ao contrário do observado para a maioria dos táxons macrofaunais, os dados de densidade e riqueza da meiofauna não evidenciaram relação com tubos e, mais do que isso, os números dessas variáveis declinaram com a presença de *Diopatra*. A bioturbação pode ocasionar a migração vertical de indivíduos meiofaunais (Pinto & Bemvenuti, 2003; Giere, 2009). Adicionalmente, *Diopatra* forrageia na superfície do tubo e no sedimento imediatamente adjacente a ele (Mangum et al., 1968). Como Nematoda é um item encontrado no conteúdo estomacal desse poliqueta (Sanders et al., 1962; Mangum et al., 1968), a ingestão poderia promover a diminuição destes organismos.

Por outro lado, a macrofauna associada aos tubos de *Diopatra* também pode ocasionar declínio da meiofauna (Luckenbach, 1987; Ólafsson, 2003). Entretanto, no experimento não houve evidência direta de efeitos da macrofauna sobre a meiofauna. Portanto o resultado observado poderia ser proveniente apenas ingestão e bioturbação exercida por *Diopatra*, ou ainda, da sinergia da atividade desse organismo e da macrofauna associada. As densidades meiofaunais encontradas nesse estudo foram muito baixas. O tamanho de amostrador utilizado é uma possível explicação para isso. Entretanto, as respostas encontradas entre tratamentos foi consistente e, esses baixos números, portanto não inviabiliza a comparação entre eles.

A presença de *Diopatra* e da macrofauna associada aos tubos, embora de forma variável, influenciaram os fluxos dos compostos nitrogenados e do oxigênio na interface sedimento-água. Os resultados encontrados para os fluxos de oxigênio dissolvido sugerem que há produção dentro das câmaras contendo tubos de *Diopatra*. A produção de oxigênio, quando não há síntese pelos produtores primários, é possível como produto do metabolismo de bactérias que favorecem a oxidação do peróxido de hidrogênio, que pode ser gerado por diversas vias, como a decomposição da matéria orgânica (Pamatmat, 1997). Entre os raros estudos que abordam comunidades bacterianas em tubos de *Diopatra*, verificou-se que essas estruturas servem como substrato para um elevado número de células ativas (Phillips & Lovell, 1999), principalmente aeróbicas (Mayer et al., 1995; Matsui et al., 2004). É possível, portanto, que o microambiente no interior dos tubos gerados pela bioirrigação de *Diopatra* possa também favorecer a atividade de bactérias envolvidas na degradação do peróxido de hidrogênio. Além disso, a interrupção da bioirrigação por 1,5 h no tratamento tubo sem *Diopatra* provavelmente não determinaria a exclusão imediata dos microrganismos e seus produtos. Os fluxos de N-amoniacoal e de nitrato variaram entre os tratamentos e as áreas amostradas. A entrada de nitrato no sedimento e a liberação de N-amoniacoal na coluna de água, em Biguaçu, sugerem a ocorrência de amonificação, redução de nitrato e desnitrificação (Bonin et al., 1998; Zehr & Ward, 2002). Considerando a presença do *Diopatra* e da sua fauna associada, pode-se esperar um maior efluxo de N-amoniacoal como resultado da amonificação. Contudo, o balanço entre os fluxos de nitrato e de N-amoniacoal nos tratamento tubos com *Diopatra* pode indicar a desnitrificação, relacionada a presença de bactérias anaeróbicas oxidantes de N-amoniacoal. Essas

bactérias são capazes de converter amônia e nitrito a nitrogênio atmosférico e dependem de interfaces limite entre condições óxicas/anóxicas encontradas em seus biofilmes (Schmidt et al., 2002; Zehr & Ward, 2002; Kuypers et al., 2003). Tais organismos denitrificantes exibem relações de dependência com bactérias nitrificantes (Kindaichi et al., 2004; Laverock et al., 2010 e 2011), as quais consomem o oxigênio produzido pela bioirrigação até a anoxia, condição necessárias para o seu estabelecimento. Por outro lado, com a oclusão dos tubos de *Diopatra*, a amonificação e a redução do nitrato parecem ser favorecidas. Apesar de ocorrer maior teor de matéria orgânica e maior densidade faunal em Aririú, observou-se menor efluxo de N-amoniacal e maior efluxo de nitrato quando comparado aos valores encontrados em Biguaçu. Ressalta-se que somente em Aririú verificou-se efluxo de oxigênio, o que ocorreu nos tratamentos com tubos, independentes se com *Diopatra* ou não. Este oxigênio pode estar sendo utilizado pela comunidade bacteriana para nitrificar as formas reduzidas de N e favorecer os efluxos de nitrato. No interior dos tubos de *Diopatra*, o estímulo à nitrificação pode ser decorrente tanto do substrato fornecido para as bactérias como das frequentes atividades de bioirrigação do tubícola (Myers, 1995).

Em comunidades naturais, as contribuições individuais de espécies da fauna bêntica ao funcionamento do ecossistema são sujeitas a muitas variáveis (Biles et al., 2003). Ainda assim, apesar da não-linearidade das respostas encontradas nesse estudo, foi possível detectar influências tanto da presença de *Diopatra* quanto da fauna associada nos fluxos de oxigênio e nutrientes nitrogenados.

5 REFERÊNCIAS

- ALLER, R.C. (1983) The Importance of the Diffusive Permeability of Animal Burrow Linings in determining marine sediment chemistry. *Journal of Marine Research*. 41: 299-322.
- AMARAL, A.C.Z.; AMARAL E.H.M.; LEITE F.P.P.; GIANUCA N.M. (2002). Diagnóstico sobre praias arenosas. Disponível em:<http://www.bdt.fat.org.br/workshop/costa/praias/> (consultado em 17/04/2009)
- AMARAL, A.C.Z.; NALLIN, S.A.H.; STEINER, T.M. (2006). *Catálogo das espécies de Annelida Polychaeta do Brasil*. Disponível em:
http://www.ib.unicamp.br/destaques/biota/bentos_marinho/prod_cient/texto_poli.pdf (consultado em 17/04/2009)
- AMBROSE, R. E.; ANDERSON, T.W. (1990) Influence of an artificial reef on the surrounding infaunal community. *Marine Biology*. 107: 41-52.
- BAN, S. M.; NELSON, W. G. (1987) Role of *Diopatra cuprea* Bosc (Polychaeta: Onuphidae) tubes in structuring a subtropical infaunal community. *Bulletin of Marine Science*. 40(1): 11-21.
- BELL, S. S. (1985) Habitat complexity of polychaete tube-caps: Influence of architecture on dynamics of meioepibenthic assemblage. *Journal of Marine Research*. 43, 647-671.
- BELL, S. S.; COEN, L. D. (1982a) Investigations on epibenthic meiofauna. II. Influence of microhabitat and macroalgae on abundance of small invertebrates of *Diopatra cuprea* tube-caps in Virginia. *Journal of Experimental Marine Ecology*. 61: 175-188.
- BELL, S. S.; COEN, L. D. (1982b) Investigations on epibenthic meiofauna. I. Abundances on and repopulation of the tube caps of *Diopatra cuprea* (Polychaeta: Onuphidae). *Marine Biology*. 67: 303-309.
- BELL, S. (1985) Habitat complexity of polychaete tube-caps: Influence of architecture on dynamics of a meioepibenthic assemblage. *Journal of Marine Research*. 43: 647-671.
- BELL, S. S.; DEVLIN, D. J. (1983) Short-term macrofaunal recolonization of sediment and epibenthic habitats in Tampa Bay Florida. *Bulletin of Marine Science*. 33(1): 102-108.

- BELL, S. S.; WOODIN, S. A. (1984) Community unity: Experimental evidence for meiofauna and macrofauna. *Journal of Marine Research*. 42: 605-632.
- BERKE, S. K.; MAHON, A. R.; F. LIMA, P.; HALANYCH, K. M.; WETHEY, D. S.; WOODIN, S. A. (2010) Range shifts and species diversity in marine ecosystem engineers: patterns and predictions for European sedimentary habitats. *Global Ecology and Biogeography*. 19: 223–232.
- BERKE, S. K. (2010) Functional Groups of Ecosystem Engineers: A Proposed Classification with Comments on Current Issues. *Integrative and Comparative Biology*. 50(2): 147–157.
- BILES, C. L. SOLAN, M.; ISAKSSON, I.; PATERSON, D. M.; EMES, C.; RAFFAELLI, G. (2003) Flow modifies the effect of biodiversity on ecosystem functioning: an in situ study of estuarine sediments. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*. 285–286.
- BREITBURG, D. L.; CRUMP, B. C.; DABIRI, J. O.; GALLEGOS, C. L. (2010) Ecosystem engineers in the pelagic realm: Alteration of habitat by species ranging from microbes to jellyfish. *Integrative and Comparative Biology*. 50(2): 188–200.
- CALLAWAY, R. (2006) Tube worms promote community change. *Marine Ecology Progress Series*. 308: 49–60.
- CALLAWAY, R.; DESROY, N.; DUBOIS, S. F.; FOURNIER, J.; FROST, M.; GODET, L.; HENDRICK, V. J.; RABAUT, M. (2010) Ephemeral Bio-engineers or Reef-building Polychaetes: How Stable are Aggregations of the Tube Worm *Lanice conchilega* (Pallas, 1766) *Integrative and Comparative Biology*. 50(2): 237–250.
- CARMOUZE, J.P. (1994) O metabolismo dos ecossistemas aquáticos: fundamentos teóricos, métodos de estudo e análises químicas. Edgard-Blücher, FAPESP. São Paulo. 254p.
- COVICH, A. P.; AUSTEN, M. C.; BÄRLOCHER, F.; CHAUVET, E.; CARDINALE, B. J.; BILES, C. L.; INCHAUSTI, P.; DANGLES, O.; SOLAN, M.; GESSNER, M. O.; STATZNER, B.; MOSS, B. (2004) The Role of Biodiversity in the Functioning of Freshwater and Marine Benthic Ecosystems. *BioScience*. 54(8):767-775.
- DUPORT, E.; STORA, G.; TREMBLAY, P.; GILBERT, F. (2006) Effects of population density on the sediment mixing induced by the gallery-diffuser *Hediste (Nereis) diversicolor* O.F. Müller, 1776. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*. 336: 33–41.

- GRAF, G.; ROSENBERG (1997) Bioresuspension and biodeposition: a review. *Journal of Marine Systems*. 11: 269-278.
- GIERE, O. (2009) *Meiobenthology: The microscopic motile fauna of Aquatic Sediments*. Springer. Nahant. 527p.
- GILBERT, F.; HULTH, S.; GROSSI, V.; POGGIALE, J. C.; DESROSIERS, G.; ROSENBERG, R.; GÉRINO, M.; FRANÇOIS-CARCAILLET, F.; MICHAUD, E.; STORA, G. (2007) Sediment reworking by marine benthic species from the Gullmar Fjord (Western Sweden): Importance of faunal biovolume. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*. 348: 133–144.
- GROSS, M. D. (1971) Carbon determination. In: CARVER, R. E. (ed.) *Procedures in sedimentary petrology*.
- GRASSHOFF, K.; EHRHARDT, M.; KREMLING, K. (1983) *Methods of seawater analysis*. 2ed. Verlag Chemie. Weinheim. 419p.
- GUILHERME, B. C. (1999) Efeito dos tubos de *Diopatra cuprea* sobre a distribuição espacial da meiofauna. Dissertação de Mestrado. Recife. 60p.
- HAANES, H.; GULLIKSEN, B. (2011) A high local species richness and biodiversity within high-latitude calcareous aggregates of tube-building polychaetes. *Biodiversity and Conservation*. 1-14.
- HANNIDES, A. K.; DUNN, S. M.; ALLER, R. C. (2005) Diffusion of organic and inorganic solutes through macrofaunal mucus secretions and tube linings in marine sediments. *Journal of Marine Research*. 63: 957–981.
- HARWELL; ORTH, R.J. (2001) Influence of a tube-dwelling polychaete on the dispersal of fragmented reproductive shoots of eelgrass. *Aquatic Botany*. 70: 1–7.
- HEIMAN, K. W.; MICHELI, F. (2010) Non-native Ecosystem Engineer Alters Estuarine Communities. *Integrative and Comparative Biology*. 50 (2): 226–236.
- IENO, E. N.; SOLAN, M.; BATTY, P.; PIERCE, G. J. (2006) How biodiversity affects ecosystem functioning: roles of infaunal species richness, identity and density in the marine benthos. *Marine Ecology Progress Series*. 311: 263–271.
- KINDAICHI, T; SUKASA ITO, T; OKABE, S. (2004) Ecophysiological interaction between Nitrifying Bacteria and Heterotrophic Bacteria in autotrophic nitrifying biofilms as determined by microautoradiography-fluorescence in situ hybridization. *70 (3)*: 1641–1650.

- KUYPERS, M. M. M.; SLIEKERS, A. O.; LAVIK, G.; SCHMID, M.; JØRGENSEN, B. B.; KUENEN, J. G.; DAMSTE, J. S. S.; STROUS, M.; JETTEN, M. S. M. (2003) Anaerobic ammonium oxidation by anammox bacteria in the Black Sea. *Nature*. 422: 608-611.
- LAVEROCK, B.; TAIT, K.; GILBERT, J. A.; OSBORN, A. M.; WIDDICOMBE, S.; (2011) Bioturbation: impact on the marine nitrogen cycle. *Biochemical Society Transactions*. 39(1): 315-320.
- LAVEROCK, B.; SMITH, C. J.; TAIT, K.; OSBORN, A. M.; WIDDICOMBE, S.; GILBERT, J. A. (2010) Bioturbating shrimp alter the structure and diversity of bacterial communities in coastal marine sediments. *The ISME Journal*, 4: 1531–1544.
- LOHRER, A. M.; THRUSH, S. F.; GIBSS, M.M., 2004. Bioturbators enhance ecosystem function through complex biogeochemical interactions. *Nature*. 431: 1092–1095.
- LUCKENBACH, M. W. (1984) Settlement and early post-settlement survival in the recruitment of *Mulinia lateralis* (Bivalvia). *Marine Ecology Progress Series*. 17: 245-250.
- LUCKENBACH, M. W. (1986) Sediment stability around animal tubes: The roles of hydrodynamic processes and biotic activity. *Limnol. Oceanogr.* 31(4): 719-787.
- LUCKENBACH, M.H. (1987) Effects of adult infauna on new recruits: implications for the role of biogenic refuge. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 105: 37-45.
- MANGUM, C.P.; SANTOS, S.L.; RHODES, W.R. (1968) Distribution and Feeding in the onuphid polychaete, *Diopatra cuprea* (BOSC). *Marine Biology*. 2: 33-40.
- MARINNELLI, R.L.; WILLIAMS, T.J. (2003) Evidence for density dependent effects of infauna on sediment biogeochemistry and benthic–pelagic coupling in nearshore systems. *Estuarine and Coastal Shelf Science*. 57:179–192.
- MATSUI, G. Y.; RINGELBERG, D. B.; LOVELL, C. R. (2004) Sulfate-Reducing Bacteria in Tubes Constructed by the Marine Infaunal Polychaete *Diopatra cuprea*. *Applied and Environmental Microbiology* 70(12): 7053–7065.
- MAYER, M. S.; SCHAFFNER, L.; KEMP, W. M. (1995) Nitrification potentials of benthic macrofaunal tubes and burrow walls: effects of sediment NH₄⁺ and animal irrigation behavior. *Marine Ecology Progress Series*. 121: 157-169.

- MEYSMAN, F. J. R.; GALAKTIONOV, O. S.; GRIBSHOLT, B.; MIDDELBURG, J. J. (2006) Bioirrigation in permeable sediments: Advective pore-water transport induced by burrow ventilation. *Limnol. Oceanogr.* 51(1): 142–156.
- MICHAUD, E.; DESROSIERS, G.; MERMILLOD-BLODIN, F.; SUNDBY, B.; STORA, G. (2005) The functional group approach to bioturbation: The effects of biodiffusers and gallery-diffusers of the *Macoma balthica* community on sediment oxygen uptake. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology.* 326: 77– 88
- MYERS, A. C. (1972) Tube-Worm-Sediment Relationships of *Diopatra cuprea* (Polychaeta : Onuphidae). *Marine Biology* 17: 350-356.
- ÓLAFSSON, E. (2003) Do Macrofauna Structure Meiofauna Assemblages in Marine Soft-Bottoms? *Vie Milieu* 53(4): 249-265.
- PAMATMAT, M. M. (1997) Non-photosynthetic oxygen production and non-respiratory oxygen uptake in the dark: a theory of oxygen dynamics in plankton communities. *Marine Biology.* 129: 735-746.
- PAPASPYROU, S.; KRISTENSEN, E.; Christensen, B. (2007) *Arenicola marina* (Polychaeta) and organic matter mineralisation in sandy marine sediments: In situ and microcosm comparison. *Estuarine, Coastal and Shelf Science.* 72: 213-222.
- PAPASPYROU, S.; THESSALOU-LEGAKI, M.; KRISTENSEN, E. (2010) The influence of infaunal (*Nereis diversicolor*) abundance on degradation of organic matter in sandy sediments. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology.* 393: 148–157.
- PHILLIPS, T.M.;LOVELL, C.R. (1999) Distribution of total and active bacteria in biofilms lining tubes of the onuphid polychaete *Diopatra cuprea*. *Marine Ecology Progress Series.* 183: 169-178.
- PINTO, T. K.; BEMVENUTI, C. E. (2003) Effects of burrowing macrofauna on meiofauna community structure. *Acta Limnologica Brasiliensia.* 3: 41-51.
- PIOT, A.; ROCHON, A.; STORA, G.; DESROSIERS, G. (2008) Experimental study on the influence of bioturbation performed by *Nephtys caeca* (Fabricius) and *Nereis virens* (Sars) annelidae on the distribution of dinoflagellate cysts in the sediment. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology.* 359: 92–101.
- QUINTANA, C. O.; TANG, M; KRISTENSEN, E. (2007) Simultaneous study of particle reworking, irrigation transport and reaction rates in sediment bioturbated by the polychaetes

- Heteromastus* and *Marenzelleria*. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*. 352: 392–406.
- RAFFAELLI, D.; EMMERSON, M.; SOLAN, M.; BILES, C.; PATERSON, D. (2003) Biodiversity and ecosystem processes in shallow coastal waters: an experimental approach. *Journal of Sea Research*. 49: 133–141.
- SANDERS, H. L.; GOUDSMIT, E. M.; MILLS, E. L.; HAMPSOM, G. E. (1962) A Study of the Intertidal Fauna of Barnstable Harbor, Massachusetts. *Limnology and Oceanography*. 7(1): 63-79.
- SANDRINI-NETO, L. & CAMARGO, M.G. (2010). General ANOVA Design (GAD): Analysis of variance from general principles. Available on CRAN.
- SCHMIDT, I.; SLIEKERS, O.; SCHMID, M.; CIRPUS, I.; STROUS, M.; BOCK, E; KUENEN; JETTEN, M. S. M. (2002) Aerobic and anaerobic ammonia oxidizing bacteria- competitors or natural partners? *Microbiology Ecology*. 39: 175-181.
- SUGUIO, K. 1973. *Introdução à Sedimentologia*. São Paulo. 120 p.
- SOMERFIELD, P. J.; WARWICK, R.M. 1996. Meiofauna in marine pollution programmes. A laboratory manual. MAFF, Directorate of Fisheries Research, Lowestoft. United Kingdom. 71 p.
- TAGHON, G. L.; NOWELL, A. R. M.; JUMARS, P. A. (1980) Induction of Suspension Feeding in Spionid Polychaetes by High Particulate Fluxes. *Science*. 210: 562-564.
- THOMSEN, M. S. (2004) Species, thallus size and substrate determine macroalgal break force and break location in a low-energy soft-bottom lagoon. *Aquatic Botany*. 80: 153–161.
- THOMSEN, M. S.; MCGLATHERY, K. J. (2005) Facilitation of macroalgae by sedimentary tube forming polychaete *Diopatra cuprea*. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 62: 63–73.
- THOMSEN, M. S.; MCGLATHERY, K. J.; SCHWARZSCHILD, A.; SILLIMAN, B. R. (2009) Distribution and ecological role of the non-native macroalga *Gracilaria vermiculophylla* in Virginia salt marshes. *Biol. Invasions*. 11: 2303–2316.
- THOMSEN, M. S.; WERNBERG, T.; ALTIERI, A.; TUYA, F.; GULBRANSEN, D.; MCGLATHERY, K. J.; HOLMER, M.; SILLIMAN, B. R. (2010) Habitat Cascades: The Conceptual Context and Global Relevance of Facilitation Cascades via Habitat Formation and Modification. *Integrative and Comparative Biology*. 50(2): 158–175.

- WALDBUSSER, G. G.; MARINELLI, R. L. (2009) Evidence of infaunal effects on porewater advection and biogeochemistry in permeable sediments: A proposed infaunal functional group framework. *Journal of Marine Research*. 67: 503–532.
- WOODIN, S. A. (1978) Refuges, disturbance, and community structure: A marine soft-bottom example. *Ecology*. 59: 274–284.
- WOODIN, S. A. (1981) Disturbance, and community structure in a shallow water sand flat. *Ecology* 62 (4): 1052–1066.
- WOODIN, S. A.; WETHEY, D. S.; VOLKENBORN, N. (2010) Infaunal hydraulic ecosystem engineers: Cast of characters and impacts. *The Society for Integrative and Comparative Biology*. 50(2): 176–187.
- VAN HOEY, G.; GUILINI, K.; RABAUT, M.; VINCX, M.; DEGRAER, S. (2008) Ecological implications of the presence of the tube-building polychaete *Lanice conchilega* on soft-bottom benthic ecosystems. *Marine Biology*. 154:1009–1019.
- VOLKENBORN, N.; HEDTKAMP, S. I. C.; VAN BEUSEKOM, J. E. E.; REISE, K. (2007a) Effects of bioturbation and bioirrigation by lugworms (*Arenicola marina*) on physical and chemical sediment properties and implications for intertidal habitat succession. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*. 74: 331–343.
- VOLKENBORN, N.; POLERECKY, L.; HEDTKAMP, S. I. C.; VAN BEUSEKOM, J. E. E.; DE BEER, D. (2007b) Bioturbation and bioirrigation extend the open exchange regions in permeable sediments. *Limnol. Oceanogr.* 52(5): 1898–1909.
- ZEHR, J. P.; WARD, B. B. (2002) Nitrogen Cycling in the Ocean: New Perspectives on Processes and Paradigms. *Applied and Environmental Microbiology*. 68(3): 1015–1024.
- ZORNS, M. E. ; LALONDE, S.V.; GINGRAS, M. K. PEMBERTON, S. G.; KONHAUSER, K. O. (2006) Microscale oxygen distribution in various invertebrate burrow walls. *Geobiology*. 4: 137–145.
- ZÜHLKE, R. (2001) Polychaete tubes create ephemeral community patterns: *Lanice conchilega* (Pallas, 1776) associations studied over six years. *Journal of Sea Research*. 46: 261–272.

APÊNDICE A – Lista de gêneros da meiofauna com médias e desvios encontrados nos diferentes tratamentos e locais. Legenda: D: tubo com *Diopatra*; T: tubo sem *Diopatra*; C: controle.

LOCAIS	CACUPÉ				ARIRIU				BIGUACU			
	T	D	C	T	D	C	T	D	C	T	D	
<i>Paracomesona</i>	-	-	-	1,26 ± 2,82	-	-	-	-	-	-	-	
<i>Daptonema</i>	47,97 ± 27,89	18,93 ± 11,36	12,62 ± 18,89	12,62 ± 8,37	7,57 ± 6,18	-	13,88 ± 19,27	34,09 ± 38,05	05 ± 7,14	6	-	
<i>Theristus</i>	1,26 ± 2,82	1,26 ± 2,82	-	2,52 ± 3,57	-	-	8,83 ± 19,76	3,78 ± 3,78	-	-	-	
<i>Metalinhomous</i>	-	8,83 ± 11,36	-	1,26 ± 2,82	-	-	-	-	-	-	-	
<i>Adoncholaimus</i>	-	-	-	1,26 ± 2,82	-	-	-	-	-	-	-	
<i>Ascolaimus</i>	-	-	-	1,26 ± 2,82	05 ± 7,14	-	-	-	-	-	-	
<i>Terschillingia</i>	1,26 ± 2,82	1,26 ± 2,82	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
<i>Viscosia</i>	12,62 ± 16,16	5,05 ± 5,64	-	1,26 ± 2,82	7,57 ± 10,71	1,28 ± 2,82	10,1 ± 12,87	1,89 ± 3,28	1,26 ± 2,82	26 ± 2,82	-	
<i>Axonolaimus</i>	-	-	-	1,26 ± 2,82	-	1,26 ± 2,82	-	-	-	-	-	
<i>Desmolaimus</i>	-	1,26 ± 2,82	-	1,26 ± 2,82	-	-	-	-	-	-	-	

APÊNDICE A – Lista de gêneros da meiofauna com médias e desvios encontrados nos diferentes tratamentos e locais. Legenda: D: tubo com *Diopatra*; T: tubo sem *Diopatra*; C: controle.

LOCAIS	CACUPÉ			ARIRIU			BIGUAÇU			
	C	T	D	C	T	D	C	T	D	
<i>Steinera</i>	-	-	-	1,26 ± 2,82	-	-	-	-	-	-
<i>Anticoma</i>	-	-	-	1,26 ± 2,82	-	-	-	-	-	-
<i>Metacomesoma</i>	-	-	-	1,26 ± 2,82	-	-	-	-	-	-
<i>Spirinia</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Diplolaimella</i>	1,26 ± 2,82	-	-	-	-	10,17	-	-	-	-
<i>Ceramonema</i>	2,52 ± 5,64	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Trissonchulus</i>	1,26 ± 2,823,78 ± 3,78	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Odontophora</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Oncholaimus</i>	-	1,26 ± 2,82	-	-	10,71	-	-	2,52 ± 3,57	-	-
<i>Eurystomina</i>	-	-	-	-	-	-	-	2,52 ± 3,57	-	2,52 ± 3,573,78 ± 3,78-

APÊNDICE A – Lista de gêneros da meiofauna com médias e desvios encontrados nos diferentes tratamentos e locais. Legenda: D: tubo com *Diopatra*; T: tubo sem *Diopatra*; C: controle.

LOCAIS	CACUPÉ			ARIRIU			BIGUACU		
	C	T	D	C	T	D	C	T	D
<i>Microloaimus</i>	-	1,26 ± 2,82	-	-	-	-	-	-	-
<i>Metancolaimus</i>	-	1,26 ± 2,82	-	-	-	-	-	-	-
<i>Syringolaimus</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Compylaimus</i>	-	1,26 ± 2,82	-	-	-	-	-	-	-

APÊNDICE B – Lista de táxons da macrofauna com médias e desvios encontrados nos diferentes tratamentos e locais. Legenda: D: tubo com *Diopatra*; T: tubo sem *Diopatra*; C: controle.

LOCAIS	CACUPÉ				ARIRIU			
	C	T	D	C	T	D	C	T
Tricoptera-Oxiethira	-	-	-	0,16 ± 0,37	-	-	-	-
Anthozoa	-	-	-	-	0,5 ± 0,5	-	-	-
Colônia de cnidário hidróide	-	-	-	-	1 ± 0	0,66 ± 0,47	-	-
Ascídea	-	-	-	-	-	0,16 ± 0,37	-	-
Phoronida	-	-	-	-	217 ± 306,88	-	-	-
Briozoário incrustante	-	-	-	-	0,33 ± 0,47	-	-	-
Colônia de ectoprocto	-	-	-	-	-	0,5 ± 0,5	-	-
Sipunculidae	-	0,33 ± 0,47	0,16 ± 0,37	-	-	0,83 ± 1,86	-	-

APÊNDICE B (continuação) – Lista de táxons da macrofauna com médias e desvios encontrados nos diferentes tratamentos e locais. Legenda: D: tubo com *Diopatra*; T: tubo sem *Diopatra*; C: controle.

LOCAIS	CACUPÉ			ARIRIU			BIGUAÇU		
	C	T	D	C	T	D	C	T	D
Tratamentos	C	T	D	C	T	D	C	T	D
<i>Anomia</i>	-	-	-	-	1,66 ± 1,69	1,33 ± 1,88	-	-	-
<i>Nereitina virginea</i>	-	-	-	-	0,33 ± 0,47	-	-	-	-
<i>Crepidula protea</i>	-	-	-	-	0,33 ± 0,47	-	-	-	-
<i>Sphenia antillensis</i>	-	0,5 ± 0,76	0,5 ± 0,76	-	1,33 ± 1,24	4,33 ± 2,62	-	-	0,33 ± 0,47
<i>Lunarca ovalis</i>	-	-	-	-	-	0,16 ± 0,37	-	-	-
<i>Anomalocardia brasiliiana</i>	-	-	-	0,16 ± 0,37	-	0,83 ± 0,68	-	-	-
<i>Tuberllaria</i>	-	-	-	1,16 ± 1,67	1 ± 1,41	0,33 ± 0,47	0,16 ± 0,37	-	0,5 ± 0,76
<i>Nemertea</i>	0,4 ± 0,48	0,16 ± 0,37	-	-	-	1 ± 2,23	0,33 ± 0,74	-	0,16 ± 0,37

APÊNDICE B (continuação) – Lista de táxons da macrofauna com médias e desvios encontrados nos diferentes tratamentos e locais. Legenda: D: tubo com *Diopatra*; T: tubo sem *Diopatra*; C: controle.

LOCAIS	CACUPÉ			ARIRIU			BIGUAÇU		
	C	T	D	C	T	D	C	T	D
Tratamentos									
Oligochaeta	10,4 ± 9,04	13,66 ± 7,34	10,5 ± 6,02	12,5 ± 6,72	6,66 ± 4,49	12 ± 7,61	0,66 ± 0,74	1 ± 1,22	2 ± 2,88
Balanomorpha	-	-	-	-	-	0,5 ± 0,76	-	-	-
Copepoda	-	-	-	0,16 ± 0,37	1 ± 0,81	2,16 ± 1,77	-	-	-
Ostracoda	-	-	-	0,66 ± 0,74	1,33 ± 1,24	0,5 ± 0,76	-	-	0,16 ± 0,37
Decapoda	-	-	-	-	-	0,66 ± 1,1	-	0,5 ± 0,86	0,33 ± 0,47
Cumacea	-	-	-	-	-	0,16 ± 0,37	-	-	-
Isopoda	-	-	-	-	-	0,16 ± 0,37	-	-	-
Caprellidae	-	-	-	-	3,66 ± 3,29	9,83 ± 8,74	-	-	0,33 ± 0,74

APÊNDICE B (continuação) – Lista de táxons da macrofauna com médias e desvios encontrados nos diferentes tratamentos e locais. Legenda: D: tubo com *Diopatra*; T: tubo sem *Diopatra*; C: controle.

LOCAIS	CACUPÉ			ARIRIU			BIGUAÇU		
	C	T	D	C	T	D	C	T	D
Tratamentos	C	T	D	C	T	D	C	T	D
Corophidae	0,2 ± 0,4	0,33 ± 0,47	0,33 ± 0,47	-	1,33 ± 0,47	6,16 ± 5,61	0,16 ± 0,37	0,25 ± 0,43	0,33 ± 0,47
Gammaridae	-	-	-	-	-	1 ± 2,23	-	-	-
Tanaidacea	-	0,16 ± 0,37	-	-	-	-	-	-	-
Ácaro	-	-	-	-	-	-	-	-	0,33 ± 0,47
<i>Polydora</i>	10,8 ± 9,86	28,66 ± 13,38	24,66 ± 16,81	3,33 ± 2,68	66,33 ± 25,32	232 ± 77,13	0,66 ± 1,1	20,25 ± 28,79	28,83 ± 26,89
<i>Mediomastus californiensis</i>	-	1,5 ± 1,5	3 ± 2,76	0,33 ± 0,74	-	1 ± 1,15	0,16 ± 0,37	0,75 ± 1,29	1,33 ± 1,97
<i>Capitella</i>	2,8 ± 2,78	4,33 ± 2,86	5,33 ± 3,44	2,16 ± 1,86	2 ± 0,81	3,16 ± 3,33	0,16 ± 0,37	0,75 ± 0,82	2,83 ± 1,77
<i>Phyllodoce</i>	-	-	-	0,16 ± 0,37	-	0,16 ± 0,37	-	-	-

APÊNDICE B (continuação) – Lista de táxons da macrofauna com médias e desvios encontrados nos diferentes tratamentos e locais. Legenda: D: tubo com *Diopatra*; T: tubo sem *Diopatra*; C: controle.

LOCAIS	CACUPÉ				ARIRIU				BIGUAÇU			
	C	T	D	D	C	T	T	D	C	T	T	D
<i>Brania</i>	0,2 ± 0,4	0,83 ± 1,21	0,66 ± 1,1	1,166 ± 1,1	0,33 ± 0,47	1,5 ± 0,95	3,5 ± 2,14	0,25 ± 0,83	0,43	0,89		
<i>Typosyllis</i>	-	-	-	-	0,33 ± 0,47	0,5 ± 0,5	-	0,25 ± 0,43	-	-	-	-
<i>Potamilla</i>	-	-	-	-	-	6,5 ± 5,9	-	-	-	-	-	-
<i>Hydroides</i>	-	-	-	-	-	0,33 ± 0,47	-	-	-	-	-	-
<i>Arabella</i>	-	-	-	-	0,16 ± 0,37	0,16 ± 0,37	-	-	-	-	-	-
<i>Scoloplos</i>	0,4 ± 0,48	-	0,16 ± 0,37	1 ± 1	0,33 ± 0,47	-	-	-	-	-	-	-
<i>Neanthes</i>	-	1,33 ± 1,37	1,83 ± 1,34	-	-	0,33 ± 0,47	-	-	-	-	-	-
<i>Nereis</i>	-	-	-	-	-	-	0,5 ± 0,76	0,25 ± 0,43	-	-	0,16 ± 0,37	-

APÊNDICE B (continuação) – Lista de táxons da macrofauna com médias e desvios encontrados nos diferentes tratamentos e locais. Legenda: D: tubo com *Diopatra*; T: tubo sem *Diopatra*; C: controle.

LOCAIS	CACUPÉ			ARIRIU			BIGUAÇU		
	C	T	D	C	T	D	C	T	D
<i>Cirrophorus</i>	-	-	-	-	-	0,16 ± 0,37	-	-	-
<i>Paraprionospio</i>	1,4 ± 1,01	3,33 ± 1,49	4,16 ± 4,21	0,5 ± 0,76	0,33 ± 0,47	0,5 ± 0,5	-	0,25 ± 0,43	0,33 ± 0,47
<i>Diopatra</i>	-	-	0,16 ± 0,37	-	-	-	-	-	-
<i>Glycera</i>	-	0,33 ± 0,47	-	0,16 ± 0,37	-	-	-	-	-
<i>Glycinde</i>	0,2 ± 0,4	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Maldanidae</i>	-	-	0,16 ± 0,37	-	-	-	-	-	-
<i>Terebellideo</i>	0,2 ± 0,4	-	-	-	-	-	-	-	-
Poliqueta	0,2 ± 0,4	-	-	-	-	-	-	-	-