



**UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA - UFBA**  
**Instituto de Biologia - IBIO**  
**Programa de Pós-Graduação em Ecologia e**  
**Biomonitoramento**

Alice Rachel Moura Ribeiro Loyola Dantas

Influência da intensidade do fluxo de água na  
estrutura de assembléias bentônicas em um  
estuário tropical.

Salvador  
2011

Alice Rachel Moura Ribeiro Loyola Dantas

Influência da intensidade do fluxo de água na  
estrutura de assembléias bentônicas em um  
estuário tropical.

Dissertação apresentada ao Instituto  
de Biologia Universidade Federal da  
Bahia, para a obtenção de Título de  
Mestre em Ecologia e  
Biomonitoramento.

Orientador: Francisco Carlos Rocha  
de Barros Junior

Salvador  
2011

## Ficha Catalográfica

---

Dantas, Alice Rachel Moura Ribeiro Loyola

Influência da intensidade do fluxo de água na estrutura de assembléias bentônicas em um estuário tropical. 58pp.

Dissertação (Mestrado) - Instituto de Biologia da Universidade Federal da Bahia

1. Intensidade do fluxo de água. 2. Organismos bentônicos. 3. Sistemas estuarinos. I. Universidade Federal da Bahia. Instituto de Biologia

Comissão Julgadora:

---

Prof<sup>a</sup> Dra. Cristina de Almeida Rocha-Barreira  
Universidade Federal do Ceará

---

Prof<sup>o</sup> Dr. Rodrigo Johnsson  
Universidade Federal da Bahia

---

Prof<sup>o</sup> Dr. Francisco Carlos Rocha de Barros Junior (Orientador)  
Universidade Federal da Bahia

## Agradecimentos

---

Ao CNPQ, por conceder a bolsa de estudos referente a esse projeto.

Ao Programa de Pós Graduação em Ecologia e Biomonitoramento. A todos os professores e mestrandos que contribuíram para minha formação nestes dois últimos anos, e a Jussara, nossa secretária da pós, que sempre foi muito atenciosa e prestativa.

Ao Prof<sup>o</sup> Dr. Francisco Barros, pelos anos de orientação, de ensinamentos profissionais fundamentais, e por ter acreditado no meu trabalho mesmo com todas as dificuldades. Obrigada pela compreensão e amizade desses últimos anos.

Ao Laboratório de Ecologia Bentônica, e a todos os integrantes que me acolheram com muito carinho e amizade desde a minha graduação. Um agradecimento especial para Yuri Costa, Gabriel Barros, Dante Luís e Bruno Balbi por terem me ajudado, seja no campo ou na identificação dos táxons, e a Gilson Corrêa por compartilhar seu conhecimento sobre análises estatísticas comigo. Muito obrigada!

Aos meus queridos pais, Ana de Fátima M. Ribeiro, e José Carlos L. Dantas, e a minha querida irmã, Ana Gabriela M. R. L. Dantas, por todo o amor e carinho incondicionais de sempre.

A todos os meus queridos familiares que sempre me apoiaram e me deram muito carinho mesmo quando estive completamente ausente.

A José Anchieta de F. B. Junior, por todo amor, carinho, compreensão e dedicação que recebi.

Aos meus queridos amigos, que mesmo longe sempre estiveram presentes de alguma forma.

Por fim, a todos que contribuíram para o desenvolvimento desse trabalho, tanto diretamente, ou indiretamente, com certeza foram essenciais. Muito obrigada!

## Sumário

---

Lista de Tabelas.....	6
Lista de Figuras.....	7
Lista de Anexos.....	8
Texto de divulgação.....	9
Título do artigo.....	11
<b>Resumo / Abstract.....</b>	<b>11</b>
<b>1. Introdução.....</b>	<b>12</b>
<b>2. Metodologia.....</b>	<b>15</b>
2.1 Área de estudo.....	15
2.2 Métodos.....	16
2.2.1 Esferas de gesso.....	16
2.2.2 Procedimentos de laboratório.....	17
2.3 Análises estatísticas.....	18
<b>3. Resultados.....</b>	<b>19</b>
3.1 Variáveis abióticas.....	19
3.2 Fluxo relativo.....	20
3.3 Variáveis biológicas.....	20
3.4 Relação entre a assembléia bentônica e as variáveis ambientais.....	20
<b>4. Discussão.....</b>	<b>23</b>
<b>5. Conclusão.....</b>	<b>30</b>
<b>Referências bibliográficas.....</b>	<b>32</b>

## Lista de Tabelas

---

Tabela 1. Porcentagem da contribuição de cada fração granulométrica nas diferentes faixas.....41

Tabela 2. Resumos das estatísticas da CCA e correlações *interset* das variáveis ambientais com os primeiros dois eixos.....42

Tabela 3. Resumos das estatísticas da CCA parcial e correlações *interset* das variáveis ambientais com os primeiros dois eixos.....43

## Lista de Figuras

---

Figura 1. Esquema da localização das transecções no Estuário do Jaguaripe.....44

Figura 2. Média ( $\pm dp$ ) da porcentagem de perda de gesso nas diferentes faixas de salinidade (a), e porcentagem de perda de gesso por profundidade em cada estação nas diferentes faixas de salinidade (b).....45

Figura 3. Esferas de gesso antes da submersão (a), e após 24h de submersão nas faixas S1 (b), S2 (c), e S3 (d).....46

Figura 4. Média ( $\pm dp$ ) do número de indivíduos e de táxons por faixa de salinidade.....47

Figura 5. Matriz de ordenamento do nMDS para as faixas de salinidade (*stress* 0,17).....48

Figura 6. Triplot da CCA das variáveis ambientais com as estações e os táxons (a); gráfico da CCA apenas com as estações agrupadas (b), e apenas com os táxons e as variáveis ambientais (c), para uma melhor visualização.....49

Figura 7. Triplot da CCA parcial das variáveis ambientais com as estações e os táxons (a); gráfico da CCA parcial apenas com as estações agrupadas (b), e apenas com os táxons e as variáveis ambientais (c), para uma melhor visualização.....51

## Lista de Anexos

---

Anexo 1. Molde esférico de acrílico.....	52
Anexo 2. Estrutura montada para a imersão das esferas de gesso.....	53
Anexo 3. Bóias marcando as estruturas nas estações.....	54
Anexo 4. Tabela com os indivíduos por m <sup>2</sup> de cada táxon em cada faixa de salinidade.....	55
Anexo 5. Classificação do modo alimentar de alguns táxons incluídos nas análises de acordo com diferentes autores.....	57

## Texto de Divulgação

---

Os estuários são áreas importantes de reprodução, alimentação e refúgios de diversas espécies, assim estão entre um dos ambientes mais importantes da zona costeira. Existem diversas definições para estes sistemas e diversos tipos de classificações, mas em uma definição simplista geralmente os estuários são considerados como uma zona de transição intermediária entre os sistemas marinho e de água doce ou simplesmente como sistemas onde a água do rio se mistura com água do mar. Apesar de serem ambientes com grande variabilidade natural, possuem uma alta concentração de matéria orgânica, e abrigam uma alta abundância e biomassa de invertebrados bentônicos, que são aqueles organismos que vivem associados ao sedimento. Existem diversos fatores que podem influenciar os organismos bentônicos (por exemplo, a salinidade e a composição do sedimento), e um desses fatores é a intensidade do fluxo de água, que varia com a maré e o influxo do rio. A intensidade do fluxo de água nos organismos bentônicos pode atuar de maneira direta, por exemplo, deslocando os organismos de uma região para outra, ou ainda de maneira indireta, por exemplo, determinando a composição granulométrica do local que, por sua vez, irá afetar os organismos. Assim, essas interações entre o fluxo circundante e os organismos bentônicos, seja diretamente ou indiretamente, podem influenciar na dispersão e no assentamento larval, no crescimento e na reprodução de indivíduos bentônicos adultos, no suprimento de nutrientes e na dispersão dos seus dejetos. Com isso, a finalidade desse trabalho foi testar se a variável intensidade do fluxo de água causaria uma influência maior nos organismos bentônicos do que a salinidade, o sedimento e a profundidade no estuário do Rio Jaguaripe, Baía de Todos os Santos, Bahia. Para medir a intensidade do fluxo foi empregada uma metodologia alternativa, já empregada por diversos autores, que é a técnica de dissolução de objetos de gesso, que ficam submersos na água durante determinado período, e através da taxa de perda de massa fornece uma medida relativa de fluxo: esferas que perderam mais massa, teoricamente, estão sujeitas a um fluxo maior e vice-versa. Os

resultados demonstraram que não houveram diferenças marcantes de intensidade de fluxo dentro das diferentes faixas de salinidade e que aparentemente as principais variáveis exercendo influência nos organismos bentônicos foram a salinidade e a composição do sedimento. Contudo, não significa que o fluxo de água não é uma variável importante para os organismos bentônicos. Talvez, o fluxo seja importante para os organismos bentônicos, mas atue mais intensamente de maneira indireta através da relação com outras variáveis, por exemplo, influenciando na composição do sedimento e na distribuição de partículas alimentares.

# Influência da intensidade do fluxo de água na estrutura de assembléias bentônicas em um estuário tropical.

Alice Loyola\*, Francisco Barros

*Laboratório de Ecologia Bentônica, Departamento de Zoologia, Instituto de Biologia, Universidade Federal da Bahia, Campus Ondina, Salvador, BA 40170-290, Brasil*

\*aliceloyola@gmail.com

## RESUMO

Os sistemas estuarinos apresentam uma grande variabilidade nas suas características físico-químicas. Existem diversas variáveis ao longo do gradiente estuarino que podem influenciar as assembléias bentônicas, e uma dessas variáveis é a intensidade do fluxo de água. O objetivo deste trabalho foi testar se a variável intensidade do fluxo de água exercia uma influência maior na estrutura das assembléias bentônicas do que a salinidade, a granulometria e a profundidade no estuário do Rio Jaguaripe, Baía de Todos os Santos, Bahia. Para medir a intensidade do fluxo foi empregada a técnica de dissolução de esferas de gesso. A análise de correspondência canônica (CCA) foi usada para examinar as relações entre a composição das assembléias bentônicas e as variáveis ambientais. A medida relativa de fluxo não foi a variável mais importante na explicabilidade do modelo, a salinidade foi a variável principal que explicou a estrutura da assembléia bentônica no estuário. Uma CCA parcial foi feita para retirar a influência da salinidade na assembléia. Ainda assim, a assembléia estava mais relacionada ao eixo de sedimento do que ao de medida relativa de fluxo. Os resultados sugerem que o fluxo não foi a principal variável explicando a estrutura da assembléia bentônica no presente estudo.

Palavras-chaves: técnica de dissolução de gesso; intensidade do fluxo; assembléia bentônica; sistema estuarino.

## ABSTRACT

It is well known that estuarine systems are highly variable natural systems. There are several variables through the estuarine gradient that can influence the benthic assemblage including water flow intensity. The present study tested if the water flow intensity would exert a more important influence in the structure of

benthic assemblages than salinity, sediment and depth in a tropical estuary in northeast Bahia. For measure the flow intensity it was applied a plaster dissolution method. Canonical Correspondence Analysis (CCA) was performed to analyze the relationships between the composition of benthic assemblages and environment variables. The relative measure of flow was not the most important variable in explaining the model. Salinity was the main variable that explained the benthic assemblage structure in the estuary. A partial CCA was made to remove the influence of salinity in the assemblage. Nevertheless, the assemblage was more influenced by sediment fractions than the relative measure of flow. The results suggest that the flow was not the main variable directly influencing the structure of benthic assemblage.

Keywords: plaster dissolution method; flow intensity; benthic assemblage; estuarine system.

## **1. INTRODUÇÃO**

Os sistemas estuarinos estão entre um dos ambientes mais importantes da zona costeira. Diversos fatores físico-químicos (i.e. salinidade, velocidade e direção da corrente, temperatura, nutrientes, pH) são frequentemente mais variáveis nos sistemas estuarinos do que em vários outros ambientes costeiros (Elliott & Quintino, 2007). Assim, estes sistemas podem ser considerados como naturalmente estressados (Elliott & McLusky, 2002). A fauna bentônica dos sistemas estuarinos é bem adaptada a essa variação e, essa capacidade, é essencial para o sucesso das espécies que habitam este ambiente. Devida a enorme relevância ecológica dos estuários, que são reconhecidamente áreas importantes de reprodução, alimentação e refúgios de diversas espécies, a relação entre os fatores ambientais e a distribuição dos organismos dentro dos estuários tem recebido uma grande atenção (e.g. Kennish, 2002; Bazairi et al., 2003; Martino & Able, 2003; Rosa-Filho et al., 2004; Silva et al., 2006; Cortelezzi et al., 2007; Fujii, 2007; Lu et al., 2008).

Apesar dos seus acentuados gradientes ambientais, as áreas estuarinas abrigam uma alta abundância e biomassa de invertebrados macrobentônicos, atribuíveis principalmente a alta concentração de matéria orgânica e de nutrientes retidos no sistema (Fujii, 2007). Os organismos que compõem as assembléias bentônicas possuem uma relação direta com o fundo aquático, desempenhando funções importantes nos ecossistemas estuarinos. Estes organismos podem alterar as condições físicas e químicas da interface sedimento-água, promover a decomposição da matéria orgânica e a reciclagem de nutrientes bem como a transferência de energia para outros componentes da cadeia trófica (e.g. Gaston et al., 1998; Silva et al., 2006; Gaudêncio & Cabral, 2007). Assim, a manutenção do equilíbrio das assembléias bentônicas é essencial para todo o sistema estuarino e sistema costeiro adjacente.

Existem diversas variáveis ao longo de gradientes estuarinos que podem exercer algum tipo de influência nas assembléias bentônicas. De fato, muitos estudos mostraram que a distribuição espacial de organismos aquáticos está relacionada a fatores naturais ambientais como a salinidade, a profundidade, o tamanho da partícula do sedimento, a quantidade de matéria orgânica e/ou a fatores antrópicos como a contaminação (Gray, 1974; Snelgrove & Butman, 1994; Attrill et al., 1996; Ellingsen, 2002; Ysebaert et al., 2003; Blanchet et al., 2005; Lu, 2005; Nanami et al., 2005; Anderson, 2008; Barros et al., 2008; Kanaya & Kikuchi, 2008; Lu et al., 2008; Gray & Elliott, 2009). Adicionalmente, segundo Hart & Finelli (1999), os processos físicos podem influenciar uma ampla série de processos ecológicos fundamentais, incluindo dispersão, aquisição de recursos, e as interações entre as espécies.

Uma variável que merece uma considerável atenção é o fluxo de água nos ambientes aquáticos. De acordo com Hart & Finelli (1999), a intensidade do fluxo de água pode afetar os organismos bentônicos operando de duas maneiras: i) de maneira direta, onde forças hidrodinâmicas atuam inteiramente nos organismos (por exemplo, os organismos podem ser deslocados e/ou depositados de uma região para outra pelo fluxo, alterando assim a abundância ou a composição das assembléias); ii) de maneira indireta, onde o fluxo altera

algumas variáveis bióticas ou abióticas, que por sua vez afetam os organismos (por exemplo, o fluxo pode determinar a composição granulométrica do local, que por sua vez influencia a fauna bentônica). Essas interações entre o fluxo circundante e os organismos bentônicos, seja diretamente ou indiretamente, podem, por exemplo, influenciar na dispersão e no assentamento larval, no crescimento e na reprodução de indivíduos bentônicos adultos, no suprimento de nutrientes e na dispersão dos seus dejetos (e.g. Sobral & Widdows, 2000; Friedrichs & Graf, 2009).

A influência da intensidade do fluxo de água nos organismos bentônicos foi avaliada em alguns trabalhos (e.g. Grizzle et al., 1992; Miller et al., 1992; Eckman & Duggins, 1993; Arsenault et al., 1997; Roast et al., 1998; Sobral & Widdows, 2000; Biles et al., 2003; Denis et al., 2007; St-onge & Miron, 2007). Entretanto, a maioria das pesquisas realizadas, além de monoespecíficas, foi desenvolvida em laboratório (e.g. Grizzle et al., 1992; Eckman & Duggins, 1993; Roast et al., 1998; Denis et al., 2007). Uma quantidade relativamente pequena de trabalhos foi desenvolvida no ambiente natural sendo que essas pesquisas foram manipulativas (e.g. Arsenault et al., 1997; St-onge & Miron, 2007), e o número de trabalhos feitos em ambientes estuarinos é ainda mais reduzido (e.g. Biles et al., 2003). O fato é que ainda existem lacunas importantes na compreensão da influência do fluxo na fauna bentônica e, de uma maneira geral uma necessidade de entender a relação entre assembléias bentônicas e intensidade do fluxo circundante. Ou seja, ainda não está totalmente elucidado como as assembléias bentônicas irão responder a diferentes condições de intensidade de fluxo de água dentro dos sistemas estuarinos.

Assim, o objetivo deste trabalho foi testar a hipótese de que fluxos com diferentes intensidades iriam alterar a estrutura das assembléias bentônicas estuarinas. Para isso, foi avaliado se a variável intensidade do fluxo de água exercia uma influência maior na estrutura das assembléias bentônicas do que a salinidade, o sedimento e a profundidade no estuário do Rio Jaguaripe, Baía de Todos os Santos, Bahia. Alguns estudos sobre as assembléias bentônicas estuarinas nos estuários da Baía de Todos os Santos já vêm sendo

desenvolvidos (e.g. Barros et al., 2009; Barros et al., 2008; Hatje et al., 2006), entretanto estas pesquisas não tiveram como enfoque a relação da variável fluxo de água com as assembléias bentônicas.

Dessa maneira, compreender os fatores que influenciam as assembléias bentônicas se mostra de grande importância para o desenvolvimento da ecologia estuarina e para a preservação do sistema estuarino. Com um conhecimento mais profundo sobre os fatores que afetam a distribuição das espécies estuarinas, e assim suas possíveis consequências nas assembléias bentônicas, poderá existir uma maior compreensão do papel dos membros das assembléias e suas interações com o ambiente circundante. Além disto, o conhecimento sobre a influência do fluxo nas assembléias bentônicas poderá, por exemplo, ser utilizado para prever possíveis consequências na assembléia bentônica caso a intensidade do fluxo dentro de um estuário seja modificada (e.g. assoreamento, construção de barragens, dragagens). Assim, ações de manejo com uma abordagem mais precisa e apropriada poderão ser realizadas para reduzir potenciais efeitos negativos das atividades antrópicas nos sistemas estuarinos.

## **2. METODOLOGIA**

### **2.1 Área de estudo**

O estuário do Rio Jaguaripe localiza-se na parte sudoeste da Baía de Todos os Santos (BTS) onde existem quase 4 km de deltas de maré (Bittencourt et al., 2001), drena uma área de 2.200 km<sup>2</sup> e possui uma vazão média de 28 m<sup>3</sup> s<sup>-1</sup> (Cirano & Lessa, 2007). Este estuário é um dos três estuários mais importantes da BTS (juntamente com os estuários do Rio Paraguaçu e do Rio Subaé). A agricultura é a atividade predominante na bacia do Rio Jaguaripe e os principais impactos ambientais são o aterro de manguezais, a disposição inadequada dos esgotos sanitários e resíduos sólidos, além do uso indiscriminado de pesticidas e corretivos (CRA, 2004). Apesar dessas atividades, o estuário do Rio Jaguaripe foi escolhido para o presente trabalho por ser o

menos impactado da BTS. Desta maneira, é esperado que a estrutura da fauna bentônica esteja menos perturbada.

## **2.2 Métodos**

Inicialmente, foram escolhidas três transecções perpendiculares as margens do estuário ao longo do gradiente de salinidade (Figura 1). Em cada transecção, correspondentes a faixas de salinidade (S1, S2, e S3) foram randomicamente marcadas 20 estações, em cada estação foram coletadas 2 réplicas utilizando-se um corer (10 cm de diâmetro x 15 cm de profundidade) para avaliar a assembléia bentônica. Além disso, as profundidades de cada estação foram medidas e amostras de sedimento foram coletadas (corer de 5 cm diâmetro x 7,5 cm de profundidade) para as análises granulométricas. As coletas foram realizadas com o auxílio de mergulhadores em três dias consecutivos (dezembro de 2010). As amostras biológicas foram lavadas no campo em malha de 0,5 mm e preservadas em álcool a 70%.

### **2.2.1 Esferas de gesso**

Para medir a intensidade do fluxo próximo ao fundo foi utilizado o método da dissolução de gesso, que já foi empregado por alguns autores (e.g. Jokiel & Morrissey, 1993; Thompson & Glenn, 1994; Commito et al., 1995; Arsenault et al., 1997; Leichter & Witman, 1997; Angradi & Hood, 1998; Cummings et al., 1998; Guichard & Bourget, 1998; Porter et al., 2000; Hart et al., 2002; Yokoyama et al., 2004; Falter et al., 2005; Carrington et al., 2008; Gribben et al., 2009). Este método consiste basicamente em usar objetos de gesso, com tamanhos e pesos previamente conhecidos, e expor esses objetos a diferentes fluxos por um período determinado de tempo para posterior pesagem. Desta maneira a perda de peso de cada objeto é calculada. A relação esperada é que a perda de peso dos objetos de gesso seja maior em locais sujeitos a maiores intensidades de fluxo, assim a perda de massa resultante pode ser usada como um indicador do movimento de água. Este é um método alternativo e eficaz para se analisar a

intensidade do fluxo que possui uma instalação prática e fácil, além de não possuir um custo elevado.

Foram realizados dois estudos pilotos para definição de detalhes metodológicos da técnica dos objetos de gesso (i.e. tamanho e forma do objeto, tempo de imersão do objeto, método de fixação do objeto no fundo) já que alguns autores utilizaram metodologias diferentes. Após os dois estudos pilotos (um em ambiente de praia, e outro no estuário do Jaguaripe), adotou-se um período de 24 horas para o tempo de exposição, pois nesse período o objeto de gesso já mostrou uma perda de massa significativa, além do formato esférico. O formato esférico foi adotado porque de acordo com Thompson & Glenn (1994), esse formato seria, na teoria, o mais aconselhável, pois produz uma área de superfície igual em todas as direções. As esferas de gesso foram confeccionadas a partir de gesso comercial na proporção de duas partes de água para uma de gesso e foi utilizado um molde esférico de acrílico com uma abertura mediana e um orifício na parte superior (Anexo 1). Antes de o gesso secar inteiramente foram colocados ganchos de zinco pela parte superior do molde de acrílico para auxiliar na fixação das esferas de gesso no suporte. O molde com gesso foi deixado a temperatura ambiente por 5 dias para facilitar a retirada da esfera de gesso do molde. A região ao redor dos ganchos foi envernizada para evitar que essa área sofresse dissolução e assim uma possível queda da esfera. Posteriormente, as esferas foram colocadas na estufa a 60°C por um período de 24 horas até peso constante. Quando retiradas da estufa as esferas foram lixadas para diminuir as pequenas irregularidades da superfície, depois foram pesadas e etiquetadas, e por último foram devidamente guardadas separadamente para evitar abrasão entre as mesmas.

No campo, as esferas foram presas cuidadosamente em canos de PVC de 1 cm de largura x 50 cm de comprimento que estavam amarrados em um bloco vazado de concreto de aproximadamente 10 kg (Anexo 2). Essa estrutura foi amarrada a uma bóia devidamente marcada para facilitar a visualização das estruturas para sua posterior retirada (Anexo 3). As esferas ficaram a uma distância de aproximadamente 30 cm do fundo. Após 24h de imersão as

estruturas foram retiradas da água e as esferas de gesso delicadamente armazenadas.

### **2.2.2 Procedimentos de laboratório**

Em laboratório as esferas de gesso foram colocadas na estufa a 60°C por 24h (peso constante) para secarem, e posteriormente pesadas para o cálculo de perda de peso. As amostras biológicas foram novamente lavadas em malha de 0,5 mm, cuidadosamente triadas e a fauna armazenada em álcool 70%. Os organismos encontrados foram identificados até níveis intermediários (usualmente ao nível de família) com o auxílio de lupa, microscópio e chaves específicas de identificação (e.g. Rios, 1994; Buckup & Bond-Buckup, 1999; Melo, 1999; Beesley et al., 2000; Amaral et al., 2005).

As amostras de sedimento primeiramente foram peneiradas com uma malha de 0,063 mm. O material retido na malha foi colocado na estufa a 60°C até peso constante. Posteriormente o sedimento seco foi peneirado usando um agitador mecânico com peneiras de diferentes malhas (4; 2; 1; 0,5; 0,25; 0,125 e 0,063 mm) e cada fração granulométrica foi pesada. A fração menor que 0,063 mm foi armazenada em recipientes para a decantação das partículas de sedimento, depois de algumas horas a água de decantação foi retirada e o sedimento restante também foi colocado na estufa a 60°C até peso constante. A análise granulométrica do sedimento foi feita através do programa Sysgran 3.0 (Método Folk & Ward).

### **2.3 Análises estatísticas**

Para analisar a similaridade da estrutura das assembléias bentônicas entre as faixas de salinidade foi aplicada a técnica de ordenação de escalonamento multidimensional não-métrico (nMDS), aplicando-se o índice de similaridade de Bray-Curtis. Os dados de abundância dos táxons foram transformados em  $\log(x+1)$  com a finalidade de diminuir o peso dos táxons mais abundantes. Um teste de similaridade, ANOSIM, foi aplicado para verificar se

havia diferenças significativas entre a composição das três faixas. Ambas as análises foram realizadas no software PRIMER 6.

A Análise de Correspondência Canônica (CCA – *Canonical Correspondence Analysis*) explica a variação da comunidade detectando padrões de variação na abundância que podem ser mais bem explicados por uma ou mais variáveis (ter Braak, 1986). Assim, a CCA foi usada para examinar as relações entre a composição das assembléias bentônicas e as variáveis ambientais com o programa CANOCO 4.5. Foram realizadas duas análises, uma CCA normal com a salinidade entrando na matriz de dados ambientais como uma variável “dummy” (salinidade Alta, Média e Baixa para S1, S2 e S3, respectivamente), e uma CCA parcial onde a salinidade entrou na análise como uma covariável, retirando assim o efeito dessa variável na distribuição dos táxons. A significância estatística dos eixos gerados pela CCA foi testada com o método de Monte Carlo baseada em 999 permutações. Para verificar o grau de colinearidade entre a profundidade, a medida relativa do fluxo (% de perda de gesso), e as diferentes frações granulométricas (% de sedimentos finos: silte + argila; areia muito fina; areia fina; areia média; areia grossa; areia muito grossa; grânulo) foi aplicado o teste de correlação de Pearson utilizando o programa R versão 2.1.3. Além disso, para a colinearidade, foi observado o valor do fator de inflação da variância (VIF – *variance inflation factor*) (Zuur et al., 2010), que está relacionado a colinearidade das variáveis e ao aumento dos erros padrões e valores de  $p$  da análise. Assim, foi pré-estabelecido que os valores de VIF para cada variável tinham que ser menores que 10 (Montgomery & Peck, 1992 *apud* Zuur et al., 2010). A matriz de dados biológicos foi reduzida para obter um diagrama de ordenação interpretável na CCA, assim táxons raros foram eliminados, sendo que foram considerados táxons raros aqueles que apresentaram uma frequência de ocorrência menor que 5%.

### **3. RESULTADOS**

#### **3.1 Variáveis abióticas**

As medições de salinidade apesar de serem pontuais (maré alta e baixa), atenderam ao objetivo de escolher áreas que possuísem valores de salinidade alta (faixa S1), média (faixa S2) e baixa (faixa S3). Os valores obtidos para a salinidade em S1 foram de 25 e 35, em S2 foram 17 e 20, e para S3 de 3 e 7 nas marés baixa e alta, respectivamente. Com relação as frações granulométricas, a faixa S1 apresentou uma predominância de areia muito fina e de finos (silte e argila), já as faixas S2 e S3 apresentaram uma predominância de areia muito fina e areia fina (Tabela 1). As profundidades não variaram muito dentro das faixas com uma média de 6,7 m ( $\pm 2,0$ ) para S1, 5,5 m ( $\pm 3,6$ ) para S2, e de 1,3 m ( $\pm 0,3$ ) para S3.

### **3.2 Fluxo relativo**

Algumas esferas de gesso durante o período de exposição foram perdidas (caíram no sedimento ou foram levadas pela correnteza), com isso a quantidade de esferas total em cada faixa diferiu. Das 20 esferas em cada faixa de salinidade, restaram apenas 8, 12 e 11 nas faixas S1, S2 e S3, respectivamente. Foi observada uma maior taxa de perda de peso em S1 seguida por S2 e S3 (Figura 2a). Não foi observada uma relação entre a perda de gesso e a profundidade (Figura 2b). A Figura 3 mostra uma das esferas de gesso em cada faixa depois de 24 horas de submersão.

### **3.3 Variáveis biológicas**

Foi coletado um total de 1.507 indivíduos (947 indivíduos na faixa de salinidade S1, 391 indivíduos na faixa S2, e 169 indivíduos na faixa S3). Os organismos encontrados estão distribuídos em 77 táxons, onde em S1 foram identificados 67 táxons, em S2 19 táxons, e em S3 foram identificados 28. O filo mais representativo em todas as faixas de salinidade em termos de números de táxons foi Polychaeta, seguido de Crustacea e Mollusca em S1 e S3, já na faixa S2 a representatividade para Crustacea e Mollusca foi a mesma. Em S1 os dois táxons mais abundantes de poliqueta foram Paraonidae e Lumbrineridae, em S2 foram Spionidae e Capitellidae, e em S3 foram Paraonidae e Magelonidae.

Como o número de estações com dados de amostra biológica diferiu dentro das faixas ( $n = 19$  em S1;  $n = 20$  em S2;  $n = 15$  em S3), o número de indivíduos foi padronizado por  $m^2$  de amostragem (Anexo 4). Foi observado um decréscimo no número médio de táxons e de indivíduos de S1 para S3 (Figura 4).

### **3.4 Relações entre a assembléia bentônica e as variáveis ambientais**

Na ordenação do nMDS pode ser observado três grandes grupos (Figura 5) onde as estações de uma mesma faixa tendem a se agrupar, apesar da maior variabilidade nas amostras de S3. O resultado do ANOSIM ( $R = 0,75$ ,  $p = 0,001$ ) indicou que existem diferenças significativas na estrutura das assembléias entre as três faixas.

Como houve a perda de algumas esferas de gesso no campo, algumas estações não tinham os dados completos (i.e. dados biológicos, sedimentológicos, profundidade e de fluxo relativo). Assim, para a aplicação das análises estatísticas foram utilizadas apenas as estações que possuíam as informações completas das variáveis. Na faixa S1 foram utilizadas 8 estações, na S2 foram utilizadas 12 estações e na S3 um total de 11 estações.

O teste de correlação de Pearson e os valores elevados de VIF mostraram colinearidade entre algumas variáveis ambientais. A fim de diminuir essa multicolinearidade, foram retiradas da análise, tanto para a CCA normal quanto para a parcial, as variáveis areia muito fina e areia muito grossa. No teste de correlação a variável areia muito fina apresentou correlação negativa com as variáveis areia média ( $r = -0,69$ ), areia grossa ( $r = -0,69$ ), areia muito grossa ( $r = -0,61$ ), e grânulo ( $r = -0,54$ ). Já a variável areia muito grossa apresentou uma alta correlação positiva com areia grossa ( $r = 0,86$ ) e grânulo ( $r = 0,92$ ). Com relação aos valores de VIF, quando a análise foi feita com todas as variáveis os valores foram muito elevados (muito acima de 10), e areia muito fina foi a variável que apresentou maior valor. Essa variável foi retirada da análise, contudo, os valores

de VIF continuaram elevados, assim areia muito grossa (variável com maior valor de VIF) também foi retirada da análise. Quando a análise foi refeita os valores de VIF se mantiveram todos abaixo de 10.

Na CCA o *eigenvalue* representa a variância na matriz biológica que é atribuída a um determinado eixo. A variância nos dados de espécies é a porcentagem de variância na matriz biológica que é explicada para cada eixo. A correlação espécies-ambiente é uma medida da associação entre as espécies e as variáveis ambientais, mas a importância da associação é expressa melhor pelos *eigenvalues*, pois estes medem quanto da variação dos dados das espécies é explicada pelo eixo, e assim pelas variáveis ambientais.

Para a CCA, o eixo 1 explicou 18,7% da variância dos táxons (*eigenvalue* 0,473), e o eixo 2 explicou 12,7% (*eigenvalue* 0,321). As variáveis ambientais explicaram 53,88% da variabilidade (que é a soma de todos os *eigenvalues* canônicos multiplicado por 100, dividido pela soma de todos os *eigenvalues*) sendo que 34,7% está relacionada ao eixo 1, e 23,5% ao eixo 2 (Tabela 2). O teste de Monte Carlo foi significativo para o primeiro eixo canônico ( $F = 4,833$ ;  $p = 0,002$ ), e para a soma de todos os eixos canônicos ( $F = 2,727$ ;  $p = 0,002$ ), revelando relações significativas entre os táxons e as variáveis ambientais. Analisando as correlações, as variáveis mais correlacionadas ao eixo 1 foram salinidade Média e Alta, positivamente e negativamente, respectivamente. Já com o eixo 2, salinidade Baixa (positivamente) e Alta (negativamente) apresentaram as maiores correlações. A medida relativa de fluxo (% perda de gesso) não foi a variável mais correlacionada aos dois primeiros eixos da CCA (sétima variável no eixo 1, e quarta no eixo 2 de acordo com os valores de correlação). As estações de cada faixa foram agrupadas pela CCA (Figura 6b). As estações da faixa S1 foram mais relacionadas a salinidade Alta e aos eixos de sedimentos finos, de % de perda de gesso e ao de profundidade, além de haver um maior número de táxons agrupados ao seu redor (Figura 6a). Os táxons mais associados a salinidade Alta foram Anthuridae, Amphipoda (morfortipo 3 e 4), Olividae, Trichobranchidae, Maldanidae, Ampharetidae, Sternaspidae, Sipuncula, Ungulanidae, Lumbrineridae, Polynoidae, Nuculidae,

Cirratulidae, Arcidae e Anfíoxo (Figura 6c). As estações da faixa S2 foram mais associadas a variável salinidade Média, e aos eixos de sedimentos maiores (areia média e grossa, e grânulo). Já os táxons mais associados a salinidade Média foram Capitellidae, Cumacea (morfortipo 1), Nereididae, Ostracoda (morfortipo 1), Spionidae, Solecurtidae, Phyllodocidae, Mytilidae e Tellinidae. A região de baixa salinidade apresentou maior correlação com as estações S3, negativamente associada ao eixo de profundidade, e positivamente a areia fina, e a um número menor de táxons: Glyceridae, Caridae (morfortipo 2), Pilargidae, Paraonidae, Ophelidae, Onuphidae, Orbiniidae, Magelonidae e Goniadidae.

Na CCA parcial, o eixo 1 explicou 10,2% da variância dos táxons (*eigenvalue* 0,181), e o eixo 2 explicou 8% (*eigenvalue* 0,142). As variáveis ambientais explicaram 34,05% da variabilidade, sendo que 30% está relacionada ao eixo 1, e 23,6% ao eixo 2 (Tabela 3). O teste de Monte Carlo também foi significativo para o primeiro eixo canônico ( $F = 2,393$ ;  $p = 0,046$ ) e para a soma de todos os eixos ( $F = 1,549$ ;  $p = 0,006$ ). Na CCA parcial (Figura 7a), com a salinidade como covariável, não foi observado um padrão de agrupamento das estações de cada faixa (Figura 7b), nem dos táxons (Figura 7c). Analisando os coeficientes de correlação, as variáveis mais correlacionadas ao eixo 1 foram sedimento fino, e porcentagem de perda de gesso, e com o eixo 2 foram areia fina e areia média. Assim, para a CCA normal, analisando os coeficientes de correlação, outras variáveis (salinidade) tiveram uma maior relação com a distribuição dos táxons, contudo, na CCA parcial apesar do sedimento ser a principal variável explicando o modelo, o fluxo apresentou uma relação com a distribuição dos táxons.

#### 4. DISCUSSÃO

A assembléia macrobentônica do estuário do Jaguaripe mostrou maior abundância de poliquetas, moluscos e crustáceos em todas as faixas. Estes resultados seguem o padrão da maioria dos sistemas estuarinos ao redor do mundo (Barros et al., 2009). Os resultados mostraram que existem diferenças

nas assembléias bentônicas nas diferentes faixas do gradiente estuarino, com uma diminuição na abundância e no número de táxons a medida que a salinidade diminuiu. Em um trabalho feito por Barros et al. (2009) no estuário do Jaguaripe, foi observado o mesmo padrão, com uma diminuição do número de táxons a montante e, além disso, uma maior abundância nas estações com características marinhas. Um padrão semelhante foi observado por Ysebaert et al. (2003) em um estuário europeu, e por Lu et al. (2008) em um estuário canadense, onde a diversidade e a riqueza também diminuíram a medida que os valores de salinidade declinaram.

Em todas as faixas foi observada uma predominância de sedimentos de tamanho de grão pequenos ( $< 0,25$  mm), com uma predominância de areia muito fina, refletindo o grau de hidrodinamismo do Jaguaripe. As faixas S1 e S3 apresentaram uma distribuição mais homogênea dos sedimentos, sendo a grande parte sedimento fino e areia muito fina. Já a faixa S2 apresentou um sedimento um pouco mais diverso, com alguma representatividade das frações granulométricas maiores. Segundo Gray (1974), sedimentos heterogêneos parecem ter uma maior diversidade do que sedimentos mais homogêneos. Tal fato não foi observado para a faixa S2, mas isso pode estar correlacionado a outros fatores como, por exemplo, a quantidade de matéria orgânica presente no sedimento (Snelgrove e Buttman, 1994).

Os resultados da CCA sugerem que a salinidade é a principal força atuando na distribuição dos táxons no Jaguaripe. Na CCA parcial, onde a salinidade foi inserida como uma covariável, e seu efeito retirado da análise, foi o sedimento que regeu a distribuição dos táxons. De fato, a salinidade é um dos principais parâmetros que controla a distribuição dos organismos dentro de um estuário (Attrill et al., 1996; Lu et al., 2008). Além disso, a distribuição das assembléias macrobentônicas é altamente correlacionada com o tamanho do grão do sedimento, o qual é relacionado com outras variáveis ambientais como a quantidade de nutrientes e o teor de oxigênio disponíveis no sedimento. A composição do sedimento é influenciada pela velocidade da corrente (Gray, 1974), que vai influenciar na velocidade de sedimentação e na força necessária

para suspender as partículas de sedimento (Gray & Elliott, 2009). A perda de gesso, que serviu como uma medida relativa da intensidade de fluxo, mostrou uma relação com a distribuição dos táxons quando a influência da salinidade foi retirada da análise. Dessa maneira, os resultados das análises sugerem que uma parcela da variabilidade na estrutura das assembléias bentônicas, mesmo que pequena, pode ser associada ao fluxo.

De fato, a intensidade do fluxo pode estar associada a alguns aspectos da fauna bentônica. Por exemplo, estudos feitos com uma espécie de Mysidacea exclusivamente estuarina, observaram que esses organismos não conseguiam manter sua posição em fluxos altos (Lawrie et al., 1999), e que durante a maré baixa o organismo se mantinha na coluna de água, mas na maré alta (com uma intensidade de fluxo maior) o organismo se deslocava para o sedimento, muitas vezes se enterrando (Roast et al., 1998). A velocidade do fluxo de água também influenciou as atividades de enterramento de bivalves juvenis em um experimento de laboratório feito por St-Onge & Miron (2007), foi observado um aumento na frequência de enterramento dos bivalves com o aumento da velocidade. Esse comportamento é benéfico para os organismos, pois evita o deslocamento indesejado para outras regiões, evitando assim grandes mudanças na estrutura da assembléia naquela região. Em um estudo realizado por Biles et al. (2003), o fluxo apresentou um efeito significativo no funcionamento do ecossistema (tanto no ambiente natural quanto no tratamento manipulativo). Foi observado que o fluxo pode causar mudanças no comportamento da macrofauna bentônica, promovendo mudanças na atividade bioturbatória desses organismos. O impacto do fluxo no padrão de comportamento dos táxons não foi avaliado neste trabalho, mas algumas considerações podem ser feitas. Os poliquetas tubícolas encontrados no Jaguaripe, como os da família Capitellidae, Onuphidae, e Maldanidae, ou os que vivem enterrados, como os da família Glyceridae, Nereididae, Orbiniidae, e Lumbrineridae (que também pode ser tubícola) irão sofrer um menor impacto do fluxo com relação ao deslocamento. Já os organismos que vivem na superfície do sedimento, como os da família Pilargidae e Ophelidae, podem ser deslocados mais facilmente. Além disso, o fluxo pode afetar as interações presa-predador (Hart & Finelli, 1999), alterando as taxas de encontro entre presa e predador, por

exemplo, quando o organismo sai da coluna de água e se enterra no sedimento devido a intensidade da corrente.

O fluxo pode exercer uma influência na variabilidade espacial e temporal no transporte de partículas, dessa maneira pode afetar diretamente a alimentação e crescimento de animais que se alimentam de partículas em suspensão (Leitcher & Witman, 1997). Em um estudo feito por Denis et al. (2007), foi observado que uma espécie de poliqueta, *Lanice conchilega* (Terebellidea), mudava seu modo de alimentação (de filtrador ativo para passivo) quando o fluxo alcançava certa velocidade. Como o fluxo já está produzindo uma circulação ao redor do organismo não há necessidade de gerar um gasto energético para produzir um fluxo ao redor das suas estruturas alimentares. Organismos com essa capacidade, por exemplo, como os da família Spionidae (muito abundantes na faixa S2), que podem se alimentar de partículas em suspensão na coluna de água, ou de detritos no sedimento, a depender das condições hidrodinâmicas (Taghon et al., 1980; Taghon & Greene, 1992; Bock & Miller, 1996), apresentam uma vantagem sobre outros táxons que não possuem tal plasticidade.

Segundo Ysebaert et al. (2003), a ecologia trófica fornece uma abordagem funcional para ajudar a entender as complexas mudanças na comunidade que podem ocorrer ao longo de um gradiente estuarino. Assim, em teoria, para os animais que se alimentam de partículas em suspensão, principalmente os passivos, um fluxo maior pode ser benéfico, visto que traz uma quantidade maior de partículas alimentares. Já para os animais que se alimentam de detritos ou depósito, um fluxo menor é preferível para permitir o assentamento de partículas alimentares no sedimento. Com isso, a expectativa é que áreas de maior fluxo possuam uma maior quantidade de animais que se alimentem de partículas em suspensão, enquanto que áreas com um fluxo pequeno possuam mais animais que se alimentem de detritos ou depósitos. De acordo com Pratt (2008), o efeito da velocidade do fluxo na captura de alimento pelos organismos possui uma elevada importância visto que a aquisição de energia é um processo essencial para realizar a maioria dos processos vitais.

Analisando o gráfico da CCA parcial, que apresentou uma maior relação com o fluxo, seria esperado que os táxons que se alimentam de detrito ou depósito (Anexo 5) estivessem mais restritos a parte esquerda superior do gráfico, que seria uma área de menor fluxo. Contudo, os táxons detritívoros e depositívoros estão distribuídos por todo o estuário, não sendo possível observar qualquer padrão. Como o sistema estuarino é um ambiente altamente produtivo e não possui restrição de partículas alimentares (matéria orgânica e detritos) a relação do fluxo e os modos alimentares dos táxons não parece ser um padrão aplicável neste ambiente. Além disso, talvez essa relação seja mais clara em ambientes que possuam uma variabilidade maior de fluxo.

No Jaguaripe, foi observado que entre as diferentes faixas houve uma diferença clara entre as assembléias. Essa variação, de acordo com os resultados, parece estar associada a variação de salinidade. Se o fluxo tivesse uma influência forte nessa distribuição e tal fato estivesse sendo mascarado pela influência da salinidade, seria esperado que na CCA parcial o padrão de agrupamento dos táxons fosse mantido e o fluxo fosse a variável que mais explicasse a distribuição da fauna. Contudo, isso não foi observado, e pode ser atribuído a dois fatores principais. Um deles é que a perda de gesso não foi um bom método para medir a intensidade de fluxo, seja pelo pequeno número de esferas restantes ou simplesmente por não refletir adequadamente o fluxo. Todavia, diversos trabalhos corroboram a aplicabilidade desse método. Outro fator poderia ser atribuível a importância do fluxo no ambiente estuarino. A maioria dos trabalhos realizados, corroborando a importância do fluxo nos organismos bentônicos, foi feita em ambientes marinhos ou dulcícolas, que são ambientes que possuem uma dinâmica diferente dos estuários, ou foram feitos em laboratório, onde é possível controlar a variabilidade do meio. Nos estuários existe uma grande variabilidade do sistema, e assim pode ser que o fluxo tenha uma parcela de importância menor na distribuição e no comportamento alimentar dos táxons, ou que essa influência se dê de maneira indireta através da correlação com outras variáveis (por exemplo, composição do sedimento ou distribuição de matéria orgânica) ou influencie aspectos como taxas de crescimento, reprodução, e assentamento larval que não foram investigados no

presente trabalho. Uma consideração a ser feita é que a classificação dos táxons deve ser feita preferivelmente ao nível de espécie, pois dentro de cada nível taxonômico podem haver espécies com diferentes características, modos alimentares e comportamentos. Todavia, não foram identificados muitos morfotipos diferentes dentro de cada táxon no estuário do Jaguaripe, conseqüentemente não prejudicando a interpretação dos dados.

Apesar dos problemas metodológicos (i.e. perda das esferas de gesso), e da medida relativa de fluxo não ter sido a variável mais importante nos modelos, a metodologia da dissolução de gesso parece um método eficiente para medir o fluxo relativo de água. Entretanto, possui algumas ressalvas, uma delas é o efeito da variação de salinidade e temperatura na taxa de dissolução do gesso. Em um trabalho realizado por Jokiel & Morrissey (1993), foi observado que a perda de peso dos objetos de gesso aumentava com o aumento da temperatura. Além disso, foi observado que os objetos se dissolviam em uma menor proporção em água doce, onde a taxa de dissolução pareceu aumentar com o aumento de salinidade de 0 a 15, contudo acima de 15 a taxa de dissolução diminui com o aumento de salinidade. De acordo com Thompson & Glenn (1994), a água doce produz taxas de dissolução menores do que a água salobra ou salgada em uma dada temperatura, entretanto, quando a salinidade está entre 20 e 40, a solubilidade não é muito afetada. Essa relação não linear (aumento de salinidade não significa aumento de dissolução) pode estar relacionada a solubilidade do gesso na água. Dessa maneira, a taxa de dissolução do gesso além de variar com a intensidade do fluxo vai variar com a salinidade e a temperatura da água. Além disso, segundo Porter et al. (2000) a dissolução vai depender do tipo de fluxo do ambiente (ambiente dominado pela velocidade do fluxo constante ou dominado pela flutuação), assim recomendam uma rigorosa calibração do método para que possa ser usado apropriadamente. Contudo, segundo Angradi & Hood (1998) nem sempre um modelo de calibração é necessário, e irá depender dos objetivos do estudo e da variabilidade entre os tratamentos. Para Jokiel & Morrissey (1993) o método de dissolução do gesso parece ser uma ótima maneira para determinar um índice relativo de movimento da água nos casos onde todas as medidas são conduzidas simultaneamente na

mesma temperatura e salinidade. Como neste trabalho os dados de perda de massa das esferas foram comparados dentro de cada faixa de salinidade, onde não há uma variação grande na salinidade e temperatura da água, o efeito dessas duas variáveis de confusão foi reduzido. Assim, na teoria, pensando em variação de salinidade, era esperado (i) que a perda de massa das esferas em S3 fosse menor que nas outras faixas, (ii) que em S2 a perda de massa fosse maior que em S3, (iii) e que em S1 a perda de massa sofresse uma leve diminuição comparada a S2. Os resultados encontrados diferiram dos resultados esperados, na faixa S1 houve uma maior perda de massa que em S2. Essa discrepância dos resultados pode ser atribuída a uma maior intensidade do fluxo de água na região a jusante do estuário (faixa S1). Os resultados da CCA normal corroboram essa idéia, pois o eixo de perda de gesso está mais associado positivamente ao eixo de salinidade alta, além do eixo de sedimento fino e profundidade, indicando maior perda de gesso em áreas salinas de profundidades maiores com sedimento fino. Já na CCA parcial a perda de gesso está mais associada ao eixo de sedimento fino, indicando também uma maior perda de gesso em locais de sedimentos finos. Apesar da aparente contradição, visto que sedimentos finos geralmente estão associados a regiões de baixo hidrodinamismo, existem duas explicações plausíveis para tal fato. De acordo com Gray & Elliott (2009), sedimentos muito finos ou que apresentem uma composição mista podem se compactar mais firmemente. Assim, se torna mais difícil para o fluxo de água suspender as partículas. Partículas de 0,18 mm de diâmetro são as mais fáceis de mover, partículas maiores são difíceis de suspender e transportar, pois são mais densas, enquanto partículas menores que 0,18 mm se compactam e são mais difíceis de sofrer suspensão (Gray & Elliott, 2009). Assim, é esperado que um sedimento composto amplamente por partículas < 0,18 mm seja mais estável (desde que o sedimento ocorra em locais onde possua baixa ação de ondas). Além disso, com o aumento da porcentagem de lama o sedimento se torna mais coesivo e estável, necessitando de uma força maior para ser suspenso. Outra possibilidade seria que esse padrão pode refletir um grau de importância maior do fluxo proveniente da foz do rio ao invés do fluxo da maré, em determinados períodos, para a deposição do sedimento. Por exemplo, em épocas de cheias severas do rio, o fluxo de água doce segue

com uma intensidade muito forte em direção ao mar, perdendo força no caminho, assim sedimentos mais finos seriam depositados na região a jusante.

Além da alta variabilidade e estresse natural que ocorre nos estuários, existe ainda uma grande exposição desses ambientes a estresses causados devido a diversas atividades humanas. Segundo Edgar et al. (2000) poucos estuários em regiões tropicais e subtropicais existem em condições próximas ao seu estado natural. A alteração física do habitat através da construção de estaleiros e barragens, ou da realização de dragagens, pode criar um problema no ambiente estuarino. Por exemplo, a redução do fluxo de água doce abaixo do normal pode expor os organismos a níveis mais altos de salinidade do que geralmente eles encontram, resultando no desaparecimento dos organismos intolerantes ao aumento de salinidade e alterando a estrutura da comunidade (Attrill et al., 1996). No Jaguaripe a salinidade aparentemente foi a principal variável determinando essa distribuição. Com isso, a construção de uma barragem, que possivelmente causaria uma redução do fluxo de água doce no estuário, poderia levar a uma mudança drástica na estrutura das assembléias. Assim, por exemplo, organismos que habitam regiões mais internas (i.e. S3) do estuário do Rio Jaguaripe, podem não tolerar níveis mais altos de salinidade, levando a mortandade e uma possível substituição de organismos nessa região. Além disso, a dragagem e descarte de material dragado dentro do sistema estuarino podem causar assoreamento do leito do estuário podendo mudar a composição do sedimento e a configuração do fluxo de água dentro do ambiente, afetando assim, a estrutura da fauna bentônica. Se a configuração do fluxo é alterada de tal modo que áreas que antes tinham um fluxo pequeno passam a ter um fluxo mais acentuado, pode causar uma depleção na quantidade de matéria orgânica depositada no sedimento. Isso pode gerar uma diminuição dos táxons que se alimentam de detrito (e.g. Paraonidade), e dos seus predadores, ou ainda favorecer ao estabelecimento de táxons que antes não eram dominantes dentro da faixa devido a interações biológicas (e.g. competição) com esses indivíduos. Isso corrobora ainda mais a importância de manter a intensidade do fluxo de água, seja o fluxo dulcícola, seja o fluxo da

maré, inalterado ou pelo menos próximo do seu estado natural, dentro dos sistemas estuarinos.

## **5. CONCLUSÕES**

O fluxo não exerceu uma influência mais importante do que salinidade e granulometria nas assembléias bentônicas no estuário do Rio Jaguaripe. Todavia, essa variável está correlacionada a fatores ambientais como a composição do sedimento e a distribuição de partículas alimentares exercendo assim, uma influência na distribuição dos táxons, mesmo que indiretamente. O método da dissolução de gesso é um método eficaz, e de custo muito baixo, para avaliar o fluxo relativo de água no ambiente. Entretanto, no presente trabalho os resultados de perda de gesso não identificaram diferenças marcantes dentro de diferentes faixas de salinidade. Tal fato pode estar simplesmente indicando uma pequena variabilidade do fluxo nas transecções avaliadas ou talvez seja necessário um maior número de réplicas por ponto. A expectativa era de que dentro de cada faixa existisse uma maior variabilidade de profundidades e assim de velocidade de fluxo, mas isso não foi observado. Ainda assim, o fluxo se mostrou uma variável importante dentro do sistema estuarino corroborando estudos anteriores que mostraram que essa variável é de central importância para os organismos bentônicos. Dessa maneira, para corroborar os resultados encontrados e estabelecer um padrão geral da relação do fluxo com as assembléias bentônicas estuarinas é necessário que estuários que apresentem uma morfologia transversal (i.e. em transecções perpendiculares ao fluxo) mais variada sejam investigados, abordando características diversas (e.g. reprodução, assentamento larval e comportamento de diferentes espécies, além da estrutura das assembléias) da fauna bentônica estuarina.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Amaral, A.C.Z., Rizzo, A.E., Arruda, E.P., 2005 Manual de identificação dos invertebrados marinhos da região Sudeste Sul do Brasil. Editora da Universidade de São Paulo (EDUSP), São Paulo, 288pp.

Anderson, M.J., 2008. Animal-sediment relationships re-visited: Characterising species' distributions along an environmental gradient using canonical analysis and quantile regression splines. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 366, 16-27.

Angradi, T., Hood, R., 1998. An application of the plaster dissolution method for quantifying water velocity in the shallow hyporheic zone of an Appalachian stream system. *Freshwater Biology*, 39, 301-315.

Arsenault, D.J., Girard, P., Himmelman, J.H., 1997. Field evaluation of the effects of refuge use and current velocity on the growth of juvenile iceland scallops, *Chlamys islandica* (O.F. Miiller, 1776). *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 217, 31-45.

Attrill, M.J., Rundle, S.D., Thomas, R.M., 1996. The influence of drought-induced low freshwater flow on an upper-estuarine macroinvertebrate community. *Water Research*, 30, 261-268.

Barros, F., Hatje, V., Figueiredo, M.B., Magalhães, W.F., Dórea, H.S., Emýdio, E.S., 2008. The structure of the benthic macrofaunal assemblages and sediments characteristics of the Paraguaçu estuarine system, NE, Brazil. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 78, 753-762.

Barros, F., Cruz, I.C.S., Kikuchi, R.K.P., Leão, Z. M.A.N., 2009. Ambiente bentônico. In: Hatje, V., Andrade J.B. (Eds.). *Baía de Todos os Santos: Aspectos oceanográficos*. EDUFBA, pp207-241.

Bazairi, H., Bayed, A., Glémarec, M., Hily, C., 2003. Spatial organization of macrozoobenthic communities in response to environmental factors in a coastal lagoon of the NW African coast (Merja Zerga, Morocco). *Oceanologica Acta*, 26, 457–471.

Beesley, P.L., Ross, G.J.B., Glasby, C.J., 2000. Polychaetes & Allies: The southern synthesis. *Fauna of Australia. Polychaeta, Myzostomida, Pogonophora, Echiura, Sipuncula*. CSIRO, Publishing Melbourne, 465pp.

Biles, C.L., Solan, M., Isaksson, I., Paterson, D.M., Emes, C., Raffaelli, D.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, 165-177.

Bittencourt, A.C.S.P., Lessa, G.C., Dominguez, J.M.L., Martin, L., Vilas-Boas, G.S., Farias, F.F., 2001. High and low frequency erosive and constructive cycles in estuarine beaches: an example from Garcez Point, Bahia / Brazil. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 73, 599-610.

Blanchet, H., Montaudouin, X., Chardy, P., Bachelet, G., 2005. Structuring factors and recent changes in subtidal macrozoobenthic communities of a coastal lagoon, Arcachon Bay (France). *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 64, 561-576.

Bock, M. J., Miller, D.C., 1996. Fluid flow and suspended particulates as determinants of polychaete feeding behavior. *Journal of Marine Research*, 54, 565-588.

Buckup, L., Bond-Buckup, G., 1999. Os crustáceos do Rio Grande do Sul. Ed. Universidade/UFRGS, Porto Alegre, 503pp.

Carrington, E., Moeser, G.M., Thompson, S.B., Coutts, L.C., Craig, C.A., 2008. Mussel attachment on rocky shores: the effect of flow on byssus production. *Integrative and Comparative Biology*, 48, 801-807.

Cirano, M., Lessa, G.C., 2007. Oceanographic characteristics of Baía de Todos os Santos. *Revista Brasileira de Geofísica*, 25, 363-387.

Commito, J.A., Thrush, S.F., Pridmore, R.D., Hewitt, J.E., Cummings, V.J., 1995. Dispersal dynamics in a wind-driven benthic system. *Limnology Oceanography*, 40, 1513-1518.

Cortelezzi, A., Capítulo, A.R., Boccardi, L., Arocena, R., 2007. Benthic assemblages of a temperate estuarine system in South America: Transition from a freshwater to an estuarine zone. *Journal of Marine Systems*, 68, 569-580.

CRA, 2004. Diagnóstico do grau de contaminação da Baía de Todos os Santos por metais pesados e hidrocarbonetos de petróleo a partir da análise das suas concentrações nos sedimentos de fundo e biota associada. CRA, Bahia, Brasil, 366pp.

Cummings, V.J., Thrush, S.F., Hewitt, J.E., Turner, S.J., 1998. The influence of the pinnid bivalve *Atrina zelandica* (Gray) on benthic macroinvertebrate communities in soft sediment habitats. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 228, 227-240.

Denis, L., Desroy, N., Ropert, M., 2007. Ambient flow velocity and resulting clearance rates of the terebellid polychaete *Lanice conchilega* (Pallas, 1766). *Journal of Sea Research*, 58, 209-219.

Eckman, J.E., Duggins, D.O., 1993. Effects of flow speed on growth of benthic suspension feeders. *Biology Bulletin*, 185, 28-41.

Edgar, G.J., Barrett, N.S., Graddon, D.J., Last, P.R., 2000. The conservation significance of estuaries: a classification of Tasmanian estuaries using ecological, physical and demographic attributes as a case study. *Biological Conservation*, 92, 383-397.

Ellingsen, K.E., 2002. Soft-sediment benthic biodiversity on the continental shelf in relation to environmental variability. *Marine Ecology Progress Series*, 232, 15-27.

Elliott, M., McLusky, D.S., 2002. The need for definitions in understanding estuaries. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 55, 815–827.

Elliott, M., Quintino V., 2007. The Estuarine Quality Paradox, Environmental Homeostasis and the difficulty of detecting anthropogenic stress in naturally stressed areas. *Marine Pollution Bulletin*, 54, 640-645.

Falter, J.L., Atkinson, M., Coimbra, C.F.M., 2005. Effects of surface roughness and oscillatory flow on the dissolution of plaster forms: evidence for nutrient mass transfer to coral reef communities. *Limnology and Oceanography*, 50, 246-254.

Fauchald, K., Jumars, P.A., 1979. The diet of worms: a study of polychaete feeding guilds. *Oceanography and Marine Biology: An Annual Review*, 17, 193-284.

Friedrichs, M., Graf, G., 2009. Characteristic flow patterns generated by macrozoobenthic structures. *Journal of Marine Systems*, 75, 348-359.

Fujii, T., 2007. Spatial patterns of benthic macrofauna in relation to environmental variables in an intertidal habitat in the Humber estuary, UK: developing a tool for estuarine shoreline management. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 75, 101-119.

Gaston, G.R., Rakocinski, C.F., Brown, S.S., Cleveland, C.M., 1998. Trophic function in estuaries: response of macrobenthos to natural and contaminant gradients. *Marine Freshwater Research*, 49, 833-846.

Gaudêncio, M.J., Cabral, H.N., 2007. Trophic structure of macrobenthos in the Tagus estuary and adjacent coastal shelf. *Hydrobiologia*, 587, 241-251.

Guichard, F., Bourget, E., 1998. Topographic heterogeneity, hydrodynamics, and benthic community structure: a scale-dependent cascade. *Marine Ecology Progress Series*, 171, 59-70.

Gray, J.S., 1974. Animal-sediment relationships. *Oceanography and Marine Biology: an Annual Review*, 12, 223-261.

Gray, J.S., Elliott, M., 2009. *Ecology of Marine sediments - From science to management*. Oxford University Press, Second edition, 225pp.

Gribben, P.E., Wright, J.T., O'Connor, W.A., Doblin, M.A., Eyre, B., Steinberg, P.D., 2009. Reduced performance of native infauna following recruitment to a habitat-forming invasive marine alga. *Oecologia*, 58, 733-745.

Grizzle, R.E., Langan, R., Howell, W.H., 1992. Growth responses of suspension-feeding bivalve molluscs to changes in water flow: differences between siphonate and nonsiphonate taxa. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 162, 213-228.

Hart, D.D., Finelli, C.M., 1999. Physical-biological coupling in streams: The pervasive effects of flow on benthic organisms. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, 30, 363-395.

Hart, A.M., Lasi, F.E., Glenn, E.P., 2002. SLODS™: slow dissolving standards for water flow measurements. *Aquacultural Engineering*, 25, 239-252.

Hatje, V., Barros, F., Figueiredo, D.G., Santos, V.L.C.S., Peso-Aguiar, M.C., 2006. Trace metal contamination and benthic assemblages in Subaé estuarine system, Brazil. *Marine Pollution Bulletin*, 52, 969-987.

Jokiel, P.L., Morrissey, J.I., 1993. Water motion on coral reefs: evaluation of the 'clod card' technique. *Marine Ecology Progress Series*, 93, 175-181.

Kanaya, G., Kikuchi, E., 2008. Spatial changes in a macrozoobenthic community along environmental gradients in a shallow brackish lagoon facing Sendai Bay, Japan. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 78, 674-684.

Kennish, M.J., 2002. Environmental threats and environmental future of estuaries. *Environmental Conservation*, 29, 78–107.

Lawrie, S.M., Speirs, D.C., Raffaelli, D.G., Gumeay, W.S.C., Paterson, D.M., Ford, R., 1999. The swimming behavior and distribution of *Neomysis integer* in relation to tidal flow. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 242, 95–106.

Leichter, J.J., Witman, J.D., 1997. Water flow over subtidal rock walls: relation to distributions and growth rates of sessile suspension feeders in the Gulf of Maine – Water flow and growth rates. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 209, 293-307.

Lu, L., 2005. The relationship between soft-bottom macrobenthic communities and environmental variables in Singaporean waters. *Marine Pollution Bulletin*, 51, 1034-1040.

Lu, L., Grant, J., Barrell, J., 2008. Macrofaunal spatial patterns in relationship to environmental variables in the Richibucto Estuary, New Brunswick, Canada. *Estuaries and Coasts*, 31, 994-1005.

Magalhães, W., Barros, F., 2011. Structural and functional approaches to describe polychaete assemblages: ecological implications for estuarine ecosystems. *Marine & Freshwater Research*, no prelo.

Martino, E.J., Able, K.W., 2003. Fish assemblages across the marine to low salinity transition zone of a temperate estuary. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 56, 969–987.

Melo, G.A.S., 1999. Manual de identificação dos Crustacea Decapoda do litoral brasileiro: Anomura, Thalassinidea, Palinuridea, Astacidea. Editora Plêiade, São Paulo, Fapesp, 551pp.

Miller, D.C., Bock, M.J., Turner, E.J., 1992. Deposit and suspension feeding in oscillatory flows and sediment fluxes. *Journal of Marine Research*, 50, 489-520.

Nanami, A., Saito, H., Akita, T., Motomatsu, K., Kuwahara, H., 2005. Spatial distribution and assemblage structure of macrobenthic invertebrates in a brackish lake in relation to environmental variables. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 63, 167-176.

Pratt, M.C., 2008. Living where the flow is right: how flow affects feeding in bryozoans. *Integrative and Comparative Biology*, 48, 808-822.

Porter, E.T., Lawrence, P.S., Suttles, S.E., 2000. Gypsum dissolution is not a universal integrator of 'water motion'. *Limnology and Oceanography*, 45, 145-158.

Rios, E.C., 1994. Seashells of Brazil. Rio Grande, Universidade/FURG, Second edition, 492pp.

Roast, S.D., Widdows, J., Jones, M.B., 1998. The position maintenance behavior of *Neomysis integer* (Peracarida: Mysidacea) in response to current velocity, substratum and salinity. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 220, 25-45.

Rosa-Filho, J.S., Bemvenuti, C.E., Elliott, M., 2004. Predicting biological parameters of estuarine benthic communities using models based on environmental data. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, 47, 613-627.

Silva, G., Costa, J.L., Almeida, P.R., Costa, M.J., 2006. Structure and dynamics of a benthic invertebrate community in an intertidal area of the Tagus estuary, western Portugal: a six year data series. *Hydrobiologia*, 555, 115-128.

Snelgrove, P.V.R., Butman, C.A., 1994. Animal-sediment relationships revisited: cause versus effect. *Oceanography and Marine Biology: an Annual Review*, 32, 111-177.

Sobral, P., Widdows, J., 2000. Effects of increasing current velocity, turbidity and particle size selection on the feeding activity and scope for growth of *Ruditapes decussatus* from Ria Formosa, Southern Portugal. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 245, 111-125.

St-Onge, P., Miron, G., 2007. Effects of current speed, shell length and type of sediment on the erosion and transport of juvenile softshell clams (*Mya arenaria*). *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 349, 12-26.

Taghon, G.L., Greene, R.R., 1992. Utilization of deposited and suspended particulate matter by benthic "interface" feeders. *Limnology and Oceanography*, 37, 1370-1391.

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.

ter Braak, C.J.F., 1986. Canonical Correspondence Analysis: a new eigenvector technique for multivariate direct gradient analysis. *Ecology*, 5, 1167-1179.

Thompson, T.L., Glenn, E.P., 1994. Plaster standards to measure water motion. *Limnology and Oceanography*, 39, 1768-1779.

Zuur, A.F., Ieno, E.N., Elphick, C.S. 2010. A protocol for data exploration to avoid common statistical problems, *Methods in Ecology & Evolution*, 1, 3-14.

Yokoyama, H., Inoue, M., Abo, K., 2004. Estimation of the assimilative capacity of fish-farm environments based on the current velocity measured by plaster balls. *Aquaculture*, 240, 233-247.

Ysebaert, T., Herman, P.M.J., Meire, P., Craeymeersch, J., Verbeek, H., Heip, C.H.R., 2003. Large-scale spatial patterns in estuaries: estuarine macrobenthic communities in the Schelde estuary, NW Europe. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 57, 335-355.

Tabela 1. Porcentagem da contribuição de cada fração granulométrica nas diferentes faixas.

	% Sedimento fino	% Areia muito fina	% Areia fina	% Areia média	% Areia grossa	% Areia muito grossa	%Grânulo
S1	29,06	37,87	23,06	6,62	2,17	0,69	0,53
S2	7,26	27,77	25,87	19,34	11,43	4,62	3,71
S3	11,86	49,97	24,91	8,33	2,86	1,14	0,93

Tabela 2. Resumos das estatísticas da CCA e correlações *interseset* das variáveis ambientais com os primeiros dois eixos.

	Eixo 1	Eixo 2
<i>Eigenvalues</i>	0,473	0,321
Correlação táxons-ambiente	0,979	0,927
<b>Variância cumulativa (%)</b>		
explicada pelos dados dos táxons	18,7	31,4
explicada pela relação táxons-ambiente	34,7	58,2
Soma de todos os <i>eigenvalues</i>		2,528
Soma de todos os <i>eigenvalues</i> canônicos		1,362
<b>Correlações <i>interseset</i></b>		
Perda de gesso	-0,4074	-0,5241
Profundidade	0,0262	-0,5269
Sedimento fino	-0,7270	-0,4376
Areia fina	0,2368	0,4570
Areia média	0,5940	0,0870
Areia grossa	0,6048	0,0133
Grânulo	0,4720	0,1236
Salinidade Baixa	-0,2239	0,8499
Salinidade Média	0,9640	-0,0819
Salinidade Alta	-0,7329	-0,5600

Tabela 3. Resumos das estatísticas da CCA parcial e correlações *interset* das variáveis ambientais com os primeiros dois eixos.

	Eixo 1	Eixo 2
<i>Eigenvalues</i>	0,181	0,142
Correlação táxons-ambiente	0,833	0,86
<b>Variância cumulativa (%)</b>		
explicada pelos dados dos táxons	10,2	8
explicada pela relação táxons-ambiente	30	23,6
Soma de todos os <i>eigenvalues</i>		1,768
Soma de todos os <i>eigenvalues</i> canônicos		0,602
<b>Correlações <i>interset</i></b>		
Perda de gesso	0,4087	-0,3554
Profundidade	-0,1717	0,2427
Sedimento fino	0,6325	-0,3697
Areia fina	-0,1392	0,5569
Areia média	0,2020	0,5436
Areia grossa	0,1172	0,2075
Grânulo	0,1219	0,1622

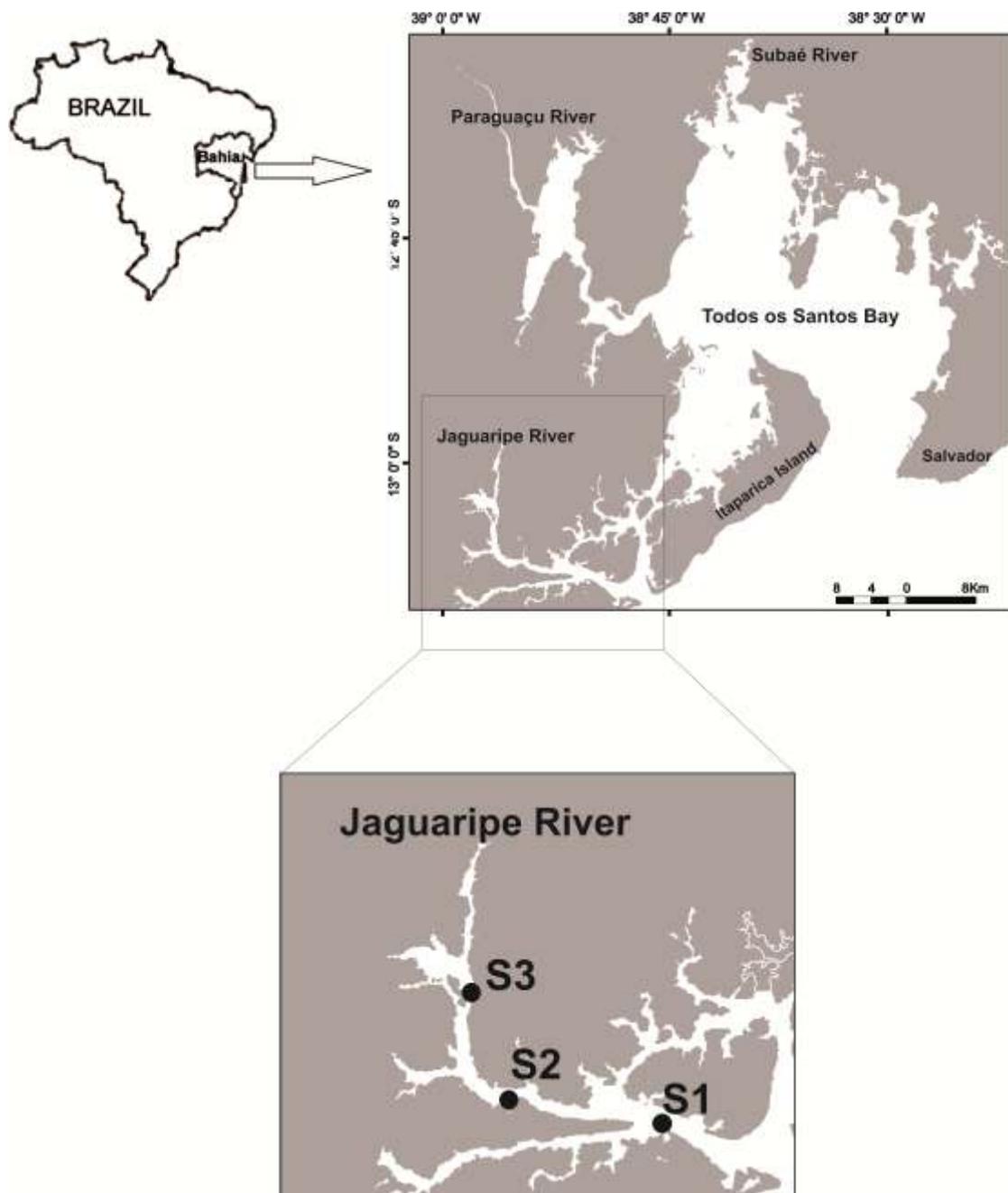


Figura 1. Esquema da localização das transecções no Estuário do Jaguaripe.

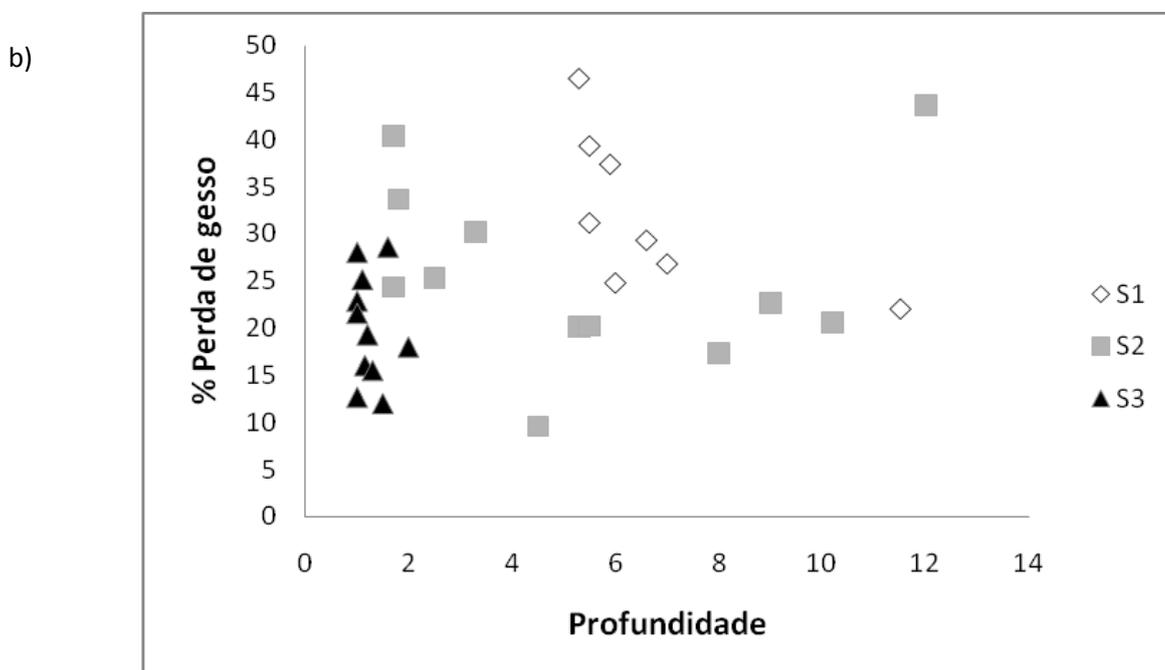
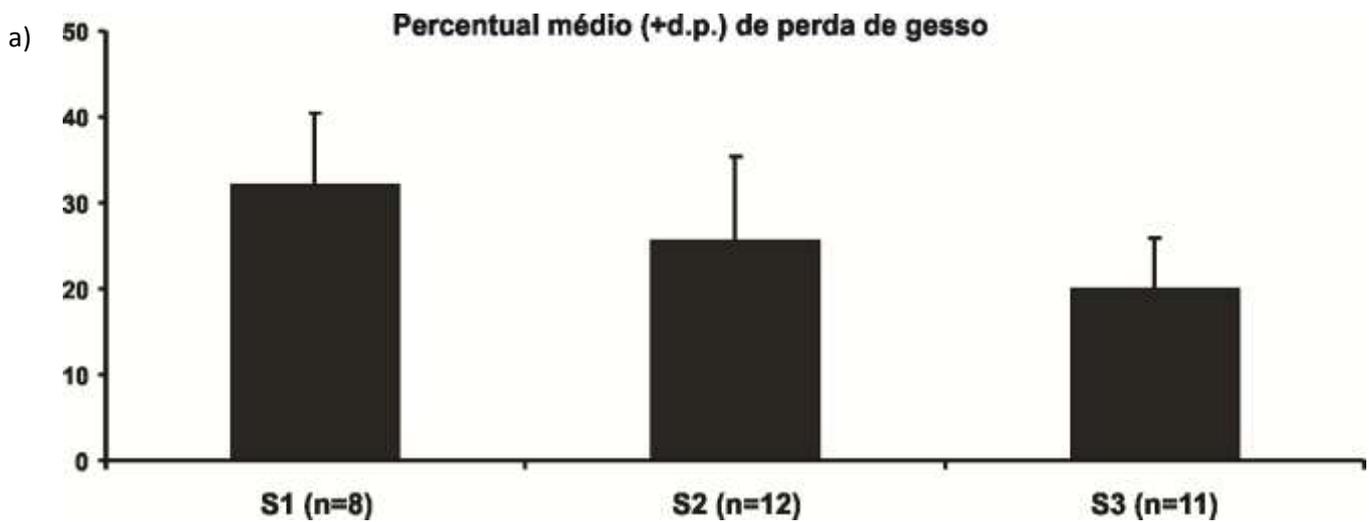
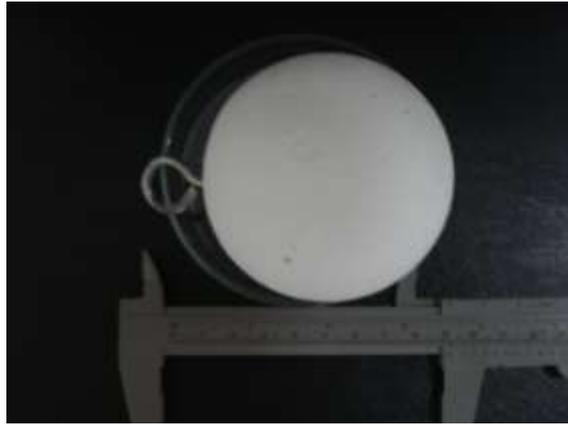


Figura 2. Média ( $\pm$ dp) da porcentagem de perda de gesso nas diferentes faixas de salinidade (a), e porcentagem de perda de gesso por profundidade em cada estação nas diferentes faixas de salinidade (b).

a)



b)



c)



d)

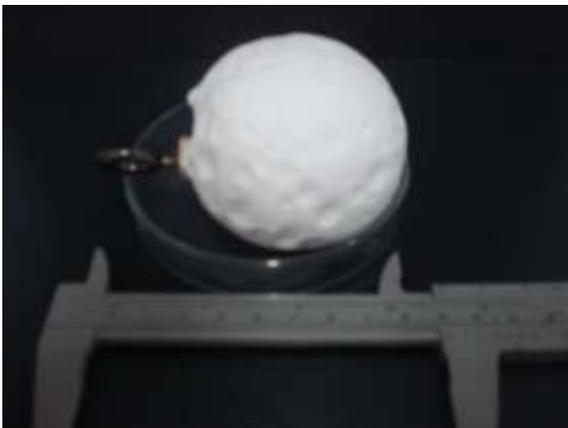


Figura 3. Esferas de gesso antes da submersão (a), e após 24h de submersão nas faixas S1 (b), S2 (c), e S3 (d).

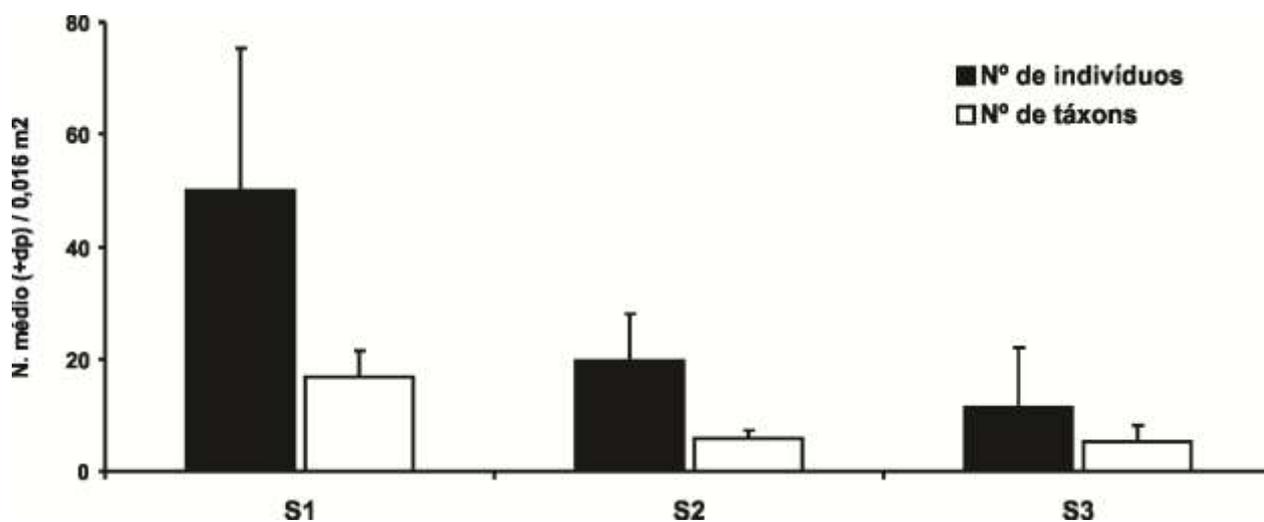


Figura 4. Média ( $\pm dp$ ) do número de indivíduos e de táxons por faixa de salinidade.

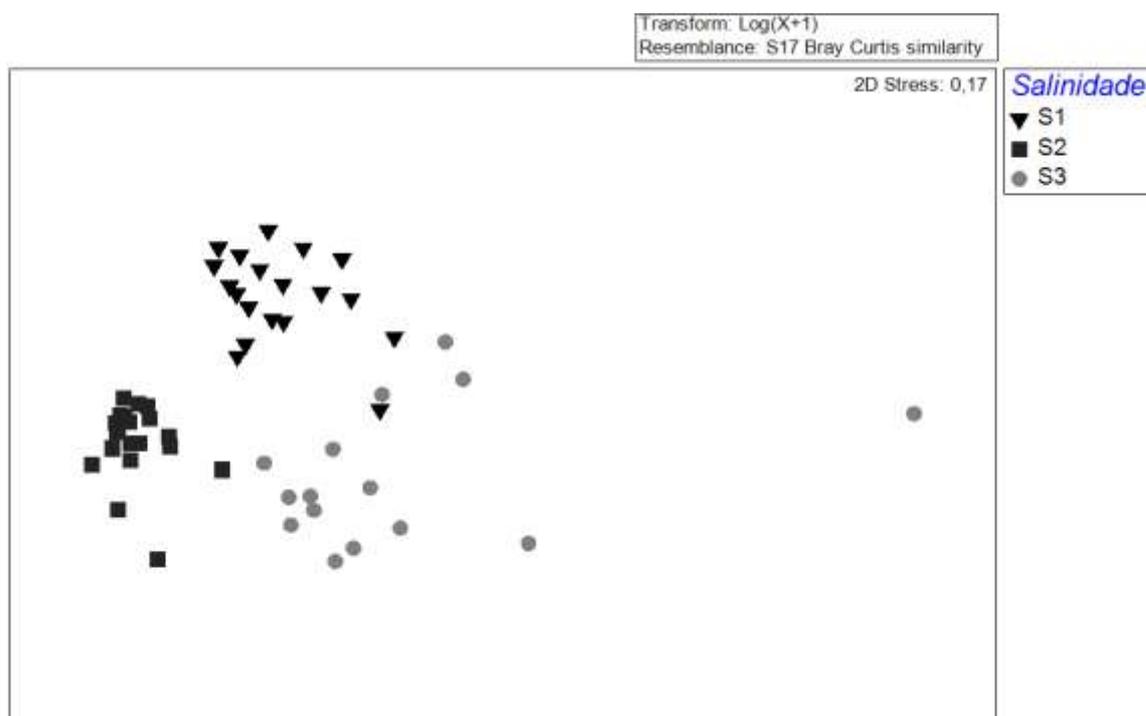
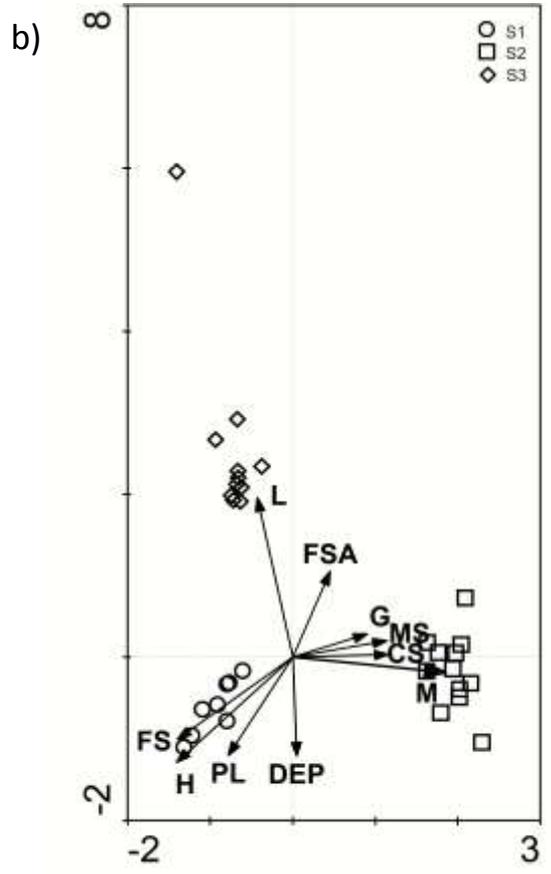
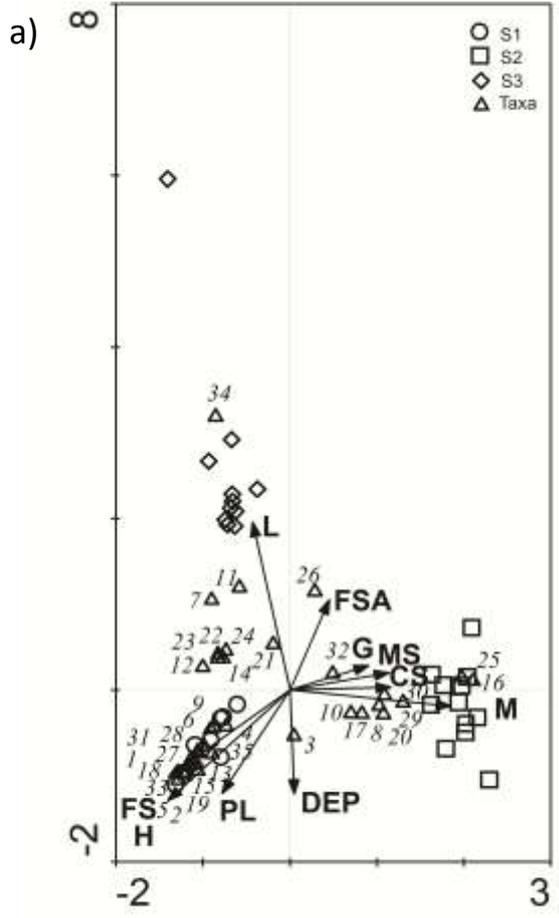


Figura 5. Matriz de ordenamento do nMDS para as faixas de salinidade (*stress* 0,17).



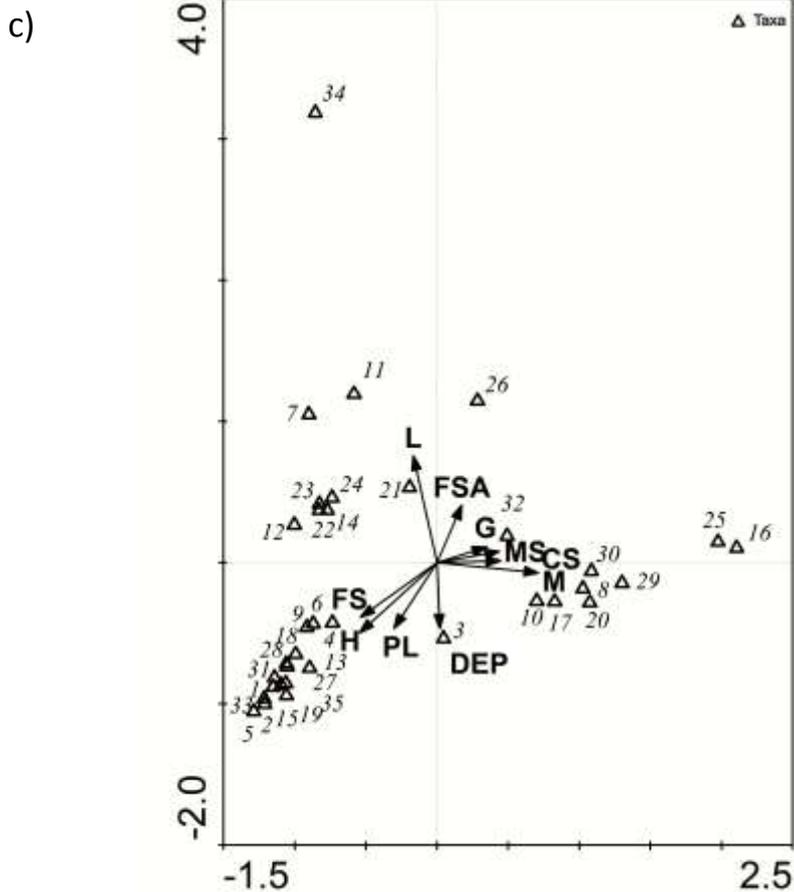
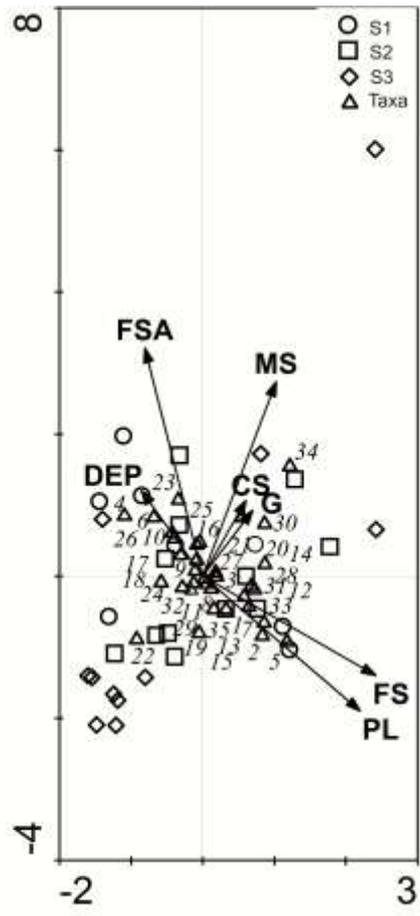
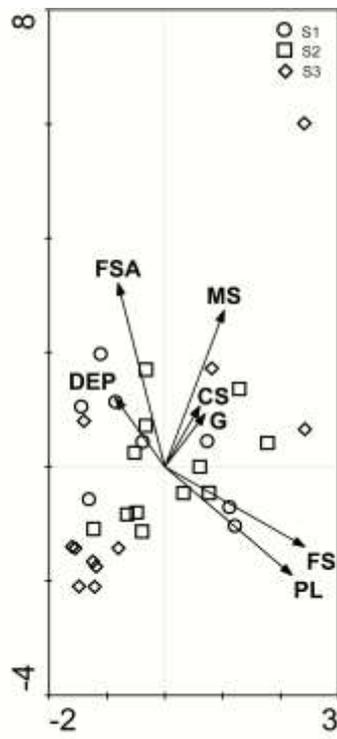


Figura 6. Triplot da CCA das variáveis ambientais com as estações e os táxons (a); gráfico da CCA apenas com as estações agrupadas (b), e apenas com os táxons e as variáveis ambientais (c), para uma melhor visualização. Legenda Vetores – Alta: Salinidade Alta; Média: Salinidade Média; Baixa: Salinidade Baixa; Prof: Profundidade; PG: Perda de gesso; SF: Sedimento Fino; AF: Areia Fina; AM: Areia Média; AG: Areia Grossa; G: Grânulo. Legenda Táxons – Amp: Ampharetidae; Amphtre: Amphipoda Morfotipo 3; Ampqua: Amphipoda Morfotipo 4; Anfx: Anfioxo; Anth: Anthuridae; Arc: Arcidae; CarDoi: Caridae Morfotipo 2; Cap: Capitelidae; Cir: Cirratulidae; Cumum: Cumacea Morfotipo 1; Gly: Glyceridae; Gon: Goniadidae; Lum: Lumbrineridae; Mag: Magelonidae; Mal: Maldanidae; Myti: Mytilidae; Ner: Nereididae; Nuc: Nuculidae; Oliv: Olividae; Onu: Onuphidae; Orb: Orbiniidae; Oph: Ophelidae; Ostrum: Ostracoda Morfotipo 1; Par: Paraonidae; Phy: Phylodocidae; Pil: Pilargidae; Pol: Polynoidae; Ppum: Pseudo Poliqueta 1; Sipu: Sipuncula; Sole: Solecurtidae; Spio: Spionidae; Ster: Sternaspidae; Tell: Tellinidae; Trich: Trichobranchidae; Ung: Ungulinidae.

a)



b)



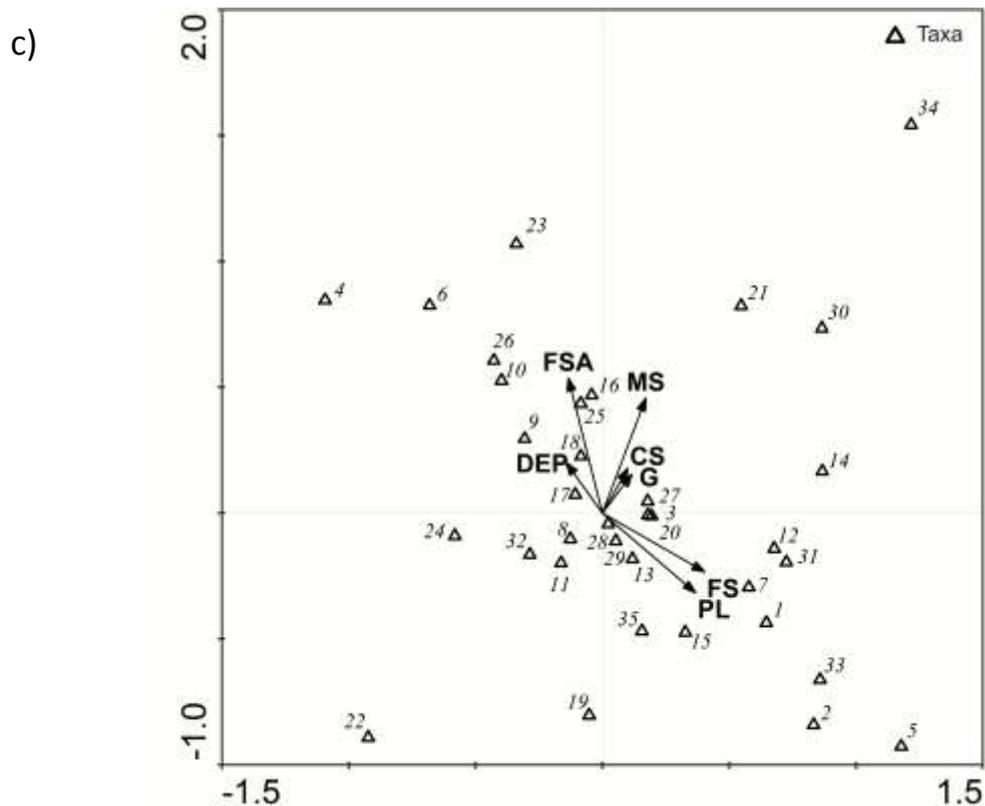


Figura 7. Triplot da CCA parcial das variáveis ambientais com as estações e os táxons (a); gráfico da CCA parcial apenas com as estações agrupadas (b), e apenas com os táxons e as variáveis ambientais (c), para uma melhor visualização.

Legenda Vetores - Alta: Salinidade Alta; Média: Salinidade Média; Baixa: Salinidade Baixa; Prof: Profundidade; PG: Perda de gesso; SF: Sedimento Fino; AF: Areia Fina; AM: Areia Média; AG: Areia Grossa; G: Grânulo

Legenda Táxons - Amp: Ampharetidae; Amphtre: Amphipoda Morfotipo 3; Ampqua: Amphipoda Morfotipo 4; Anfx: Anfioxo; Anth: Anthuridae; Arc: Arcidae; CarDoi: Caridae Morfotipo 2; Cap: Capitelidae; Cir: Cirratulidae; Cumum: Cumacea Morfotipo 1; Gly: Glyceridae; Gon: Goniadidae; Lum: Lumbrineridae; Mag: Magelonidae; Mal: Maldanidae; Myti: Mytilidae; Ner: Nereididae; Nuc: Nuculidae; Oliv: Olividae; Onu: Onuphidae; Orb: Orbiniidae; Oph: Ophelidae; Ostrum: Ostracoda Morfotipo 1; Par: Paraonidae; Phy: Phylodocidae; Pil: Pilargidae; Pol: Polynoidae; PPum: Pseudo Poliqueta 1; Sipu: Sipuncula; Sole: Solecurtidae; Spio: Spionidae; Ster: Sternaspidae; Tell: Tellinidae; Trich: Trichobranchidae; Ung: Ungulinidae.

# **ANEXOS**

Anexo 1. Molde esférico de acrílico.



Anexo 2. Estrutura montada para a imersão das esferas de gesso.



Anexo 3. Bóias marcando as estruturas nas estações.



Anexo 4. Tabela com os indivíduos por m<sup>2</sup> de cada táxon em cada faixa de salinidade.

TÁXONS	Nº de indivíduos/m <sup>2</sup>		
	S1	S2	S3
Polychaeta			
Ampharethidae	13,50	0,00	0,00
Capitellidae	101,21	208,33	34,19
Cirratulidae	296,90	3,21	4,27
Eunicidae	3,37	0,00	0,00
Glyceridae	60,73	12,82	68,38
Goniadidae	37,11	0,00	8,55
Lumbrineridae	394,74	3,21	0,00
Magelonidae	269,91	6,41	115,38
Maldanidae	165,32	0,00	0,00
Nereididae	111,34	144,23	4,27
Onuphidae	23,62	3,21	8,55
Ophelidae	16,87	0,00	17,09
Orbiniidae	26,99	0,00	4,27
Paraonidae	428,48	6,41	200,85
Pectinariidae	0,00	0,00	4,27
Phyllodocidae	0,00	19,23	4,27
Pilargidae	6,75	35,26	34,19
Poecilochaethidae	3,37	0,00	0,00
Polynoidae	6,75	0,00	0,00
Sabellidae	23,62	0,00	0,00
Spionidae	111,34	573,72	21,37
Sternaspidae	37,11	0,00	0,00
Syllidae	26,99	0,00	0,00
Terebellidae	6,75	0,00	0,00
Trichobranchidae	64,10	0,00	0,00
Não identificado 1	0,00	0,00	4,27
Não identificado 2	6,75	0,00	0,00
Não identificado 3	3,37	0,00	0,00
Não identificado 4	3,37	0,00	0,00
Mollusca			
Arcidae	20,24	0,00	0,00
Luciniidae	3,37	6,41	0,00
Mytilidae	0,00	16,03	0,00
Nuculidae	141,70	0,00	0,00
Periplomatidae	3,37	0,00	0,00
Solecurtidae	3,37	12,82	4,27
Tellinidae	188,93	173,08	64,10
Ungulinidae	26,99	0,00	0,00
Veneridae	16,87	0,00	0,00

	Barleeidae	3,37	0,00	0,00
	Hydatiniidae	3,37	0,00	0,00
	Nassariidae	3,37	0,00	0,00
	Neritidae	3,37	0,00	0,00
	Olividae	6,75	0,00	0,00
	Pyramidellidae	3,37	0,00	0,00
	Dentaliidae	3,37	0,00	0,00
Crustacea				
	Decapoda 1	3,37	0,00	0,00
	Amphipoda 1	23,62	0,00	0,00
	Amphipoda 2	37,11	0,00	0,00
	Amphipoda 3	145,07	0,00	0,00
	Amphipoda 4	10,12	3,21	0,00
	Amphipoda 5	6,75	0,00	4,27
	Amphipoda 6	3,37	0,00	0,00
	Amphipoda 7	3,37	0,00	0,00
	Grapsidae	13,50	0,00	4,27
	Paguroidea 1	3,37	0,00	0,00
	Paguridae	3,37	0,00	0,00
	Diogenidae	3,37	0,00	0,00
	Cumacea 1	40,49	16,03	0,00
	Cumacea 2	3,37	0,00	0,00
	Caridea 2	20,24	0,00	21,37
	Caridea 3	0,00	0,00	8,55
	Caridea 4	0,00	0,00	8,55
	Ostracoda 1	6,75	6,41	0,00
	Ostracoda 2	3,37	0,00	0,00
	Anthuridae	40,49	0,00	0,00
	Sphaeromidae	0,00	3,21	0,00
	Munnidae	0,00	0,00	4,27
	Larva Crustáceo	3,37	0,00	4,27
	Mysida	3,37	0,00	4,27
	Tanaidacea	43,86	0,00	0,00
Ophiuroidea				
	Morfotipo 1	16,87	0,00	0,00
	Morfotipo 2	13,50	0,00	0,00
Sipuncula				
	Sipuncula	20,24	0,00	4,27
Cephalocordata				
	Anfioxo	37,11	0,00	0,00
Não identificado				
	Pseudo Poliqueta 1	0,00	0,00	51,28
	Pseudo Poliqueta 2	3,37	0,00	0,00
	Pseudo Poliqueta 3	0,00	0,00	4,27
	TOTAL	3195,01	1253,21	722,22

Anexo 5. Classificação do modo alimentar de alguns táxons incluídos nas análises de acordo com diferentes autores.

Táxons	Modo alimentar
Ampharetidae	Depositívoro de superfície (Magalhães & Barros, no prelo)
Capitellidae	Depositívoro de sub-superfície (Magalhães & Barros, no prelo)
Cirratulidae	Depositívoro de superfície (Magalhães & Barros, no prelo)
Glyceridae	Carnívoro (Magalhães & Barros, no prelo) / Carnívoro e Detritívoro (Beesley et al., 2000)
Goniadidae	Carnívoro (Magalhães & Barros, no prelo)
Lumbrineridae	Depositívora / Carnívora / Herbívora (Beesley et al., 2000)
Magelonidae	Depositívoro de superfície (Magalhães & Barros, no prelo)
Maldanidae	Depositívoro de sub-superfície (Magalhães & Barros, no prelo)
Nereididae	Depositívoro de sub-superfície (Magalhães & Barros, no prelo)
Onuphidae	Onívoro (Magalhães & Barros, no prelo)
Orbiinidae	Depositívoro de sub-superfície (Magalhães & Barros, no prelo)
Paraonidae	Depositívoro (Beesley et al., 2000)
Pilargidae	Carnívoro (Magalhães & Barros, no prelo) / Carnívoro e Onívoro (Fauchald & Jumars, 1979)
Spionidae	Comedor de interface (Magalhães & Barros, no prelo) / Depositívora e Suspensívora (Beesley et al., 2000)
Sternaspidae	Depositívoro de sub-superfície (Magalhães & Barros, no prelo)
Trichobranchidae	Depositívora (Beesley et al., 2000)
Amphipoda	Detritívora / Filtradora (Buckup & Bond-Buckup, 1999)
Tellinidae	Depositívora (Amaral et al., 2005)
Sipuncula	Detritívora (Beesley et al., 2000)

# APÊNDICE

# ESTUARINE, COASTAL AND SHELF SCIENCE

AUTHOR INFORMATION PACK

## TABLE OF CONTENTS

- **Description**
- **Audience**
- **Impact Factor**
- **Abstracting and Indexing**
- **Editorial Board**
- **Guide for Authors**

p.1

p.1

p.1

p.2

p.2

p.4

ISSN: 0272-7714

### DESCRIPTION

*Estuarine, Coastal and Shelf Science* is an international multidisciplinary journal devoted to the analysis of saline water phenomena ranging from the outer edge of the continental shelf to the upper limits of the tidal zone. The journal provides a unique forum, unifying the multidisciplinary approaches to the study of the oceanography of estuaries, coastal zones, and continental shelf seas. It features original research papers, review papers and short communications treating such disciplines as zoology, botany, geology, sedimentology, physical oceanography.

**Data reports of mainly local interest are discouraged.**

Research areas include:

- Numerical modelling of estuarine and coastal marine ecosystems
- Species distribution in relation to varying environments
- Effects of waste disposal
- Groundwater runoff and Chemical processes
- Estuarine and fjord circulation patterns
- Meteorological and oceanic forcing of semi-enclosed and continental shelf water masses
- Sea-surface and sea-bed processes
- Estuarine and coastal sedimentary processes and geochemistry
- Brackish water and lagoon phenomena
- Transitional waters

### AUDIENCE

Marine biologists and ecologists, physical, chemical and biological oceanographers, marine sedimentologists, geologists and geochemists.

### IMPACT FACTOR

2009: 1.970 © Thomson Reuters Journal Citation Reports 2010

AUTHOR INFORMATION PACK 18 Jun 2011 www.elsevier.com/locate/ecss 2

### ABSTRACTING AND INDEXING

BIOBASE

BIOSIS databases/Zoological Records

CAB International

Chemical Abstracts Service

Current Awareness in Biological Sciences

Current Contents ASCA/Engineering Technology & Applied Science/Science

Citation Index/SCISEARCH Data

Current Contents/Agriculture, Biology & Environmental Sciences

Current Contents/Physics, Chemical, & Earth Sciences  
Engineering Index  
Environmental Periodicals Bibliography  
Geo Bib & Index  
INSPEC Data/Cam Sci Abstr  
Marine Literature Review  
Meteorological and Geostrophical Abstracts  
Oceanbase  
Oceanographic Literature Review  
Research Alert  
Scisearch  
Scopus

## **EDITORIAL BOARD**

### ***Editors***

**M. Elliott**, Inst. of Estuarine and Coastal Studies, University of Hull, Cottingham Road, Hull, HU6 7RX, UK, **Email:**

[ecss@hull.ac.uk](mailto:ecss@hull.ac.uk)

– Life Sciences (ecology, biology, ecosystems), Chemistry, Pollution, Ecosystem Management, papers from Europe, Africa and Asia

**I. Valiela**, Ecosystems Center, Marine Biological Laboratory, 7 MBL St. Woods Hole, MA 02543, USA, **Email:**

[ECSSeditor@mbl.edu](mailto:ECSSeditor@mbl.edu)

– all papers from North and South America and the Pacific

**E. Wolanski**, Australian Institute of Marine Science, PMB no 3, Townsville, QLD 4810, Australia, **Email:**

[e.wolanski@aims.gov.au](mailto:e.wolanski@aims.gov.au)

– papers dealing with Earth Sciences and System Modelling

### ***Founding Editors***

**N.C. Flemming**, Brookwood, UK

**E. Naylor**, University of Wales, Menai Bridge, UK

### ***Editorial Board***

**M. Alber**, University of Georgia, Athens, GA, USA

**D. Alongi**, Australian Institute of Marine Science, Townsville, QLD, Australia

**C. Amos**, National Oceanography Centre Southampton, Southampton, UK

**R. Asmus**, Alfred Wegener Institute for Polar and Marine Research, List, Germany

**D. Bowers**, University of Wales, Menai Bridge, UK

**Z. Chen**, East China Normal University, Shanghai, China

**L.M.Z. Chicharo**, Universidade do Algarve, Faro, Portugal

**D.P. Cyrus**, University of Zululand, KwaZulu-Natal, South Africa

**A.M. Davies**, National Oceanography Centre, Liverpool, UK

**O. Defeo**, UNDECIMAR, Montevideo, Uruguay

**E. Deleersnijder**, Université Catholique de Louvain, Louvain-la-Neuve, Belgium

**P.X. Ding**, East China Normal University, Shanghai, China

**Q. Dortch**, National Oceanic and Atmospheric Administration, Silver Spring, MD, USA

**R.A. Falconer**, Cardiff University, Wales, UK

**B.W. Flemming**, Senckenberg Research Institute, Wilhelmshaven, Germany

**P. French**, Royal Holloway, University of London, London, UK

**R. Gowen**, Agri-Food and Biosciences Institute, Belfast, UK

**F.L. Hellweger**, Northeastern University, Boston, MA, USA

**O. Iribarne**, Universidad Nacional de Mar del Plata, Mar del Plata, Argentina

**E. Jaramillo**, Universidad Austral de Chile, Valdivia, Chile

**J.H.W. Lee**, Hong Kong University of Science & Technology, Kowloon, Hong Kong

**J. McDowell**, Woods Hole Oceanographic Institution, Woods Hole, MA, USA

AUTHOR INFORMATION PACK 18 Jun 2011 [www.elsevier.com/locate/ecss](http://www.elsevier.com/locate/ecss) 3

**D.S. McLusky**, University of Stirling, Stirling, UK

**A.J. Mehta**, University of Florida, Gainesville, FL, USA

**D.A. Methven**, University of New Brunswick, Saint John, NB, Canada

**S. Mitchell**, South Bank University, London, UK

**E. Orive**, Universidad del Pais Vasco (Basque Country), Bilbao, Spain

**G.M.E. Perillo**, Instituto Argentino de Oceanografía, Bahía Blanca, Argentina

**L. Pihl**, Kristineberg Marine Research Station, Fiskebackskil, Sweden

**J.L. Pinckney**, University of South Carolina, Columbia, SC, USA

**D.J. Reed**, University of New Orleans, New Orleans, LA, USA

**J. Romero**, University of Barcelona, Barcelona, Spain

**Y. Saito**, National Institute of Advanced Industrial Science and Technology (AIST), Tsukuba, Japan

**S.D. Sulkin**, Western Washington University, Anacortes, WA, USA

**R.J. Uncles**, Plymouth Marine Laboratory, Plymouth, UK

**L.G. Ward**, University of New Hampshire, Durham, NH, USA

**J.G. Wilson**, Trinity College, Dublin, Ireland

AUTHOR INFORMATION PACK 18 Jun 2011 [www.elsevier.com/locate/ecss](http://www.elsevier.com/locate/ecss) 4

## **GUIDE FOR AUTHORS**

### *Types of paper*

*Estuarine, Coastal and Shelf Science* is an international multidisciplinary journal devoted to the analysis of saline water phenomena ranging from the outer edge of the continental shelf to the upper limits of the tidal zone. The journal provides a unique forum, unifying the multidisciplinary approaches to the study of the oceanography of estuaries, coastal zones, and continental shelf seas. It features original research papers, review papers and short communications treating such disciplines as zoology, botany, geology, sedimentology, physical oceanography. Data reports of mainly local interest are discouraged.

Research areas include: Numerical modelling of estuarine and coastal marine ecosystems; Species distribution in relation to varying environments; Effects of waste disposal; Groundwater runoff and Chemical processes; Estuarine and fjord circulation patterns; Meteorological and oceanic forcing of semi-enclosed and continental shelf water masses; Sea-surface and sea-bed processes; Estuarine and coastal sedimentary processes and geochemistry; Brackish water and lagoon phenomena; Transitional waters.

### **Up-front rejections of papers submitted to *Estuarine, Coastal and Shelf Science***

ECSS handles about 1000 papers per year and over 3000 reviewers are involved in assisting the journal each year.

As editors we follow the declared guidelines for the journal and we also receive advice and comments from the publishers, and members of the editorial board as well as reviewers. The consistent advice that we have received from everyone is that the editors should reject papers which are likely to be rejected at the beginning of the process rather than sending them out for review, knowing what the answer is likely to be. Over 25% of papers are now rejected at the editorial submission phase.

The papers are subject to an initial technical pre-screening process by the publisher. This process checks on submission format and examines matters such as the provision of suitable keywords and legible figures. It also tries to check up on the standard of English, as it is totally inappropriate to expect a reviewer to undertake linguistic revision.

The pre-screening process however makes no judgement on the suitability of the paper for ECSS. This judgement is made by one of the editors who will up-front reject a paper judged unsuitable without going to review. These up-front rejections are due to three principal reasons: Firstly, we receive several papers each year that have been submitted to the "wrong journal". We have received, for example, papers on inland freshwater lakes or palaeontology, and other topics which are clearly beyond the scope of the journal. As a simple guide, if there is no mention of any previous ECSS paper in the reference list, it strongly suggests that the paper has been submitted to the wrong journal. Secondly, papers that are "data reports" or "reports of local interest" will be rejected up-front. Papers in this category may describe a particular estuary in great detail, but fail to advance estuarine, coastal and shelf science. The overwhelming feeling when reading such a paper is "so-what!" Thirdly, other reasons for up-front rejection can be a lack of a valid Discussion which integrates the study with the peer-reviewed literature or else relies on excessive self-citation, or a lack of appropriate statistical analysis, or purely statistical analyses without considering processes. We at ECSS seek that all

papers are based on hypothesis testing and that the hypotheses should be of general and international interest. We are interested in contributions that add to general knowledge, and move the field forward. By up-front rejection we hope to give the authors a chance to quickly submit to a more appropriate journal. We do accept that we will sometimes make mistakes in this process, but we do this to protect the reviewers by offering them only relevant papers that are potentially publishable in ECSS. Upfront rejected papers will not be reconsidered for publication and we have a similar policy for papers rejected after review.

AUTHOR INFORMATION PACK 18 Jun 2011 [www.elsevier.com/locate/ecss](http://www.elsevier.com/locate/ecss) 5

## **BEFORE YOU BEGIN**

### **Ethics in Publishing**

For information on Ethics in Publishing and Ethical guidelines for journal publication see

<http://www.elsevier.com/publishingethics> and

<http://www.elsevier.com/ethicalguidelines>.

### **Conflict of interest**

All authors are requested to disclose any actual or potential conflict of interest including any financial, personal or other relationships with other people or organizations within three years of beginning the submitted work that could inappropriately influence, or be perceived to influence, their work. See also

<http://www.elsevier.com/conflictsofinterest>.

### **Submission declaration and verification**

Submission of an article implies that the work described has not been published previously (except in the form of an abstract or as part of a published lecture or academic thesis), that it is not under consideration for publication elsewhere, that its publication is approved by all authors and tacitly or explicitly by the responsible authorities where the work was carried out, and that, if accepted, it will not be published elsewhere in the same form, in English or in any other language, including electronically without the written consent of the copyright-holder. To verify originality, your article may be checked by the originality detection software iThenticate. See also <http://www.elsevier.com/editors/plagdetect>.

### **Contributors**

Each author is required to declare his or her individual contribution to the article: all authors must have materially participated in the research and/or article preparation, so roles for all authors should be described. The statement that all authors have approved the final article should be true and included in the disclosure.

### **Changes to authorship**

This policy concerns the addition, deletion, or rearrangement of author names in the authorship of accepted manuscripts:

*Before the accepted manuscript is published in an online issue:* Requests to add or remove an author, or to rearrange the author names, must be sent to the Journal Manager from the corresponding author of the accepted manuscript and must include: (a) the reason the name should be added or removed, or the author names rearranged and (b) written confirmation (e-mail, fax, letter) from all authors that they agree with the addition, removal or rearrangement. In the case of addition or removal of authors, this includes confirmation from the author being added or removed. Requests that are not sent by the corresponding author will be forwarded by the Journal Manager to the corresponding author, who must follow the procedure as described above. Note that: (1) Journal Managers will inform the Journal Editors of any such requests and (2) publication of the accepted manuscript in an online issue is suspended until authorship has been agreed.

*After the accepted manuscript is published in an online issue:* Any requests to add, delete, or rearrange author names in an article published in an online issue will follow the same policies as noted above and result in a corrigendum.

*Copyright*

Upon acceptance of an article, authors will be asked to complete a 'Journal Publishing Agreement' (for more information on this and copyright see <http://www.elsevier.com/copyright>). Acceptance of the agreement will ensure the widest possible dissemination of information. An e-mail will be sent to the corresponding author confirming receipt of the manuscript together with a 'Journal Publishing Agreement' form or a link to the online version of this agreement. Subscribers may reproduce tables of contents or prepare lists of articles including abstracts for internal circulation within their institutions. Permission of the Publisher is required for resale or distribution outside the institution and for all other derivative works, including compilations and translations (please consult <http://www.elsevier.com/permissions>). If excerpts from other copyrighted works are included, the author(s) must obtain written permission from the copyright owners and credit the source(s) in the article. Elsevier has pre-printed forms for use by authors in these cases: please consult <http://www.elsevier.com/permissions>.

#### ***Retained author rights***

As an author you (or your employer or institution) retain certain rights; for details you are referred to: <http://www.elsevier.com/authorsrights>.

AUTHOR INFORMATION PACK 18 Jun 2011 [www.elsevier.com/locate/ecss](http://www.elsevier.com/locate/ecss) 6

#### ***Role of the funding source***

You are requested to identify who provided financial support for the conduct of the research and/or preparation of the article and to briefly describe the role of the sponsor(s), if any, in study design; in the collection, analysis and interpretation of data; in the writing of the report; and in the decision to submit the paper for publication. If the funding source(s) had no such involvement then this should be stated. Please see <http://www.elsevier.com/funding>.

#### ***Funding body agreements and policies***

Elsevier has established agreements and developed policies to allow authors whose articles appear in journals published by Elsevier, to comply with potential manuscript archiving requirements as specified as conditions of their grant awards. To learn more about existing agreements and policies please visit <http://www.elsevier.com/fundingbodies>.

#### ***Open access***

This journal offers you the option of making your article freely available to all via the ScienceDirect platform. To prevent any conflict of interest, you can only make this choice after receiving notification that your article has been accepted for publication. The fee of \$3,000 excludes taxes and other potential author fees such as color charges. In some cases, institutions and funding bodies have entered into agreement with Elsevier to meet these fees on behalf of their authors. Details of these agreements are available at <http://www.elsevier.com/fundingbodies>. Authors of accepted articles, who wish to take advantage of this option, should complete and submit the order form (available at <http://www.elsevier.com/locate/openaccessform.pdf>). Whatever access option you choose, you retain many rights as an author, including the right to post a revised personal version of your article on your own website. More information can be found here: <http://www.elsevier.com/authorsrights>.

#### ***Language and language services***

Manuscripts should be written in English. Authors who are unsure of correct English usage should have their manuscript checked by someone proficient in the language. Manuscripts in which the English is difficult to understand may be returned to the author for revision before scientific review. Please write your text in good English (American or British usage is accepted, but not a mixture of these). Authors who require information about language editing and copyediting services pre and post-submission please visit <http://www.elsevier.com/languagepolishing> or our customer support site at <http://epsupport.elsevier.com> for more information. Please note Elsevier neither endorses nor takes responsibility for any products, goods or services offered by

outside vendors through our services or in any advertising. For more information please refer to our Terms & Conditions:

<http://www.elsevier.com/termsandconditions>.

### **Submission**

Submission to this journal proceeds totally online and you will be guided stepwise through the creation and uploading of your files. The system automatically converts source files to a single PDF file of the article, which is used in the peer-review process. Please note that even though manuscript source files are converted to PDF files at submission for the review process, these source files are needed for further processing after acceptance. All correspondence, including notification of the Editor's decision and requests for revision, takes place by e-mail removing the need for a paper trail. In the case of Special Issues, manuscripts should be submitted to the Guest Editor(s). Authors should ensure that they submit manuscripts and meet any additional requirements in line with deadlines set by the Guest Editor(s) to ensure that the entire Special Issue can be published in a timely fashion. The above represents a very brief outline of this type submission. It can be advantageous to print this "Guide for Authors" section from the site for reference in the subsequent stages of article preparation. Note: electronic articles submitted for the review process may need to be edited after acceptance to follow journal standards. For this an "editable" file format is necessary. See the section on "Electronic format requirements for accepted articles" and the further general instructions on how to prepare your article below. Please submit, with the manuscript, the names and addresses of 4 potential Referees. You may also mention persons who you would prefer not to review your paper. After peer review, authors will have a 60 days period for submitting their revised manuscript.

AUTHOR INFORMATION PACK 18 Jun 2011 [www.elsevier.com/locate/ecss](http://www.elsevier.com/locate/ecss) 7

### **Submit your article**

Please submit your article via <http://ees.elsevier.com/ecss/>

### **Referees**

Please submit, with the manuscript, the names and addresses of 4 potential Referees. You may also mention persons who you would prefer not to review your paper.

## **PREPARATION**

### *Use of word-processing software*

It is important that the file be saved in the native format of the word processor used. The text should be in single-column format. Keep the layout of the text as simple as possible. Most formatting codes will be removed and replaced on processing the article. In particular, do not use the word processor's options to justify text or to hyphenate words. However, do use bold face, italics, subscripts, superscripts etc. Do not embed "graphically designed" equations or tables, but prepare these using the word processor's facility. When preparing tables, if you are using a table grid, use only one grid for each individual table and not a grid for each row. If no grid is used, use tabs, not spaces, to align columns. The electronic text should be prepared in a way very similar to that of conventional manuscripts (see also the Guide to Publishing with Elsevier: <http://www.elsevier.com/guidepublication>). Do not import the figures into the text file but, instead, indicate their approximate locations directly in the electronic text and on the manuscript. See also the section on Electronic illustrations. To avoid unnecessary errors you are strongly advised to use the "spell-check" and "grammar-check" functions of your word processor.

### **Article structure**

#### *Subdivision - numbered sections*

Divide your article into clearly defined and numbered sections. Subsections should be numbered 1.1 (then 1.1.1, 1.1.2 ...), 1.2, etc. (the abstract is not included in section numbering). Use this numbering also for internal cross-referencing: do not just refer to "the text". Any subsection may be given a brief

heading. Each heading should appear on its own separate line.

#### *Introduction*

State the objectives of the work and provide an adequate background, avoiding a detailed literature survey or a summary of the results.

#### *Material and methods*

Provide sufficient detail to allow the work to be reproduced. Methods already published should be indicated by a reference: only relevant modifications should be described.

#### *Theory/calculation*

A Theory section should extend, not repeat, the background to the article already dealt with in the Introduction and lay the foundation for further work. In contrast, a Calculation section represents a practical development from a theoretical basis.

#### *Results*

Results should be clear and concise.

#### *Discussion*

This should explore the significance of the results of the work, not repeat them. A combined Results and Discussion section is often appropriate. Avoid extensive citations and discussion of published literature. However, if the paper reads better with a combined section and this prevents an undue amount of repetition then we allow a joint section.

#### *Conclusions*

A short Conclusions section can be presented at the end of the Discussion. Place Acknowledgements, including information on grants received, before the references in a separate section, and not as a footnote on the title page. Figure captions, tables, figures and schemes should be presented in this order at the end of the article. They are described in more detail below.

#### *Glossary*

Please supply, as a separate list, the definitions of field-specific terms used in your article if applicable.

AUTHOR INFORMATION PACK 18 Jun 2011 [www.elsevier.com/locate/ecss](http://www.elsevier.com/locate/ecss) 8

#### *Appendices*

If there is more than one appendix, they should be identified as A, B, etc. Formulae and equations in appendices should be given separate numbering: Eq. (A.1), Eq. (A.2), etc.; in a subsequent appendix, Eq. (B.1) and so on. Similarly for tables and figures: Table A.1; Fig. A.1, etc.

#### *Paper length*

The paper should not contain more than 8000 words, and not more than 8 figures and 3 tables.

#### **Essential title page information**

- **Title.** Concise and informative. Titles are often used in information-retrieval systems. Avoid abbreviations and formulae where possible.
- **Author names and affiliations.** Where the family name may be ambiguous (e.g., a double name), please indicate this clearly. Present the authors' affiliation addresses (where the actual work was done) below the names. Indicate all affiliations with a lower-case superscript letter immediately after the author's name and in front of the appropriate address. Provide the full postal address of each affiliation, including the country name, and, if available, the e-mail address of each author.
- **Corresponding author.** Clearly indicate who will handle correspondence at all stages of refereeing and publication, also post-publication. **Ensure that telephone and fax numbers (with country and area code) are provided in addition to the e-mail address and the complete postal address. Contact details must be kept up to date by the corresponding author.**
- **Present/permanent address.** If an author has moved since the work described in the article was done, or was visiting at the time, a "Present address" (or "Permanent address") may be indicated as a footnote to that author's name. The address at which the author actually did the work must be retained as the main, affiliation address. Superscript Arabic numerals are used for such footnotes.

### **Abstract**

A concise and factual abstract is required. The abstract should state briefly the purpose of the research, the principal results and major conclusions. An abstract is often presented separately from the article, so it must be able to stand alone. For this reason, References should be avoided, but if essential, then cite the author(s) and year(s). Also, non-standard or uncommon abbreviations should be avoided, but if essential they must be defined at their first mention in the abstract itself.

### **Graphical abstract**

A Graphical abstract is optional and should summarize the contents of the article in a concise, pictorial form designed to capture the attention of a wide readership online. Authors must provide images that clearly represent the work described in the article. Graphical abstracts should be submitted as a separate file in the online submission system. Image size: Please provide an image with a minimum of 531 × 1328 pixels (h × w) or proportionally more. The image should be readable at a size of 5 × 13 cm using a regular screen resolution of 96 dpi. Preferred file types: TIFF, EPS, PDF or MS Office files. See <http://www.elsevier.com/graphicalabstracts> for examples.

### **Highlights**

Highlights are a short collection of bullet points that convey the core findings of the article. Highlights are optional and should be submitted in a separate file in the online submission system. Please use 'Highlights' in the file name and include 3 to 5 bullet points (maximum 85 characters including spaces, or, maximum 20 words per bullet point). See <http://www.elsevier.com/highlights> for examples.

### **Keywords**

Authors must provide 4 to 6 keywords plus regional index terms. At least four of the subject keywords should be selected from the Aquatic Science & Fisheries Thesaurus. An electronic version of the Thesaurus can be found at <http://www.csa.com/csa/support/demo.shtml>. You may also find a paper version in your library. The Regional Terms should be provided as a hierarchical string (e.g.: USA, California, Monterey Bay). Authors are also encouraged to submit geographic bounding coordinates at the end of the keyword string. These keywords will be used for indexing purposes.

### **Abbreviations**

Define abbreviations that are not standard in this field in a footnote to be placed on the first page of the article. Such abbreviations that are unavoidable in the abstract must be defined at their first mention there, as well as in the footnote. Ensure consistency of abbreviations throughout the article if applicable.

AUTHOR INFORMATION PACK 18 Jun 2011 [www.elsevier.com/locate/ecss](http://www.elsevier.com/locate/ecss) 9

### **Acknowledgements**

Collate acknowledgements in a separate section at the end of the article before the references and do not, therefore, include them on the title page, as a footnote to the title or otherwise. List here those individuals who provided help during the research (e.g., providing language help, writing assistance or proof reading the article, etc.).

### **Reporting of Salinity Measurements**

In articles in ECSS, salinity should be reported using the Practical Salinity Scale. In the Practical Salinity Scale salinity is defined as a pure ratio, and has no dimensions or units. By decision of the Joint Panel of Oceanographic Tables and Standards it does not have any numerical symbol to indicate parts per thousand. Salinity should be reported as a number with no symbol or indicator of proportion after it. In particular, it is not correct to add the letters PSU, implying Practical Salinity Units, after the number.

An example of correct phrasing is as follows: 'The salinity of the water was 34.2'. It is reasonable to state at some point early in the paper that salinity was measured using the Practical Salinity Scale.

### **Nomenclature and units**

Follow internationally accepted rules and conventions: use the international system of units (SI). If other quantities are mentioned, give their equivalent in SI. You are urged to consult IUPAC:

Nomenclature of Organic Chemistry: <http://www.iupac.org/> for further information.

### **Math formulae**

Present simple formulae in the line of normal text where possible and use the solidus (/) instead of a horizontal line for small fractional terms, e.g., X/Y. In principle, variables are to be presented in italics. Powers of e are often more conveniently denoted by exp. Number consecutively any equations that have to be displayed separately from the text (if referred to explicitly in the text).

### **Artwork**

#### *Electronic artwork*

#### *General points*

- Make sure you use uniform lettering and sizing of your original artwork.
- Save text in illustrations as "graphics" or enclose the font.
- Only use the following fonts in your illustrations: Arial, Courier, Times, Symbol.
- Number the illustrations according to their sequence in the text.
- Use a logical naming convention for your artwork files.
- Provide captions to illustrations separately.
- Produce images near to the desired size of the printed version.
- Submit each figure as a separate file.

A detailed guide on electronic artwork is available on our website:

<http://www.elsevier.com/artworkinstructions>

**You are urged to visit this site; some excerpts from the detailed information are given here.**

#### *Formats*

Regardless of the application used, when your electronic artwork is finalised, please "save as" or convert the images to one of the following formats (note the resolution requirements for line drawings, halftones, and line/halftone combinations given below):

EPS: Vector drawings. Embed the font or save the text as "graphics".

TIFF: color or grayscale photographs (halftones): always use a minimum of 300 dpi.

TIFF: Bitmapped line drawings: use a minimum of 1000 dpi.

TIFF: Combinations bitmapped line/half-tone (color or grayscale): a minimum of 500 dpi is required.

DOC, XLS or PPT: If your electronic artwork is created in any of these Microsoft Office applications please supply "as is".

#### **Please do not:**

- Supply embedded graphics in your word processor (spreadsheet, presentation) document;
- Supply files that are optimised for screen use (like GIF, BMP, PICT, WPG); the resolution is too low;
- Supply files that are too low in resolution;
- Submit graphics that are disproportionately large for the content.

AUTHOR INFORMATION PACK 18 Jun 2011 [www.elsevier.com/locate/ecss](http://www.elsevier.com/locate/ecss) 10

#### *Color artwork*

Please make sure that artwork files are in an acceptable format (TIFF, EPS or MS Office files) and with the correct resolution. If, together with your accepted article, you submit usable color figures then Elsevier will ensure, at no additional charge that these figures will appear in color on the Web (e.g., ScienceDirect and other sites) regardless of whether or not these illustrations are reproduced in color in the printed version. **For color reproduction in print, you will receive information regarding the costs from Elsevier after receipt of your accepted article.** Please indicate your preference for color in print or on the Web only. For further information on

the preparation of electronic artwork, please see <http://www.elsevier.com/artworkinstructions>.

Please note: Because of technical complications which can arise by converting color figures to "gray scale" (for the printed version should you not opt for color in print) please submit in addition usable black and white versions of all the color illustrations.

#### *Figure captions*

Ensure that each illustration has a caption. Supply captions separately, not attached to the figure. A caption should comprise a brief title (**not** on the figure itself) and a description of the illustration. Keep text in the illustrations themselves to a minimum but explain all symbols and abbreviations used.

#### **Tables**

Number tables consecutively in accordance with their appearance in the text. Place footnotes to tables below the table body and indicate them with superscript lowercase letters. Avoid vertical rules. Be sparing in the use of tables and ensure that the data presented in tables do not duplicate results described elsewhere in the article.

#### **References**

##### *Citation in text*

Responsibility for the accuracy of bibliographic citations lies entirely with the Author(s). Please ensure that every reference cited in the text is also present in the reference list (and vice versa). Any references cited in the abstract must be given in full. Unpublished results and personal communications are not recommended in the reference list, but may be mentioned in the text as "unpublished results" or "personal communication". Citation of a reference as 'in press' implies that the item has been accepted for publication. Papers which have been submitted are not valid as references until accepted.

##### *Web references*

As a minimum, the full URL should be given and the date when the reference was last accessed. Any further information, if known (DOI, author names, dates, reference to a source publication, etc.), should also be given. Web references can be listed separately (e.g., after the reference list) under a different heading if desired, or can be included in the reference list.

##### *References in a special issue*

Please ensure that the words 'this issue' are added to any references in the list (and any citations in the text) to other articles in the same Special Issue.

##### *Reference style*

All citations in the text should refer to: 1. Single Author's name (without initials) and year of publication. 2. Two Authors' names and the year of publication. 3. Three or more Authors; first Author's name followed by "et al." and the year of publication. In the list of references names of authors and all co-authors must be given in full. References in the text should be arranged chronologically. References in the Reference List should be arranged first alphabetically, and then further sorted chronologically if necessary. More than one reference from the same Author(s) in the same year must be identified by the letters "a", "b", "c", etc., placed after the year of publication.

##### *Examples:*

References to a journal publication:

Names and initials of all authors, year. Title of paper. Journal name (given in full), volume number: first and last page numbers of the paper.

Gooday, A.J., Bett, B.J., Shires, R., Lambshead, P.J.D., 1998. Deep-sea benthic foraminiferal species diversity in the NE Atlantic and NW Arabian sea: a synthesis. *Deep Sea Research Part II* 45, 165-201.

References to a book:

Names and initials of all authors, year. Title of the book. Publisher, location of publisher, total number of pages.

AUTHOR INFORMATION PACK 18 Jun 2011 [www.elsevier.com/locate/ecss](http://www.elsevier.com/locate/ecss) 11

Fennel, W. and Neumann, T., 2004. Introduction to the Modelling of Marine Ecosystems. Elsevier, Amsterdam, 297 pp.

Reference to a chapter in an edited book:

Names and initials of all authors, year. Title of paper. Names and initials of the volume editors, title of the edited volume. Publisher, location of publisher, first and last page numbers of the paper.

Thomas, E., 1992. Middle Eocene-late Oligocene bathyal benthic foraminifera (Weddell Sea): faunal changes and implications for ocean circulation. In: Prothero, D.R., Berggren, W.A. (Eds.), Eocene Oligocene Climatic and Biotic Evolution. Princeton Univ. Press, Princeton, NJ, pp. 245-271.

Conference proceedings papers:

Names and initials of all authors, year. Title of paper. Name of the conference. Publisher, location of publisher, first and last page numbers of the paper.

Smith, M.W., 1988. The significance of climatic change for the permafrost environment. Final Proceedings International Conference on Permafrost. Tapir, Trondheim, Norway, pp. 18-23.

Unpublished theses, reports, etc.: Use of unpublished theses and reports is strongly discouraged. If they are essential and the editors agree, you must supply:

Names and initials of all authors, year. Title of item. All other relevant information needed to identify the item (e.g., technical report, Ph.D. thesis, institute, current status i.e. in press/unpublished etc.).

Moustakas, N., 1990. Relationships of Morphological and Physiochemical Properties of Vertisols under Greek Climate Conditions. Ph.D. Thesis, Agricultural Univ. Athens, Greece, unpublished.

In the case of publications in any language other than English, the original title is to be retained.

Titles of publications in non-Latin alphabets should be transliterated, and a note such as '(in Russian)' or '(in Japanese, with English Abstract)' should be added at the end of the reference. The following provide examples of appropriate citation formats for non-text and electronic-only information. However, it is requested that a Web site address or list server message is given as a reference ONLY where the information is unavailable in a more permanent form. If such sources are given, then please give as complete information as possible.

Jones, P., 1996. Research activities at Smith Technology Institute. WWW Page, [http://www.sti.com/about\\_us/research](http://www.sti.com/about_us/research).

Smith, F., Peabody, A.N., 1997. Hydrographic data for the Sargasso Sea, July-September 1993, SarSea mission. (Deep-Sea Data Centre, Hull, UK), online, dataset, 740 MB, <http://www.dcdc.gov>.

Green, A., 1991. Deformations in *Acanthaster planci* from the Coral Sea, observed during UEA Special

Project 7, July 1978. Journal of Pollution Research 14 (7) suppl., CD-ROM, photographic images, 240 MB.

James, Z., 1997. Ecological effects of sea wall construction during 1994 at Bridlington, UK. List server Message, Eco-list, 20 October 1995.

### **Video data**

Elsevier accepts video material and animation sequences to support and enhance your scientific research. Authors who have video or animation files that they wish to submit with their article are strongly encouraged to include these within the body of the article. This can be done in the same way as a figure or table by referring to the video or animation content and noting in the body text where it should be placed. All submitted files should be properly labeled so that they directly relate to the video file's content. In order to ensure that your video or animation material is directly usable, please provide the files in one of our recommended file formats with a preferred maximum size of 50 MB. Video and animation files supplied will be published online in the electronic version of your

article in Elsevier Web products, including ScienceDirect: <http://www.sciencedirect.com>.

Please supply 'stills' with your files: you can choose any frame from the video or animation or make a separate image. These will be used instead of standard icons and will personalize the link to your video data. For more detailed instructions please visit our video instruction pages at <http://www.elsevier.com/artworkinstructions>.

Note: since video and animation cannot be embedded in the print version of the journal, please provide text for both the electronic and the print version for the portions of the article that refer to this content.

### **Supplementary data**

Elsevier accepts electronic supplementary material to support and enhance your scientific research. Supplementary files offer the author additional possibilities to publish supporting applications, highresolution images, background datasets, sound clips and more. Supplementary files supplied will be published online alongside the electronic version of your article in Elsevier Web products, including ScienceDirect: <http://www.sciencedirect.com>. In order to ensure that your submitted material is directly usable, please provide the data in one of our recommended file formats. Authors should submit the material in electronic format together with the article and supply a concise and descriptive caption for each file. For more detailed instructions please visit our artwork instruction pages at <http://www.elsevier.com/artworkinstructions>.

### **Submission checklist**

The following list will be useful during the final checking of an article prior to sending it to the journal for review. Please consult this Guide for Authors for further details of any item.

#### **Ensure that the following items are present:**

One Author designated as corresponding Author:

- E-mail address
- Full postal address
- Telephone and fax numbers

All necessary files have been uploaded

- Keywords
- All figure captions
- All tables (including title, description, footnotes)

Further considerations

- Manuscript has been "spellchecked" and "grammar-checked"
- References are in the correct format for this journal
- All references mentioned in the Reference list are cited in the text, and vice versa
- Permission has been obtained for use of copyrighted material from other sources (including the Web)
- Color figures are clearly marked as being intended for color reproduction on the Web (free of charge) and in print or to be reproduced in color on the Web (free of charge) and in black-and-white in print
- If only color on the Web is required, black and white versions of the figures are also supplied for printing purposes

For any further information please visit our customer support site at <http://support.elsevier.com>.

### **Database linking**

Electronic archiving of supplementary data enable readers to replicate, verify and build upon the conclusions published in the paper. We recommend that data should be deposited in the data library PANGAEA (<http://www.pangaea.de/>). Data is archived by an editor in standard formats, machine readable form and is available in Open Access. After processing, the author receives an identifier (DOI) linking to the supplement for proof-read. Data can be referenced in the publication

to facilitate linking between the journal article and the data. Please, use PANGAEA's web interface to submit your data - <http://www.pangaea.de/submit/>.

## **AFTER ACCEPTANCE**

### ***Use of the Digital Object Identifier***

The Digital Object Identifier (DOI) may be used to cite and link to electronic documents. The DOI consists of a unique alpha-numeric character string which is assigned to a document by the publisher upon the initial electronic publication. The assigned DOI never changes. Therefore, it is an ideal medium for citing a document, particularly 'Articles in press' because they have not yet received their full bibliographic information. The correct format for citing a DOI is shown as follows (example taken from a document in the journal *Physics Letters B*):  
doi:10.1016/j.physletb.2010.09.059

When you use the DOI to create URL hyperlinks to documents on the web, they are guaranteed never to change.

### ***Proofs***

One set of page proofs (as PDF files) will be sent by e-mail to the corresponding author (if we do not have an e-mail address then paper proofs will be sent by post) or, a link will be provided in the e-mail so that authors can download the files themselves. Elsevier now provides authors with PDF proofs which can be annotated; for this you will need to download Adobe Reader version 7 (or higher) available free from <http://get.adobe.com/reader>. Instructions on how to annotate PDF files will accompany the proofs (also given online). The exact system requirements are given at the Adobe site: <http://www.adobe.com/products/reader/tech-specs.html>.

AUTHOR INFORMATION PACK 18 Jun 2011 [www.elsevier.com/locate/ecss](http://www.elsevier.com/locate/ecss) 13

If you do not wish to use the PDF annotations function, you may list the corrections (including replies to the Query Form) and return them to Elsevier in an e-mail. Please list your corrections quoting line number. If, for any reason, this is not possible, then mark the corrections and any other comments (including replies to the Query Form) on a printout of your proof and return by fax, or scan the pages and e-mail, or by post. Please use this proof only for checking the typesetting, editing, completeness and correctness of the text, tables and figures. Significant changes to the article as accepted for publication will only be considered at this stage with permission from the Editor. We will do everything possible to get your article published quickly and accurately – please let us have all your corrections within 48 hours. It is important to ensure that all corrections are sent back to us in one communication: please check carefully before replying, as inclusion of any subsequent corrections cannot be guaranteed. Proofreading is solely your responsibility. Note that Elsevier may proceed with the publication of your article if no response is received.

### ***Offprints***

The corresponding author, at no cost, will be provided with a PDF file of the article via e-mail. The PDF file is a watermarked version of the published article and includes a cover sheet with the journal cover image and a disclaimer outlining the terms and conditions of use. Additional paper off-prints can be ordered by the authors. An order form with prices will be sent to the corresponding author.

### ***Author's Discount***

Contributors to Elsevier journals are entitled to a 30% discount on most Elsevier books, if ordered directly from Elsevier.

### **Author Inquiries**

For inquiries relating to the submission of articles (including electronic submission where available) please visit this journal's homepage. You can track accepted articles at <http://www.elsevier.com/trackarticle> and set up e-mail alerts to inform you of when an article's status has changed. Also accessible from here is information on copyright, frequently asked questions and more. Contact details for questions arising after acceptance of an article, especially those relating to proofs, will be provided by the publisher.

Please contact the Journal Manager for any queries on manuscript, offprints and special issues. For technical help, please contact the support team at [support@elsevier.com](mailto:support@elsevier.com).

© Copyright 2010 Elsevier | <http://www.elsevier.com>