

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE – FURG  
INSTITUTO DE OCEANOGRAFIA  
PÓS-GRADUAÇÃO EM OCEANOGRAFIA BIOLÓGICA**

**AS PRAIAS ESTUARINAS DA BAÍA DE  
PARANAGUÁ (REGIÃO SUL DO BRASIL):  
ASPECTOS MORFODINÂMICOS E  
ECOLÓGICOS**

**LEONARDO CRUZ DA ROSA**

Tese apresentada ao Programa de Pós-graduação em Oceanografia Biológica da Universidade Federal do Rio Grande – FURG, como requisito parcial à obtenção do título de DOUTOR.

Orientador: Dr. Carlos Emilio Bemvenuti  
Co-orientador: Dr. Carlos Alberto Borzone

**RIO GRANDE**

Janeiro de 2009

---

# AGRADECIMENTOS

---

Gostaria de expressar minha gratidão a Dr. Carlos Emilio Bemvenuti, não apenas pela orientação, mas por tudo o apoio e confiança depositada em mim em mais esse longo caminho que percorremos juntos. Sou muito grato por tudo o que você tem me proporcionada nessa nossa longa jornada!

A Cap.Dr. Carlos Alberto Borzone, pela acolhida em Pontal do Sul, pelos ensinamentos praias e, acima de tudo pela amizade e companheirismo.

Aos amigos e colegas (se assim me permitem a ousadia!) Dr. Sergio Antonio Netto, Dr. Danilo Calazans, Dr. Luis Felipe Niencheski e Dr. César Costa por suas participações na banca de defesa de minha tese, bem como em outras oportunidades (defesa do projeto e banca de qualificação entre outras que marcaram de forma positiva minha vida pessoal e profissional).

Gostaria também de expressar meu agradecimento a Coordenadoria de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes) pela concessão da bolsa de estudo para o desenvolvimento de minha tese.

Agradecer também a Comissão do Curso de Pós-Graduação Oceanografia Biológica desta Universidade, estendendo aqui os agradecimentos a todos os coordenadores com quem tive contato, aos membros da ComCur e a nossa excelentíssima secretaria Vera, pelo apoio durante essa longa jornada. E por terem possibilitado que eu desenvolvesse minha tese longe da Instituição. Muito obrigado!

Gostaria de dedicar essa tese a minha família (minha mãe Enilda, minha esposa Marlei, meus filhos Cauê e Caio, minha irmã Alexandra, meu cunhado Rodrigo e sobrinhos Gabriel e Vitória) por todo apoio prestado, principalmente nesses últimos momentos tenebrosos!!!!

E a todos os meus amigos espalhados pelos quatro cantos, principalmente aqueles que eu ainda tenho a oportunidade de conviver aqui em Rio Grande (RS), em Pontal do Sul e Paranaguá (PR)!!!!

---

# SUMÁRIO

---

Agradecimentos .....	2
Sumário.....	3
Lista de Figuras .....	5
Lista de Tabelas .....	9
Resumo .....	13
Abstract.....	15
Prefacio.....	17
Referências Bibliográficas.....	19
1. As praias estuarinas da Baía de Paranaguá: caracterização do ambiente físico.....	20
Introdução.....	20
Material & Métodos .....	23
Resultados.....	26
Discussão.....	33
Referências Bibliográficas.....	39
2. Talitridae (Amphipoda, Crustacea) nas praias estuarinas da Baía de Paranaguá, sul do Brasil: distribuição espacial e abundância.....	44
Introdução.....	44
Material & Métodos .....	45
Resultados.....	47
Discussão.....	49
Referências Bibliográficas.....	52

3. Distribuição espacial de <i>Ocypode quadrata</i> (Crustacea, Ocypodidae) ao longo da Baía de Paranaguá. ....	55
Introdução.....	55
Material & Métodos .....	56
Resultados.....	58
Discussão.....	61
Referências Bibliográficas.....	65
4. Estrutura da macroinfauna do entremarés das praias estuarinas da Baía de Paranaguá.....	69
Introdução.....	69
Material & Métodos .....	72
Resultados.....	75
Discussão.....	99
Referências Bibliográficas.....	109
5. Estrutura da macroinfauna intermareal nas praias arenosas: comparação entre praias estuarinas e oceânicas .....	116
Introdução.....	116
Material & Métodos .....	118
Resultados.....	122
Discussão.....	128
Referências Bibliográficas.....	134
Considerações finais.....	139

---

## LISTA DE FIGURAS

---

- Figura 1.1)** Mapa da Baía de Paranaguá (Paraná, Brasil) indicando a localização das praias estudadas. .... 24
- Figura 1.2)** Perfil topográfico das praias estuarinas localizadas ao longo do eixo leste-oeste da baía (pontos 1-8) obtidos durante o ano de 2004. O sinal de interrogação (?) indica que a extensão total da planície não foi medida. .... 27
- Figura 1.3)** Perfil topográfico das praias estuarinas localizadas ao longo do eixo norte-sul da baía (pontos 9-13) obtidos durante o ano de 2005. O sinal de interrogação (?) indica que a extensão total da planície não foi medida. .... 28
- Figura 1.4)** Fotos de algumas praias e suas feições topográficas mencionadas ao longo do texto. (a) Brasília (ponto 1) indicando o quebra no perfil, a qual corresponde ao limite entre a face praial e a planície de maré e (b) detalhe da micro-topografia da planície; (c-f) praias com presença de cavas e bancos formados ao longo da planície de maré. (c) Techint (ponto 2); (d) Coroazinha (ponto 4) indicando áreas com correntes de retorno e (e-f) Cemitério (ponto 13). .... 29
- Figura 1.5)** Diagrama de dispersão dos valores do parâmetro de Dean ( $\Omega$ ) versus RTR computados para as praias estuarinas da Baía de Paranaguá plotados contra o modelo morfodinâmico proposto por Masselink & Short (1993). .... 33
- Figura 2.1)** Mapa do complexo estuarino da Baía de Paranaguá indicando a localização das praias estudadas. .... 46
- Figura 2.2)** Locais de ocorrências de *Platorchestia monodi* e *Talorchestia tucurauna* nas praias estuarinas da Baía de Paranaguá durante março-abril de 2005. .... 49

<b>Figura 2.3)</b> Densidade média (+ 1DP) de <i>Platorchestia monodi</i> e <i>Talorchestia tucurauna</i> nas praias estudadas durante março e abril de 2005. GA= Gamelas; PS= Pasto; CZ= Cruz; VL= Vila; CM= Cemitério; PP= Ponta do Poço; TC= Techint; BR= Brasília; CR= Coroazinha; CB= Cobras; PÇ= Piaçaguera.....	50
<b>Figura 3.1)</b> Diagrama esquemático do posicionamento dos níveis amostrais em cada praia. P1 = Supralitoral; P2 = Linha de detrito; P3 = Entremarés superior; MMAS = marca da maré alta de sizígia; MMBS = marca da maré baixa de sizígia.....	57
<b>Figura 3.2)</b> Valores médios (+ 1 desvio padrão) das densidades de tocas de <i>Ocypode quadrata</i> em cada nível da praia (P1: colunas brancas, P2: colunas cinzas, P3: colunas pretas) em cada uma das praias durante o verão (a) e o inverno (b). Asteriscos indicam diferenças significativas nas densidades de tocas entre os níveis dentro de cada praia. (BR: Brasília, TC: Techint, PP: Ponta do Poço, CO: Coroazinha, CB: Cobras, CM: Cemitério, VI: Vila, CR: Cruz, PS: Pasto).....	61
<b>Figura 4.1)</b> Mapa do Complexo Estuarino da Baía de Paranaguá indicando os locais estudados. ....	72
<b>Figura 4.2)</b> Valores médios ( $\pm$ 1 desvio padrão) ou absolutos das variáveis abióticas medidas em cada uma das praias estuarinas distribuídas ao longo do eixo leste-oeste da baía durante o verão (○) e o inverno (●) de 2004. ....	76
<b>Figura 4.3)</b> Valores médios ( $\pm$ 1 desvio padrão) ou absolutos dos parâmetros biológicos calculados para a macrofauna em cada uma das praias estuarinas distribuídas ao longo do eixo leste-oeste da baía durante verão (○) e o inverno (●) de 2004.....	78
<b>Figura 4.4)</b> Diagramas da análise de agrupamento e de ordenação dos dados de	

densidade da macroinfauna, transformados pela raiz quadrada, nas praias estuarinas distribuídas ao longo do eixo leste-oeste da baía durante o verão (○) e o inverno (●) de 2004. .... 80

**Figura 4.5)** Diagramas da ACC mostrando as relações das variáveis abióticas (setas) com: (a) as praias estuarinas do eixo leste-oeste da baía e (b) as espécies macroinfaunais. (TMG: tamanho médio do grão do sedimento, (○): verão, (●): inverno, (△): espécies macroinfaunais) ..... 85

**Figura 4.6)** Valores médios ( $\pm 1$  desvio padrão) ou absolutos das variáveis abióticas medidas em cada uma das praias estuarinas distribuídas ao longo do eixo sul-norte da baía durante o verão (○) e o inverno (●) de 2005. .... 86

**Figura 4.7)** Valores médios ( $\pm 1$  desvio padrão) ou absolutos das variáveis abióticas medidas em cada uma das praias estuarinas distribuídas ao longo do eixo sul-norte da baía durante o verão (○) e o inverno (●) de 2005. .... 88

**Figura 4.8)** Diagramas da análise de agrupamento e de ordenação dos dados de densidade da macroinfauna, transformados pela raiz quadrada, nas praias estuarinas distribuídas ao longo do eixo norte-sul da baía durante o verão (□) e o inverno (■) de 2005. .... 91

**Figura 4.9)** Diagramas da ACC mostrando as relações das variáveis abióticas (setas) com: (a) as praias estuarinas do eixo leste-oeste da baía e (b) as espécies macroinfaunais. (TMG: tamanho médio do grão do sedimento, (□): verão, (■): inverno, (△): espécies macroinfaunais) ..... 94

**Figura 4.10)** Diagramas da análise de agrupamento e de ordenação dos dados de

densidade da macroinfauna, transformados pela raiz quadrada, nas praias estuarinas distribuídas ao longo dos dois eixos da baía. (eixo leste-oeste: verão (○) e inverno (●) de 2004, eixo norte-sul: verão (□) e inverno (■) de 2005..... 95

**Figura 4.11)** Diagramas da ACC mostrando as relações das variáveis abióticas (setas) com: (a) as praias estuarinas dos dois eixos da baía e (b) as espécies macroinfaunais. (TMG: tamanho médio do grão do sedimento, eixo leste-oeste: verão (○) e inverno (●) de 2004, eixo sul-norte: verão (□) e inverno (■) de 2005, (△): espécies macroinfaunais) ..... 98

**Figura 5.1)** Mapa da Baía de Paranaguá (Paraná, Brasil) indicando a localização das praias estudadas ao longo da margem sul da Ilha da Peças durante o ano de 2005 (Est: estuarina, Oc: oceânicas). ..... 119

**Figura 5.2)** Perfil topográfico das praias estudadas durante o verão e o inverno de 2005. .... 123

**Figura 5.4)** Diagramas das análises de agrupamento e de ordenação dos dados de densidade da macroinfauna, transformados pela raiz quadrada, nas praias estuarinas (Est) e oceânicas (Oc) durante o verão e o inverno de 2004. .... 126

**Figura 5.5)** Diagramas da ACC mostrando as relações entre as variáveis abióticas (setas), as praias estuarinas (Est) e oceânicas (Oc) e as espécies macroinfaunais durante o verão (a) e o inverno (b) de 2005 ..... 129



---

# LISTA DE TABELAS

---

**Tabela 1.1)** Características morfológicas e sedimentares da face praial (porção superior) das praias estuarinas localizadas na Baía de Paranaguá durante as situações de verão (Ver) e de inverno (Inv) de 2004 (P1 a P8) e de 2005 (P9 a P13). (LG: largura, DEC: declividade, TMG: tamanho médio do grão, GSL: grau de seleção, \*: valor médio  $\pm$  1 desvio padrão obtidos a partir das 10 amostras coletadas ao longo da face praial). ..... 30

**Tabela 1.2)** Características morfológicas e sedimentares da planície de maré (porção inferior) das praias estuarinas localizadas na Baía de Paranaguá durante as situações de verão (Ver) e de inverno (Inv) de 2004 (P1 a P8) e de 2005 (P9 a P13). (LG: largura, DEC: declividade, TMG: tamanho médio do grão, GSL: grau de seleção, \*: valor médio  $\pm$  1 desvio padrão obtidos a partir das 2 amostras coletadas na planície). ..... 31

**Tabela 1.3)** Regime de ondas atuante nas praias estuarinas localizadas na Baía de Paranaguá durante as situações de baixamar e preamar. Hb= altura da onda, T= período.  
\* Amplitude média (dados Lab. Oc. Física/CEM). ..... 32

**Tabela 2.1)** Valores médios ( $\pm$  desvio padrão) dos parâmetros abióticos medidos em cada praia analisada. .... 48

**Tabela 3.1)** Parâmetros abióticos medidos em cada praia durante as coletas de verão (Ver) e de inverno (Inv). Características dos sedimentos são apresentadas como média ( $\pm$  1 desvio padrão) dos valores dos três níveis amostrais. As praias onde não foi registrada a presença de *Ocypode quadrata* estão assinaladas por um asterisco (\*). .... 59

**Tabela 3.2)** Abundância total de tocas de *Ocypode quadrata* registradas em cada praia

durante as coletas de verão e inverno. ....	60
<b>Tabela 3.3)</b> Sumário da análise de variância hierárquica avaliando diferenças nas densidades de tocas de <i>Ocypode quadrata</i> entre os períodos amostrais (i.e., verão e inverno), praias e níveis das praias (i.e., P1, P2 e P3).....	60
<b>Tabela 3.4)</b> Valores de densidades (número de tocas/m <sup>2</sup> ) de tocas de <i>Ocypode quadrata</i> registrados nesse estudo e em outras praias oceânicas. ....	62
<b>Tabela 4.1)</b> Abundância relativa dos principais grupos taxonômicos presentes nas praias estuarinas distribuídas ao longo do eixo leste-oeste da baía durante o verão (VER) e o inverno (INV) de 2004. ....	77
<b>Tabela 4.2)</b> Valores do coeficiente de correlação de Spearman (R) entre os descritores da macroinfauna e as variáveis abióticas (n = 16) das praias distribuídas ao longo do eixo leste-oeste da baía. (ns = não significativo).....	79
<b>Tabela 4.3)</b> Densidade média ( $\pm$ desvio padrão) dos organismos macroinfaunais nas praias estuarinas distribuídas ao longo do eixo leste-oeste da baía durante o verão e o inverno de 2004. ....	81
<b>Tabela 4.4)</b> Sumário da rotina SIMPER indicando a similaridade média e a contribuição das espécies macroinfaunais para a formação dos agrupamentos das praias estuarinas distribuídas ao longo do eixo leste-oeste da baía. ....	82
<b>Tabela 4.5)</b> Sumário da ACC avaliando as correlações entre os dados abióticos e a estrutura da comunidade da macroinfauna das praias estuarinas distribuídas ao longo do eixo leste-oeste da baía coletados durante o ano de 2004. ....	84

<b>Tabela 4.6)</b> Abundância relativa dos principais grupos taxonômicos presentes nas praias estuarinas distribuídas ao longo do norte-sul da baía durante o verão (VER) e o inverno (INV) de 2005. ....	87
<b>Tabela 4.7)</b> Valores do coeficiente de correlação de Spearman (R) entre os descritores da macroinfauna e as variáveis abióticas das praias distribuídas ao longo do eixo norte-sul da baía. (ns = não significativo).....	89
<b>Tabela 4.8)</b> Densidade média ( $\pm$ desvio padrão) dos organismos macroinfaunais nas praias estuarinas distribuídas ao longo do eixo norte-sul da baía durante o verão e o inverno de 2005. ....	92
<b>Tabela 4.9)</b> Sumário da rotina SIMPER indicando a similaridade média e a contribuição das espécies macroinfaunais para a formação dos agrupamentos das praias estuarinas distribuídas ao longo do eixo sul-norte da baía. ....	93
<b>Tabela 4.10)</b> Sumário da ACC avaliando as correlações entre os dados abióticos e a estrutura da comunidade da macroinfauna das praias estuarinas distribuídas ao longo do eixo sul-norte da baía coletados durante o ano de 2005. ....	94
<b>Tabela 4.11)</b> Sumário da rotina SIMPER indicando a similaridade média e a contribuição das espécies macroinfaunais para a formação dos agrupamentos das praias estuarinas distribuídas ao longo dos dois eixos da baía. ....	96
<b>Tabela 4.12)</b> Sumário da ACC avaliando as correlações entre os dados abióticos e a estrutura da comunidade da macroinfauna das praias estuarinas distribuídas ao longo dos dois eixos da baía. ....	97
<b>Tabela 5.1)</b> Características físicas dos 4 ambientes de praia analisados durante o verão	

(Ver) e o inverno (Inv) de 2005. (\* valor médio ( $\pm$  DP) calculado a partir das 10 amostras coletadas ao longo do transecto; Dean: parâmetro adimensional de Dean; RTR: *Relative tide range*; BSI: *Beach state index*)..... 122

**Tabela 5.4)** Contribuição relativa dos principais grupos taxonômicos em relação a abundância e riqueza (i.e., número de espécies) total da macroinfauna nos quatro ambientes de praias estudados durante o verão (Ver) e o inverno (Inv) de 2005..... 124

**Tabela 5.5)** Densidade média ( $\pm$  desvio padrão) dos organismos infaunais em cada praia durante o período de verão de 2005. (Pol: Polychaeta; Crus: Crustacea; Moll: Mollusca)..... 126

**Tabela 5.6)** Contribuição individual das espécies para a dissimilaridade média ( $\delta$ ) entre as praias estuarinas e oceânicas durante o período de verão, organizadas por ordem de importância com um corte de 75%. ..... 126

**Tabela 5.7)** Densidade média ( $\pm$  desvio padrão) dos organismos infaunais em cada praia durante o período de inverno de 2005. (Pol: Polychaeta; Crus: Crustacea; Moll: Mollusca)..... 127

**Tabela 5.8)** Contribuição individual das espécies para a dissimilaridade média ( $\delta$ ) entre as praias estuarinas e oceânicas durante o período de inverno, organizadas por ordem de importância com um corte de 75%. ..... 127

**Tabela 5.9)** Sumário da ACC indicando a contribuição de cada variável física quando adicionada ao modelo para a explicação da variância total dos dados biológicos. .... 128

Essa tese tem como objetivo principal contribuir para o conhecimento da ecologia das praias arenosas estuarinas, sendo que para isso, uma série de 13 praias, distribuídas ao longo dos dois principais eixos da Baía de Paranaguá (Paraná, região sul do Brasil), foi analisada em duas situações distintas (verão e inverno) quanto a seus aspectos morfodinâmicos e ecológicos baseado na comunidade bentônica.

Morfologicamente, as praias foram caracterizadas por apresentarem uma porção superior estreita e íngreme seguido por uma planície geralmente extensa e com baixa declividade na porção inferior, embora essa planície possa estar ausente em alguns casos. O tamanho do sedimento da face praial aumentou em direção ao interior do estuarino (de areia fina muito bem selecionada a areia grossa pobremente selecionada), enquanto que, numa situação oposta, as planícies arenosas tornaram-se lamosas nas praias mais internas. Ondas de pequeno tamanho ( $< 0,25\text{m}$ ) e período curto ( $< 5\text{s}$ ) caracterizaram o regime de onda atuante nesses ambientes. Embora a aplicação dos modelos morfodinâmicos usuais tenha sido limitada pela qualidade dos dados de ondas utilizados, os perfis morfológicos observados corresponderam em parte com os descritos para ambientes de praia modificados e, principalmente, dominados por maré.

Das quatro espécies de anfípodes talitrídeos registrados para a costa brasileira, três (*Atlantorchestoidea brasiliensis*, *Talorchestia tucurauna* e *Platorchestia monodi*) ocorreram de forma conspícua em 11 praias estuarinas da Baía de Paranaguá, sendo que *A. brasiliensis* esteve representada por apenas um indivíduo. *T. tucurauna* apresentou as maiores densidades, ocorrendo apenas em 5 praias localizadas próximas a desembocadura. A correlação positiva dessa espécie com os valores de salinidade sugerem uma baixa tolerância osmótica, o que poderia explicar sua distribuição espacial mais restrita. Por outro lado, embora com menores densidades, *P. monodi* ocorreu em todas as 11 praias analisadas. Essa espécie foi positivamente correlacionada com a biomassa de detrito, o qual provavelmente serve de abrigo para a espécie contra a predação e dissecação e como uma fonte de alimento alternativa.

As densidades de tocas do caranguejo Ocypodidae *Ocypode quadrata* nas praias estuarinas foram similares as registradas para as praias oceânicas. Entretanto, a ausência de tocas nas quatro praias mais internas sugere que a salinidade juntamente com a compactação do sedimento sejam os fatores limitando a ocorrência desse caranguejo nas regiões mais internas do estuário. Entre as outras praias, a densidade de tocas mostrou uma marcada sazonalidade; os baixos valores observados durante o inverno estão provavelmente relacionados a uma diminuição das atividades dos caranguejos devido às baixas temperaturas durante o começo das manhãs de inverno.

Crustáceos e poliquetas foram os grupos taxonômicos dominantes ao longo das praias estuarinas, embora oligoquetas e moluscos também apresentaram uma contribuição significativa em algumas situações. O número total de espécies variou entre 6 e 24, enquanto que os valores de densidade variaram entre 164 e 8 131 ind./m<sup>2</sup>. Embora os descritores da comunidade não tenham sido aparentemente influenciados pelos gradientes de salinidade e granulométricos observados ao longo dos dois eixos estuarinos, esses fatores foram responsáveis pelas marcantes mudanças na composição da macrofauna ao longo desses gradientes. As praias próximas a desembocadura apresentaram uma fauna similar as das praias oceânicas locais, enquanto que, organismos típicos de fundos estuarinos ocuparam as praias estuarinas mais internas. Redução na largura e aumento na declividade da face praial bem como redução no regime de ondas e aumento da influência da maré (com indicado pelo aumento do índice RTR: “relative tide range”) foram as principais alterações observadas no ambiente físico entre praias oceânicas e estuarinas. Mudanças na composição da macrofauna entre esses dois tipos de praias foram correlacionadas com as alterações sofridas pela largura e declividade do intermareal bem como pelo RTR. Já os baixos valores de número de espécies, de densidade e de abundância da macrofauna nas praias estuarinas foram decorrentes da redução de habitats favoráveis.

**Palavras-chave:** Praias estuarinas, ambientes de baixa energia, gradientes salinos, estrutura da macrofauna, manejo e conservação.

---

# ABSTRACT

---

The main goal of this thesis is to contribute with the knowledge about estuarine beaches ecology. For this, 13 beaches distributed across the two main axes of the Paranaguá Bay (State of Paraná, southern Brazil) were analyzed at two distinct situations (summer and winter) regarding your morphodynamics and ecological aspects.

The estuarine beaches were characterized by a narrow and steep beachface fronted by wide, very low-gradient intertidal flat. The strong influence of tidal currents seems to inhibit the intertidal flat formation at some beaches. Sedimentary composition of beachface ranged from very-well sorted fine sand (beaches near to the mouth of the bay) to poor sorted coarser sand at the inner bay, while the intertidal flat ranged from sandy to muddy sediments towards to the inner estuary. Observed waves were small ( $H_b < 0.25\text{m}$ ) and of short period ( $T < 5\text{s}$ ), in general, increasing with tide and decreasing towards the inner bay. Although the application of morphodynamic models has been limited by wave data quality, observed beach profile were similar to described for tide-modified and, especially to tide-dominated beaches.

Four species are present along the Brazilian coast, three of which appear in the Bay of Paranaguá Complex (*Atlantorchestoidea brasiliensis*, *Talorchestia tucurauna* and *Platorchestia monodi*), being that *A. brasiliensis* was represented by just one individual only. *T. tucurauna* showed the highest densities, but occurred at only 5 beaches. This species was positively correlated with salinity suggesting weak osmotic tolerance, which could explain the restricted spatial distribution. In spite of the low abundance of *P. monodi*, the species occurred in all the eleven beaches. *P. monodi* was also positively correlated with the wrack biomass, probably using this material for protection against predation and desiccation.

The burrow densities of *Ocypode quadrata* in the estuarine beaches were similar to those observed in the oceanic beaches. However, the absence of burrows at four most inner beach suggest that low salinity and sediment penetrability may prevent ghost crab from occurring in this region of the estuary. Borrow densities showed strong seasonal variability. The low densities observed during the winter are probably related to a delay crab activities due to low temperatures in the early morning during this season.

Crustaceans and polychaets were the dominant taxonomical groups across the estuarine beaches. However, oligochaets and mollusks were also important at some situations. Between the estuarine beaches, the species number of macrofauna ranged from 6 and 24 species, while the density ranged from 164 and 8131 ind./m<sup>2</sup>. Although these biological descriptors have not been influenced by granulometrical and salinity gradients observed across the two main estuarine axes, these factors have promoted significant changes at

macrofauna composition. Faunal composition of the beaches situated near mouth was similar to local oceanic beaches. The most inner beach was colonized by typical estuarine bottom organisms.

Decrease in beach width and waves regime (height and period) as well as increase in slope and tidal influence (indicated by highest RTR values) was the main observed alteration among oceanic and estuarine beaches. Macrofauna composition changes were associated with alterations in the beach width, slope and RTR, while low values of species number, density and abundance of macrofauna at estuarine beaches were related to reduction of favorable habitats.

**Key words:** Estuarine beaches, low-energy environments, salinity gradients, macrofauna community structure, management and conservation.



---

## PREFACIO

---

Por muito tempo, as praias arenosas foram consideradas como “desertos marinhos”, no entanto, o conhecimento da ecologia desse ambientes tem crescido consideravelmente nas últimas três décadas. Após o primeiro simpósio internacional sobre praias arenosas “Sandy Beaches as Ecosystem”, realizado em 1983 na África do Sul (McLachlan & Erasmus 1983), foi crescente a quantidade de pesquisadores que adotaram esse ambiente como objeto de estudo, resultando na produção de centenas de artigos sobre os diversos aspectos da ecologia das praias arenosas, o que conseqüentemente, culminou na produção livros textos sobre o assunto (Brown & McLachlan 1990, Knox 2000, McLachlan & Brown 2006). Experiências compartilhadas em outros simpósios específicos como os realizados no Chile (1994), no Brasil (2000), na Itália (2003) e, mais recentemente, na Espanha (2006), também contribuíram para o avanço no conhecimento desse ambiente.

A partir do conhecimento adquirido nessas três décadas McLachlan & Brown (2006), destaca como os principais paradigmas sobre os padrões das comunidades habitando as praias arenosas expostas (1) o conceito do extremo controle físico nesse ambientes adversos, (2) os modelos morfodinâmicos praias apresentam sedimentos, morfologias e feições próprias, (3) a riqueza, abundância e a biomassa da fauna muda com a morfodinmica praial e (4) e a influência da latitude sobre esses processos.

Entretanto, o atual conhecimento da ecologia das praias arenosas está essencialmente baseado em estudos realizados em ambientes marinhos expostos, sendo que muito menos atenção tem sido dada aos ecossistemas de praias arenosas estuarinas,

embora esses sejam uma feição comum ao longo de baías e estuários no mundo inteiro (Nordstrom 1992, Jackson *et al.* 2002). Este descaso com as praias estuarinas é, em parte, resultante de suas pequenas extensões (i.e., muitas apresentam extensões inferiores a 100 metros) e de seu baixo interesse socioeconômico (p. ex., exploração para atividades recreativas) (Nordstrom, 1992).

Construções de portos e marinas juntamente com as atividades de dragagem são algumas das interferências humanas muito comuns em ambientes abrigados como estuários e baías, as quais têm sido citadas como as principais causas do desaparecimento dos ambientes de praias estuarinas (Nordstrom 1992, Jackson *et al.* 2002). Uma vez que a frequência com que tais perturbações ocorrem é bem superior ao avanço do nosso conhecimento sobre a dinâmica desses ambientes, muitas praias estuarinas têm desaparecido sem sabermos a importância desses ambientes para o sistema estuarino e/ou costeiro como um todo.

Essa tese tem como objetivo principal contribuir para o conhecimento da ecologia das praias arenosas estuarinas, sendo que para isso, um total de 13 praias, distribuídas do longo dos dois principais eixos da Baía de Paranaguá (Paraná, região sul do Brasil), foram analisadas em duas situações distintas (verão e inverno) quanto a seus aspectos morfodinâmicos e ecológicos. No Capítulo 1 será abordada a classificação morfodinâmica desses ambientes baseada em aspectos físicos tais como localização, morfologia, características granulométricas e regime de ondas. Os padrões de distribuição e abundância da fauna típica do supralitoral tais como os anfípodes talitrídeos e o caranguejo *Ocypode quadrata* nas praias estuarinas serão discutidos, respectivamente, nos Capítulos 2 e 3. A caracterização da estrutura da macrofauna do entremarés das praias estuarinas ao longo dos dois principais eixos estuarinos, bem

como a avaliação dos principais fatores condicionantes dessa comunidade serão abordados no Capítulo 4. No Capítulo 5, a macrofauna de duas praias estuarinas e duas oceânicas, localizadas ao longo de um gradiente de exposição situado na borda norte da desembocadura da baía, serão comparadas visando compreender as principais alterações sofridas ao longo de uma transição do ambiente oceânico para o estuarino.

## **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

Brown, A. C. & McLachlan, A. 1990. **Ecology of sandy shores**. Amsterdam, Elsevier. 328p.

Jackson, N. L.; Nordstrom, K. F. & Smith, D. R. 2002. Geomorphic-biotic interactions on beach foreshores in estuaries. **Journal of Coastal Research** SI 36: 414-424.

Knox, G. A. 2000. **The Ecology of Sea Shores**. New York, CRC. 555p.

McLachlan, A. & Brown, A. C. 2006. **Ecology of sandy shores**. 2 Ed. San Diego, Academic Press. 373p.

McLachlan, A. & Erasmus, T. 1983. **Sandy Beaches as Ecosystems**. The Hague, Dr W. Junk.

Nordstrom, K. F. 1992. **Estuarine beaches**. London, Elsevier Applied Science. 225p.

---

# 1. AS PRAIAS ESTUARINAS DA BAÍA DE PARANAGUÁ: CARACTERIZAÇÃO DO AMBIENTE FÍSICO<sup>1</sup>

---

## INTRODUÇÃO

Praias arenosas são facilmente encontradas dentro de baías e estuários no mundo inteiro. Essas praias, também conhecidas como praias estuarinas, são geralmente caracterizadas pela ação de ondas de pequena amplitude (i.e., < 0,25 m) durante condições climáticas normais (Jackson *et al.* 2002), e podem ser consideradas como “ambientes de baixa energia”. Apesar de sua presença conspícua, esses ambientes têm recebido pouca atenção por parte dos pesquisadores, os quais direcionaram seus esforços para o estudo de praias em ambientes de alta energia (Wright & Short 1984, Masselink & Short 1993, Short 1999). Em parte, esse descaso tem sido associado às pequenas extensões e ao baixo valor recreativo desses ambientes (Nordstrom 1992), mas também por serem erroneamente considerados similares aos ambientes de alta energia, porém numa escala menor (Travers 2007).

De acordo com Nordstrom (1992), praias estuarinas são depósitos intermareais de areia ou cascalho onde os processos de retrabalhamento do sedimento são dominados por ondas geradas localmente sobre uma pista curta. Ondas geradas sob essas condições são caracterizadas principalmente por seu curto período (Jackson *et al.* 2002). Além da

---

<sup>1</sup> Artigo publicado sob a referência: “Rosa, L. C. & Borzone, C. A. *in press*. Uma abordagem morfodinâmica na caracterização física das praias estuarinas da Baía de Paranaguá, Sul do Brasil. **Revista Brasileira de Geociências** 38(2), junho de 2008.”

menor distância da pista, a influência de outros fatores locais como a orientação da linha de costa, a configuração dos fundos adjacentes e a intensidade do vento, assumem uma maior relevância do que em zonas costeiras expostas (Nordstrom 1992, Jackson & Nordstrom 1992). A influência desses fatores locais específicos altera a característica do regime de ondas nas praias de baixa energia, modificando de forma pronunciada tanto a magnitude quanto a extensão do retrabalhamento do sedimento ao longo do perfil praiial (Jackson *et al.* 2002), podendo resultar numa grande variedade morfológica (Hegge *et al.* 1996).

Nordstrom & Jackson (1992) propuseram um modelo evolutivo para praias estuarinas onde dois tipos de alterações morfológicas são identificados dependendo do processo dominante de transporte de sedimento (perpendicular ou paralelo). Dentro dessa premissa, Hegge *et al.* (1996) apresentaram um modelo classificatório com quatro morfotipos no qual é considerada a dimensão, a declividade, a curvatura e a granulometria das praias. Conseqüentemente, sugeriu-se que praias em ambientes de baixa energia somente podem ser classificadas em relação a sua morfologia (Makaske & Augustinus 1998, Jackson *et al.* 2002, Travers 2007).

Modelos para classificação dos ambientes de praias oceânicas, ou de alta energia, são bem mais conhecidos e a relação entre o estado morfodinâmico de uma praia e as características de ondas e dos sedimentos foi primeiramente estabelecida por Wrigth & Short (1984) utilizando o parâmetro adimensional ômega ( $\Omega$ ) de Dean (1973):

$$\Omega = \frac{H_b}{\varpi_s T}$$

onde:  $H_b$  = altura da onda na arrebentação;  $\varpi_s$  = velocidade de sedimentação da

partícula e,  $T$  = período da onda.

A partir do emprego desse índice, as praias oceânicas em ambientes de micro-maré podem ser classificadas entre os estágios refletivos ( $\Omega > 2$ ), intermediários ( $2 < \Omega < 5$ ) e dissipativos ( $\Omega > 5$ ). Posteriormente, Masselink & Short (1993) analisaram a influência da maré sobre a morfodinâmica praial e verificaram que a interação desta com a altura da onda resulta em distintas morfologias praiais. Esta interação foi resumida na formulação do índice RTR (“relative tidal range”;  $RTR = TR/H_b$ ), o qual corresponde a razão entre a amplitude de maré (TR) e a altura da onda na arrebentação ( $H_b$ ) (Masselink & Short 1993). De acordo com esse índice todos os ambientes de praia podem ser classificados como dominados por ondas ( $RTR < 3$ ) ou modificados por maré ( $3 < RTR < 15$ ). Por outro lado, quando  $RTR > 15$  as praias tornam-se dominadas por maré e sucessivamente começam a evoluir para ambientes de planície de maré propriamente dita (Masselink & Short 1993, Short 1996). Conseqüentemente, um modelo bidimensional conceitual, no qual são considerados os valores de  $\Omega$  e de RTR, tem sido adotado para a caracterização dos estágios morfodinâmicos das praias de alta energia (Masselink & Short 1993, Short 1996). No entanto, a utilização desse modelo para a classificação morfodinâmica dos ambientes de praias de baixa energia tem se mostrado pouco eficiente (Nordstrom 1992, Hegge *et al.* 1996, Masselink & Pattiaratchi 2001, Jackson *et al.* 2002, Eliot *et al.* 2006, Travers 2007).

A ausência de um “consenso” entre os modelos propostos reforça a importância dos fatores específicos locais e ressalta a necessidade de um maior esforço no sentido de aprimorar a descrição destes ambientes particulares. Através de uma melhor compreensão dos agentes morfodinâmicos condicionantes nessas praias, será possível o desenvolvimento de um modelo descritivo, e quem sabe preditivo, eficiente para esses

ambientes de baixa energia. Neste sentido, o presente estudo tem como principal objetivo caracterizar fisicamente as praias estuarinas da Baía de Paranaguá e testar o seu ajuste ao modelo morfodinâmico acima mencionado. Fatores como morfologia, características sedimentares, regime de ondas atuantes e morfodinamismo desses ambientes serão descritos e relacionados aos padrões recorrentes já descritos na literatura.

## **MATERIAL & MÉTODOS**

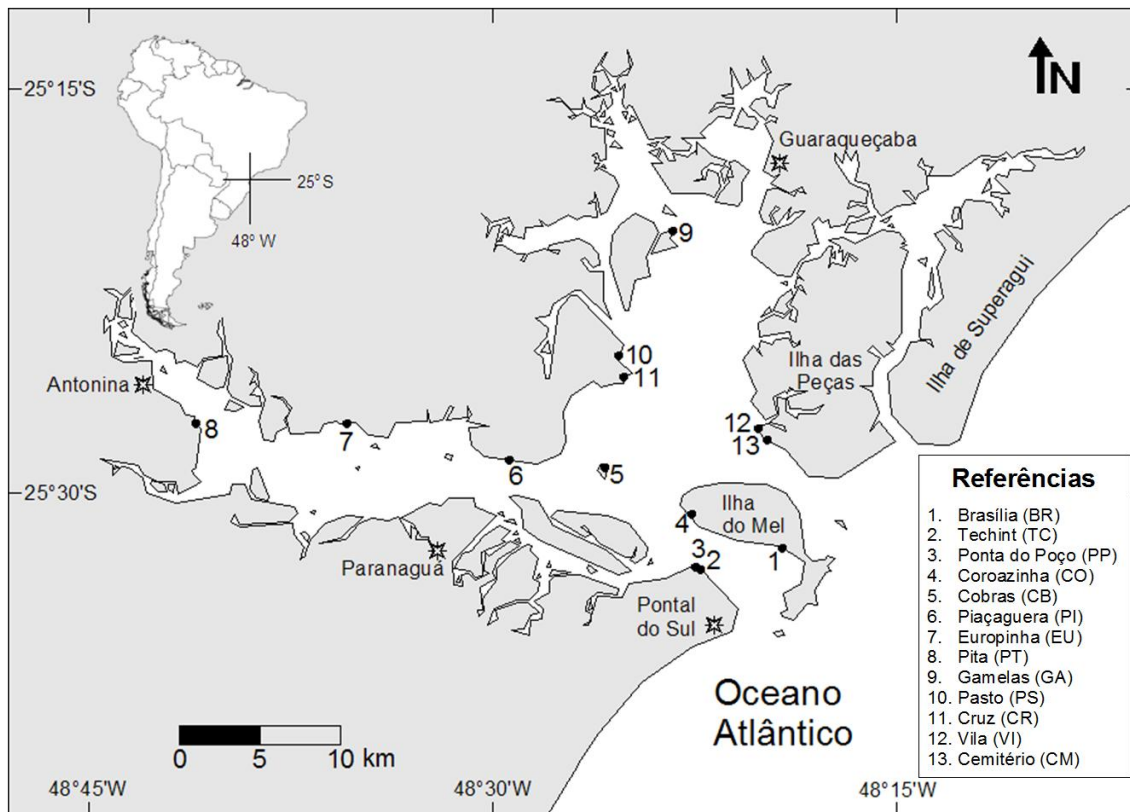
### *Área de estudo*

A Baía de Paranaguá (Figura 1.1), com uma extensão total de 612 km<sup>2</sup>, é melhor definida como um complexo estuarino composto essencialmente por dois corpos d'água, as baías de Paranaguá e Antonina (eixo leste-oeste) e a baía de Laranjeiras (eixo norte-sul), conectando-se com o oceano através de dois canais localizados em torno da Ilha do Mel (Lana *et al.* 2001). Um sistema de barras submersas, as quais correspondem ao delta de maré vazante (Angulo 1999), dissipam a penetração de ondas para o interior da baía.

O complexo estuarino de Paranaguá é classificado como um estuário parcialmente misturado do tipo B com heterogeneidade lateral, particularmente na região mediana (Knoppers *et al.* 1987), apresentando uma profundidade média de 5,4 m com um volume total de água de 1.410<sup>9</sup> m<sup>3</sup> e tempo de residência de 3,5 dias (Mantovanelli *et al.* 2004), sendo que os padrões de circulação e estratificação apresentam variação sazonal. As marés da região são semidiurnas desiguais, em regime micromareal, com amplitudes máximas variando entre 1,7m na desembocadura a 2,7m

no interior da baía (Marone & Jamiyanaa 1997).

Segundo Angulo & Araújo (1996) neste estuário encontramos dois tipos de costas sedimentares, as estuarinas dominadas pelas marés e associadas a planícies de maré cobertas por vegetação de mangue, e as associadas às desembocaduras, que apresentam sua dinâmica dominada por ondas e correntes de maré e são constituídas principalmente por praias arenosas semelhantes às oceânicas, porém com grande variabilidade temporal.



**Figura 1.1)** Mapa da Baía de Paranaguá (Paraná, Brasil) indicando a localização das praias estudadas.

Na região, o regime de ventos é controlado pela influência da alta do Atlântico Sul e pela passagem de sistemas frontais. Em condições normais são frequentes os ventos dos setores ENE, E, ESSE e SE, com intensidade média de 4m/s (Marone &



Camargo 1994), porém, durante o deslocamento de sistemas frontais, ventos de SE com velocidades superiores a 25m/s podem ser observados (Soares *et al.* 1997).

### ***Amostragem***

Após análises de fotos aéreas e comprovações *in situ* foram selecionadas 13 praias (Figura 1.1) distribuídas ao longo dos dois eixos principais do complexo estuarino, as quais foram amostradas no verão e no inverno entre os anos de 2004 (pontos 1 a 8) e 2005 (pontos 9 a 13) sempre durante o período de baixa-mar da maré de sizígia.

Durante cada amostragem, o perfil topográfico de cada praia foi medido com o auxílio de um nível de precisão e uma régua metrada, a partir da linha de vegetação terrestre e estendendo-se até o limite inferior da baixa-mar no dia da amostragem. Em algumas situações não foi possível medir toda a extensão do perfil devido à dificuldade de locomoção sobre a porção inferior do mesmo.

Amostras de sedimento (i.e., 10 amostras equidistantemente distribuídas na face praial e 2 amostras na planície) também foram coletadas com auxílio de um amostrador de PVC (4 cm de diâmetro e 10 cm de profundidade) ao longo de uma transversal perpendicularmente disposta à linha da água para a caracterização granulométrica do ambiente. As amostras sedimentológicas foram processadas de acordo com técnicas padrões de peneiramento (Suguio 1973), sendo que os dados obtidos foram computados de acordo com o método dos momentos (Tanner 1995) e os resultados foram expressos em valores  $\phi$  (“phi” =  $-\log_2$  diâmetro mm).

Durante cada amostragem também foi medido o regime de ondas atuantes. A altura da onda ( $H_b$ ) foi estimada visualmente, no momento imediatamente anterior à sua

quebra. O período da onda (T) foi estimado com auxílio de um cronômetro e correspondeu a 1/10 do tempo total transcorrido para a passagem de onze cristas consecutivas em um ponto fixo na zona de surfe. Três observações foram realizadas em cada coleta para a obtenção de uma média. Posteriormente, uma saída a campo, percorrendo todos os pontos, foi realizada para a obtenção de dados sobre o regime de ondas atuando nas praias durante um período de maré alta, conforme a mesma metodologia descrita acima.

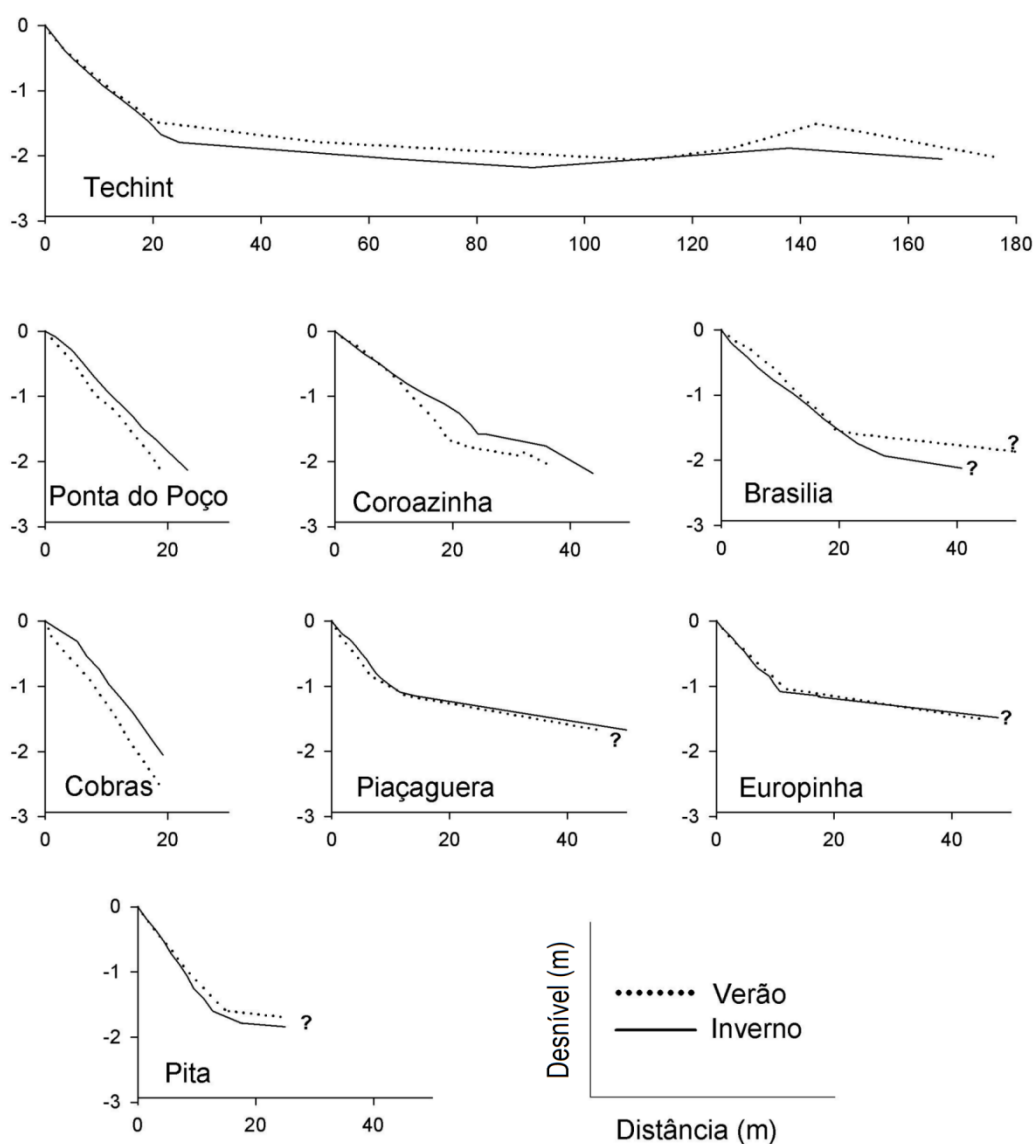
Para cada praia foram computados os índices  $\Omega$  e RTR, e o estado morfodinâmico das praias estuarinas foi obtido após plotagem desses valores sobre o modelo bi-dimensional proposto por Masselink & Short (1993). Os valores de velocidade média de decantação da partícula de sedimento utilizados para o cálculo de  $\Omega$  foram obtidos a partir das tabelas de Gibbs *et al.* (1971).

## **RESULTADOS**

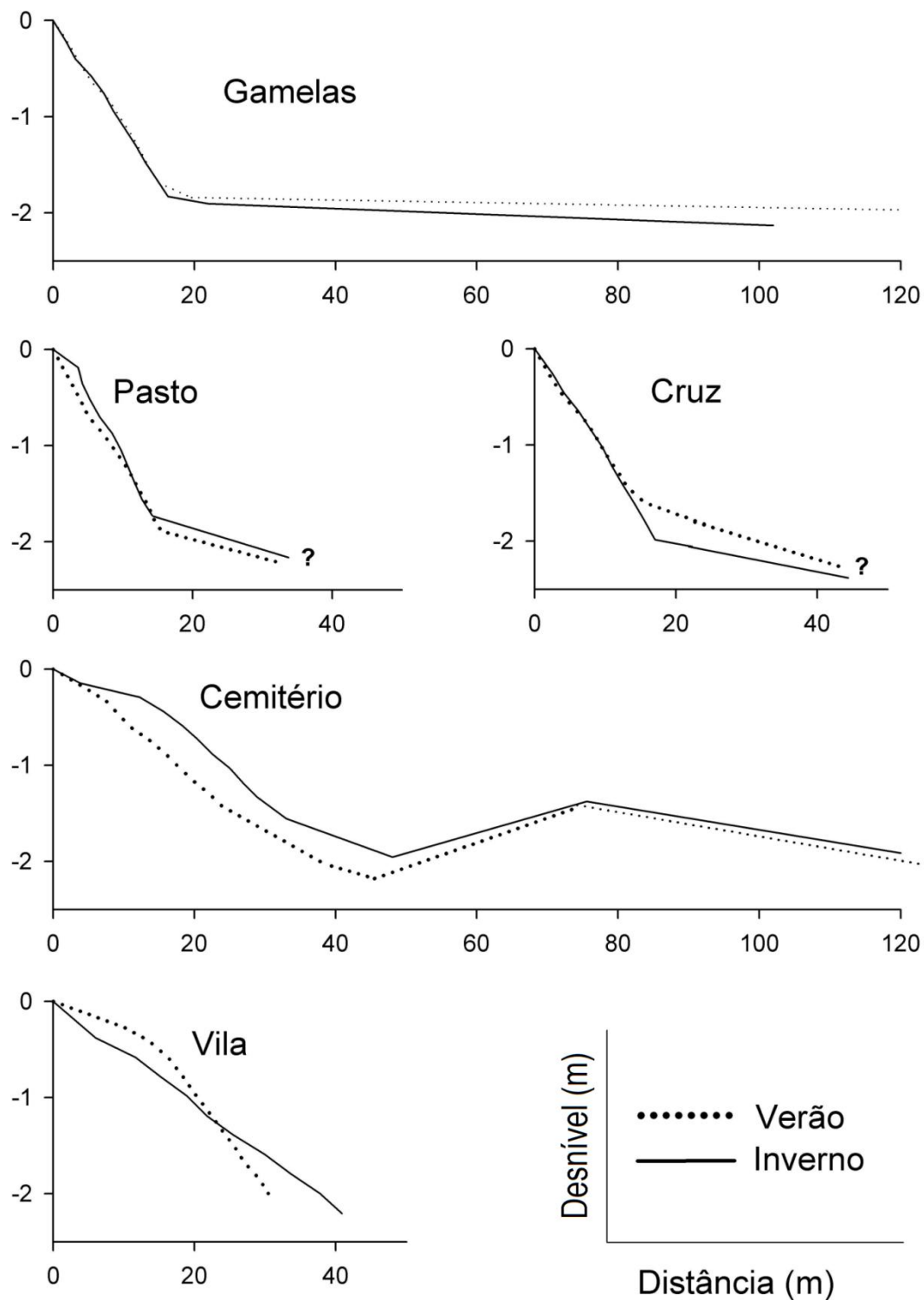
Os perfis topográficos das praias estuarinas estudadas podem ser visualizados nas Figuras 1.2 e 1.3. De uma forma geral, as praias foram caracterizadas por apresentar uma estreita (entre 10 e 41 m de largura) e íngreme (entre 2,6 e 8,3° de declividade) porção superior ou face praial, seguida por uma planície de maré em sua porção inferior, com extensões variando entre 17 e >150 metros e com declividades entre 0,14 e 2° (Figuras 1.2 e 1.3, Tabela 1.1 e 1.2). As únicas exceções foram as praias Ponta do Poço, Cobras e Vila (respectivamente pontos 3, 5 e 12 da Figura 1.1), onde não ocorreram a formação da planície.

A diferenciação entre a face praial e a planície foi facilmente observada pela

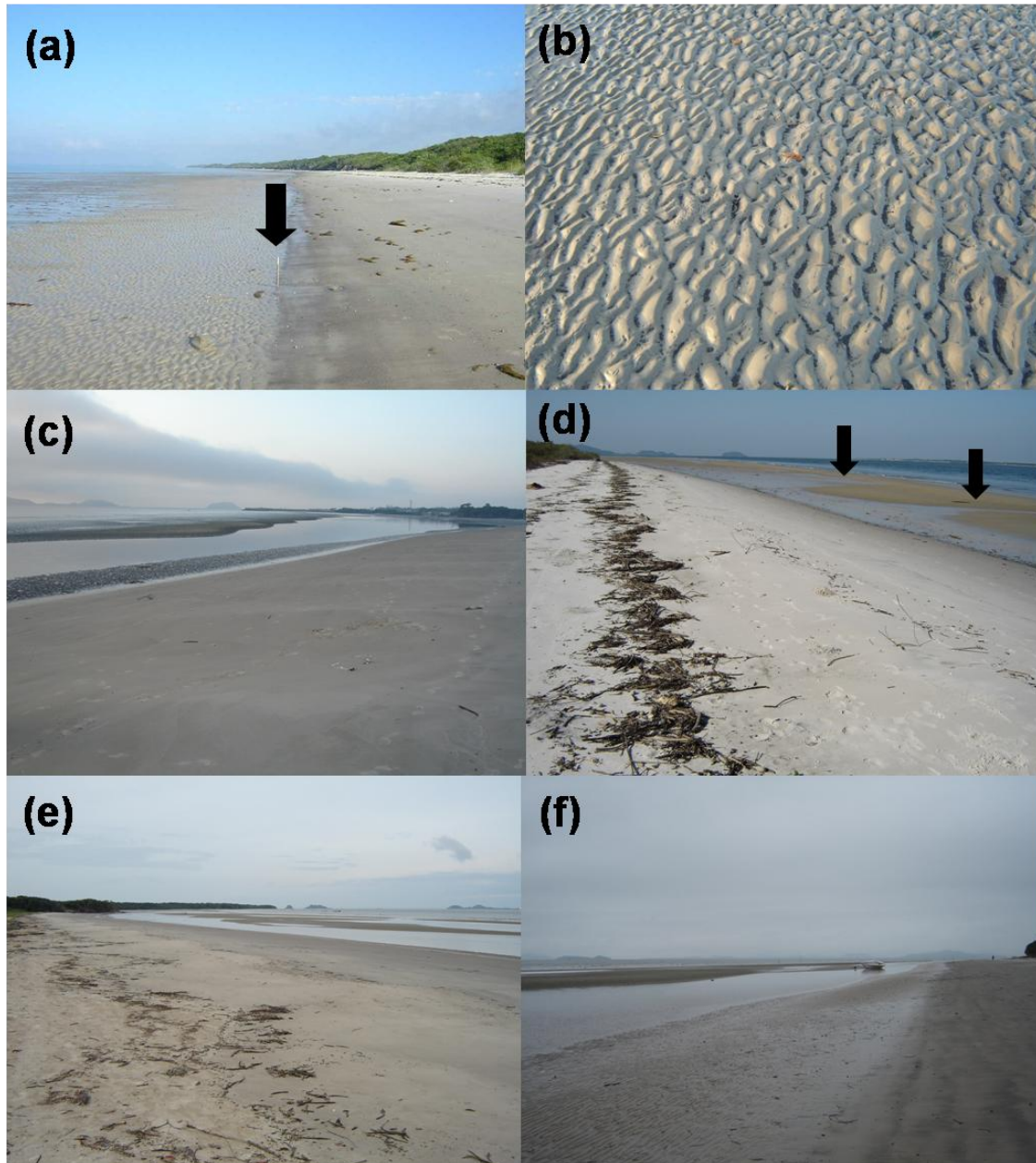
marcada quebra no perfil topográfico da praia (Figura 1.4a). Distintas feições topográficas também puderam ser observadas entre esses dois sub-ambientes. Enquanto a face praial foi praticamente plana, a presença de pequenas marcas de ondulação (“*ripple marks*”) foi comum ao longo da planície (Figura 1.4b). Outras feições morfológicas na planície, como a presença de bancos, cavas e marcas de correntes de retorno, ocorreram somente nas praias Techint, Coroazinha e Cemitério (Figuras 1.2, 1.3 e 1.4c-f).



**Figura 1.2)** Perfil topográfico das praias estuarinas localizadas ao longo do eixo leste-oeste da baía (pontos 1-8) obtidos durante o ano de 2004. O sinal de interrogação (?) indica que a extensão total da planície não foi medida.



**Figura 1.3)** Perfil topográfico das praias estuarinas localizadas ao longo do eixo norte-sul da baía (pontos 9-13) obtidos durante o ano de 2005. O sinal de interrogação (?) indica que a extensão total da planície não foi medida.



**Figura 1.4)** Fotos de algumas praias e suas feições topográficas mencionadas ao longo do texto. (a) Brasília (ponto 1) indicando o quebra no perfil, a qual corresponde ao limite entre a face praial e a planície de maré e (b) detalhe da micro-topografia da planície; (c-f) praias com presença de cavas e bancos formados ao longo da planície de maré. (c) Techint (ponto 2); (d) Corozinha (ponto 4) indicando áreas com correntes de retorno e (e-f) Cemitério (ponto 13).

Em relação a granulometria, a face praial foi composta por areia fina muito bem selecionada a areia grossa pobremente selecionada, com porcentagem de frações finas

sempre inferior a 4%, sendo ainda observado um aumento no diâmetro médio do grão seguido de uma redução no grau de seleção ao longo das praias em direção ao interior do estuário (Tabela 1.1). Diferenças na composição granulométrica da planície também foram observadas entre as praias, sendo que os ambientes localizados próximos à desembocadura apresentaram uma planície arenosa (frações finas < 10%) enquanto que as praias mais internas (i.e., Piaçaguera, Europinha, Pita e Gamelas) tiveram planícies areno-lodosas com frações finas > 30% (Tabela 1.2).

**Tabela 1.1)** Características morfológicas e sedimentares da face praiial (porção superior) das praias estuarinas localizadas na Baía de Paranaguá durante as situações de verão (Ver) e de inverno (Inv) de 2004 (P1 a P8) e de 2005 (P9 a P13). (LG: largura, DEC: declividade, TMG: tamanho médio do grão, GSL: grau de seleção, \*: valor médio  $\pm$  1 desvio padrão obtidos a partir das 10 amostras coletadas ao longo da face praiial).

<b>Praia - Período</b>		<b>LG (m)</b>	<b>DEC (°)</b>	<b>TMG (<math>\phi</math>)*</b>	<b>GSL (<math>\phi</math>)*</b>	<b>Finos (%)</b>
Brasília (P1)	Ver	19,5	4,6	2,3 ( $\pm$ 0,3)	0,6 ( $\pm$ 0,3)	2,6
	Inv	27,7	3,8	2,6 ( $\pm$ 0,1)	0,4 ( $\pm$ 0,1)	2,3
Techint (P2)	Ver	20,2	4,0	2,0 ( $\pm$ 0,5)	0,8 ( $\pm$ 0,2)	3,3
	Inv	21,4	4,5	2,4 ( $\pm$ 0,4)	0,7 ( $\pm$ 0,3)	3,8
P. Poço (P3)	Ver	17,6	6,3	2,6 ( $\pm$ 0,1)	0,4 ( $\pm$ 0,1)	2,9
	Inv	20,6	5,5	2,7 ( $\pm$ 0,2)	0,4 ( $\pm$ 0,1)	3,3
Coroazinha (P4)	Ver	19,2	5,0	2,2 ( $\pm$ 0,1)	0,5 ( $\pm$ 0,1)	3,4
	Inv	24,3	3,7	2,4 ( $\pm$ 0,1)	0,4 ( $\pm$ 0,1)	1,6
Cobras (P5)	Ver	17	7,3	1,0 ( $\pm$ 0,3)	0,6 ( $\pm$ 0,2)	3,5
	Inv	19,2	6,4	1,1 ( $\pm$ 0,2)	0,5 ( $\pm$ 0,1)	2,6
Piaçaguera (P6)	Ver	12,7	4,4	2,0 ( $\pm$ 0,3)	0,5 ( $\pm$ 0,1)	4,0
	Inv	11,6	5,2	1,9 ( $\pm$ 0,2)	0,4 ( $\pm$ 0,1)	1,2
Europinha (P7)	Ver	11,8	5,1	0,7 ( $\pm$ 0,2)	1,0 ( $\pm$ 0,1)	2,9
	Inv	10,8	5,7	0,1 ( $\pm$ 0,2)	1,1 ( $\pm$ 0,1)	2,4
Pita (P8)	Ver	15,1	5,9	0,6 ( $\pm$ 0,3)	1,2 ( $\pm$ 0,4)	2,0
	Inv	12,8	7,2	0,1 ( $\pm$ 0,3)	1,3 ( $\pm$ 0,3)	1,6
Gamelas (P9)	Ver	15	6,5	0,9 ( $\pm$ 0,8)	1,0 ( $\pm$ 0,4)	0,5
	Inv	16,3	6,4	1,1 ( $\pm$ 0,4)	0,9 ( $\pm$ 0,2)	2,0
Pasto (P10)	Ver	15,56	6,5	1,9 ( $\pm$ 0,5)	0,5 ( $\pm$ 0,1)	1,2
	Inv	14,21	8,3	1,6 ( $\pm$ 0,4)	0,6 ( $\pm$ 0,2)	1,0
Cruz (P11)	Ver	13,14	6,2	1,8 ( $\pm$ 0,3)	0,8 ( $\pm$ 0,2)	0,4
	Inv	17,06	6,8	1,7 ( $\pm$ 0,3)	0,9 ( $\pm$ 0,2)	0,8
Vila (P12)	Ver	30,87	5,4	2,5 ( $\pm$ 0,2)	0,5 ( $\pm$ 0,1)	2,0
	Inv	40,88	3,0	2,5 ( $\pm$ 0,1)	0,4 ( $\pm$ 0,1)	1,9
Cemitério (P13)	Ver	23,93	3,6	2,7 ( $\pm$ 0,1)	0,4 ( $\pm$ 0,1)	1,8
	Inv	38,99	2,6	2,5 ( $\pm$ 0,1)	0,4 ( $\pm$ 0,1)	1,5

**Tabela 1.2)** Características morfológicas e sedimentares da planície de maré (porção inferior) das praias estuarinas localizadas na Baía de Paranaguá durante as situações de verão (Ver) e de inverno (Inv) de 2004 (P1 a P8) e de 2005 (P9 a P13). (LG: largura, DEC: declividade, TMG: tamanho médio do grão, GSL: grau de seleção, \*: valor médio  $\pm 1$  desvio padrão obtidos a partir das 2 amostras coletadas na planície).

<b>Praia - Período</b>		<b>LG (m)</b>	<b>INC (°)</b>	<b>TMG (<math>\phi</math>)*</b>	<b>GSL (<math>\phi</math>)*</b>	<b>Finos (%)</b>
Brasília (P1)	Ver	> 25	0,6	2,7 ( $\pm 0,2$ )	0,4 ( $\pm 0,2$ )	2,9
	Inv	> 10	0,8	2,7 ( $\pm 0,1$ )	0,3 ( $\pm 0,2$ )	3,4
Techint (P2)	Ver	156,2	0,2	2,1 ( $\pm 0,5$ )	0,4 ( $\pm 0,2$ )	5,6
	Inv	145	0,15	2,7 ( $\pm 0,2$ )	0,7 ( $\pm 0,3$ )	9,8
P. Poço (P3)	Ver	-	-	-	-	-
	Inv	-	-	-	-	-
Coroazinha (P4)	Ver	17,6	0,6	2,4 ( $\pm 0,2$ )	0,5 ( $\pm 0,1$ )	5,4
	Inv	19,5	0,7	2,3 ( $\pm 0,1$ )	0,6 ( $\pm 0,2$ )	2,4
Cobras (P5)	Ver	-	-	-	-	-
	Inv	-	-	-	-	-
Piaçaguera (P6)	Ver	> 32,8	0,9	2,0 ( $\pm 0,5$ )	0,5 ( $\pm 0,2$ )	41,5
	Inv	70	0,8	2,1 ( $\pm 0,7$ )	0,4 ( $\pm 0,3$ )	36,5
Europinha (P7)	Ver	>33	0,8	1,2 ( $\pm 0,7$ )	1,4 ( $\pm 0,8$ )	42
	Inv	> 30	0,8	1,4 ( $\pm 0,8$ )	1,2 ( $\pm 0,7$ )	40
Pita (P8)	Ver	> 15	0,6	0,5 ( $\pm 0,6$ )	1,5 ( $\pm 0,5$ )	42,5
	Inv	> 15	0,6	1,8 ( $\pm 1,0$ )	1,6 ( $\pm 0,6$ )	40,1
Gamelas (P9)	Ver	121,5	0,14	2,5 ( $\pm 0,3$ )	0,8 ( $\pm 0,4$ )	30
	Inv	86	0,2	2,3 ( $\pm 0,2$ )	0,7 ( $\pm 0,3$ )	40,5
Pasto (P10)	Ver	> 15	1,2	1,9 ( $\pm 0,5$ )	0,5 ( $\pm 0,1$ )	4,3
	Inv	>20	1,2	2,3 ( $\pm 0,5$ )	0,8 ( $\pm 0,3$ )	3,4
Cruz (P11)	Ver	> 10	2,0	1,5 ( $\pm 0,3$ )	0,8 ( $\pm 0,5$ )	3,6
	Inv	>6	0,7	2,4 ( $\pm 0,3$ )	1,4 ( $\pm 0,5$ )	2,8
Vila (P12)	Ver	-	-	-	-	-
	Inv	-	-	-	-	-
Cemitério (P13)	Ver	100	0,4	2,8 ( $\pm 0,1$ )	0,5 ( $\pm 0,2$ )	4,5
	Inv	102	0,4	2,6 ( $\pm 0,2$ )	0,3 ( $\pm 0,1$ )	5,3

As observações de onda revelaram que as praias, tanto na baixamar quanto na preamar, estão sob a ação de ondas de baixa amplitude ( $H_b < 0,35m$ ) e período curto ( $T < 4,3s$ ). No entanto, durante o período de maré baixa, apenas as praias localizadas próximas à desembocadura da baía sofreram a ação das ondas, as quais foram ligeiramente menores do que as ondas atuantes durante o período de preamar (Tabela 1.3). Numa comparação entre as praias pode ser observada uma marcada redução na amplitude e no período das ondas em direção ao interior do estuário, sugerindo a

formação de um gradiente de energia ao longo do mesmo (Tabela 1.3).

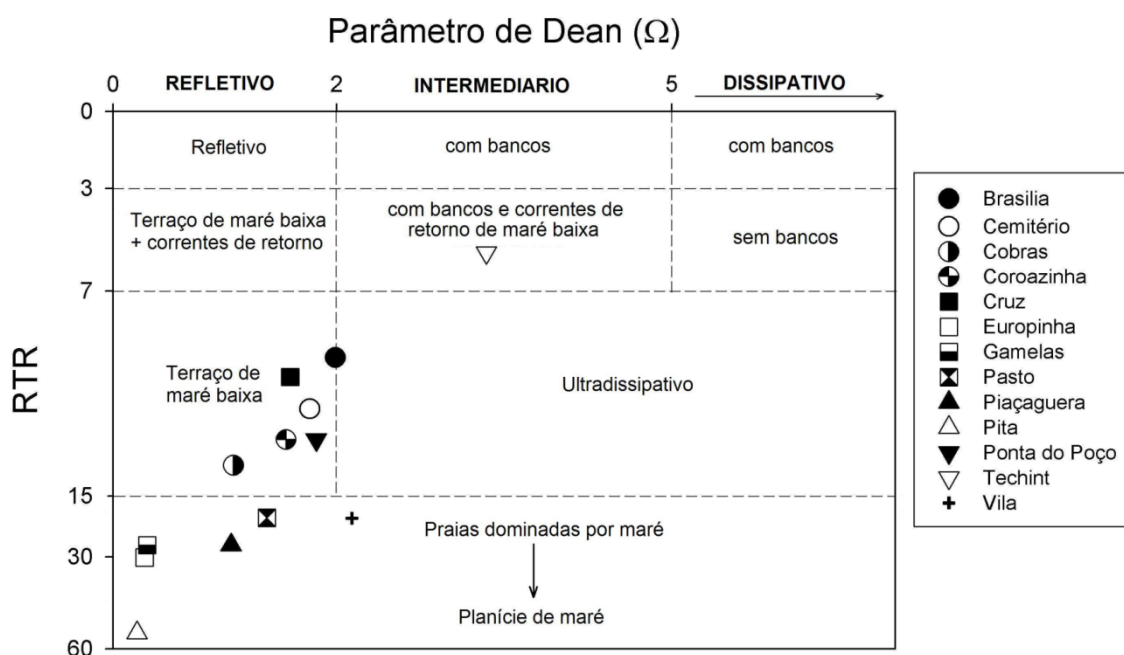
**Tabela 1.3)** Regime de ondas atuante nas praias estuarinas localizadas na Baía de Paranaguá durante as situações de baixamar e preamar. Hb= altura da onda, T= período.  
\* Amplitude média (dados Lab. Oc. Física/CEM).

Praia	Baixamar		Preamar		Maré (m)*
	Hb (m)	T (s)	Hb (m)	T (s)	
Brasília (P1)	0,10	3,3	0,20	3,7	1,92
Techint (P2)	0,25	4,3	0,35	3,1	1,92
P. Poço (P3)	0,10	4,3	0,15	3,6	1,92
Coroazinha (P4)	0,10	3,3	0,15	3,2	1,92
Cobras (P5)	0,20	3,3	0,15	2,3	2,07
Piaçaguera (P6)	0	0	0,08	2,2	2,09
Europinha (P7)	0	0	0,08	2,5	2,42
Pita (P8)	0	0	0,05	2,0	2,74
Gamelas (P9)	0	0	0,08	3,6	2,10
Pasto (P10)	0	0	0,12	2,1	2,07
Cruz (P11)	0	0	0,20	3,1	2,07
Vila (P12)	0,10	2,3	0,15	4,2	1,84
Cemitério (P13)	0,15	3,7	0,28	4,2	1,84

Em decorrência da ausência de ondas em muitas praias durante o período de maré baixa, os índices morfodinâmicos foram computados somente com os dados de onda atuantes durante a preamar. No entanto, optou-se por utilizar o valor médio dos dados granulométricos de verão e de inverno para o cálculo do índice de  $\Omega$ . Este índice apresentou valores variando entre 0,2 (Pita) e 3,3 (Techint) enquanto que os valores de RTR variaram entre 5,5 (Techint) a 54,8 (Pita). Com base no modelo morfodinâmico adotado, as praias estuarinas estudadas foram agrupadas entre ambientes modificados por maré ( $3 < RTR < 15$ ) e ambientes dominados por maré com transição para planície de maré ( $RTR > 15$ ; Figura 1.5). No grupo das praias modificadas por maré, prevaleceu o estágio de praia “refletiva com terraço de maré baixa”, com exceção da praia Techint,



a qual correspondeu ao estágio “intermediário com bancos e correntes de retorno de maré baixa” (Figura 1.5).



**Figura 1.5)** Diagrama de dispersão dos valores do parâmetro de Dean ( $\Omega$ ) versus RTR computados para as praias estuarinas da Baía de Paranaguá plotados contra o modelo morfodinâmico proposto por Masselink & Short (1993).

## DISCUSSÃO

De uma forma geral, as praias estuarinas da Baía de Paranaguá apresentaram uma morfologia muito similar entre si, sendo elas compostas por uma estreita e íngreme face praial seguida por uma planície, geralmente extensa e plana, em sua porção inferior. Este perfil morfológico tem sido descrito como o típico para praias estuarinas com elevada influência de maré (Nordstrom 1992, Jackson *et al.* 2002, Freire *et al.* 2007). Entretanto, em três locais (Ponta do Poço, Vila e Cobras) não houve a formação da planície na parte inferior da praia. Com exceção de Cobras, as outras duas praias localizam-se nas bordas de canais, onde, além de uma maior profundidade, os efeitos das fortes correntes de maré provavelmente inibiram a formação de um ambiente de

planície.

Baseado nas diferenças observadas, principalmente aquelas relacionadas à geometria do perfil e a presença de outras feições morfológicas ao longo da planície, poderíamos identificar dois principais grupos morfológicos. Num primeiro grupo estariam as praias localizadas próximas a desembocadura, as quais apresentam uma face praial geralmente convexa e/ou com a presença de bancos e cavas na planície associada. Alterações morfológicas sazonais, como as observadas em Vila e Cemitério (Figura 1.3), onde a face praial variou entre formatos planos e convexos, podem ser comuns a esse grupo morfológico de praia estuarina. Já o segundo grupo, corresponderia às praias localizadas mais internamente, as quais apresentaram perfis retilíneos, tanto da face praial quanto da planície, e onde não foi observada a presença de bancos ou cavas ao longo da planície.

A composição sedimentar da face praial variou entre areia fina muito bem selecionada a areia grossa pobremente selecionada, sendo que esse aumento no diâmetro do grão seguido pela redução do grau de seleção dos sedimentos foi observado ao longo das praias em direção ao interior da baía. Tal padrão de mudança na composição sedimentar tem sido descrito para as praias estuarinas de Tagus (Portugal), onde se verificou que as características granulométricas das faces praias estão muito mais relacionadas à fonte do sedimento do que ao morfodinamismo local (Freire *et al.* 2006, 2007). As praias localizadas próximas à desembocadura do Tagus são compostas por areia fina muito bem selecionada, semelhantes as praias oceânicas adjacentes, indicando assim a origem marinha do sedimento. Por outro lado, sedimentos grosseiros e principalmente com baixo grau de seleção indicariam que a formação das praias estuarinas nas regiões internas é resultante de depósitos fluviais (Freire *et al.* 2007). Na

Baía de Paranaguá, presença de bancos arenosos compostos principalmente por partículas grosseiras e pobremente selecionadas são comuns na porção interna da baía devido ao aporte fluvial de sedimentos (Bigarella *et al.* 1978, Lamour *et al.* 2004), o qual tem aumentado significativamente nos últimos anos em decorrência de interferências antrópicas (Odriski *et al.* 2003). Esses depósitos podem ser considerados como a principal fonte de sedimento para a formação dos ambientes praias nos setores mais internos da baía.

Nas praias localizadas próximas a desembocadura da Baía de Paranaguá, tanto a face praial quanto a planície apresentaram características granulométricas semelhantes entre si, sendo ambas compostas por areia fina muito bem selecionada. Por outro lado, a medida que adentramos na baía a composição sedimentar desses dois subambientes começa a divergir. Enquanto que os sedimentos da face praial tornam-se mais grossos, as planícies tornam-se mais lamosas (proporção de finos > 40 %) em direção ao interior do estuário. Tais diferenças na composição sedimentar dos dois sub-ambientes refletem a baixa (ou nula) troca de sedimento entre a face praial e a planície (Nordstrom 1992, Jackson & Nordstrom 1992). Conseqüentemente, é bem provável que cada um dos componentes tenha sua própria fonte de sedimento. Características sedimentares de fundo (Bigarella *et al.* 1978) e de áreas de marisma (Netto & Lana 1996) localizadas ao longo do eixo leste-oeste da baía mostram um comportamento semelhante ao observado para as planícies de maré, com a presença de dois setores distintos. O primeiro setor corresponde a área entre Ilha do Mel e Paranaguá, onde os sedimentos são compostos por areia fina bem selecionada e baixo teor de matéria orgânica refletindo o domínio marinho. Já o segundo setor, de Paranaguá a Antonina, corresponde ao domínio estuarino com sedimentos lamosos pobremente selecionados.

As praias estuarinas são consideradas ambientes de baixa energia, conseqüentemente, as ondas atuantes nesses ambientes caracterizam-se por apresentarem baixa altura ( $H_b < 0,25\text{m}$ ) e período curto ( $T < 5\text{s}$ ), este último característico de ondas geradas localmente dentro de uma pista limitada (Jackson *et al.* 2002). Diferenças como as observadas no regime de ondas ao longo de um ciclo de maré também são comuns nesses ambientes (Nordstrom 1992). Geralmente, durante a maré baixa, a energia da onda é dissipada ao longo de toda a extensão da planície, dificultando assim sua observação e quantificação. Com a subida da maré, tão logo a coluna d'água atinge altura suficiente para que a planície não ofereça mais resistência, as ondas começam a quebrar sobre a face praial. No entanto, a presença de ondas atuando sobre as praias localizadas próximas a desembocadura da baía, mesmo durante a maré baixa, mostra a influência de ondas oceânicas refratadas que penetram dentro do estuário. A influência destas ondas diminui a medida que adentramos no estuário, e as praias começam a ser afetadas somente pela ação de ondas geradas localmente. Conseqüentemente, a gradiente decrescente de energia observado é resultado da redução na contribuição das ondas oceânicas sobre o regime atuante nas praias estuarinas mais internas.

Embora sendo um ambiente micromareal (amplitude máxima de 2m), a razão entre a amplitude de maré e a altura das ondas atuantes resultou em elevados valores de RTR ( $> 3$ ) para todas as praias estuarinas estudadas na Baía de Paranaguá, classificando-as entre ambientes modificados a dominados pela ação da maré, o que de certa maneira, reflete o gradiente morfológico e energético descrito acima. No entanto, os grupos morfológicos formados pela aplicação do modelo proposto não corresponderam totalmente com as morfologias observadas em campo. A praia Techint apresentou uma porção superior refletiva associada a uma planície de maré extensa com

bancos rítmicos e canais de correntes de retorno na porção inferior, corroborando com o morfotipo proposto pelo modelo. Por outro lado, embora morfologicamente semelhantes a praia Techint, as praias Cemitério e Coroazinha foram agrupadas juntamente com as praias Brasília, Ponta do Poço, Cobras e Cruz como refletiva com terraço de maré baixa, no qual não ocorreria a formação de bancos ou canais. Como era de se esperar para morfotipos estabelecidos a partir de índices que consideram apenas valores de amplitude de onda, maré e granulometria do sedimento, algumas praias, mesmo não apresentando uma planície associada, foram classificadas como refletiva com terraço de maré baixa (i.e., Ponta do Poço e Cobras) ou como transição entre dominadas por maré e planícies mareais (Praia Vila). No entanto, cabe ressaltar que os dados de altura e de período de onda de preamar utilizados foram de apenas uma observação (pontuais), o que pode ter limitado a eficiência do modelo na classificação dos estados morfodinâmicos.

A aplicação de modelos morfodinâmicos, que foram originalmente desenvolvidos para ambientes de alta energia, para caracterizar ambientes de baixa energia como as praias estuarinas estudadas, tem sido duramente criticada por vários autores que acharam a sua aplicação ineficiente (Nordstrom 1992, Hegge *et al.* 1996, Masselink & Pattiaratchi 2001, Jackson *et al.* 2002, Eliot *et al.* 2006, Travers 2007). As praias estuarinas de baixa energia diferem das praias oceânicas expostas em muitos outros aspectos, não podendo ser considerados apenas como diferentes em termos de escala de energia (Travers 2007). Por exemplo, as variações cíclicas do perfil topográfico, que são típicas nas praias oceânicas, estão ausentes nas praias estuarinas. A evolução a médio e longo prazo desses ambientes parece também depender, sobretudo, da ocorrência de eventos extremos de baixa frequência (Freire & Andrade 1999, Jackson *et al.* 2002, Kennedy 2002). Como alternativa, tem sido proposto que as praias

em ambientes de baixa energia somente podem ser classificadas com relação a sua morfologia (Hegge *et al.* 1996, Makaske & Augustinus 1998, Jackson *et al.* 2002, Travers 2007).

Porém, numa recente caracterização das praias australianas Short (2006) reavaliou os limites de RTR preestabelecidos pelo modelo de Masselink & Short (1993), tendo como base grupos morfológicos de praias. Embora tenham sido confirmados os limites para as praias dominadas por onda ( $RTR < 3$ ) e para as modificadas por maré ( $3 < RTR < 15$ ), verificou-se que as praias dominadas por maré podem ocorrer num intervalo de RTR entre 12 e 50, sendo que acima desse limite não haveria mais formação de ambiente de praia e planícies entremarés dominariam (Short 2006). Segundo o autor, as praias dominadas por maré ocorrem em locais protegidos e sofrem a ação de ondas de baixa amplitude ( $H_b < 0,26m$ ). Essas praias caracterizam-se por apresentar uma estreita e íngreme porção superior arenosa, uma marcada quebra no perfil e uma extensa planície com gradiente suave e sem feições morfológicas na parte inferior. Embora morfologicamente semelhantes dois tipos de praias dominadas por marés observados por Short (2006), podem ser distinguidos com base na composição sedimentar da porção inferior (i.e., refletiva + planície arenosa ou refletiva + planície lamosa).

A maioria das praias estuarinas da Baía de Paranaguá, mas principalmente aquelas agrupadas como ambientes dominados por maré numa transição para planícies mareais (Figura 1.5), compartilham das características descritas acima. Conseqüentemente, embora a aplicação do modelo morfodinâmico tenha sido limitada pela qualidade dos dados de onda utilizados (i.e., dados pontuais de uma única observação), os perfis morfológicos observados nas praias da Baía de Paranaguá

correspondem aos morfotipos descritos na literatura, principalmente com os perfis de praias dominadas por marés descritos por Short (2006). Um segundo grupo morfológico observado englobaria as praias localizadas próximas a região de desembocadura, as quais estariam sob a influência de ondas oceânicas refratadas e de correntes de maré. Essas praias são caracterizadas por apresentarem um perfil formado por uma face praiial curta e íngreme, a qual pode variar entre formatos planos e convexos, seguido por uma planície onde ocorre a presença de bancos, canais e locais de correntes de retorno, ou mesmo ausência da planície devido aos efeitos das fortes correntes de marés, as quais esses ambientes estão sujeitos quando próximos a canais de maré.

## **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

Angulo, R. J. 1999. Morphological characterization of the tidal deltas on the coast of the State of Paraná. **Anais da Academia Brasileira de Ciências** 71: 935-959.

Angulo, R. J. & Araújo, A. D. 1996. Classificação da costa paranaense com base na sua dinâmica como subsídio à ocupação da orla litorânea. **Boletim Paranaense de Geociências** 44: 7-17.

Bigarella, J. J.; Becker, R. D.; Matos, D. J. & Werner, A. 1978. **A Serra do Mar e a porção oriental do Estado do Paraná**. Secretária de Estado do Planejamento, Governo do Paraná, Curitiba. 248p.

Borzzone, C. A.; Melo, S. G.; Rezende, K. V.; Vale, R. & Krul, R. 2003. Macrobenthic intertidal communities from wave to tide dominated beaches environment: a case of two Brazilian beaches. **Journal of Coastal Research** SI 35: 472-480.

Dean, R. G. 1973. Heuristic models of sand transport in the surf zone. **Proceeding of the Conferences on engineering dynamics in the surf zone**. Sydney, NSW. p. 208-214.

Eliot, M. J.; Travers, A. & Eliot, I. 2006. Morphology of a low-energy beach, Como Beach, Western Australia. **Journal of Coastal Research** 22: 63-77.

Freire, P. & Andrade, C. 1999. Wind-induced sand transport in Tagus estuarine beaches: first results. **Aquatic Ecology** 33: 225-233.

Freire, P.; Taborda, R. & Andrade, C. 2006. Caracterização das praias estuarinas do Tejo. *In: APRH, Congresso da Água*, 8, Figueira da Foz. (em CD-ROM)

Freire, P.; Taborda, R. & Silva, A. M. 2007. Sedimentary characterization of Tagus estuarine beaches (Portugal). A contribution to the sediment budget assessment. **Journal of Soils and Sediments** 7: 296-302.

Gibbs, R. J.; Matthews, M. D. & Link, D. A. 1971. The relationship between sphere size and settling velocity. **Journal of Sedimentary and Petrology** 41: 7-18.

Hegge, B. J.; Eliot, I. & Hsu, J. 1996. Sheltered sandy beaches of southwestern Australia. **Journal of Coastal Research** 12: 748-760.

Jackson, N. L. & Nordstrom, K. F. 1992. Site-specific controls on wind and wave processes and beach mobility on estuarine beaches. **Journal of Coastal Research** 8: 88-98.

Jackson, N. L.; Nordstrom, K. F.; Eliot, I. & Masselink, G. 2002. "Low-energy" sandy beaches in marine and estuarine environments: a review. **Geomorphology** 48: 147-162.



Kennedy, D. M. 2002. Estuarine beach morphology in microtidal Middle Harbour, Sydney. **Australian Geographical Studies** 40: 231-240.

Knoppers, B. A.; Brandini, F. P. & Thamm, C. A. 1987. Ecological studies in the Bay of Paranaguá. II- Some physical and chemical characteristics. **Nerítica** 2: 1-36.

Lamour, M. R.; Soares, C. R. & Carrilho, J. C. 2004. Mapas de parâmetros texturais de sedimentos de fundo do Complexo Estuarino de Paranaguá - PR. **Boletim Paranaense de Geociências** 55: 77-82.

Lana, P. C.; Marone, E.; Lopes, R. M. & Machado, E. C. 2001. The Subtropical Estuarine Complex of Paranaguá Bay, Brazil, p. 131-145. In: U. Seeliger & B. Kjerfve (Eds.). **Coastal Marine Ecosystems of Latin America**. Berlin, Springer-Verlag, XX+360p.

Mantovanelli, A.; Marone, E.; da Silva, E. T.; Lautert, L. F.; Klingenfuss, M. S.; Prata-Jr, V. P.; Noernberg, M. A.; Knoppers, B. A. & Angulo, R. J. 2004. Combined tidal velocity and duration asymmetries as a determinant of water transport and residual flow in Paranaguá Bay estuary. **Estuarine, Coastal and Shelf Science** 59: 523-537.

Marone, E. & Camargo, R. 1994. Marés meteorológicas no litoral do Estado do Paraná: o evento de 18 de agosto de 1993. **Nerítica** 8: 73-85.

Marone, E. & Jamiyanaa, D. 1997. Tidal characteristics and a numerical model for the  $M_2$  tide at the estuarine complex of the Bay of Paranaguá, Paraná, Brazil. **Nerítica** 11: 95-107.

Makaske, B. & Augustinus, G. E. F. 1998. Morphologic changes of a micro-tidal, low wave energy beach face during a spring-neap cycle, Rhone Delta, France. **Journal of**

**Coastal Research** 14: 632–645.

Masselink, G. & Pattiaratchi, C. B. 2001. Seasonal changes in beach morphology along the sheltered coastline of Perth, Western Australia. **Marine Geology** 172: 243-263.

Masselink, G. & Short, A. D. 1993. The effects of tide range on beach morphodynamics and morphology: a conceptual beach model. **Journal of Coastal Research** 9: 785-800.

Netto, S. A. & Lana, P. C. 1996. Benthic macrofauna of *Spartina alterniflora* marshes and nearby unvegetated tidal flats of Paranaguá Bay (SE Brazil). **Nerítica** 10: 41-56.

Nordstrom, K. F. 1992. **Estuarine beaches**. Elsevier Applied Science, London. 225p.

Nordstrom, K. F. & Jackson, N. L. 1992. Two-dimensional changes on sandy beaches in meso-tidal estuaries. **Zeitschrift für Geomorphologie** 36: 465-478.

Odreski, L. L. R.; Soares, C. R.; Angulo, R. J. & Zem, R. C. 2003. Taxas de assoreamento e a influência antrópica no controle da sedimentação da Baía de Antonina, Paraná. **Boletim Paranaense de Geociências** 53: 7-12.

Short, A. D. 1996. The role of wave height, period, slope, tide range and embaymentisation in beach classifications: a review. **Revista Chilena de Historia Natural** 69: 589-604.

Short, A. D. 1999. **Handbook of beach and shoreface morphodynamics**. John Wiley, London. 379p.

Short, A. D. 2006. Australian beach systems: nature and distribution. **Journal of Coastal Research** 22: 11-27.

Soares, C. R.; Borzone, C. A. & Souza, J. R. B. 1997. Variações morfológicas e sedimentológicas ao longo de um ciclo anual numa praia arenosa no sul do Brasil. **Oecologia Brasiliensis** 3: 245-258.

Suguio, K. 1973. **Introdução à sedimentologia**. EDUSP, São Paulo. 317p.

Tanner, W. F. 1995. **Environmental clastic granulometry**. Florida Geological Survey, Special Publication n° 40. 163p.

Travers, A. 2007. Low-energy beach morphology with respect to physical setting: a case study from Cockburn Sound, southwestern Australia. **Journal of Coastal Research** 23: 429–444.

Wright, L. D. & Short, A. D. 1984. Morphodynamic variability of surf zones and beaches: a synthesis. **Marine Geology** 56: 93-118.

---

## 2. TALITRIDAE (AMPHIPODA, CRUSTACEA) NAS PRAIAS ESTUARINAS DA BAÍA DE PARANAGUÁ, SUL DO BRASIL: DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL E ABUNDÂNCIA<sup>2</sup>

---

### INTRODUÇÃO

Talitridae é a única família de anfípodes que invadiu com sucesso o ambiente terrestre, habitando desde o supralitoral até as florestas úmidas (Serejo 2004). Esses organismos são um importante componente do supralitoral de praias arenosas temperadas e subtropicais (Dahl 1952) aonde são geralmente encontrados junto às linhas de deposições de detrito (Marsden 1991), tendo uma clara preferência pelo material recém depositado (Jedrzejczak 2002). Alimentando-se desse detrito, eles desempenham um papel ecológico muito importante na decomposição da matéria orgânica (Pavesi *et al.* 2007). A associação desses anfípodes à linha de detrito não é apenas devido as suas preferências alimentares, mas também a um importante comportamento em procura de proteção contra a dessecação e os predadores diurnos, como aves. Desta forma, os adultos se deslocam para fora da zona de detrito durante a noite e os juvenis em períodos de penumbra. Estes períodos de deslocamento podem ainda sofrer variação devido a interações biológicas inter e intra-específicas (Defeo *et al.* 1997; Fallaci *et al.* 1999; Cardoso 2002; Jaramillo *et al.* 2003).

---

<sup>2</sup> Artigo publicado sob a referência: “Rosa, L. C.; Aluizio, R. & Borzone, C. A. 2007. Talitridae (Amphipoda, Crustacea) nas praias estuarinas da Baía de Paranaguá, sul do Brasil: distribuição espacial e abundância. **Brazilian Journal of Aquatic Science and Technology** 11(1): 37-41.

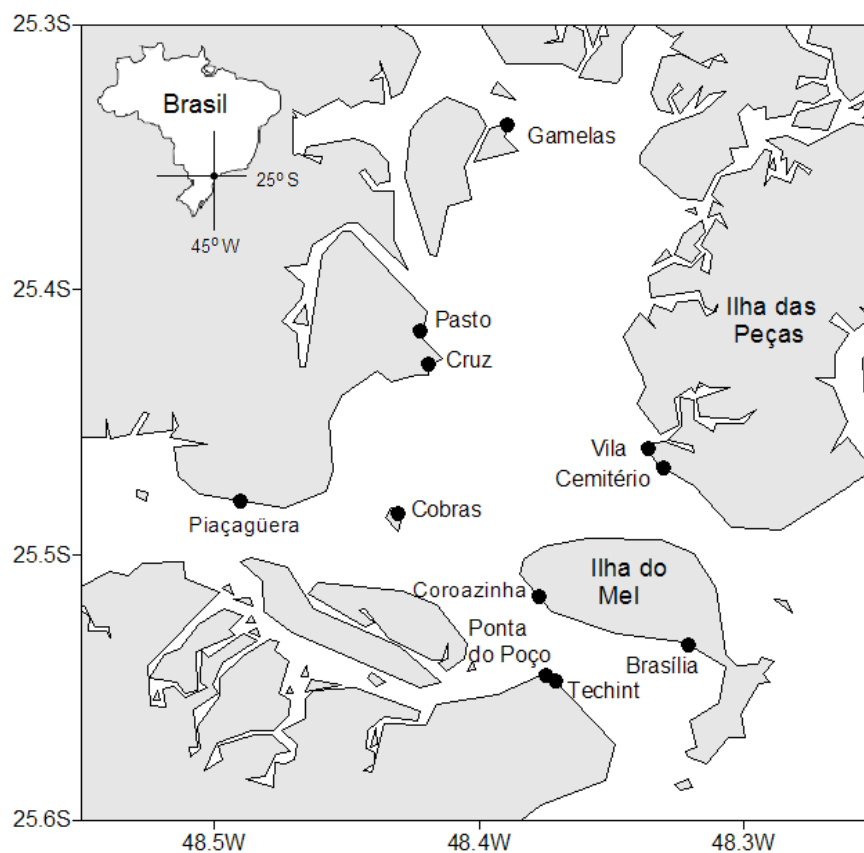
No Brasil existem poucos estudos focados nesta família, e a maioria das informações disponíveis encontram-se dispersas em vários trabalhos sobre ecologia de praias arenosas onde, quando presentes, as espécies de talitrídeos são tratadas geralmente como apenas mais uma espécie da comunidade analisada (e.g.: Souza & Gianuca 1995; Borzone *et al.* 1996). Entre os poucos estudos específicos realizados sobre talitrídeos merece destaque a recente revisão taxonômica sobre a família, na qual foi descrita a ocorrência de quatro espécies para o litoral brasileiro (Serejo 2004). Outros importantes trabalhos são os estudos realizados com a espécie *Atlantorchestoidea* (= *Pseudorchestoidea*) *brasiliensis* na costa do estado do Rio de Janeiro (Cardoso & Veloso 1996, Cardoso 2002).

As praias estuarinas são ambientes que podem ser facilmente encontrados em estuários e baías protegidas ao longo da costa sul-sudeste brasileira. No entanto, apesar de sua presença conspícua, estes ambientes têm recebido pouca atenção por parte dos ecólogos, os quais centraram seus esforços em outros ambientes estuarinos como manguezais, marismas e planícies entremarés, ignorando totalmente a faixa de praia que pode ocorrer na parte superior do litoral. O presente estudo objetiva descrever a composição, abundância e a distribuição espacial dos anfípodes talitrídeos associados às linhas de deposição de detritos nas praias estuarinas do complexo da Baía de Paranaguá, Paraná, e avaliar os possíveis fatores que poderiam estar influenciando a distribuição desses organismos.

## **MATERIAL & MÉTODOS**

As amostragens foram realizadas entre 14/03/2005 e 29/04/2005, sob maré de

sizígia, em 11 (onze) praias estuarinas localizadas no Complexo da Baía de Paranaguá (Figura 2.1). Estas praias possuem uma baixa exposição às ondas e uma maior influência da maré, o que determina na maioria dos casos uma morfologia característica no mesolitoral, onde uma estreita e íngreme face praial (i.e., aprox. 20 m de largura e uma inclinação em torno de 4°) se desenvolve na parte superior e, uma planície arenosa ou lamosa ocupa a parte inferior (Borzzone *et al.* 2003). Sobre a linha de deposição de detritos, que ocorre na porção superior de cada praia, foram coletadas seis amostras biológicas com o auxílio de um cilindro de ferro (0,05 m<sup>2</sup> de área) ao qual era acoplada uma rede de 500 µm numa extremidade para evitar o escape dos organismos. Estas amostras foram fixadas *in situ* com formalina 10%. Também foram coletadas amostras de sedimento (n = 3) para determinação das características granulométricas e do teor de umidade. A salinidade da água no infralitoral foi mensurada em cada praia.



**Figura 2.1)** Mapa do complexo estuarino da Baía de Paranaguá indicando a localização das praias estudadas.

Em laboratório, os organismos foram triados com o auxílio de um microscópio estereoscópico, identificados, quantificados e conservados em álcool 70%. O detrito presente em cada amostra foi pesado para determinar sua biomassa ( $\text{kg/m}^2$ ) após ter sido seco em estufa a  $60^\circ \text{C}$  durante 48hs. O teor de umidade do sedimento foi calculado através da diferença de peso após secagem em estufa. As características granulométricas do sedimento (e.g., tamanho médio e grau de seleção) foram determinadas através de técnicas padrões de peneiramento (Suguio 1973), sendo os dados obtidos computados de acordo com o método dos momentos (Tanner 1995), e os resultados expressos com valores de  $\phi$  (“phi” =  $-\log_2$  do diâmetro em mm).

Relações entre as densidades das espécies e os parâmetros abióticos (tamanho do grão, seleção e teor de umidade do sedimento, salinidade e biomassa de detrito) foram determinadas através da correlação não paramétrica de Spearman.

## **RESULTADOS**

As linhas de detrito, de forma geral, foram compostas por fragmentos de vegetais superiores provenientes de mangues e marismas, tais como folhas, galhos e propágulos, com exceção da praia de Brasília, onde houve o predomínio de macroalgas, sendo *Acanthophora spicifera* a espécie dominante. Os valores de biomassa do detrito variaram entre 0,29 (Cobras) e  $2,91 \text{ kg/m}^2$  (Ponta do Poço) (Tabela 2.1). Na maioria das praias o sedimento foi composto por areia fina muito bem selecionada e o grau de umidade variando entre 2 e 18%, respectivamente, em Cobras e Cemitério (Tabela 1). Por sua vez, a salinidade da água variou entre 20 (Gamelas) a 31 (Ponta do Poço) (Tabela 2.1).

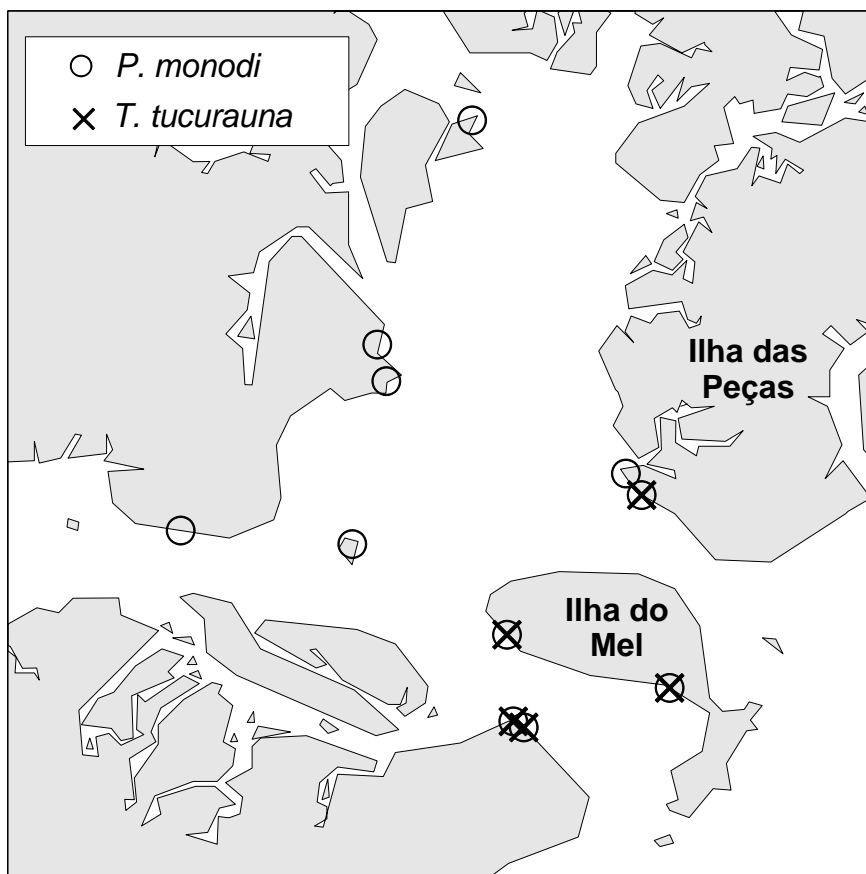
**Tabela 2.1)** Valores médios ( $\pm$  desvio padrão) dos parâmetros abióticos medidos em cada praia analisada.

Praias	Umidade (%)	Tamanho do grão ( $\phi$ )	Seleção ( $\phi$ )	Salinidade	Detrito ( $\text{kg/m}^2$ )
Gamelas	10,81 $\pm$ 2,84	1,99 $\pm$ 0,11	0,49 $\pm$ 0,05	20	0,85 $\pm$ 0,37
Pasto	4,32 $\pm$ 2,81	2,29 $\pm$ 0,62	0,37 $\pm$ 0,10	24	0,86 $\pm$ 0,68
Cruz	5,08 $\pm$ 1,32	2,24 $\pm$ 0,06	0,51 $\pm$ 0,05	25	1,79 $\pm$ 1,06
Vila	5,89 $\pm$ 1,01	2,67 $\pm$ 0,01	0,31 $\pm$ 0,03	25	0,62 $\pm$ 0,26
Cemitério	17,97 $\pm$ 0,68	2,68 $\pm$ 0,03	0,35 $\pm$ 0,03	26	1,22 $\pm$ 0,54
Ponta do Poço	7,41 $\pm$ 3,46	2,57 $\pm$ 0,00	0,31 $\pm$ 0,00	31	2,91 $\pm$ 2,16
Techint	7,50 $\pm$ 6,12	2,27 $\pm$ 0,40	0,72 $\pm$ 0,53	30	2,59 $\pm$ 1,89
Brasília	5,15 $\pm$ 3,38	1,85 $\pm$ 1,03	0,54 $\pm$ 0,32	29	0,78 $\pm$ 0,37
Coroazinha	6,12 $\pm$ 3,38	2,39 $\pm$ 0,08	0,32 $\pm$ 0,00	26	1,11 $\pm$ 1,60
Cobras	2,15 $\pm$ 0,44	1,38 $\pm$ 0,03	0,61 $\pm$ 0,04	30	0,29 $\pm$ 0,18
Piaçaguera	7,49 $\pm$ 3,04	2,49 $\pm$ 0,02	0,33 $\pm$ 0,04	21	0,73 $\pm$ 0,63

Foram coletados um total de 5.378 indivíduos representados por três espécies; *Talorchestia tucurauna*, *Platorchestia monodi* e *Atlantorchestoidea brasiliensis*. Esta última foi representada por um único indivíduo que ocorreu na praia da Vila, Ilha das Peças. *Talorchestia tucurauna* foi a espécie mais abundante, correspondendo a 76% do total dos anfípodes coletados. Sua distribuição foi restrita às praias da desembocadura da baía (Figura 2.2), onde suas densidades variaram de 7 (Cemitério) a 10.430 indivíduos/m<sup>2</sup> (Brasília) (Figura 2.3). Já *P. monodi* mostrou uma distribuição mais ampla, ocorrendo em todas as praias analisadas (Figura 2.2). No entanto, suas densidades foram menores variando entre 3 (Brasília) e 1.907 indivíduos/m<sup>2</sup> (Piaçaguera) (Figura 2.3).

Através da análise de correlação, verificou-se que *T. tucurauna* esteve positivamente correlacionada com a salinidade da água ( $R = 0,65$ ;  $p = 0,001$ ), enquanto que *P. monodi* esteve correlacionada com a biomassa de detrito ( $R = 0,44$ ;  $p = 0,044$ ). Ambas as espécies não apresentaram qualquer correlação significativa com o tamanho médio, grau de seleção e teor de umidade do sedimento.

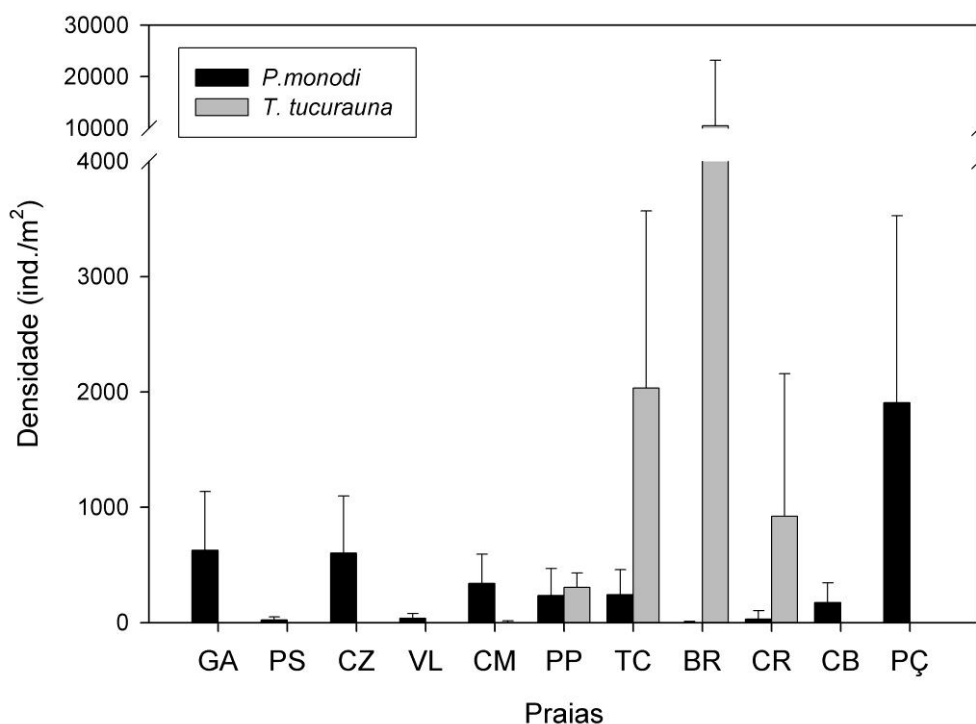




**Figura 2.2)** Locais de ocorrências de *Platorchestia monodi* e *Talorchestia tucurauna* nas praias estuarinas da Baía de Paranaguá durante março-abril de 2005.

## DISCUSSÃO

Das quatro espécies de anfípodes talitrídeos descritas para o litoral brasileiro (Serejo 2004), a endêmica *Chelorchestia darwinii* foi a única não registrada neste estudo. Esta espécie é comumente encontrada em manguezais, sobre o sedimento lamoso ou entre a vegetação (Serejo 2004). Essa clara preferência por sedimentos lamosos justifica as razões pela qual *C. darwinii* não foi registrada nas praias estuarinas do complexo da Baía de Paranaguá.



**Figura 2.3)** Densidade média (+ 1DP) de *Platorchestia monodi* e *Talorchestia tucurauna* nas praias estudadas durante março e abril de 2005. GA= Gamelas; PS= Pasto; CZ= Cruz; VL= Vila; CM= Cemitério; PP= Ponta do Poço; TC= Techint; BR= Brasília; CR= Corozinha; CB= Cobras; PÇ= Piaçaguera.

Outra espécie de baixa representatividade foi *Atlantorchestoidea brasiliensis*. Esta espécie tem sido citada como típica e muito abundante em praias reflectivas do litoral sudeste brasileiro (Rio de Janeiro e São Paulo), onde passa o dia enterrado sob o sedimento e emerge a noite para alimentar-se (Cardoso & Veloso 1996, Cardoso 2002). No entanto, *A. brasiliensis* não é citada para o litoral do Paraná. Em uma recente revisão sobre a família Talitridae para a costa brasileira, Serejo (2004) descreve a ocorrência da espécie para os estados do Rio Grande do Norte, Rio de Janeiro, São Paulo e Santa Catarina, sendo que a mesma não foi registrada no material examinado proveniente do litoral paranaense. A ausência de ambientes em estágios reflectivos e o grande aporte de material refratário, devido a influência estuarina, podem ser os fatores inibindo o estabelecimento de populações estáveis de *A. brasiliensis* nas praias do litoral

paranaense, onde mostrou uma ocorrência esporádica (ver Souza & Gianuca 1995, Borzone *et al.*, 1996; Barros *et al.*, 2001).

Por outro lado, *T. tucurauna* foi a espécie mais abundante, correspondendo a mais de 75% dos organismos coletados; porém, sua distribuição foi restrita as praias localizadas na desembocadura da baía. Informações sobre a ecologia desta espécie são inexistentes. Aparentemente, *T. tucurauna* habita praias expostas onde pode ser encontrada junto de *A. brasiliensis* (Serejo 2004). No presente estudo foi verificada uma correlação de *T. tucurauna* com a salinidade, sugerindo uma baixa tolerância a salinidades menores. Essa limitação osmótica poderia ser o fator responsável pela baixa dispersão de *T. tucurauna* nas praias estuarinas do interior da baía.

*Platorchestia monodi*, por sua vez, apresentou uma ampla distribuição, ocorrendo em todas as praias amostradas com maiores densidades nas praias mais internas. Ao contrario das duas primeiras, esta espécie prefere ambientes protegidos, podendo ser comumente encontrada nas praias estuarinas e nos manguezais (Morino & Ortal 1995). Aparentemente, *P. monodi* não constrói toca e utiliza o detrito como um refúgio contra a dessecação (Bousfield 1984), o que justificaria a correlação encontrada dessa espécie com esse componente. Adicionalmente, esse detrito também pode ser um eficiente mecanismo de dispersão (Persson 2001), podendo ser utilizado pela espécie para colonização de novos habitats disponíveis.

O presente estudo foi o primeiro a abordar especificamente esse importante componente faunístico do supralitoral de praias arenosas, em ambientes igualmente negligenciados (e.g., praias estuarinas). Apesar de pontual, os resultados obtidos indicam que essas praias podem abrigar uma fauna bem representativa e abundante de anfípodes talitrídeos, considerando-se o número de espécies registradas para a costa

brasileira. As elevadas densidades com que esses organismos ocorrem também podem contribuir como uma importante fonte energética para diversas aves migratórias que utilizam essas praias como áreas de alimentação (Ricardo Krul, Lab. Ornitologia – CEM/UFPR, *comunicação pessoal*). No entanto, os padrões de distribuição e de abundância aqui observados refletem somente o período analisado, e possíveis mudanças temporais, bem como as hipóteses aqui levantadas, deverão ser avaliadas em trabalhos futuros.

## **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

Barros, F.; Borzone, C. A. & Rosso, S. 2001. Macroinfauna of six beaches near Guaratuba Bay, southern Brazil. **Brazilian Archives of Biology and Technology** 44: 351-364.

Borzone, C. A.; Melo, S. G.; Rezende, K. V.; Vale, R. & Krul, R. 2003. Macrobenthic intertidal communities from wave to tide dominated beach environments: a case study in two Brazilian beaches. **Journal of Coastal Research** SI35:472-480.

Borzone, C. A.; Souza, J. R. B. & Soares, A. G. 1996. Morphodynamic influence on the structure of inter and subtidal macrofaunal communities of subtropical sandy beaches. **Revista Chilena de Historia Natural** 69: 565-577.

Bousfield, E. L. 1984. Recent advances in the systematics and biogeography of landhoopers (Amphipoda: Talitridae) of the Indo-Pacific region, p. 171-210. In: Radovsky, F. J., P. H. Raven & S. H. Sohmer (Eds.) **Biogeography of the tropical Pacific**. Bishop Museum Special Publication, 72.

Cardoso, R. S. 2002. Behavioural strategies and surface activity of the sandhopper *Pseudorchestoidea brasiliensis* (Amphipoda: Talitridae) on a Brazilian beach. **Marine Biology** 141: 167-173.

Cardoso, R. S. & Veloso, V. G. 1996. Population biology and secondary production of the sandoppper *Pseudorchestoidea brasiliensis* (Amphipoda: Talitridae) at Prainha Beach, Brazil. **Marine Ecology Progress Series** 142: 111-119.

Dahl, E. 1952. Some aspects of the ecology and zonation of the fauna on sandy beaches. **Oikos** 4:1-27.

Defeo, O.; Brazeiro, A; Alava, A. & Riestra, G. 1997. Is sandy beach macrofauna only physically controlled? Role of substrate and competition in isopods. **Estuarine, Coastal and Shelf Science** 45: 453-462.

Fallaci, M.; Aloia, A.; Audoglio, M.; Colombini, I.; Scapini, F. & Chelazzi, L. 1999. Differences in behavioural strategies between two sympatric talitrids (Amphipoda) inhabiting an exposed sandy beach of the French Atlantic coast. **Estuarine, Coastal and Shelf Science** 48: 469-482.

Jaramillo, E.; Contreras, H.; Duarte, C. & Avellana, I. M. H. 2003. Locomotor activity and zonation of upper shore arthropods in a sandy beach of north central Chile. **Estuarine, Coastal and Shelf Science** 58S: 177-197.

Jedrzejczak, M. F. 2002. Stranded *Zostera marina* L. vs wrack fauna community interactions on a Baltic sandy beach (Hel, Poland): a short-term pilot study. Part II. Drifline effects of succession changes and colonization of beach fauna. **Oceanologia**, 44: 367-387.

Marsden, I. D. 1991. Kelp-sandhopper interactions on a sand beach in New Zealand. I-Drift composition and distribution. **Journal of Experimental Marine Biology and Ecology** 152: 61-74.

Morino, H. & Ortal, R. 1995. Two *Platorchestia* species (Amphipoda, Talitridae) from Israel. **Crustaceana** 68: 824-832.

Pavesi, L.; Iannilli, V.; Zarattini, P. & Matthaeis, E. D. 2007. Temporal and spatial distribution of three supralittoral amphipod species on a sandy beach of central Italy. **Marine Biology**, DOI 10.1007/s00227-006-0604-x.

Persson, L. E. 2001. Dispersal of *Platorchestia platensis* (Kröyer) (Amphipoda: Talitridae) along Swedish coasts: a slow but successful process. **Estuarine, Coastal and Shelf Science** 52: 201-210.

Serejo, C. S. 2004. Talitridae (Amphipoda, Gammaridea) from the Brazilian coastline. **Zootaxa** 646: 1-29.

Souza, J. R. B. & Gianuca, N. M. 1995. Zonation and seasonal variation of the intertidal macrofauna on a sandy beach of Paraná State, Brazil. **Scientia Marina** 59: 103-111.

Suguio, K. 1973. **Introdução à sedimentologia**. São Paulo, EDUSP. 317p.

Tanner, W. F. 1995. **Environmental clastic granulometry**. Florida Global Survey, Special Publication 40. 163p.

---

### 3. DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DE *OCYPODE QUADRATA* (CRUSTACEA, OCYPODIDAE) AO LONGO DA BAÍA DE PARANAGUÁ.<sup>3</sup>

---

#### INTRODUÇÃO

Caranguejos do gênero *Ocypode* Fabricius, 1798 são os membros da família Ocypodidae mais amplamente distribuídos, sendo comumente encontrados em praias arenosas tropicais e subtropicais do mundo inteiro (McLachlan & Brown 2006). Na costa brasileira, o gênero é representado por uma única espécie, *Ocypode quadrata* (Fabricius, 1787), a qual habita tocas semi-permanentemente abertas distribuídas numa faixa desde a região entremarés superior até a região de dunas frontais dos ambientes de praias oceânicas (Melo 1996, Alberto & Fontoura 1999).

Uma vez que a estimativa da densidade populacional por meio da contagem de tocas é uma técnica muito simples e rápida (Warren 1990), espécies do gênero *Ocypode* têm sido freqüentemente usadas como bio-indicadoras de perturbações humanas em praias oceânicas de alta energia no mundo inteiro (Fisher & Tevesz 1979, Steiner & Leatherman 1981, Barros 2001, Blankensteyn 2006, Neves & Bemvenuti 2006). No entanto, esses caranguejos apresentam um comportamento muito complexo e flexível (Barrass 1963), e diferenças no hábitat e/ou na dieta (Jones 1972) podem afetar os padrões de atividades dos caranguejos (Hughes 1966). Conseqüentemente, devemos

---

<sup>3</sup> Artigo publicado sob a referência: “Rosa, L.C. & Borzone, C.A. (2008) Spatial distribution of the *Ocypode quadrata* (Crustacea: Ocypodidae) along estuarine environments in the Paranaguá Bay Complex, southern Brazil. **Revista Brasileira de Zoologia** 25(3): 383-388”.

conhecer o comportamento natural de uma população em um determinado hábitat antes de sua utilização como um bio-indicador ambiental.

Estudos pretéritos realizados com *Ocypode quadrata* na costa brasileira focaram os ciclos reprodutivos e períodos de recrutamento (Negreiros-Fransozo *et al.* 2002) e os padrões de distribuição numa praia oceânica de alta energia (Alberto & Fontoura 1999) e entre ambientes de baixa energia dominados por maré (Turra *et al.* 2005). Foram também realizados estudos utilizando-os como indicadores da influência antrópica em ambientes de praias arenosas (Blankensteyn 2006, Neves & Bemvenuti 2006). Segundo Turra *et al.* (2005), em praias de baixa energia, tais como praias estuarinas, as respostas naturais dos caranguejos a elevada heterogeneidade ambiental podem mascarar os possíveis impactos antrópicos.

O objetivo principal desse estudo foi descrever os padrões de distribuição de *Ocypode quadrata* em praias arenosas de baixa energia da Baía de Paranaguá e avaliar quais fatores ambientais (ou abióticos) podem estar influenciando sua distribuição ao longo desse sistema estuarino. Os resultados aqui obtidos servirão de base para avaliar a eficiência de uma possível utilização dessa espécie como bio-indicadora em ambientes de praias estuarinas.

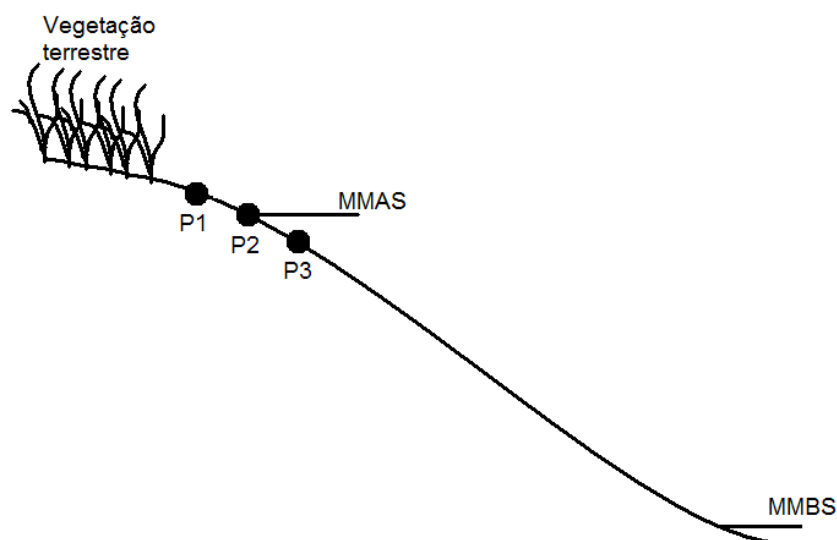
## **MATERIAL & MÉTODOS**

O estudo foi realizado em treze praias estuarinas distribuídas ao longo dos dois principais eixos da baía (i.e., baias de Paranaguá e Laranjeiras; Figura 1.1). Todas as praias foram amostradas uma única vez durante o verão (Fev-Mar) e uma única vez durante o inverno (Ago-Set) sempre no começo da manhã durante a maré baixa de



sizígia. Em cada praia, o número de tocas ativas (aquelas com sinais recentes de atividades) foi contado ao longo de 10 quadrados (1x1m) contínuos distribuídos ao longo de uma faixa disposta paralelamente a linha d'água em três níveis da praia localizados em torno da marca da maré alta de sizígia (Figura 3.1). O posicionamento desses níveis foi feito de modo a cobrir toda a área de distribuição dos caranguejos na praia.

Durante cada coleta, a declividade da face praial e a salinidade da coluna d'água foram medidas com o auxílio de um teodolito padrão e de um refratômetro, respectivamente. Para cada nível analisado foi também coletada uma amostra de sedimento para determinar as características granulométricas e o teor de umidade do sedimento. As amostras de sedimento foram inicialmente pesadas e o teor de umidade no sedimento foi determinado pela perda de peso após serem secas em uma estufa a 60°C por 48 h. o diâmetro médio e o grau de seleção do sedimento foi determinado através de técnicas de peneiramento propostas por Suguio (1973), sendo os dados obtidos expressos na escala de “phi” (Wentworth 1922).



**Figura 3.1)** Diagrama esquemático do posicionamento dos níveis amostrais em cada praia. P1 = Supralitoral; P2 = Linha de detrito; P3 = Entremarés superior; MMAS =

marca da maré alta de sizígia; MMBS = marca da maré baixa de sizígia.

Uma análise de variância hierárquica (Underwood 1997) foi utilizada para testar as diferenças no número de tocas entre os períodos amostrais (verão e inverno), as praias aninhadas dentro dos períodos amostrais, e entre os níveis dentro das praias estudadas. Todos os dados tiveram que ser transformados pela raiz quadrada para atingirem a homocedasticidade [ $p > 0,05$  no Teste C de Cochran (Underwood 1997)]. Nos casos em que a análise indicou diferenças significativas nos valores de densidade de tocas entre os fatores analisados, estas foram discriminadas através do teste de comparação múltipla das médias de Student-Newman-Keuls (teste SNK).

A relação entre a abundância total de tocas e os parâmetros abióticos (i.e., salinidade da água, declividade da face praial, tamanho médio e grau de seleção do sedimento, e medidas do teor de umidade) foi verificada por meio de uma correlação não paramétrica de Spearman.

## **RESULTADOS**

Em todas as praias a face praial apresentou uma declividade bem acentuada com valores variando entre 2,6 (Cemitério durante inverno) a 8,3° (Pasto, inverno). A composição do sedimento variou entre areia fina bem selecionada a areia grossa pobremente selecionada, sendo que esse aumento no diâmetro médio do sedimento e a redução no grau de seleção foram verificados em direção do interior do estuário (Tabela 3.1). O teor de umidade do sedimento variou entre 2,3 (Europinha no inverno) a 18% (Cemitério no verão). A salinidade da água variou entre 31 nas praias localizadas

próximas a desembocadura, a 14 nos ambientes de praia mais interiores. Os valores médios de todos os parâmetros abióticos podem ser verificados na Tabela 3.1.

**Tabela 3.1)** Parâmetros abióticos medidos em cada praia durante as coletas de verão (Ver) e de inverno (Inv). Características dos sedimentos são apresentadas como média ( $\pm 1$  desvio padrão) dos valores dos três níveis amostrais. As praias onde não foi registrada a presença de *Ocypode quadrata* estão assinaladas por um asterisco (\*).

Praia (Período)	Declividade (°)	Salinidade	Diametro do sedimento ( $\phi$ )	Grau de seleção ( $\phi$ )	Umidade (%)	
Brasília	(Ver)	4,6	29	2,1 ( $\pm 0,8$ )	0,5 ( $\pm 0,2$ )	6,5 ( $\pm 2,3$ )
	(Inv)	3,8	30	2,5 ( $\pm 0,0$ )	0,3 ( $\pm 0,0$ )	10,3 ( $\pm 5,6$ )
Techint	(Ver)	4,0	30	2,3 ( $\pm 0,3$ )	0,6 ( $\pm 0,4$ )	11,0 ( $\pm 7,4$ )
	(Inv)	4,5	30	2,6 ( $\pm 0,1$ )	0,3 ( $\pm 0,0$ )	8,0 ( $\pm 5,9$ )
P. do Poço	(Ver)	6,3	30	2,6 ( $\pm 0,0$ )	0,3 ( $\pm 0,0$ )	9,6 ( $\pm 4,5$ )
	(Inv)	5,5	31	2,7 ( $\pm 0,0$ )	0,3 ( $\pm 0,1$ )	8,8 ( $\pm 5,6$ )
Coroazinha	(Ver)	5,0	28	2,3 ( $\pm 0,1$ )	0,3 ( $\pm 0,0$ )	10,7 ( $\pm 8,3$ )
	(Inv)	3,7	30	2,3 ( $\pm 0,3$ )	0,4 ( $\pm 0,0$ )	14,2 ( $\pm 2,4$ )
Cobras	(Ver)	7,3	30	1,4 ( $\pm 0,0$ )	0,6 ( $\pm 0,0$ )	4,1 ( $\pm 3,4$ )
	(Inv)	6,4	30	1,2 ( $\pm 0,3$ )	0,4 ( $\pm 0,1$ )	8,1 ( $\pm 4,4$ )
Piaçaguera *	(Ver)	4,4	21	2,5 ( $\pm 0,0$ )	0,3 ( $\pm 0,0$ )	12,4 ( $\pm 2,3$ )
	(Inv)	5,2	21	1,9 ( $\pm 0,3$ )	0,3 ( $\pm 0,0$ )	10,2 ( $\pm 5,1$ )
Europinha *	(Ver)	5,1	16	0,4 ( $\pm 0,0$ )	1,1 ( $\pm 0,0$ )	2,8 ( $\pm 1,0$ )
	(Inv)	5,7	19	0,5 ( $\pm 0,2$ )	1,1 ( $\pm 0,1$ )	3,4 ( $\pm 0,5$ )
Pita *	(Ver)	5,9	14	1,0 ( $\pm 0,3$ )	1,2 ( $\pm 0,1$ )	7,1 ( $\pm 2,4$ )
	(Inv)	7,2	15	0,4 ( $\pm 0,1$ )	1,0 ( $\pm 0,0$ )	2,3 ( $\pm 1,2$ )
Cemitério	(Ver)	3,6	26	2,7 ( $\pm 0,0$ )	0,4 ( $\pm 0,0$ )	18,0 ( $\pm 0,5$ )
	(Inv)	2,6	32	2,6 ( $\pm 0,0$ )	0,3 ( $\pm 0,0$ )	17,8 ( $\pm 0,1$ )
Vila	(Ver)	5,4	25	2,6 ( $\pm 0,0$ )	0,3 ( $\pm 0,0$ )	5,9 ( $\pm 2,6$ )
	(Inv)	3,0	32	2,6 ( $\pm 0,1$ )	0,3 ( $\pm 0,0$ )	13,5 ( $\pm 3,1$ )
Cruz	(Ver)	6,2	24	2,1 ( $\pm 0,2$ )	0,6 ( $\pm 0,1$ )	5,1 ( $\pm 0,9$ )
	(Inv)	6,8	30	2,1 ( $\pm 0,4$ )	0,7 ( $\pm 0,1$ )	5,6 ( $\pm 1,7$ )
Pasto	(Ver)	6,5	25	2,1 ( $\pm 0,6$ )	0,4 ( $\pm 0,1$ )	5,1 ( $\pm 2,4$ )
	(Inv)	8,3	30	2,0 ( $\pm 0,4$ )	0,5 ( $\pm 0,0$ )	4,7 ( $\pm 2,6$ )
Gamelas *	(Ver)	6,5	20	1,9 ( $\pm 0,2$ )	0,6 ( $\pm 0,2$ )	10,0 ( $\pm 2,4$ )
	(Inv)	6,4	30	1,5 ( $\pm 0,2$ )	0,7 ( $\pm 0,1$ )	5,4 ( $\pm 4,2$ )

Tocas de *O. quadrata* não foram registradas nas praias de Piaçaguera,

Europinha, Pita e Gamelas, as quais estão situadas na região mais interior do estuário (Figura 1.1). Nas outras praias a abundância total de *O. quadrata* variou entre 10 (Techint) e 62 tocas (Coroazinha) durante o verão e, de 2 (Techint e Coroazinha) a 7 tocas (Cemitério) durante o inverno (Tabela 3.2).

**Tabela 3.2)** Abundância total de tocas de *Ocypode quadrata* registradas em cada praia durante as coletas de verão e inverno.

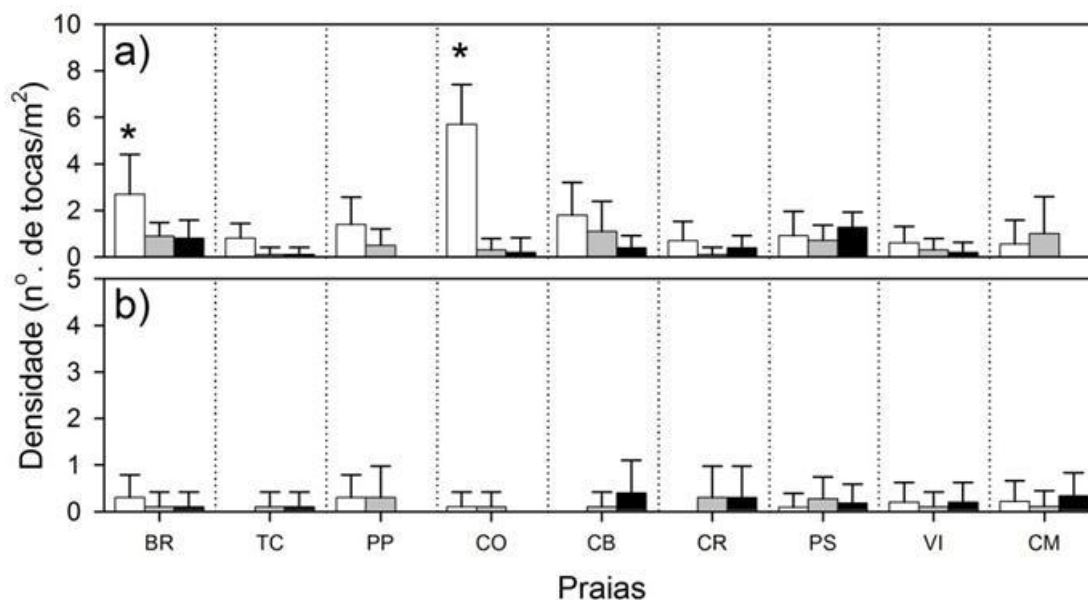
Período	Praias								
	Brasília	Techint	P. Poço	Coroazinha	Cobras	Cemitério	Vila	Cruz	Pasto
Verão	44	10	19	62	33	14	11	12	32
Inverno	5	2	6	2	5	7	4	6	6

**Tabela 3.3)** Sumário da análise de variância hierárquica avaliando diferenças nas densidades de tocas de *Ocypode quadrata* entre os períodos amostrais (i.e., verão e inverno), praias e níveis das praias (i.e., P1, P2 e P3).

Fonte de variação	gl	QM	F	P
Período	1	27,29	132,46	< 0,001
Praia (Período)	16	1,31	6,33	< 0,001
Nível (Praia (Período))	36	1,48	7,19	< 0,001
Erro	540	0,21		

O resultado da análise estatística indicou diferenças significativas para todos os fatores testados (Tabela 3.3). As densidades de tocas variaram entre 0,0 e 5,7 tocas/m<sup>2</sup> e de 0,0 a 0,4 tocas/m<sup>2</sup> durante o verão e o inverno, respectivamente (Figura 3.2). No entanto, diferenças sazonais significativas nas densidades de tocas foram observadas somente nas praias de Coroazinha, Brasília, Pasto e Cobras, onde os maiores valores foram registrados durante o verão. Em relação a zonação, diferenças significativas foram registradas somente nas praias de Coroazinha e de Brasília durante as coletas de verão, onde os maiores valores sendo observados no nível superior (Figura 3.2).

Durante as coletas de inverno, as densidades de tocas não foram significativamente diferentes nem entre as praias nem entre os níveis (Figura 3.2).



**Figura 3.2)** Valores médios (+ 1 desvio padrão) das densidades de tocas de *Ocypode quadrata* em cada nível da praia (P1: colunas brancas, P2: colunas cinzas, P3: colunas pretas) em cada uma das praias durante o verão (a) e o inverno (b). Asteriscos indicam diferenças significativas nas densidades de tocas entre os níveis dentro de cada praia. (BR: Brasília, TC: Techint, PP: Ponta do Poço, CO: Coroazinha, CB: Cobras, CM: Cemitério, VI: Vila, CR: Cruz, PS: Pasto)

Devido as baixas densidades registradas durante os períodos de inverno, a correlação de Spearman foi realizada somente com os dados de verão ( $n = 13$ ). Segundo os resultados dessa análise, as densidades de tocas do caranguejo foram positivamente relacionadas com os valores do diâmetro do grão de sedimento expresso em “phi” ( $R = 0,60$ ;  $p = 0,03$ ) e com a salinidade da água ( $R = 0,72$ ;  $p = 0,01$ ).

## DISCUSSÃO

Atualmente, estudos sobre *Ocypode quadrata* são restritos as populações que habitam as praias arenosas expostas, as quais geralmente possuem uma face praial larga

e com declividades suaves. Em contraste a esse tipo de ambiente, as praias estuarinas são caracterizadas por apresentarem uma face praiial curta e declividade bem acentuada (Nordstron 1992, Borzone *et al.* 2003). Entretanto, independentemente da redução de hábitat disponível, nossos resultados indicam que as densidades de tocas de *O. quadrata* nas praias estuarinas da Baía de Paranaguá são similares ou até maiores as registradas para a espécie habitando praias expostas (Tabela 3.4).

**Tabela 3.4)** Valores de densidades (número de tocas/m<sup>2</sup>) de tocas de *Ocypode quadrata* registrados nesse estudo e em outras praias oceânicas.

Densidade (mín.-máx.)	Região	Fonte
0,0 – 5,7 (verão)	Baía de Paranaguá, Brasil	Nesse estudo
0,0 – 0,4 (inverno)		
0,002 – 0,24	Rio Grande do Sul, Brasil	Alberto & Fontoura (1999)
0,3 – 5,0	Rio Grande do Sul, Brasil	Neves & Bemvenuti (2006)
0,0 – 2,13	Santa Catarina, Brasil	Blankensteyn (2006)
0,0 – 2,85	São Paulo, Brasil	Turra <i>et al.</i> (2005)
0,005 – 0,014	Carolina do Norte, EUA	Wolcott & Wolcott (1984)
0,49 – 1,79	Veracruz, México	Valero-Pacheco <i>et al.</i> (2007)

Na maioria das praias estuarinas da Baía de Paranaguá, baixas densidades de tocas foram registradas no inverno em comparação das observadas no verão. Esse padrão provavelmente está relacionada as diferenças sazonais nos ritmos de atividade de *O. quadrata*, onde baixas taxas de atividades são registradas durante dias frios como já observado em outras praias (Haley 1969, Leber 1981, Alberto & Fontoura 1999). As taxas de atividade dos caranguejos do gênero *Ocypode* são fortemente influenciadas

pela temperatura, sendo a temperatura de 16°C considerada o limite térmico mínimo para as atividades normais desses caranguejos (Haley 1969, Leber 1981, Alberto & Fontoura 1999). Quando a temperatura está abaixo desse limite, esses caranguejos permanecem confinados em suas tocas tornando-se novamente ativos tão logo a temperatura atinja os níveis desejados (Haley 1969).

Durante condições climáticas adversas, tais como ressacas ou ventos intensos, os caranguejos protegem-se dentro de suas tocas tampando a abertura com areia, desta forma, podendo permanecer inativos por um longo período. Conseqüentemente, a sazonalidade das condições ambientais pode resultar em diferentes ritmos circadianos, onde um atraso no início das atividades desses pode ser observado durante os períodos de inverno. Tais diferenças sazonais nos ritmos de atividades ao longo do dia já foram registradas para uma população subtropical de *O. quadrata*, onde, durante o inverno, um maior número de caranguejos emergindo de suas tocas ocorrem próximo ao meio-dia, enquanto que durante o verão tal pico de atividade ocorre durante o entardecer (Alberto & Fontoura 1999).

Observação de campo realizada em uma das praias estuarinas estudadas tem mostrado uma marcada sazonalidade na variação diária da temperatura do sedimento (observações pessoais). Durante o período de inverno, a temperatura do sedimento variou de 15 a 21°C entre o período das 8 às 11:00h da manhã. Por outro lado, a temperatura sempre esteve acima dos 27 °C durante o período de verão. Neste sentido, as diferenças sazonais nas densidades de tocas de *O. quadrata* observadas nas praias estuarinas podem estar relacionadas a diferenças sazonais do período em que os caranguejos emergem de suas tocas uma vez que todas as coletas foram realizadas sempre nas primeiras horas da manhã. Essa hipótese atualmente está sendo investigada

por meio de um estudo sobre o ritmo circadiano de atividade do caranguejo em uma das praias estuarinas estudadas.

Com relação aos padrões de zonação, as tocas estiveram distribuídas ao longo dos três níveis amostrais, sendo ainda que uma preferência pelo nível supralitoral (i.e., P1) foi observado apenas em duas praias (Coroazinha e Brasília), justamente as quais apresentavam os maiores valores de densidades. Diferentemente das largas praias oceânicas, as praias estuarinas são caracterizadas por apresentarem uma estreita e bem inclinadas face praial, usualmente sem a formação de uma berma e com sedimentos mais compactados (Nordstron 1992, Borzone *et al.* 2003). Nesse tipo de ambiente, a zona supralitoral fica restrita a uma faixa estreita de areia (poucos metros) a qual pode ser facilmente coberta pela água durante ressacas e ventos intensos. Nesse sentido, a ausência de um claro padrão de zonação pode estar relacionada à ausência de zonas praias estáveis, principalmente a região supralitoral.

A correlação entre a densidade de tocas e as variáveis salinidade da água e diâmetro médio do sedimento sugere que ambientes com baixas salinidades e com sedimentos grosseiros inibem a ocorrência de *O. quadrata* em algumas praias, sendo ainda que esses podem ser os dois fatores limitando a distribuição do caranguejo para o interior da região estuarina da Baía de Paranaguá. Mesmo que as espécies de *Ocypode* possuam uma ampla tolerância osmótica (Wolcott 1988), valores baixos de salinidade podem prevenir a ocorrência de caranguejos desse gênero nas regiões estuarinas mais interiores (Ewa-Oboho 1993).

Em resumo, apesar de mais estreitas e mais heterogêneas que os ambientes oceânicos, nossos resultados indicam que as praias estuarinas constituem habitats favoráveis para populações de *O. quadrata*. Conseqüentemente, essa espécie também



poderá ser utilizada como um indicador das interferências humanas em ambientes de praias estuarinas. No entanto, as características do sedimento e a salinidade deverão ser consideradas como importantes variáveis limitando a distribuição desses caranguejos, principalmente nas porções superiores dos estuários.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Alberto, R. M. F. & Fontoura, N. F. 1999. Distribuição e estrutura etária de *Ocypode quadrata* (Fabricius, 1787) (Crustacea, Decapoda, Ocypodidae) em praia arenosa do litoral sul do Brasil. **Revista Brasileira de Biologia** 59: 95-108.

Barrass, R. 1963. The burrows of *Ocypode ceratophalmus* (Pallas) (Crustacea, Ocypodidae) on a tidal wave beach at Inhaca Island, Moçambique. **Journal of Animal Ecology** 32: 73-85.

Barros, F. 2001. Ghost crabs as a tool for rapid assessment of human impacts on exposed sandy beaches. **Biological Conservation** 97: 399-404.

Blankensteyn, A. 2006. O uso do caranguejo maria-farinha *Ocypode quadrata* (Fabricius) (Crustacea, Ocypodidae) como indicador de impactos antropogênicos em praias arenosas da Ilha de Santa Catarina, Santa Catarina, Brasil. **Revista Brasileira de Zoologia** 23: 870-876.

Borzone, C. A.; Melo, S. G.; Rezende, K. V.; Vale, R. & Krul, R. 2003. Macrobenthic intertidal communities from wave to tide dominated beach environments. A case study in two Brazilian beaches. **Journal of Coastal Research** SI35: 472-480.

- Ewa-Oboho, I. O. 1993. Substratum preference of the tropical estuarine crabs, *Uca tangeri* Eydoux (Ocypodidae) and *Ocypode cursor* Linne (Ocypodidae). **Hydrobiologia** 271: 119-127.
- Fisher, J. B. & Tevesz, M. J. S. 1979. Within-habitat spatial patterns of *Ocypode quadrata* (Fabricius) (Decapoda, Brachyura). **Crustaceana** 5: 31-36.
- Haley, S. R. 1969. Relative growth and sexual maturity of the Texas ghost crab, *Ocypode quadrata* (Fabricius) (Brachyura, Ocypodidae). **Crustaceana** 17: 285-297.
- Hughes, D. A. 1966. Behavioral and ecological investigations of the crab *Ocypode ceratophthalmus* (Crustacea: Ocypodidae). **Journal of Zoology** 150: 129-143.
- Jackson, L. F.; Smale, M. J. & Berry, P. F. 1991. Ghost crabs of the genus *Ocypode* (Decapoda, Brachyura, Ocypodidae) of the east coast of South Africa. **Crustaceana** 61: 280-286.
- Jones, D. A. 1972. Aspects of the ecology and behavior of *Ocypode ceratophthalmus* (Pallas) and *O. kuhlii* de Haan (Crustacea: Ocypodidae). **Journal of Experimental Marine Biology and Ecology** 8: 31-43
- Knoppers, B. A.; Brandini, F. P. & Thamm, C. A. 1987. Ecological studies in the Bay of Paranaguá. II- Some physical and chemical characteristics. **Nerítica** 2: 1-36.
- Lana, P. C.; Marone, E.; Lopes, R. M. & Machado, E. C. 2001. The Subtropical Estuarine Complex of Paranaguá Bay, Brazil, p. 131-145. In: U. Seeliger & B. Kjerfve (Eds.). **Coastal Marine Ecosystems of Latin America**. Berlin, Springer-Verlag, XX+360p.

Leber, K. M. 1981. Spatial patterns of *Ocypode quadrata*: a re-evaluation (Decapoda: Brachyura). **Crustaceana** 41: 110-112.

McLachlan, A. & Brown, A. 2006. **The ecology of sandy shores**. Academic Press, San Diego, XII+373p.

Melo, G. A. S. 1996. **Manual de identificação dos Brachyura (caranguejos e siris) do litoral brasileiro**. Ed. Plêiade, São Paulo, X+603p.

Negreiros-Fransozo, M. L.; Fransozo, A. & Bertini, G. 2002. Reproductive cycle and recruitment period of *Ocypode quadrata* (Decapoda, Ocypodidae) at a sandy beach in southeastern Brazil. **Journal of Crustacean Biology** 22: 157-161.

Neves, F. M. & Bemvenuti, C. E. 2006. The ghost crab *Ocypode quadrata* (Fabricius, 1787) as a potential indicator of anthropic impact along Rio Grande do Sul coast, Brazil. **Biological Conservation** 133: 432-435.

Nordstrom, K. F. 1992. **Estuarine beaches**. Elsevier Applied Science, London. 225p.

Steiner, A. J. & Leatherman, S. P. 1981. Recreational impacts on the distribution of ghost crabs *Ocypode quadrata* Fab. **Biological Conservation** 20: 111-122.

Suguio, K. 1973. **Introdução à sedimentologia**. EDUSP, São Paulo. 317p.

Turra, A.; Gonçalves, M. A. O. & Denadai, M. R. 2005. Spatial distribution of the ghost crab *Ocypode quadrata* in low-energy tide-dominated sandy beaches. **Journal of Natural History** 39: 2163-2177.

Underwood, A. J. 1997. **Experiments in Ecology. Their logical design and interpretation using analysis of variance**. Cambridge University Press, Cambridge,

504p.

Valero-Pacheco, E.; Alvarez, F.; Abarca-Arenas, L. G. & Escobar, M. 2007. Population density and activity pattern of the ghost crab, *Ocypode quadrata*, in Veracruz, Mexico. **Crustaceana** 80: 313-325.

Warren, J. H. 1990. The use of open burrows to estimate abundances of intertidal estuarine crabs. **Australian Journal of Ecology** 15: 277-280.

Wentworth, C. K. 1922. A scale of grade and terms for clastic sediments. **Journal of Geology** 30: 377-392.

Wolcott, T. G. 1988. Ecology, p 55-96. In: W.W. Burggren & B.R. McMahon (Eds). **Biology of land crabs**. Cambridge University Press, New York, XII+479p.

Wolcott, T. G. & Wolcott, D. L. 1984. Impact of off-road vehicles on macroinvertebrates of a mid-atlantic beach. **Biological Conservation** 29: 217-240.

Wolcott, T. G. & Wolcott, D. L. 2001. Role of behavior in meeting osmotic challenges. **American Zoologist** 41: 795-806.

---

## 4. ESTRUTURA DA MACROINFAUNA DO ENTREMARÉS DAS PRAIAS ESTUARINAS DA BAÍA DE PARANAGUÁ

---

### INTRODUÇÃO

Praias arenosas são ambientes fisicamente controlados por fatores abióticos, como sedimento, regime de ondas e maré, sendo que a interação entre esses fatores resulta numa variedade de tipos morfodinâmicos distribuídos ao longo de um contínuo entre estágios reflectivos de micro-marés, com suas praias curtas com declividades abruptas, a estágios dissipativos em regiões de macro-marés onde as praias são extensas e com declividades suaves (Short 1996, Defeo & McLachlan 2005).

A distribuição e a abundância da macrofauna bentônica são determinadas por fatores físicos (tipo de sedimento, declividade da praia, energia das ondas entre outros), biológicos (interações interespecíficas) e/ou interação entre esses fatores. Para as praias oceânicas, em vários estudos foi observada uma relação entre a estrutura da comunidade bentônica e o estágio morfodinâmico praiial (McLachlan 1990, Defeo *et al.* 1992, McLachlan *et al.* 1993, Borzone *et al.* 1996, Veloso & Cardoso 2001, McLachlan & Brown 2006, entre outros). A riqueza, a densidade e a biomassa da macrofauna aumentam significativamente de uma praia reflectiva de micro-marés para um estágio dissipativo de macro-marés (ver Defeo & McLachlan 2005, McLachlan & Brown 2006).

As praias estuarinas são ambientes que podem ser facilmente encontrados em estuários, lagunas e baías protegidas ao longo da costa sul-sudeste brasileira. No

entanto, apesar de sua presença conspícua, estes ambientes têm recebido pouca atenção por parte dos pesquisadores, que centraram seus esforços em outros ambientes estuarinos como manguezais, marismas e planícies, ignorando totalmente a faixa de praia que pode ocorrer na parte superior do litoral. Segundo Nordstrom (1992), esse descaso é, em parte, decorrente das pequenas extensões desse tipo de ambiente (e.g., < 100 metros de extensão) e de seu baixo interesse socioeconômico para exploração de atividades recreativas.

Ao contrário das praias oceânicas, as estuarinas são criadas e mantidas por ondas localmente geradas sobre um curto espelho de água (Nordstrom 1992), e caracterizadas pela baixa amplitude (< 25 cm de altura) e, principalmente pelo baixo período de incidência (< 5 segundos) (Jackson *et al.* 2002). Nesses ambientes de baixa energia, a forte influência da maré resulta num perfil característico, composto por uma porção superior curta e íngreme (a praia propriamente dita) seguida por uma extensa planície na porção inferior (Nordstrom 1992, Borzone *et al.* 2003) sendo que, em alguns casos, esta última pode estar ausente (Rosa & Borzone *in press*). Esses dois sub-ambientes também abrigam comunidades distintas, sendo a porção superior (i.e., a face praial) dominada por organismos típicos de praias arenosas, enquanto organismos de fundos moles estuarinos dominam a planície intermareal (Borzone *et al.* 2003).

Embora aparentemente semelhantes quanto à morfodinâmica, esses ambientes de baixa energia podem ser muito heterogêneos, com marcadas diferenças morfológicas e granulométricas numa curta escala espacial (Amaral *et al.* 2003, Turra *et al.* 2005, Rosa & Borzone *in press*). As praias estuarinas estão sujeitas ao aporte de material particulado produzido dentro do sistema, no entanto, o tipo e a quantidade de detrito depositado nesses ambientes podem também apresentar marcadas diferenças espaciais

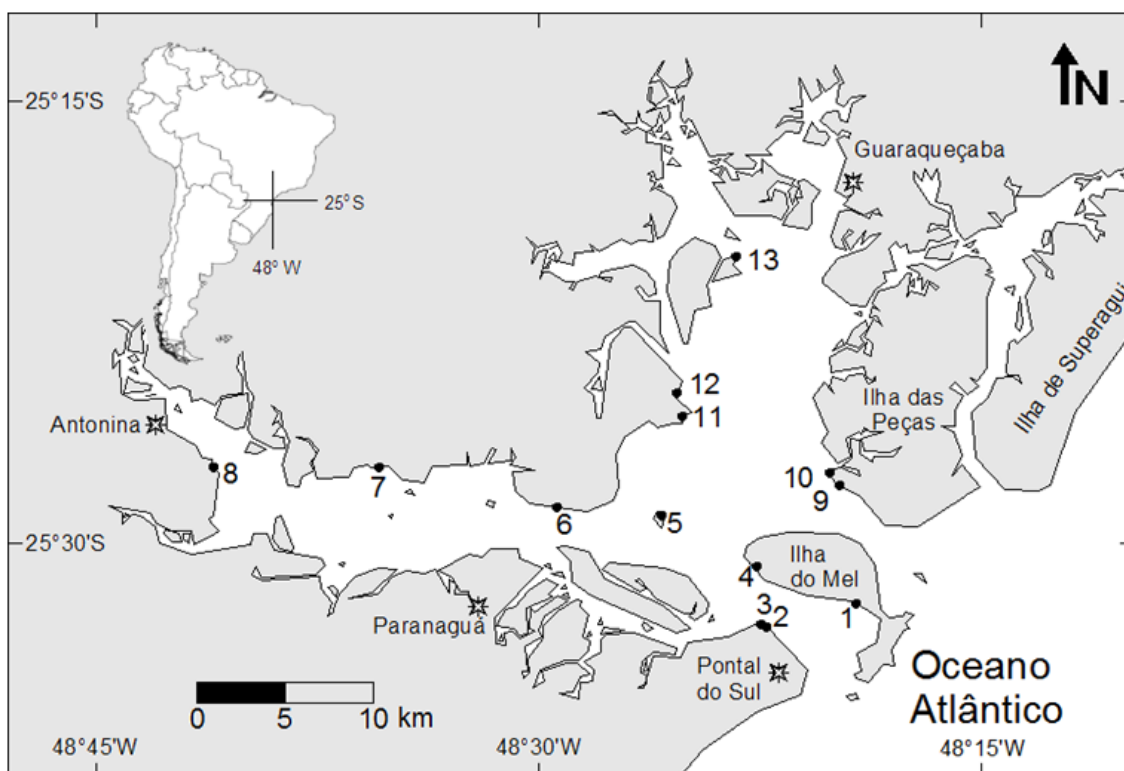
(Rosa *et al.* 2007, Aluizio 2007). A dinâmica de formação dessas linhas de detritos tem marcada influência sobre os organismos que habitam as zonas superiores das praias estuarinas, especialmente os anfípode talitrídeos (Rosa *et al.* 2007, Aluizio 2007, Borzone & Rosa *in press*

Em sistemas estuarinos, talvez o mais importante fator estruturador da comunidade seja a salinidade, onde os padrões de distribuição dos organismos e os modelos que descrevem estes padrões (e.g., Remane 1934, Attrill 2002) refletem diretamente os gradientes salinos formados ao longo do sistema (Day *et al.* 1989). Estudos pretéritos realizados na Baía de Paranaguá confirmaram um padrão de redução da riqueza da macrofauna ao longo do gradiente salino, tanto para ambientes infralitorais (Lana 1986) como para marismas e fundos adjacentes não vegetados (Netto & Lana 1996). Gradientes salinos formados pela influência do Rio da Prata ao longo da costa uruguaia parecem também afetar a estrutura da macrofauna de praias arenosas expostas, onde locais sujeitos a grandes variações de salinidade abrigam uma comunidade com baixo número de espécies (Lercari & Defeo 2006).

Embora as praias estuarinas possam abrigar espécies ainda pouco conhecidas para a ciência (ver Caron & Ribeiro-Costa 2008, Rosa *et al.* 2008), pouco se sabe sobre a estrutura da comunidade que habita esses ambientes, seus fatores controladores ou mesmo sua contribuição para o ecossistema local. Nesse capítulo será descrita a estrutura da macroinfauna nas praias estuarinas distribuídas ao longo dos dois principais eixos do Complexo Estuarino da Baía de Paranaguá, avaliando também os principais fatores abióticos que influenciam essas comunidades.

## MATERIAL & MÉTODOS

As 13 praias estuarinas (Figura 4.1) distribuídas ao longo dos dois principais eixos do Complexo Estuarino da Baía de Paranaguá foram estudadas em duas situações climáticas distintas (verão e inverno) durante os anos de 2004 e 2005, sendo que as praias do eixo leste-oeste (pontos 1-8), correspondente as baías de Paranaguá e de Antonina, foram amostradas durante o primeiro ano, enquanto que as praias da Baía das Laranjeiras (pontos 9-13; eixo norte-sul) durante o segundo ano.



**Figura 4.1)** Mapa do Complexo Estuarino da Baía de Paranaguá indicando os locais estudados.

Cada praia foi analisada uma única vez durante cada período amostral, e o desenho amostral utilizado foi composto por 3 transversais distribuídas perpendicularmente a linha d'água e distantes 2 m entre si. Sobre cada transversal foram demarcados 10 pontos amostrais distribuídos, em desníveis eqüidistantes, entre a última linha de deposição de detrito e o limite da face praial com a planície, totalizando 30



pontos por praia durante cada situação. As únicas exceções foram nas praias 7 e 8 onde, por limitações operacionais, somente uma transversal pode ser amostrada. Em teoria, o uso de desníveis eqüidistantes para o estabelecimento dos pontos de coleta permitiu-nos amostrar zonas praias similares independentemente da largura dos ambientes.

As amostragens foram realizadas sempre durante a maré baixa de sizígia. Em cada ponto foi obtida uma amostra biológica (0,05 m<sup>2</sup> de área e 20 cm de profundidade), a qual foi peneirada “*in situ*” com uma malha de 0,5 mm e o material retido foi fixado em formalina 10%. Em cada ponto foi também obtida uma amostra de sedimento para análise granulométrica e uma de água intersticial para aferição da salinidade do lençol freático. Em cada coleta também foi obtido o perfil topográfico (i.e., largura e declividade da face praial) com o auxílio de um teodolito padrão e fita métrica, e a salinidade da coluna d’água com o auxílio de um refratômetro manual.

Em laboratório, os organismos foram triados com o auxílio de um microscópio estereoscópio, identificados ao menor nível taxonômico possível, quantificados e preservados em álcool 70%. Posteriormente, calculou-se o número total de espécies (S), a densidade média (ind. m<sup>-2</sup>), e os índices de diversidade de Shannon-Wiener (H’) e de equitabilidade de Pielou (J’), ambos calculados com o log<sub>e</sub>, da macrofauna em cada praia para cada período amostrado. Para os cálculos de densidade média, de diversidade de Shannon-Wiener e Equitabilidade de Pielou foram utilizados a transversal total, após a soma dos 10 pontos amostrais, como unidade amostral. Sendo que os valores de densidades foram extrapolados a partir da área amostrada total da transversal (0,5 m<sup>2</sup>).

As características granulométricas do sedimento (e.g., tamanho médio e grau de seleção) foram determinadas através de técnicas padrões de peneiramento (Suguio 1973), sendo os dados obtidos computados de acordo com o método dos momentos

(Tanner 1995), e os resultados expressos com valores de  $\phi$  (“phi” =  $-\log_2$  do diâmetro em mm).

As relações entre os descritores biológicos (i.e., S, H', J' e densidade) e as variáveis abióticas (i.e., largura e declividade da praia, tamanho médio e grau de seleção do sedimento, salinidade da coluna d'água e do lençol freático) foram testadas com o teste de correlação não paramétrico de Spearman. Posteriormente, uma matriz foi construída com os dados de densidade média das espécies da macrofauna para cada praia e período amostral. Essa matriz de dados biológicos, transformada pela raiz quadrada, foi ordenada (nMDS) e classificada (Cluster) utilizando-se o índice de similaridade de Bray-Curtis (Clarke & Warwick 1994). A similaridade média dos grupos formados pelo nMDS e Cluster, bem como as espécies que contribuíram para a formação de tais agrupamentos, foram analisadas com auxílio da rotina SIMPER (Clarke & Warwick 1994).

A correlação entre a estrutura das associações da macrofauna e as condições físicas dos ambientes praias foi testada através de uma Análise de Correlação Canônica para cada período amostral (ACC; ter Braak 1986). Em cada ACC, os dados biológicos foram transformados por  $\sqrt{(x)}$  e somente as espécies com frequência de ocorrência superior a 25% foram incluídas na análise. As variáveis ambientais (largura e declividade da praia, tamanho médio e grau de seleção do sedimento, salinidade da coluna d'água e do lençol freático) foram selecionadas manualmente e incluídas na ACC após testar sua significância ( $\alpha < 0,05$  no teste de Monte Carlo com 999 permutações) na explicação do modelo.

Devido à diferença temporal nas amostragens, cada gradiente (eixo leste-oeste e norte-sul) foi descrito separadamente e, posteriormente, os dados foram agrupados e

analisados através das análises descritas acima (nMDS, Cluster, SIMPER e ACC).

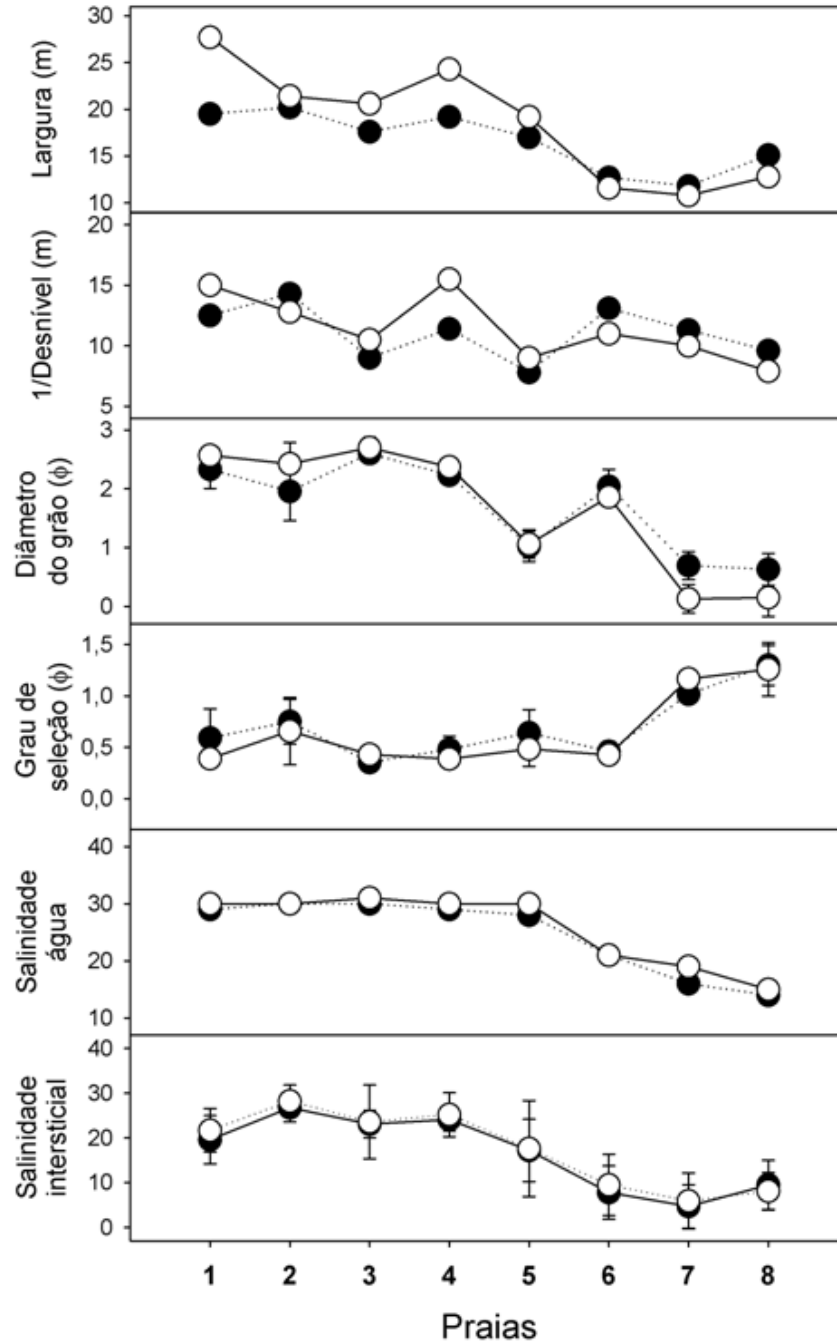
## **RESULTADOS**

### ***O gradiente de Ilha do Mel-Antonina***

As praias localizadas ao longo do eixo leste-oeste da baía apresentaram faces praias com larguras variando de 27 a 11 m com uma tendência de redução da largura nas praias mais internas, enquanto que as declividades variaram entre 1/7,8 e 1/15,5 m (Figura 4.2). O sedimento das faces praias foi composto por areias finas (praias 1, 2, 3, 4, e 6) e médias (praia 5), muito bem selecionadas, e por areias grossas pobremente selecionadas (7 e 8) (Figura 4.2). Com exceção do ponto 6, observa-se um aumento no diâmetro médio e uma redução no grau de seleção dos grãos de sedimento entre as praias em direção ao interior do estuário (Figura 4.2). Com relação à salinidade, os valores na coluna d'água variaram do valor mínimo de 15 na praia 8 a cerca de 30 na região compreendida entre as praias 1-5 (Figura 4.2). Quando analisamos os valores médios da salinidade do lençol freático, observamos também o mesmo padrão de redução dos valores em direção ao interior do estuário, porém, as diferenças são menos acentuadas daquelas obtidas pelos valores obtidos na coluna d'água (Figura 4.2).

Nas praias distribuídas ao longo do eixo leste-oeste da baía foram coletados um total de 50.560 indivíduos pertencentes a 6 grupos taxonômicos. Polychaeta foi o grupo taxonômico dominante na maioria das praias (Tabela 4.1), enquanto que os Crustacea dominaram nas praias 1 e 6 (Tabela 4.1). Outro grupo taxonômico importante foi Oligochaeta, o qual foi abundante na praia 5 (principalmente durante o verão), na 7 (inverno) e na 8 (ambos os períodos). Já Mollusca foi representativo somente nas praias

7 (especialmente no inverno) e 8 (Tabela 4.1). Outros grupos taxonômicos menos abundantes que ocorreram foram Hemichordata e Nemertea.



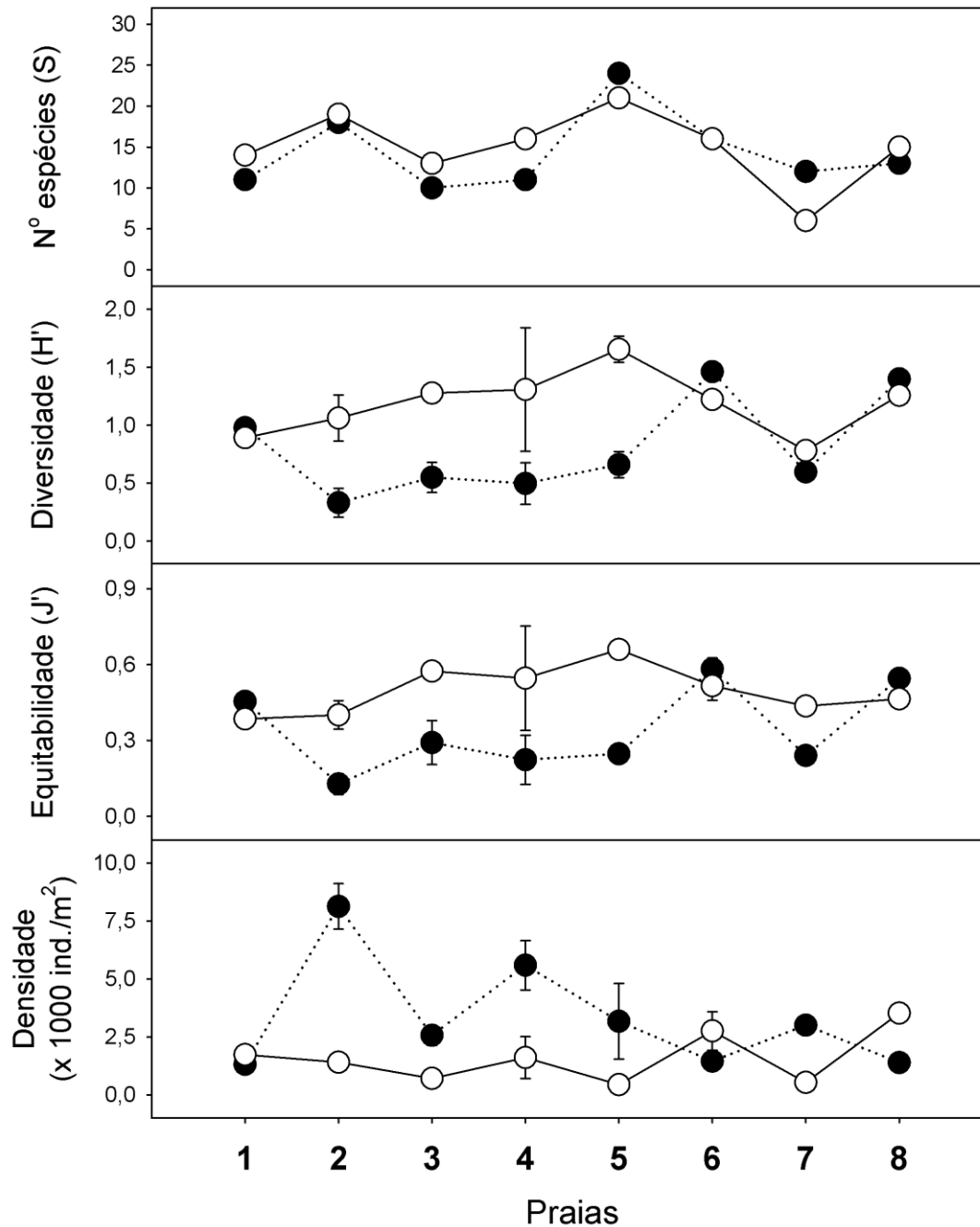
**Figura 4.2)** Valores médios ( $\pm 1$  desvio padrão) ou absolutos das variáveis abióticas medidas em cada uma das praias estuarinas distribuídas ao longo do eixo leste-oeste da baía durante o verão (○) e o inverno (●) de 2004.

**Tabela 4.1)** Abundância relativa dos principais grupos taxonômicos presentes nas praias estuarinas distribuídas ao longo do eixo leste-oeste da baía durante o verão (VER) e o inverno (INV) de 2004.

Praia (período)	Grupos taxonômicos					
	Crustacea	Polychaeta	Oligochaeta	Mollusca	outros	
1	(Ver)	96,7	3,2	0,1	0,1	0,0
	(Inv)	76,5	23,4	0,0	0,1	0,0
2	(Ver)	1,2	98,5	0,0	0,3	0,0
	(Inv)	21,3	78,3	0,0	0,3	0,0
3	(Ver)	5,0	95,0	0,0	0,0	0,0
	(Inv)	50,7	49,2	0,0	0,1	0,0
4	(Ver)	9,0	91,0	0,0	0,0	0,0
	(Inv)	21,8	77,9	0,0	0,1	0,2
5	(Ver)	3,9	18,8	77,2	0,0	0,0
	(Inv)	30,2	30,2	38,7	0,9	0,0
6	(Ver)	73,0	24,6	0,0	2,2	0,2
	(Inv)	87,6	11,6	0,0	0,8	0,0
7	(Ver)	0,3	88,1	9,7	1,7	0,2
	(Inv)	0,0	3,0	66,3	30,7	0,0
8	(Ver)	0,0	38,0	44,8	16,9	0,3
	(Inv)	0,0	56,0	37,9	5,4	0,6

Com relação ao número de espécies da macrofauna, os maiores valores foram registrados na praia 5 (verão= 24 espécies; inverno= 21 espécies), seguindo pela praia 2 (verão= 18 espécies; inverno= 19 espécies), enquanto que na praia 7 durante o inverno foi registrado o menor valor (6 espécies). Nas demais praias, o número total de espécies variou entre 10 e 16 espécies (Figura 4.3).

Os índices de diversidade e de equitabilidade apresentaram padrões semelhantes entre as praias, sendo que os maiores valores para ambos índices foram registrados na praia 5 durante o inverno ( $H' = 1,65$  e  $J' = 0,66$ ) enquanto que os menores ocorreram na praia 2 durante o verão ( $H' = 0,33$  e  $J' = 0,13$ ). Marcadas diferenças entre os períodos amostrados foram observadas somente nas praias 2, 3, 4 e 5, com baixos valores de diversidade sendo registrados durante o verão (Figura 4.3). Já as praias de Piaçaguera e de Pita apresentaram valores comparativamente altos durante as duas situações (Figura 4.3).



**Figura 4.3)** Valores médios ( $\pm 1$  desvio padrão) ou absolutos dos parâmetros biológicos calculados para a macrofauna em cada uma das praias estuarinas distribuídas ao longo do eixo leste-oeste da baía durante verão (○) e o inverno (●) de 2004.

Os maiores valores de densidade total da macrofauna foram registrados durante o verão nas praias 2 ( $8131 \pm 982$  ind./m<sup>2</sup>) e 4 ( $5593 \pm 1063$  ind./m<sup>2</sup>). Nas demais praias os valores de densidade variaram entre  $439 \pm 288$  (praia 5, inverno) e  $3528$  ind./m<sup>2</sup>

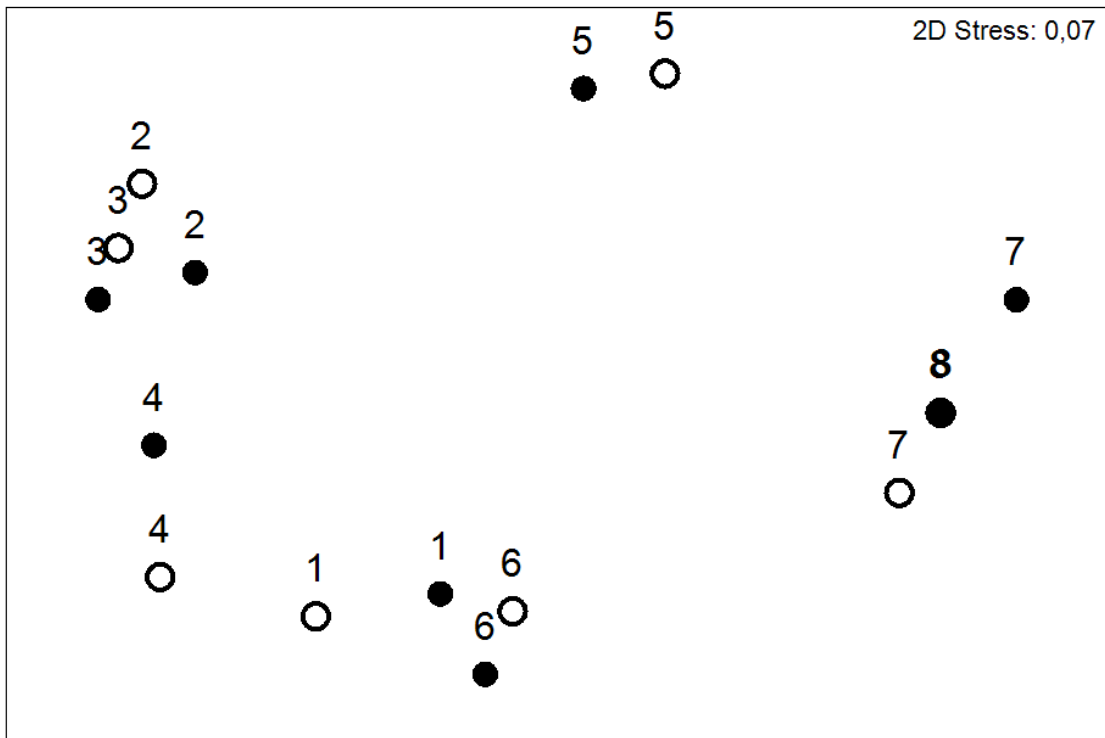
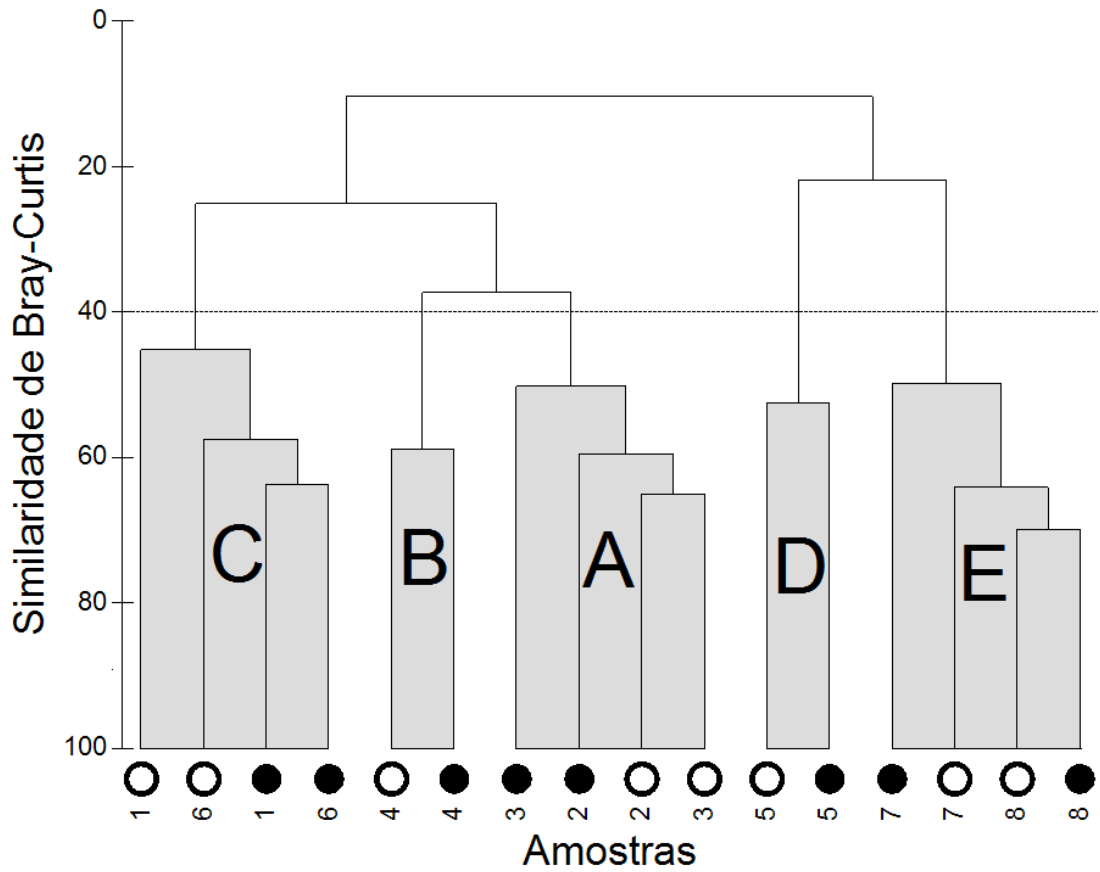
(praia 8, inverno). Com exceção das praias 1, 6 e 8, maiores valores de densidade foram observados durante o período do verão (Figura 4.3).

Conforme indicado pela análise de Spearman, nenhum dos descritores biológicos se correlacionou significativamente com qualquer uma das variáveis abióticas testadas (Tabela 4.2).

**Tabela 4.2)** Valores do coeficiente de correlação de Spearman (R) entre os descritores da macroinfauna e as variáveis abióticas (n = 16) das praias distribuídas ao longo do eixo leste-oeste da baía. (ns = não significativo)

	Morfologia praial		Sedimento		Salinidade	
	Largura	Declividade	Tamanho médio	Seleção	Coluna d'água	Intersticial
S	0,24 <sup>ns</sup>	0,05 <sup>ns</sup>	-0,04 <sup>ns</sup>	0,00 <sup>ns</sup>	0,22 <sup>ns</sup>	0,23 <sup>ns</sup>
H'	0,00 <sup>ns</sup>	-0,05 <sup>ns</sup>	-0,06 <sup>ns</sup>	-0,05 <sup>ns</sup>	-0,07 <sup>ns</sup>	-0,21 <sup>ns</sup>
J'	-0,04 <sup>ns</sup>	-0,08 <sup>ns</sup>	0,01 <sup>ns</sup>	-0,17 <sup>ns</sup>	0,02 <sup>ns</sup>	-0,21 <sup>ns</sup>
Densidade	-0,06 <sup>ns</sup>	0,06 <sup>ns</sup>	-0,09 <sup>ns</sup>	0,03 <sup>ns</sup>	-0,16 <sup>ns</sup>	0,11 <sup>ns</sup>

As análises de agrupamento e de ordenação mostraram a formação de cinco grupos de praias com similaridades maiores do que 40% (Figura 4.4). Importante observar que nos mesmos agrupamentos encontram-se os dados de verão e de inverno da mesma praia, evidenciando que as diferenças entre os ambientes são mais significativas do que a variação temporal interna para a discriminação dos agrupamentos formados.



**Figura 4.4)** Diagramas da análise de agrupamento e de ordenação dos dados de densidade da macroinfauna, transformados pela raiz quadrada, nas praias estuarinas distribuídas ao longo do eixo leste-oeste da baía durante o verão (○) e o inverno (●) de 2004.



**Tabela 4.3)** Densidade média ( $\pm$  desvio padrão) dos organismos macroinfaunais nas praias estuarinas distribuídas ao longo do eixo leste-oeste da baía durante o verão e o inverno de 2004.

Espécies	1		2		3		4	
	Verão	Inverno	Verão	Inverno	Verão	Inverno	Verão	Inverno
<i>Platorchestia monodi</i> (C)	-	-	-	-	-	-	120 ( $\pm$ 97)	-
<i>Talorchestia tucuaruna</i> (C)	701 ( $\pm$ 232)	3 ( $\pm$ 5)	8 ( $\pm$ 12)	90 ( $\pm$ 68)	1 ( $\pm$ 2)	13 ( $\pm$ 6)	89 ( $\pm$ 74)	41 ( $\pm$ 29)
<i>Excirolana armata</i> (C)	52 ( $\pm$ 28)	54 ( $\pm$ 16)	83 ( $\pm$ 19)	176 ( $\pm$ 25)	93 ( $\pm$ 19)	72 ( $\pm$ 14)	174 ( $\pm$ 30)	157 ( $\pm$ 23)
<i>Excirolana braziliensis</i> (C)	-	-	1 ( $\pm$ 1)	-	-	-	-	-
<i>Tholozodium rhombofrontalis</i> (C)	516 ( $\pm$ 70)	1231 ( $\pm$ 120)	1 ( $\pm$ 1)	3 ( $\pm$ 1)	7 ( $\pm$ 2)	2 ( $\pm$ 2)	117 ( $\pm$ 9)	109 ( $\pm$ 8)
<i>Eurydice littoralis</i> (C)	-	-	-	2 ( $\pm$ 2)	-	1 ( $\pm$ 1)	-	-
<i>Metamysidopsis neritica</i> (C)	-	1 ( $\pm$ 1)	1 ( $\pm$ 1)	-	-	-	-	-
<i>Atylos minokoi</i> (C)	1 ( $\pm$ 1)	-	-	-	-	-	-	-
<i>Bathyporeiapus ruffoi</i> (C)	-	7 ( $\pm$ 6)	-	21 ( $\pm$ 10)	26 ( $\pm$ 22)	271 ( $\pm$ 45)	-	42 ( $\pm$ 25)
<i>Scolecopsis goodbodyi</i> (P)	5 ( $\pm$ 5)	20 ( $\pm$ 18)	7589 ( $\pm$ 1108)	1004 ( $\pm$ 110)	2208 ( $\pm$ 495)	306 ( $\pm$ 123)	57 ( $\pm$ 11)	15 ( $\pm$ 8)
<i>Scolecopsis chilensis</i> (P)	15 ( $\pm$ 10)	15 ( $\pm$ 9)	329 ( $\pm$ 232)	21 ( $\pm$ 12)	227 ( $\pm$ 48)	32 ( $\pm$ 16)	5023 ( $\pm$ 1135)	1058 ( $\pm$ 933)
<i>Laeonereis acuta</i> (P)	17 ( $\pm$ 2)	368 ( $\pm$ 54)	-	-	1 ( $\pm$ 1)	-	7 ( $\pm$ 6)	-
<i>Sacocirrus</i> sp. (P)	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Armandia</i> sp. (P)	5 ( $\pm$ 3)	1 ( $\pm$ 1)	35 ( $\pm$ 5)	40 ( $\pm$ 28)	-	5 ( $\pm$ 3)	3 ( $\pm$ 1)	164 ( $\pm$ 80)
<i>Capitela</i> sp. (P)	-	-	49 ( $\pm$ 11)	25 ( $\pm$ 21)	-	-	-	-
<i>Sigambra grubii</i> (P)	-	-	-	-	-	-	1 ( $\pm$ 1)	-
<i>Hemipodus olivieri</i> (P)	-	-	3 ( $\pm$ 1)	7 ( $\pm$ 1)	3 ( $\pm$ 6)	3 ( $\pm$ 2)	-	5 ( $\pm$ 8)
<i>Neantes succinea</i> (P)	-	1 ( $\pm$ 1)	-	-	-	-	-	1 ( $\pm$ 1)
<i>Heleobia australis</i> (M)	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Mytella guyanensis</i> (M)	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Anomolocardia brasiliiana</i> (M)	1 ( $\pm$ 1)	1 ( $\pm$ 1)	-	-	-	-	-	-
Oligochaeta	1 ( $\pm$ 2)	-	-	1 ( $\pm$ 1)	-	-	-	-
Outros	1 ( $\pm$ 1)	31 ( $\pm$ 3)	33 ( $\pm$ 6)	16 ( $\pm$ 7)	2 ( $\pm$ 2)	5 ( $\pm$ 5)	2 ( $\pm$ 2)	16 ( $\pm$ 12)

**Tabela 4.3)** Continuação.

Espécies	5		6		7		8	
	Verão	Inverno	Verão	Inverno	Verão	Inverno	Verão	Inverno
<i>Platorchestia monodi</i> (C)	4 ( $\pm$ 5)	-	69 ( $\pm$ 42)	753 ( $\pm$ 695)	6	-	-	-
<i>Talorchestia tucuaruna</i> (C)	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Excirolana armata</i> (C)	19 ( $\pm$ 7)	17 ( $\pm$ 1)	663 ( $\pm$ 98)	251 ( $\pm$ 34)	1	-	-	-
<i>Excirolana braziliensis</i> (C)	23 ( $\pm$ 9)	3 ( $\pm$ 5)	-	-	-	-	-	-
<i>Tholozodium rhombofrontalis</i> (C)	1 ( $\pm$ 1)	13 ( $\pm$ 10)	326 ( $\pm$ 46)	1406 ( $\pm$ 140)	-	-	-	-
<i>Eurydice littoralis</i> (C)	58 ( $\pm$ 16)	36 ( $\pm$ 21)	-	-	-	-	-	-
<i>Metamysidopsis neritica</i> (C)	8 ( $\pm$ 9)	-	-	7 ( $\pm$ 6)	-	-	-	-
<i>Atylos minokoi</i> (C)	-	54 ( $\pm$ 36)	-	-	-	-	-	-
<i>Bathyporeiapus ruffoi</i> (C)	1 ( $\pm$ 1)	5 ( $\pm$ 6)	-	-	-	-	-	-
<i>Scolecopsis goodbodyi</i> (P)	-	1 ( $\pm$ 1)	-	-	4	-	1	-
<i>Scolecopsis chilensis</i> (P)	1 ( $\pm$ 1)	-	17 ( $\pm$ 8)	4 ( $\pm$ 3)	-	-	-	-
<i>Laeonereis acuta</i> (P)	-	-	279 ( $\pm$ 102)	295 ( $\pm$ 43)	2558	12	450	1646
<i>Sacocirrus</i> sp. (P)	564 ( $\pm$ 740)	98 ( $\pm$ 168)	-	-	-	-	-	-
<i>Armandia</i> sp. (P)	1 ( $\pm$ 1)	1 ( $\pm$ 2)	-	-	-	-	-	-
<i>Capitela</i> sp. (P)	1 ( $\pm$ 1)	-	4 ( $\pm$ 3)	2 ( $\pm$ 2)	2	2	29	212
<i>Sigambra grubii</i> (P)	-	-	53 ( $\pm$ 25)	-	67	2	6	88
<i>Hemipodus olivieri</i> (P)	29 ( $\pm$ 14)	31 ( $\pm$ 19)	-	-	-	-	-	4
<i>Neantes succinea</i> (P)	-	-	-	1 ( $\pm$ 1)	16	-	33	2
<i>Heleobia australis</i> (M)	-	-	-	-	44	164	165	160
<i>Mytella guyanensis</i> (M)	-	-	1 ( $\pm$ 1)	-	7	2	65	30
<i>Anomolocardia brasiliiana</i> (M)	-	2 ( $\pm$ 3)	19 ( $\pm$ 11)	20 ( $\pm$ 7)	-	-	-	-
Oligochaeta	2449 ( $\pm$ 904)	170 ( $\pm$ 100)	-	1 ( $\pm$ 1)	293	358	624	1338
Outros	13 ( $\pm$ 6)	9 ( $\pm$ 5)	20 ( $\pm$ 9)	18 ( $\pm$ 5)	7	-	19	48

Quando analisamos o diagrama do nMDS (Figura 4.4), podemos verificar que o mesmo reflete espacialmente o gradiente estuarino amostrado, onde as praias

localizadas próximas a desembocadura da baía (grupo A; praias 2 e 3) foram agrupadas a esquerda desse diagrama, enquanto que as praias mais internas (grupo E; praias 7 e 8), agruparam-se a esquerda (Figura 4.4). A única exceção foi o fato da praia 1 agrupar-se juntamente com a praia 6 (grupo C). Conforme os resultados da análise de SIMPER (Tabela 4.4), a similaridade média do agrupamento formado pelas praias 1 e 6 foi de aproximadamente 43% sendo que as elevadas densidades do isópode *Tholozodium rhombofrontalis* nessas praias (Tabela 4.3) foram responsáveis por 67,5% dessa similaridade (Tabela 4.4). Cabe também lembrar que ambas as praias foram dominadas por crustáceos (Tabela 4.1) dos quais se destacam, além de *T. rhombofrontalis*, os anfípodes talitrídeos *Talorchestia tucurauna* em Brasília e *Platorchestia monodi* em Piaçaguera (Tabela 4.3).

**Tabela 4.4)** Sumário da rotina SIMPER indicando a similaridade média e a contribuição das espécies macroinfaunais para a formação dos agrupamentos das praias estuarinas distribuídas ao longo do eixo leste-oeste da baía.

	Agrupamentos				
	A	B	C	D	E
Praias	2 e 3	4	1 e 6	5	7 e 8
Similaridade	34,7	38,4	42,8	19,8	42,7
Componentes biológicos	<i>S. goodbodyi</i> (80%)	<i>S. chilensis</i> (76,5%)	<i>T. rhombofrontalis</i> (67,5%)	Oligochaeta (47,5%)	Oligochaeta (46%)
	<i>E. armata</i> (10%)	<i>E. armata</i> (11%)	<i>L. acuta</i> (18%)	<i>Saccocirrus</i> sp. (27,5%)	<i>L. acuta</i> (36%)
			<i>E. armata</i> (10%)	<i>E. littoralis</i> (10%)	<i>H. australis</i> (14,5%)

O agrupamento A, formado pelas praias 2 e 3, apresentou uma similaridade média de aproximadamente 35% sendo esse grupo caracterizado por elevadas densidades do poliqueta *Scolecipis goodbodyi* (Tabelas 4.3 e 4.4). Já o agrupamento formado pela praia 3 (grupo B) foi resultante das altas densidades do poliqueta *Scolecipis chilensis* (Tabelas 4.3 e 4.4). No extremo oposto, temos o agrupamento formado pelas praias mais internas (grupo E; praias 7 e 8), com uma similaridade média em torno de 43%, a qual foi resultante da contribuição de organismos como oligoquetas, do poliqueta *Laeonereis acuta* e do gastrópode *Heleobia australis* (Tabela 4.4), sendo

que esse último ocorreu somente nessas praias (Tabela 4.3).

A praia 5 também formou um agrupamento único e isolado (parte centro-superior do diagrama, Figura 4.4). Esse agrupamento (grupo D) foi o de menor similaridade (i.e., aproximadamente 20%), sendo que oligoquetas, poliquetas do gênero *Saccocirrus* e os isópodes *Eurydice littoralis* foram os organismos que mais contribuíram para a formação desse grupo (Tabela 4.4). A presença exclusiva de organismos como o isópode *Excirrolana braziliensis* e o anfípode *Atylos minokoi* (Tabela 4.3), embora não tenha sido evidenciado pelos resultados da rotina SIMPER, deve também ter contribuído para a formação desse agrupamento. Relembrando também que nessa praia foram registrados os maiores valores de riqueza, diversidade e equitabilidade da macrofauna ao longo desse gradiente (Figura 4.3).

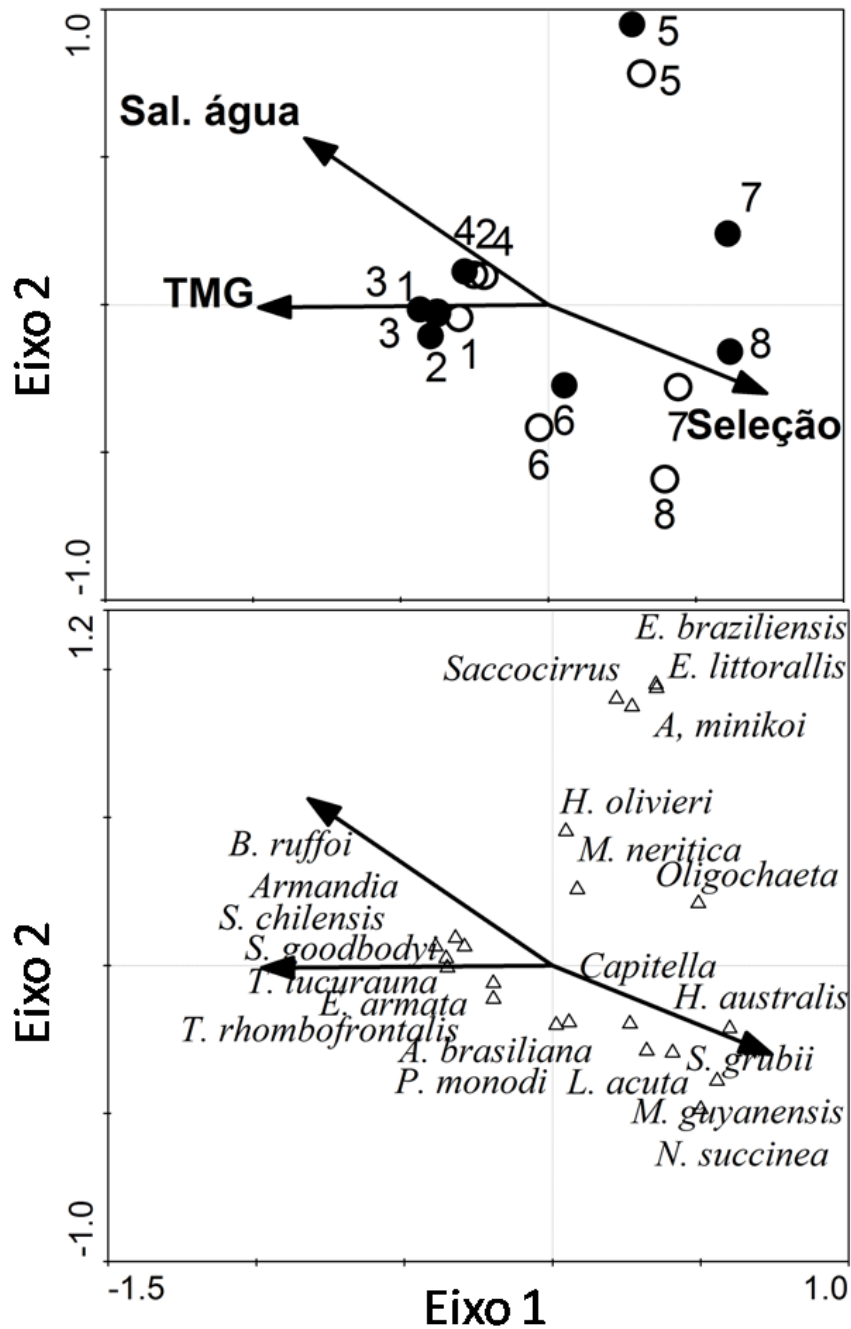
As variáveis que apresentaram significância na explicação da variância total dos dados da macrofauna, e que dessa forma foram incluídas na ACC, foram tamanho médio do grão (TMG= 25,8%), salinidade da coluna d'água (15,6%) e grau de seleção do sedimento (13,3%). Na ACC, o primeiro eixo (autovalor = 0,696) explicou sozinho cerca de 50% da variância total explicada pelo modelo, demonstrando uma forte correlação (0,958) entre as variáveis abióticas e a estrutura da macrofauna nas praias estuarinas estudadas (Tabela 4.5). A partir dos diagramas de ACC (Figura 4.5), podemos observar que o tamanho do sedimento e a salinidade da água foram negativamente correlacionados com o primeiro eixo canônico (lado esquerdo) enquanto que o grau de seleção correlacionou-se positivamente com esse eixo (lado direito). Conseqüentemente, podemos observar que as praias com maiores valores de salinidade e compostas por areias finas e bem selecionadas (1, 2, 3 e 4) agruparam-se a esquerda desse eixo enquanto que numa situação oposta, as praias 7 e 8 distribuíram-se a direita

do primeiro eixo canônico (Figura 4.5a). Esse padrão apresentado refletindo, de certa forma, o posicionamento das praias ao longo do gradiente estuarino estudado.

**Tabela 4.5)** Sumário da ACC avaliando as correlações entre os dados abióticos e a estrutura da comunidade da macroinfauna das praias estuarinas distribuídas ao longo do eixo leste-oeste da baía coletados durante o ano de 2004.

Eixos	1	2
Autovalores:	0,696	0,419
Correlação Biológicos-Abióticos:	0,958	0,934
Porcentagem cumulativa da variância		
dos dados biológicos:	26,4	42,3
da relação biológicos-abióticos:	48,2	77,2

Com relação aos organismos macrofaunais, verificamos que as espécies *Scolecopsis goodbodyi*, *S. chilensis*, *Bathyporeiapus ruffoi*, *Talorchestia tucurauna* e *Armandia* sp. foram correlacionadas com sedimentos finos e bem selecionados e salinidades altas (a esquerda do 1 eixo) estando associados às praias com tais características (Figura 4.5b). Já espécies como os poliquetas *Neantes succinea*, *Sigambra grubii* e *Laeonereis acuta* e os moluscos *Mytella guyanensis* e *Heleobia australis* estiveram associado às praias 7 e 8 (Figura 4.5b), as quais são caracterizadas pelos baixos valores de salinidade e compostas por areias grosseiras e mal selecionadas. Quanto a praia 5 se correlacionou positivamente como segundo eixo (parte superior do diagrama, Figura 4.4a). Como discutido anteriormente, essa “dispersão” apresentada pela praia 5 foi especificamente resultante da presença de espécies com ocorrência exclusiva nessa praia, tais como *Saccocirrus* sp., *E. braziliensis*, *E. littoralis* e *A. minokoi* (Figura 4.5b).

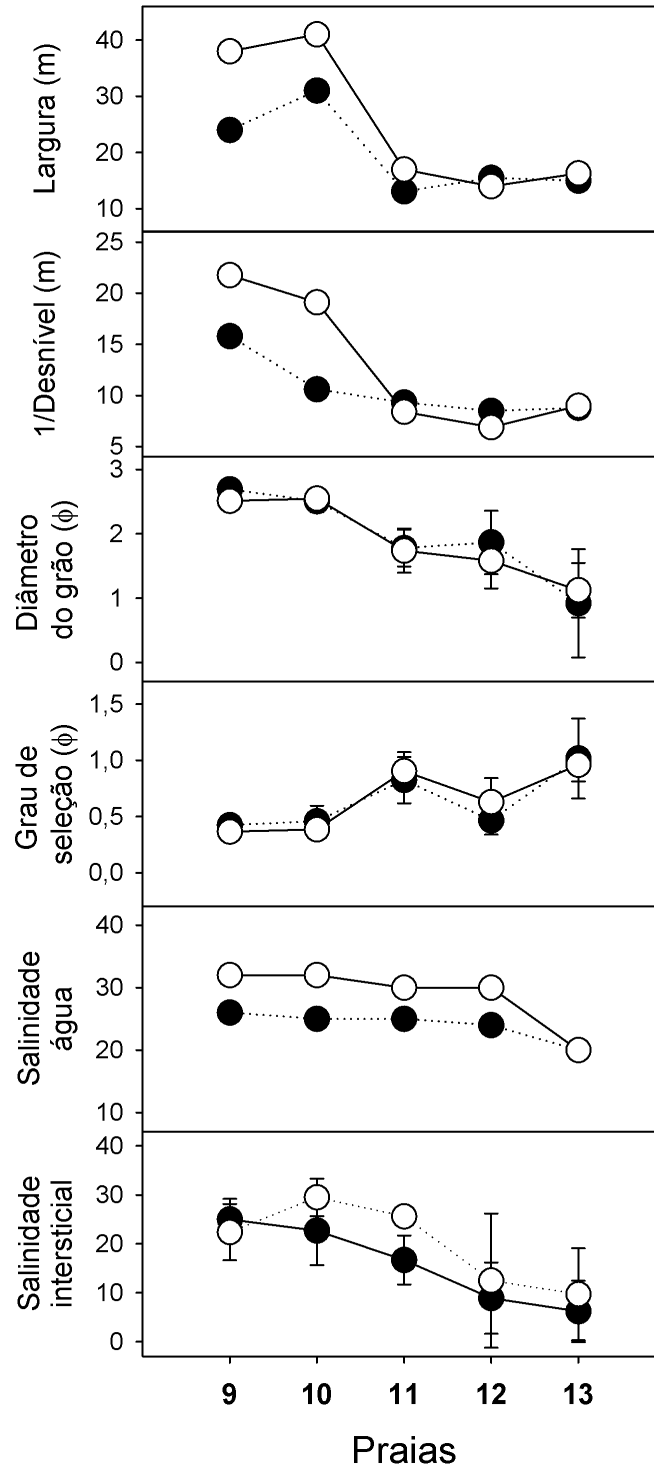


**Figura 4.5)** Diagramas da ACC mostrando as relações das variáveis abióticas (setas) com: (a) as praias estuarinas do eixo leste-oeste da baía e (b) as espécies macroinfaunais. (TMG: tamanho médio do grão do sedimento, (○): verão, (●): inverno, (△): espécies macroinfaunais)

#### *O gradiente da Ilha das Peças- Laranjeiras*

As praias localizadas ao longo da Baía das Laranjeiras possuíam faces praias com larguras variando entre 13 (praia 11, verão) e 41 metros (praia 10, inverno) e,

declividades entre 1/6,9 (praia 12, inverno) e 1/21,7 metros (praia 10, inverno) com uma tendência de redução na largura e aumento na declividade da face praial a medida que entramos a baía (Figura 4.6).



**Figura 4.6)** Valores médios ( $\pm 1$  desvio padrão) ou absolutos das variáveis abióticas medidas em cada uma das praias estuarinas distribuídas ao longo do eixo sul-norte da baía durante o verão (○) e o inverno (●) de 2005.

A composição do sedimento das faces praias variou entre areias finas muito bem selecionadas e areias grossas pobremente selecionadas, sendo que essas tendências no aumento do tamanho e a diminuição no grau de seleção do grão ocorreram em direção ao interior da baía (Figura 4.6). Os valores de salinidade na coluna d'água variaram entre 32 (praias 9 e 10, inverno) e 20 (praia 13, ambos os períodos), enquanto que os valores médios da salinidade do lençol freático variaram entre 29,5 (praia 10, inverno) e 6,2 (praia 13, verão) (Figura 4.6).

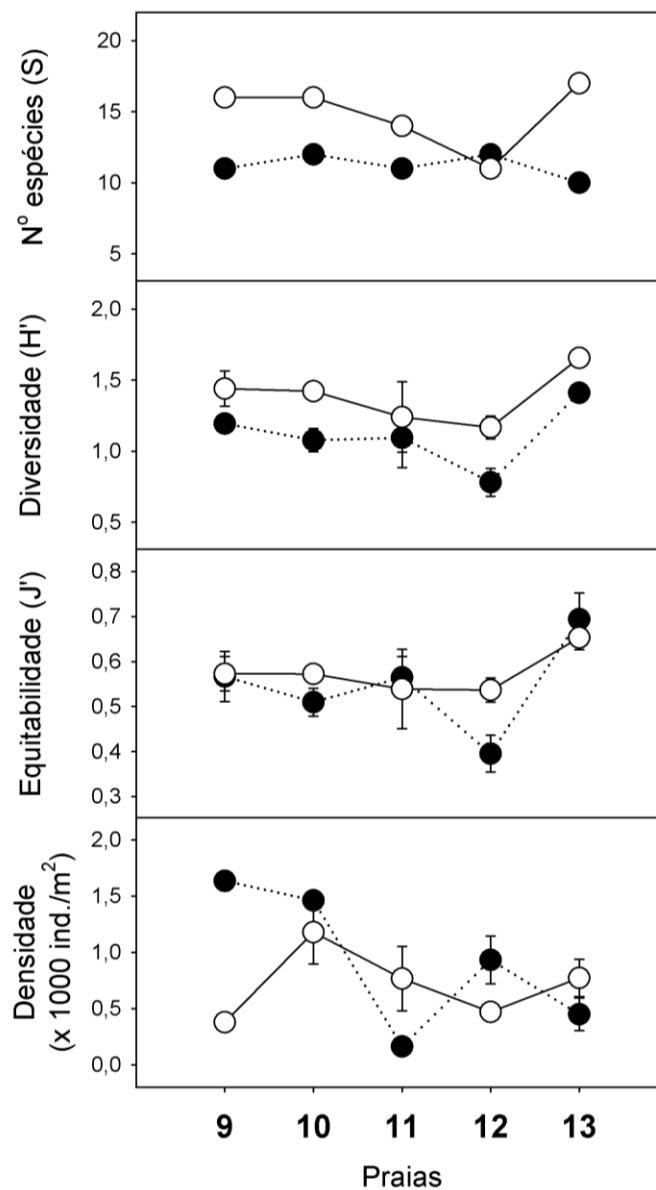
Nas praias distribuídas ao longo do eixo sul-norte da baía foi coletado um total de 12.319 indivíduos pertencentes a 6 grupos taxonômicos. Polychaeta e Crustacea foram os grupos taxonômicos dominantes (Tabela 4.6), sendo que os crustáceos dominaram na praia 10 em ambos os períodos e, na praia 9, somente durante o inverno (Tabela 4.6). Mollusca e Oligochaeta foram expressivos somente na praia 13, sendo o primeiro durante o verão e o segundo, no inverno (Tabela 4.6). Outros grupos taxonômicos pouco abundantes que também ocorreram foram Insecta e Nemertea.

**Tabela 4.6)** Abundância relativa dos principais grupos taxonômicos presentes nas praias estuarinas distribuídas ao longo do norte-sul da baía durante o verão (VER) e o inverno (INV) de 2005.

Praia (período)	Grupos taxonômicos					
	Crustacea	Polychaeta	Oligochaeta	Mollusca	outros	
9	(Ver)	47,7	52,3	0,0	0,0	52,3
	(Inv)	85,4	14,4	0,0	0,2	14,6
10	(Ver)	36,0	63,9	0,0	0,1	64,0
	(Inv)	35,6	64,4	0,0	0,0	64,4
11	(Ver)	94,3	1,2	2,8	0,4	4,5
	(Inv)	93,0	6,3	0,5	0,0	6,8
12	(Ver)	34,4	63,9	0,1	1,4	65,5
	(Inv)	29,9	63,9	3,7	0,3	67,8
13	(Ver)	25,6	45,0	4,9	24,3	74,2
	(Inv)	31,1	46,2	21,5	0,3	67,9

O número total de espécies da macroinfauna variou entre 10 (praia 13, inverno) a 17 espécies (praia 13, verão), sendo que os maiores valores foram sempre registrados

durante o verão, exceto na praia 12, na qual foi registrada pouca diferença entre os períodos amostrados (Figura 4.7). Os valores de diversidade variaram entre 0,78 (praia 12, verão) e 1,65 (praia 13, inverno) com os maiores valores sendo registrados no verão (Figura 4.7). Quanto ao índice de equitabilidade, os maiores valores foram registrados na praia 13(verão= 0,69 e inverno= 0,65), enquanto que o menor valor ( $J' = 0,39$ ) fora registrado na praia 12 durante o verão. Nas demais praias os valores de equitabilidade variaram entre 0,51 e 0,57 sem um padrão sazonal definido (Figura 4.7).



**Figura 4.7)** Valores médios ( $\pm 1$  desvio padrão) ou absolutos das variáveis abióticas medidas em cada uma das praias estuarinas distribuídas ao longo do eixo sul-norte da baía durante o verão (○) e o inverno (●) de 2005.



As densidades da macrofauna apresentaram distintos valores entre as duas situações amostradas, sendo que a diferença mais marcante foi registrada na praia 9, onde a densidade média da macrofauna variou de  $1635 \pm 87$  ind./m<sup>2</sup> no verão para  $379 \pm 78$  ind./m<sup>2</sup> durante o inverno (Figura 4.7). O menor valor de densidade (i.e.,  $164 \pm 59$  ind./m<sup>2</sup>) foi registrado na praia 11 durante o verão. Exceto pelos baixos valores registrados nas praias 9 (inverno) e 11 (verão), observa-se uma tendência de redução nas densidades da macrofauna em direção as praias mais internas (Figura 4.7).

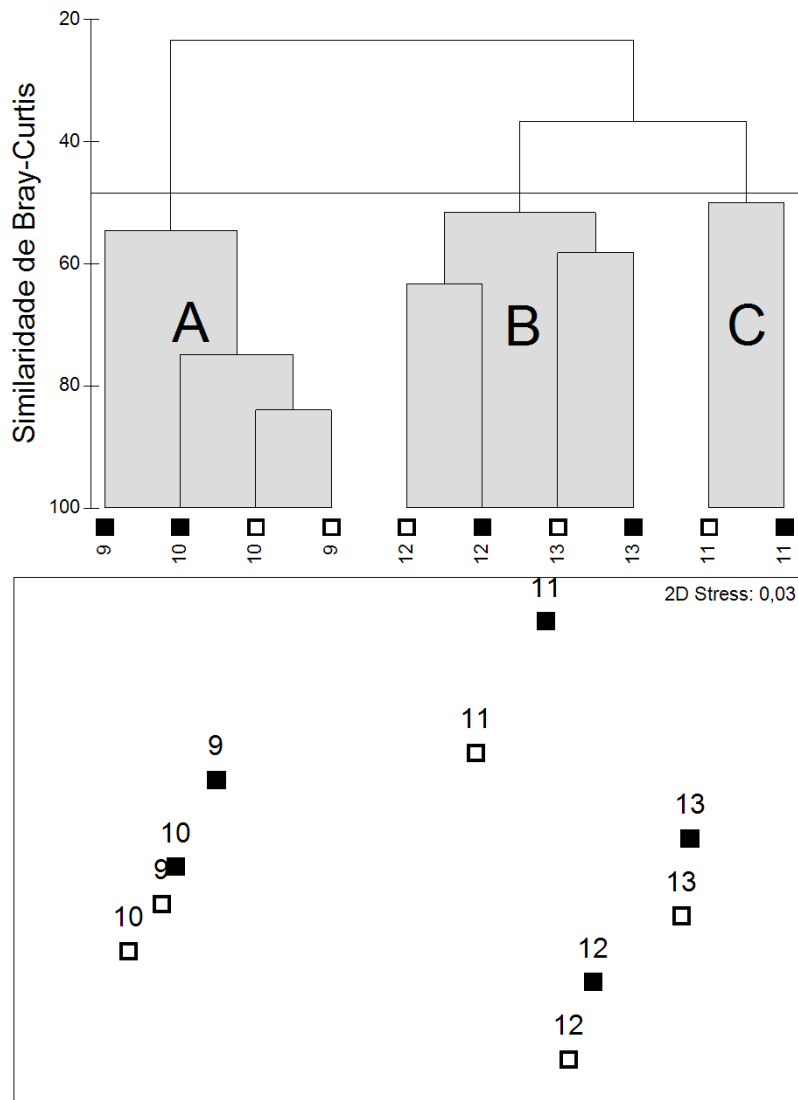
Novamente as correlações entre os descritores biológicos e as variáveis abióticas foram não significativas (Tabela 4.7). Na análise de agrupamento verificou-se a presença de três grupos com 50% de similaridade (Figura 4.8). Novamente, diferenças sazonais não influenciaram a formação dos agrupamentos das praias, e a disposição dos grupos formados no diagrama do nMDS (Figura 4.8), reflete o posicionamento das praias ao longo do gradiente amostrado. As praias localizadas na desembocadura da baía (praias 9 e 10) agruparam-se a esquerda (grupo A) enquanto que as praias mais internas (praias 12 e 13) ficaram a direita (grupo C) do diagrama do nMDS (Figura 4.8).

**Tabela 4.7)** Valores do coeficiente de correlação de Spearman (R) entre os descritores da macroinfauna e as variáveis abióticas das praias distribuídas ao longo do eixo norte-sul da baía. (ns = não significativo)

	Morfologia praial		Sedimento		Salinidade	
	Largura	Declividade	Tamanho médio	Seleção	Coluna d'água	Intersticial
S	0,62 <sup>ns</sup>	0,33 <sup>ns</sup>	0,20 <sup>ns</sup>	-0,29 <sup>ns</sup>	0,29 <sup>ns</sup>	0,35 <sup>ns</sup>
H'	0,38 <sup>ns</sup>	0,35 <sup>ns</sup>	-0,13 <sup>ns</sup>	0,04 <sup>ns</sup>	0,18 <sup>ns</sup>	0,12 <sup>ns</sup>
J'	0,14 <sup>ns</sup>	0,38 <sup>ns</sup>	-0,21 <sup>ns</sup>	0,20 <sup>ns</sup>	-0,10 <sup>ns</sup>	-0,13 <sup>ns</sup>
Densidade	0,53 <sup>ns</sup>	0,19 <sup>ns</sup>	0,52 <sup>ns</sup>	-0,35 <sup>ns</sup>	-0,01 <sup>ns</sup>	0,41 <sup>ns</sup>

O agrupamento A apresentou uma similaridade média de 56% e, as elevadas

densidades e ocorrência quase que exclusiva do poliqueta *S. goodbodyi* e do isópode *T. rhombofrontalis* nas praias que compõem esse grupo (Tabela 4.8), contribuíram com mais de 75% para a sua formação (Tabela 4.9). No outro extremo o grupo C, formado pelas praias 12 e 13, tiveram uma similaridade média de 48%, sendo que o poliqueta *L. acuta* foi o organismos com maior contribuição (72,5%) para a formação desse grupo (Tabela 4.9). A praia 11 formou um agrupamento único (grupo B) com uma similaridade média de 29,5%. Os organismos com uma maior contribuição para a formação desse grupo foram o anfípode *P. monodi* e o isópode *E. armata* (Tabela 4.9), embora esse último tenha atingido densidades mais elevadas em outras praias (Tabela 4.8). Por outro lado, o isópode *E. braziliensis* ocorreu exclusivamente nessa praia (Tabela 4.8).



**Figura 4.8)** Diagramas da análise de agrupamento e de ordenação dos dados de densidade da macroinfauna, transformados pela raiz quadrada, nas praias estuarinas distribuídas ao longo do eixo norte-sul da baía durante o verão (□) e o inverno (■) de 2005.

No gradiente da Baía de Laranjeiras, as únicas variáveis abióticas que contribuíram significativamente para o modelo da ACC foram o tamanho médio do grão e a salinidade do lençol freático, contribuindo respectivamente com 48 e 22% para a explicação da variância total apresentada pela macrofauna. Na ACC, o primeiro eixo (autovalor = 0,611) explicou sozinho 70% da variância total explicada pelo modelo, demonstrando uma forte correlação (0,975) entre as variáveis abióticas e a estrutura da macrofauna nas praias estuarinas estudadas (Tabela 4.10).

**Tabela 4.8)** Densidade média ( $\pm$  desvio padrão) dos organismos macroinfaunais nas praias estuarinas distribuídas ao longo do eixo norte-sul da baía durante o verão e o inverno de 2005.

Espécies	9		10		11		12		13	
	Verão	Inverno	Verão	Inverno	Verão	Inverno	Verão	Inverno	Verão	Inverno
<i>Platorchestia monodi</i> (C)	50 ( $\pm$ 26)	45 ( $\pm$ 56)	4 ( $\pm$ 3)	51 ( $\pm$ 40)	74 ( $\pm$ 57)	463 ( $\pm$ 271)	5 ( $\pm$ 1)	9 ( $\pm$ 14)	90 ( $\pm$ 62)	191 ( $\pm$ 81)
<i>Talorchestia tucuaruna</i> (C)	1 ( $\pm$ 1)	1 ( $\pm$ 2)	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Excirolana armata</i> (C)	165 ( $\pm$ 44)	45 ( $\pm$ 12)	156 ( $\pm$ 22)	195 ( $\pm$ 44)	72 ( $\pm$ 11)	54 ( $\pm$ 7)	317 ( $\pm$ 49)	114 ( $\pm$ 24)	25 ( $\pm$ 16)	44 ( $\pm$ 30)
<i>Excirolana braziliensis</i> (C)	-	-	-	-	1 ( $\pm$ 1)	23 ( $\pm$ 5)	-	-	-	-
<i>Tholozodium rhombifrontalis</i> (C)	534 ( $\pm$ 77)	214 ( $\pm$ 18)	359 ( $\pm$ 22)	129 ( $\pm$ 27)	7 ( $\pm$ 5)	-	-	-	-	-
<i>Eurydice littoralis</i> (C)	-	3 ( $\pm$ 3)	-	1 ( $\pm$ 2)	1 ( $\pm$ 1)	171 ( $\pm$ 62)	-	-	-	-
<i>Metamysidopsis neritica</i> (C)	24 ( $\pm$ 2)	9 ( $\pm$ 5)	-	9 ( $\pm$ 2)	-	-	-	17 ( $\pm$ 9)	-	-
<i>Bathyporeia ruffoi</i> (C)	5 ( $\pm$ 6)	4 ( $\pm$ 2)	7 ( $\pm$ 6)	29 ( $\pm$ 7)	-	-	-	-	-	-
<i>Scolecopsis goodbodyi</i> (P)	830 ( $\pm$ 20)	28 ( $\pm$ 3)	876 ( $\pm$ 62)	629 ( $\pm$ 213)	-	-	1 ( $\pm$ 1)	-	-	-
<i>Scolecopsis chilensis</i> (P)	25 ( $\pm$ 5)	-	53 ( $\pm$ 36)	106 ( $\pm$ 90)	-	1 ( $\pm$ 2)	1 ( $\pm$ 2)	-	-	-
<i>Laeonereis acuta</i> (P)	-	-	2 ( $\pm$ 2)	1 ( $\pm$ 1)	1 ( $\pm$ 1)	2 ( $\pm$ 2)	593 ( $\pm$ 246)	286 ( $\pm$ 29)	181 ( $\pm$ 152)	268 ( $\pm$ 64)
<i>Armandia</i> sp. (P)	-	6 ( $\pm$ 0)	2 ( $\pm$ 2)	-	-	-	-	-	-	-
<i>Capitela</i> sp. (P)	-	-	-	-	1 ( $\pm$ 1)	27 ( $\pm$ 19)	1 ( $\pm$ 1)	3 ( $\pm$ 2)	4 ( $\pm$ 7)	26 ( $\pm$ 7)
<i>Sigambra grubii</i> (P)	-	1 ( $\pm$ 1)	-	-	-	-	1 ( $\pm$ 1)	2 ( $\pm$ 2)	-	29 ( $\pm$ 10)
<i>Hemipodus olivieri</i> (P)	1 ( $\pm$ 1)	4 ( $\pm$ 5)	1 ( $\pm$ 1)	5 ( $\pm$ 3)	-	16 ( $\pm$ 4)	-	-	-	1 ( $\pm$ 1)
<i>Neantes succinea</i> (P)	-	-	-	-	1 ( $\pm$ 1)	1 ( $\pm$ 1)	1 ( $\pm$ 1)	-	18 ( $\pm$ 14)	10 ( $\pm$ 3)
<i>Mytella guyanensis</i> (M)	-	-	-	-	1 ( $\pm$ 1)	-	7 ( $\pm$ 1)	-	108 ( $\pm$ 31)	-
<i>Anomolocardia brasiliiana</i> (M)	-	-	-	-	-	-	6 ( $\pm$ 2)	1 ( $\pm$ 2)	1 ( $\pm$ 1)	-
Oligochaeta	-	-	-	-	5 ( $\pm$ 3)	4 ( $\pm$ 2)	1 ( $\pm$ 2)	17 ( $\pm$ 16)	22 ( $\pm$ 5)	166 ( $\pm$ 119)
Outros	1 ( $\pm$ 2)	19 ( $\pm$ 13)	3 ( $\pm$ 3)	23 ( $\pm$ 27)	2 ( $\pm$ 2)	5 ( $\pm$ 3)	1 ( $\pm$ 1)	21 ( $\pm$ 12)	1 ( $\pm$ 1)	38 ( $\pm$ 6)

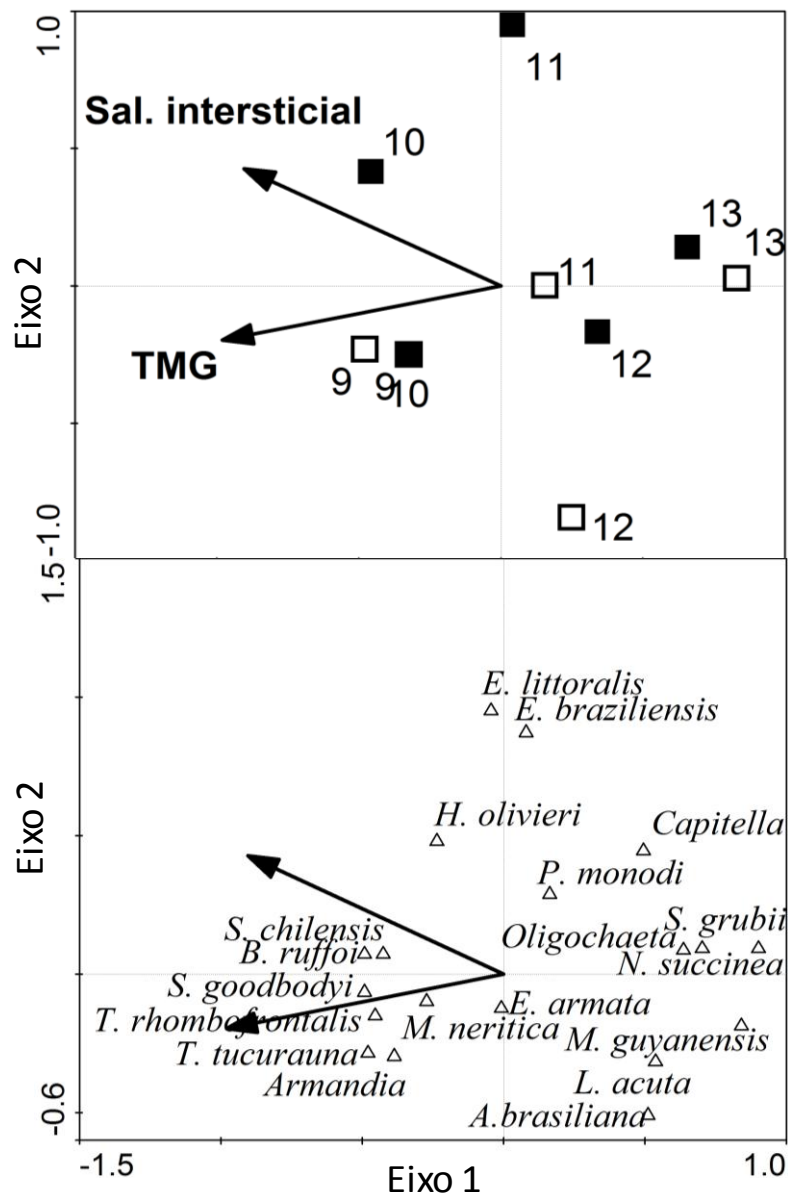
**Tabela 4.9)** Sumário da rotina SIMPER indicando a similaridade média e a contribuição das espécies macroinfaunais para a formação dos agrupamentos das praias estuarinas distribuídas ao longo do eixo sul-norte da baía.

	Agrupamentos		
	A	B	C
Praias	<b>9 e 10</b>	<b>11</b>	<b>12 e 13</b>
Similaridade	56	29,5	48
Componentes biológicos	<i>S. goodbodyi</i>	<i>P. monodi</i>	<i>L. acuta</i>
	(46%)	(54%)	(72,5%)
	<i>T. rhombofrontalis</i>	<i>E. armata</i>	<i>E. armata</i>
	(30,5%)	(39%)	(14%)
	<i>E. armata</i>	<i>P. monodi</i>	
	(14,5%)	(7%)	

A partir dos diagramas de ACC (Figura 4.9a), podemos observar que ambas variáveis foram negativamente correlacionadas com o primeiro eixo canônico (lado esquerdo). Conseqüentemente, as praias que apresentaram maiores valores de salinidade do lençol freático e foram compostas por areias finas (praias 9 e 10) agruparam-se a esquerda do primeiro eixo canônico enquanto que as praias mais internas (praias 12 e 13) foram negativamente correlacionadas com essas variáveis, agrupando-se a direita desse eixo (Figura 4.9a). Novamente, organismos como os poliquetas *S. goodbodyi*, *S. chilensis* e *Armandia* sp., os anfípodes *B. ruffoi* e *T. tucurauna* e o isópode *T. rhombofrontalis* foram correlacionados com as praias de areias finas e altas salinidades (lado esquerdo do diagrama) enquanto os poliquetas *N. succinea*, *L. acuta* e *S. grubii*, oligoquetas e os moluscos *M. guyanensis* e *A. brasiliiana* foram correlacionados as praias com sedimentos mais grosseiros e com baixos valores de salinidade, sendo plotados a direita do primeiro eixo canônico (Figura 4.9b). O ponto referente aos dados de inverno da praia 11 ficou posicionado na parte superior do diagrama (Figura 4.9b) estando relacionadas às elevadas densidades dos isópodes *E. littoralis* e *E. braziliensis* nessa praia durante esse período (Tabela 4.8).

**Tabela 4.10)** Sumário da ACC avaliando as correlações entre os dados abióticos e a estrutura da comunidade da macroinfauna das praias estuarinas distribuídas ao longo do eixo sul-norte da baía coletados durante o ano de 2005.

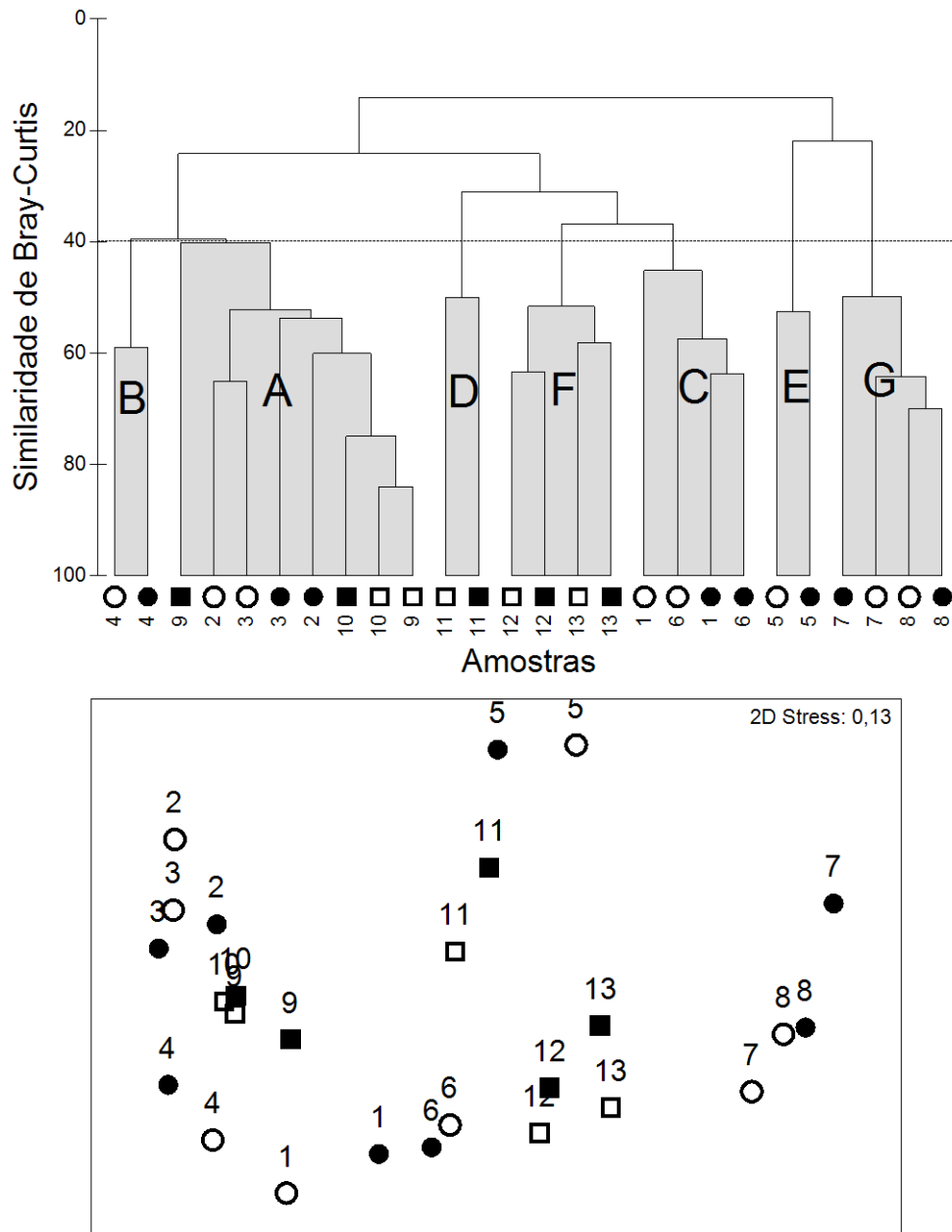
Eixos	1	2
Autovalores:	0,611	0,262
Correlação Biológicos-Abióticos:	0,975	0,878
Porcentagem cumulativa da variância dos dados biológicos:	40,8	58,2
da relação biológicos-abióticos:	70	100



**Figura 4.9)** Diagramas da ACC mostrando as relações das variáveis abióticas (setas) com: (a) as praias estuarinas do eixo leste-oeste da baía e (b) as espécies macroinfaunais. (TMG: tamanho médio do grão do sedimento, (□): verão, (■): inverno, (△): espécies macroinfaunais)

### Comparando os dois gradientes

Quando analisamos os dados dos dois gradientes em conjunto, verificamos a formação de 7 agrupamentos com nível de similaridade de 40% (Figura 4.9), sendo que novamente a configuração apresentada pelo nMDS tende a refletir o posicionamento espacial das praias ao longo dos eixos estudados (Figura 4.10).



**Figura 4.10)** Diagramas da análise de agrupamento e de ordenação dos dados de densidade da macroinfauna, transformados pela raiz quadrada, nas praias estuarinas distribuídas ao longo dos dois eixos da baía. (eixo leste-oeste: verão (○) e inverno (●) de 2004, eixo norte-sul: verão (□) e inverno (■) de 2005).

As praias localizadas em ambos os lados da desembocadura (2 e 3 na margem sul e, 9 e 10 na margem norte) agruparam-se formando um único grupo (grupo A) a esquerda do diagrama (Figura 4.10). Esse grupo teve uma similaridade média em torno de 40% sendo caracterizado principalmente por elevadas densidades de *S. goodbodyi* (Tabelas 4.11). Por outro lado, as praias mais internas tenderam a agruparem-se no lado direito do diagrama, tendo como o máximo oposto o grupo G, formando pelas praias 7 e 8 (gradiente de Paranaguá-Antonina). Oligoqueta e o poliqueta *L. acuta* foram os organismos com maior contribuição para a formação desse grupo (grupo G) que apresentou uma similaridade média de 42,7% (Tabela 4.11).

**Tabela 4.11)** Sumário da rotina SIMPER indicando a similaridade média e a contribuição das espécies macroinfaunais para a formação dos agrupamentos das praias estuarinas distribuídas ao longo dos dois eixos da baía.

Praias	Agrupamentos						
	A	B	C	D	E	F	G
Praias	2, 3, 9 e 10	4	1 e 6	5	11	12 e 13	7 e 8
Similaridade	39,7	38,4	42,9	29,5	20	48,3	42,7
	<i>S. goodbodyi</i> (67,5%)	<i>S. chilensis</i> (76,5%)	<i>T.</i> (67,5%)	<i>P. monodi</i> (54%)	Oligochaeta (47,5%)	<i>L. acuta</i> (72,5%)	Oligochaeta (46%)
Componentes biológicos	<i>E. armata</i> (14,5%)	<i>E. armata</i> (11%)	<i>L. acuta</i> (18%)	<i>E. armata</i> (39%)	<i>Saccocirrus</i> sp. (27,5%)	<i>E. armata</i> (14%)	<i>L. acuta</i> (36%)
	<i>T.</i> (9,6%)	<i>T.</i> (8%)	<i>E. armata</i> (10,5%)		<i>E. littoralis</i> (10%)	<i>P. monodi</i> (7%)	<i>H. australis</i> (14,5%)

Já as praias 12 e 13 (as mais internas do eixo das Laranjeiras) agruparam-se numa posição intermediária (grupo F) entre o grupo formado pelas praias 1 e 6 (grupo C) e o grupo G (Figura 4.10). Esse agrupamento (grupo F) apresentou uma similaridade média de 48,3% e, embora o poliqueta *L. acuta* tenha grande contribuição para a formação desse grupo (similar ao grupo G), elevadas densidades de crustáceos (Tabela 4.8) especialmente *E. armata* e *P. monodi*, presentes nessas praias (similar ao grupo C) também contribuíram para a formação desse agrupamento (Tabela 4.11). Novamente as praias 5 e 11 formaram grupos isolados (Figura 4.10) com similaridades médias de 20 (grupos E) e 29,5% (grupo D), respectivamente (Tabela 4.11), resultantes da ocorrência de organismos exclusivos nessas praias.

Das seis variáveis abióticas testadas, somente a largura e a declividade da praia



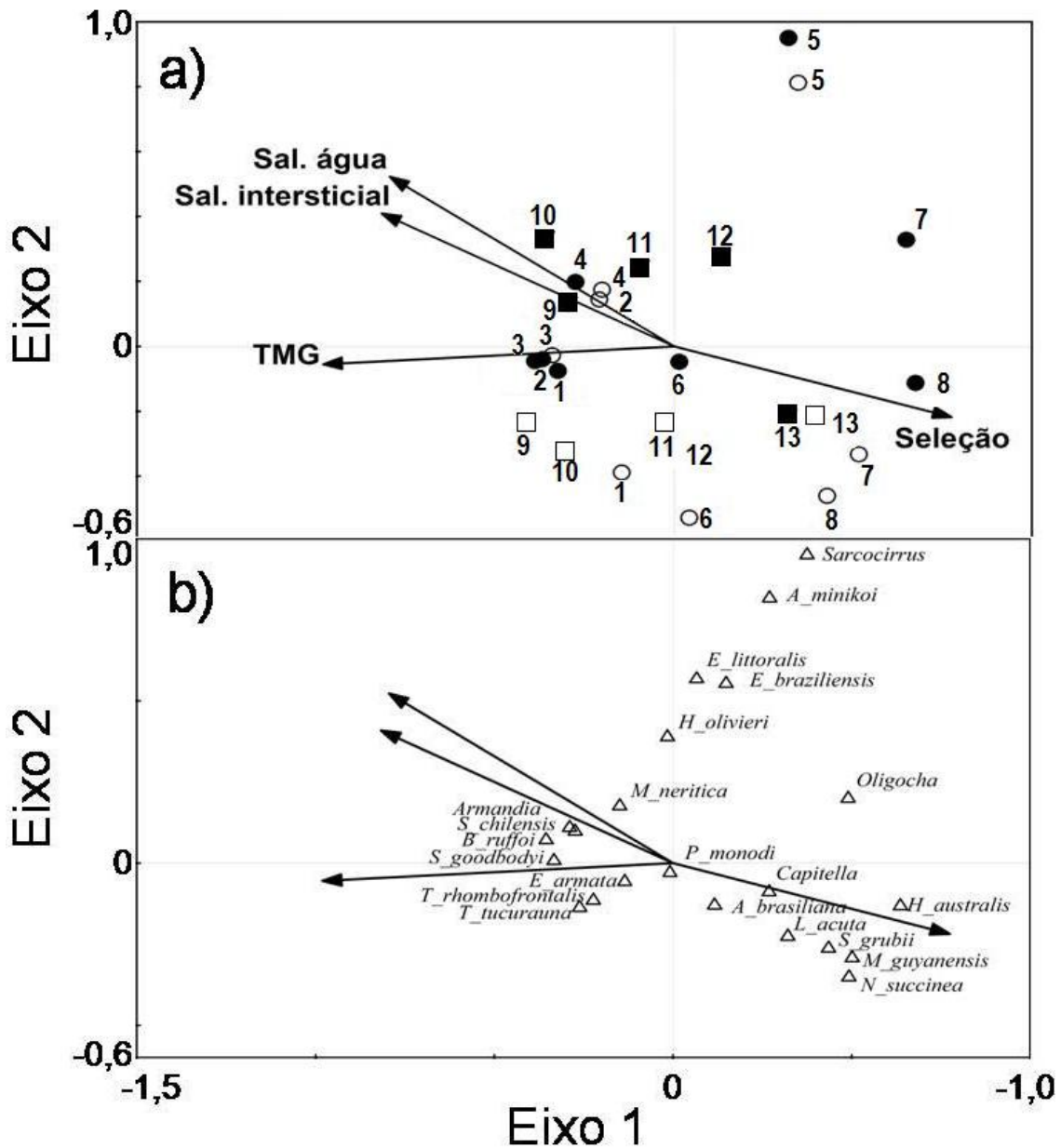
não contribuíram de forma significativa para a explicação da variância apresentada pelos dados da macrofauna ao longo dos dois eixos da baía. Segundo os resultados da ACC (Tabela 4.12), os dois primeiros eixos explicam acima de 78% da variância total explicada pelo modelo, demonstrando uma forte correlação ( $> 0,860$ ) entre as variáveis abióticas e a estrutura da macrofauna nas praias estuarinas estudadas (Tabela 4.12).

**Tabela 4.12)** Sumário da ACC avaliando as correlações entre os dados abióticos e a estrutura da comunidade da macroinfauna das praias estuarinas distribuídas ao longo dos dois eixos da baía.

Eixos	1	2
Autovalores:	0,658	0,312
Correlação Biológicos-Abióticos:	0,962	0,862
Porcentagem cumulativa da variância		
dos dados biológicos:	24,7	36,4
da relação biológicos-abióticos:	53,4	78,7

Novamente os gradientes espaciais apresentados pela salinidade, tanto da coluna d'água quanto intersticial, e pela granulometria do sedimento das praias estuarinas foram representados pelos diagramas da ACC (Figura 4.11). As praias localizadas próximas a desembocadura, as quais apresentaram maiores valores de salinidade e foram compostas por sedimentos finos e bem selecionados agruparam-se a esquerda do primeiro eixo canônico (Figura 4.11a), tendo *B. ruffoi*, *S. goodbodyi*, *S. chilensis*, *Armandia* sp., *T. tucurauna*, *T. rhombofrontalis* e *E. armata* como organismos associados a esse tipo de praia (Figura 4.11b). Por outro lado as praias mais internas, onde o sedimento foi composto por areias grossas e com baixo grau de seleção e que apresentaram os menores valores de salinidade, agruparam-se a direita do primeiro eixo (Figura 4.11a). Associados a esse tipo de praia estão os organismos como os poliquetas *N. succinea*, *S. grubii* e *L. acuta* e os moluscos *M. guyanensis* e *H. australis* (Figura 4.11b). A presença exclusiva de *Saccocirrus* sp. e *A. minikoi* na praia 5 foi responsável

pela correlação positiva desse grupo com o segundo eixo canônico, fazendo com que esse agrupe-se na parte superior do diagrama (Figura 4.11).



**Figura 4.11)** Diagramas da ACC mostrando as relações das variáveis abióticas (setas) com: (a) as praias estuarinas dos dois eixos da baía e (b) as espécies macroinfaunais. (TMG: tamanho médio do grão do sedimento, eixo leste-oeste: verão (○) e inverno (●) de 2004, eixo sul-norte: verão (□) e inverno (■) de 2005, (Δ): espécies macroinfaunais)

## DISCUSSÃO

O número total de espécies registrado nas praias estuarinas da Baía de Paranaguá (6 a 24 spp.) foi muito similar aos registrados para as praias oceânicas locais (i.e., 12-21 spp. [Souza & Gianuca 1995] ou 7-21 spp. [Borzzone *et al.* 1996]). Estes resultados contrastam com o conceito que o número de espécies e a densidade da macrofauna tendem a aumentar de forma significativa de uma praia exposta (ou de maior energia) para praias protegidas (McLachlan 1980; Dexter 1983, Amaral *et al.* 1995, Denadai & Amaral 1999, Amaral *et al.* 2003, Omena & Amaral 2003, Denadai *et al.* 2005). Quando comparamos os valores de densidades da macrofauna nas praias estuarinas (164 a 8.131 ind./m<sup>2</sup>) com os registrados nas praias oceânicas ( $\bar{x} = 22.845$  ind./m<sup>2</sup> [Souza & Gianuca 1995], 90 a 2.260 ind./m<sup>2</sup> [Borzzone *et al.* 1996]) também não observamos nenhuma tendência.

Mudanças nas contribuições dos principais grupos taxonômicos também são esperadas ao longo do gradiente de exposição. Geralmente crustáceos são os organismos dominantes em praias expostas enquanto que poliquetas dominam as praias protegidas (Dexter 1983, Amaral *et al.* 2003). Embora os poliquetas tenham sido o grupo taxonômico dominante na maioria das praias estuarinas da baía de Paranaguá, três delas (praias 3, 6 e 11) foram dominadas por crustáceos, enquanto oligoquetas foram numericamente dominantes em outras três situações, indicando assim que tais generalizações podem ser equivocadas quando aplicadas ao sistema estuarino como um todo.

O fator determinante destes padrões contrastantes parece ser a sobreposição de gradientes nos valores médios de salinidade e de granulometria bem como do grau de exposição de ondas às praias dentro do estuário. Uma das principais alterações abióticas

observada entre as praias estuarinas da Baía de Paranaguá diz respeito a redução da salinidade, onde os valores na coluna d'água variaram de 30 a 15 (eixo leste-oeste) e de 32 a 20 (eixo norte-sul). A salinidade tem sido apontada como um dos principais fatores governando os padrões de diversidade dentro de estuários (Remane 1934, Attrill 2002). A partir do modelo proposto por Remane (1934) observa-se que o número de espécies diminui progressivamente do ambiente marinho para locais de baixa salinidade, atingindo o valor mínimo em áreas com salinidades em torno de 7, tornando a aumentar novamente em direção aos ambientes de água doce. Dado que a salinidade em um ponto qualquer do estuário está sujeita a grandes variações tanto ao longo de um ciclo de maré quanto entre períodos sazonais (McLusky 1971), torna-se difícil e inapropriado a adoção de um valor fixo de salinidade que possa ser utilizado em comparações com o modelo de Remane (Attrill 2002). Conseqüentemente, um novo modelo onde a variação na diversidade (i.e., número de espécies) é relacionada à amplitude da salinidade de um determinado ponto no estuário tem sido proposto (Attrill 2002). Baseado nesse modelo, baixos valores de diversidade da macrofauna tendem a ocorrer em áreas sujeitas a uma maior amplitude salina.

O número de espécies da macrofauna nas praias estuarinas da Baía de Paranaguá não apresentou nenhuma correlação significativa com os valores de salinidade registrados tanto da coluna d'água quanto intersticial (Tabelas 2.2 e 2.7). Embora dados sobre a amplitude da salinidade que cada uma das praias não esteja disponível no momento, a variação no número de espécies apresentada entre as praias foi muito pequena (Figs. 2.2 e 2.6), e provavelmente reflete a baixa variabilidade salina dentro de cada setor uma vez que a baía apresenta gradientes de salinidade bem marcados e estáveis. No entanto essa relação entre a diversidade da macrofauna e as amplitudes de salinidades dentro de cada setor, conforme modelo proposto por Attrill (2002) deverá

ser analisada.

À medida que adentramos o estuário não só a salinidade diminuiu como também as características granulométricas dos sedimentos das praias mudaram, tornando-os mais grosseiros e menos selecionados. Geralmente, a composição do sedimento está diretamente relacionada ao fluxo hídrico (i.e., ação de correntes ou de ondas), sendo que para ambientes praias, sedimentos grosseiros refletem a alta energia de ondas quebrando na face praial (i.e., praias reflectivas expostas, *sensu* Dexter 1983, McLachlan 1980). Ao contrário do que ocorre nas praias oceânicas, a composição sedimentar das praias estuarinas reflete muito mais a origem desses depósitos do que propriamente a energia das ondas incidentes (ver Cap. 1).

A influência do sedimento sobre a fauna é uma questão bem documentada, onde a alta permeabilidade dos sedimentos grosseiros facilita a rápida drenagem da água e, os organismos que habitam tais substratos são mais suscetíveis à dessecação durante período de emersão (i.e., períodos de baixamar). Vários estudos têm indicado uma correlação negativa entre o tamanho do sedimento e a diversidade e a abundância da macrofauna de praias arenosas oceânicas (Defeo *et al.* 1992, Jaramillo & McLachlan 1993, Borzone *et al.* 1996, Veloso & Cardoso 2001). Por outro lado, um aumento da diversidade associado com o aumento do diâmetro do sedimento tem sido reportado para praias de baixa energia do Canal de São Sebastião, Estado de São Paulo (Amaral *et al.* 2003). No entanto, o número de espécies macrofaunais também não apresentou nenhuma correlação significativa com a granulometria das praias estuarinas da Baía de Paranaguá.

O maior número de espécies da macrofauna foi registrado na praia 5, onde a presença exclusiva de alguns organismos nessa praia resultou também numa grande

dissimilaridade desse ambiente com os demais, conforme indicado pelas análises multivariadas. De certa forma, a estrutura e a composição da macrofauna nessa praia refletiu as características peculiares desse ambiente. A praia 5 foi a única praia do setor euhalino (ver Lana *et al.* 2001) que apresentou o sedimento composto por areias de tamanho médios e bem selecionadas. Neste caso, a granulometria refletiu o regime morfodinâmico sob o qual essa praia está sujeita. Seu posicionamento, voltada à desembocadura e a presença do profundo canal de navegação (ver Figura 1.1), permite que ondas oceânicas que penetram na baía, principalmente durante a maré alta e em períodos de ressacas, quebrem diretamente na face dessa praia, estando assim sujeita a eventos de maior energia.

A presença de organismos como o isópode *Excirolana braziliensis* e o poliqueta *Saccocirrus* sp. na praia 5 corroboram com a hipótese dessa praia sofrer a influência de condições morfodinâmicas mais fortes. Nas praias exposta do litoral paranaense, a ocorrência de *E. braziliensis* está associada a presença de locais com sedimentos grosseiros e com baixo teor de umidade (Alves *et al.* 1998), situação comumente encontrada em ambientes sujeitos a uma alta energia como no caso das praias refletivas (*sensu* Wright & Short 1984). Da mesma forma, o poliqueta *Saccocirrus* sp. é um organismo intersticial muito comum no intermareal de praias oceânicas refletivas, onde sedimentos grosseiros e o elevado fluxo hidráulico providenciam condições ideais para sua ocorrência (Domenico *et al.* 2008).

No entanto, eventos de maior morfodinâmica na praia 5 são temporalmente variáveis e dependentes de fenômenos estocásticos tais como os deslocamentos de sistemas frontais. Durante tais situações, a estrutura da macrofauna seria desestabilizada resultando na criação de novos nichos, os quais poderiam ser explorados por outros

organismos. Conseqüentemente, a ocorrência de tais perturbações resultaria num incremento do número local de espécies, corroborando assim com a “Teoria de Perturbação Intermediária” proposta por Connell (1978).

Além das perturbações naturais, esta praia também está sujeita a constantes interferências antrópicas. Nessa mesma ilha, localiza-se a casa de praia do Governo do Estado, e o pessoal do departamento responsável pela segurança e manutenção local, por questões estéticas, constantemente varre a praia recolhendo todo o material que viria compor a linha de detritos. Tais perturbações ocasionadas pela constante e contínua limpeza da praia afeta de forma negativa os organismos que vivem nas zonas superiores da praia, principalmente anfípodes talitrídeos (Borzzone & Rosa *em preparação*). O contínuo aporte de detrito, característico de praias estuarinas, favorece que diferentes populações de anfípodes talitrídeos possam explorar essa faixa de praia num curto espaço de tempo (i.e., três espécies num intervalo de 1 ano); porém, a limpeza constante da linha de detrito inibe o estabelecimento com sucesso de qualquer uma delas (Borzzone & Rosa *em preparação*). Conseqüentemente, o maior número de espécies observado em Cobras estaria mais relacionado ao efeito de uma maior heterogeneidade ambiental, resultante de perturbações naturais ou antrópicas a qual essa praia está sujeita, do que ser resultante da influência de um fator abiótico isolado, tal como salinidade ou granulometria.

A densidade da macrofauna não apresentou nenhuma correlação significativa com o tamanho médio do sedimento ou com os demais parâmetros abióticos analisados. Na maioria das praias da Baía de Paranaguá, os maiores valores de densidade ocorreram durante o período de verão, sendo que as densidades mais expressivas foram registradas nas praias localizadas próximas a desembocadura, como praia 2 ( $8131 \pm 982 \text{ ind./m}^2$ ) e

praia 4 ( $5593 \pm 1063$  ind./m<sup>2</sup>). Nessas praias durante o verão, os poliquetas *Scoelepis goodbodyi* (praia 2) e *S. chilensis* (praia 4) sozinhos corresponderam respectivamente por 93 e 89,8% da densidade total da macrofauna. Maiores densidades durante o inverno foram observadas somente em quatro praias (Figuras 2.2 e 2.6), que se localizam mais internamente. Estudos temporais pretéritos realizados em praias oceânicas dissipativas do litoral paranaense indicam que as maiores densidades da macrofauna ocorrem durante o período de inverno, estando geralmente relacionados aos processos de recrutamento da macrofauna (Souza & Gianuca 1995, Borzone & Souza 1997, Souza & Borzone 2000).

Os poliquetas do gênero *Scoelepis* são organismos típicos e muito abundantes no intermareal das praias oceânicas (Souza & Gianuca 1995, Borzone *et al.* 1996, Souza & Borzone 2000), os quais até recentemente vinham sendo equivocadamente identificados como *S. squamata* (MacCord & Amaral 2005). Num estudo sobre dinâmica populacional realizado em uma praia oceânica do litoral paranaense, Souza & Borzone (2000) registraram dois picos (em julho e em fevereiro) de elevadas abundâncias de *Scoelepis* (c.f.) *goodbodyi* sendo mais expressivo o correspondente ao período de inverno (i.e., julho). Segundo os autores, esses picos de abundâncias são resultantes dos processos de recrutamento dos organismos. No entanto, dados de *S.* (c.f.) *goodbodyi* coletados durante o verão e o inverno em outras praias oceânicas indicam que picos de maiores densidades nem sempre ocorrem durante o inverno (Borzone *et al.* 1996, Barros *et al.* 2001). Conseqüentemente, da mesma forma que a macrofauna pode apresentar distintos padrões temporais de densidade entre praias oceânicas, é bem provável que também apresentem diferenças entre ambientes oceânicos e estuarinos, como observado para a maioria das praias estuarinas da Baía de Paranaguá, onde maiores valores de densidade foram registrados durante o verão. Mesmo assim, os



padrões temporais da macrofauna nas praias estuarinas, bem como os fatores controladores, necessitam ser melhores esclarecidos através de estudos temporais mais completos.

Como observado por Souza & Borzone (2000), períodos de maiores densidades são resultantes dos processos de recrutamento dos organismos. Durante tais eventos, o aumento expressivo nas densidades dos organismos dominantes geralmente resulta na redução da equitabilidade da comunidade, o que conseqüentemente também resultará em baixos valores de diversidade (Rosa & Bemvenuti 2007). Essa relação inversa entre a densidade da macrofauna e os índices de equitabilidade e de diversidade são facilmente observadas nas praias estuarinas da Baía de Paranaguá (Figuras 2.2 e 2.6). Portanto, assim como verificado para a densidade da macrofauna, esses dois índices não apresentaram nenhuma correlação significativa com os fatores abióticos analisados.

Embora os descritores da comunidade não tenham sido correlacionados com nenhum dos parâmetros abióticos testados isoladamente, as análises multivariadas indicaram marcadas mudanças na comunidade macro-infaunal ao longo dos dois eixos estuarinos. Nas análises de ordenação e de classificação, dados de uma mesma praia coletados em situações distintas (verão e inverno) foram agrupados em conjunto indicando que, apesar das marcantes flutuações sazonais nas densidades dos organismos, diferenças na composição da macrofauna refletem o padrão espacial dos gradientes analisados. Segundo os resultados das ACCs, as mudanças observadas na macrofauna ao longo do sistema estuarino foram diretamente correlacionadas com as variações apresentadas pela salinidade (intersticial e/ou da coluna d'água) e pela granulometria do sedimento ao longo das praias. Tanto as análises individuais de cada gradiente quanto análise realizada com os dois gradientes em conjunto mostraram um

mesmo padrão, com a formação de três grupos distintos, sendo um deles correspondente à praia 5, onde, como já discutido anteriormente, condições ambientais particulares dessa praia resultaram numa comunidade específica com a presença exclusiva de alguns organismos.

Outro grupo corresponderia às praias localizadas próximas a desembocadura, as quais são caracterizadas por maiores valores de salinidade e por granulometria composta por areias finas muito bem selecionadas, tendo os poliquetas *Scoelepis goodbodyi*, *S. chilensis* e *Armandia* sp., os anfípodos *Talorchestia tucurauna* e *Bathyporeiapus ruffoi* e os isópodos *Excireolana armata* e *Tholozodium rhombofrontalis* associados a esse tipo praias. Com exceção de *Armandia* sp., as demais espécies são típicos organismos de praias arenosas expostas do sul-sudeste do Brasil. Embora essas espécies tenham sido associadas às praias localizadas próximas a desembocadura, seus padrões de distribuição ao longo do estuário foram distintos, refletindo não somente suas tolerâncias osmóticas como também condições espécie-específicas para sua ocorrência nas praias estuarinas.

Como exemplo, podemos citar os poliquetas do gênero *Scoelepis*, os quais, como já referido anteriormente, são organismos muito abundantes nas praias expostas locais. Assim como outras espécies de espionídeos, *Scoelepis* sp. é suspensívoro mas também pode utilizar seu par de palpos para coletar partículas depositadas no entorno do seu tubo (Pardo & Amaral 2004). No entanto, esses organismos obtêm um melhor rendimento alimentar como suspensívoro, principalmente em ambientes com grande fluxo hídrico (Pardo & Amaral 2004), como ocorre nas praias oceânicas. Embora sua presença tenha sido registrada na zona meso-halina (i.e., na praia 7 situada a aproximadamente a. 30 km da desembocadura da baía), maiores densidades dessa

espécie foram registradas nas praias localizadas próximas a desembocadura (praias 2, 3, 4 e 10), onde sozinhos corresponderam entre 20 e 50% do total de indivíduos. Nessas praias é comum a presença constante de ondas oceânicas refratadas. Conseqüentemente, além de apresentarem uma largura maior, a presença de uma zona de varrido nessas praias propiciaria um ambiente ideal para o desenvolvimento de densas populações de *Scolecipis*. Similar aos *Scolecipis* spp., outra espécie que sua ocorrência, restrita as praias situadas próximas as zona de desembocadura, provavelmente foi resultante da presença de uma zona de varrido nessas praias foi o anfípode *Bathyporeiapus ruffoi*.

Numa situação oposta estão as praias mais internas, correlacionadas com baixos valores de salinidade e sedimentos compostos por areias grossas mal selecionadas, tiveram associadas a elas principalmente organismos como os poliquetas *Laeonereis acuta*, *Sigambra grubii* e *Neantes succinea* e os moluscos *Heleobia australis* e *Mytella guyanensis*. Esses organismos são típicos de planos intermareais estuarinos, principalmente aqueles com elevados teores de finos e de matéria orgânica (Lana 1986, Bemvenuti 1997, Rosa & Bemvenuti 2006). *Mytella guyanensis* é um bivalve estuarino de elevada importância econômica que formam densos bancos em locais com sedimentos lamosos estuarinos e, sua ocorrência nas praias estuarinas simplesmente reflete o recrutamento fortuito de alguns indivíduos. Já a presença dos demais organismos associados às praias estuarinas mais internas, as quais foram compostas por sedimentos grosseiros mal selecionados, provavelmente reflete o comportamento oportunístico dessas espécies. Uma vez que os organismos típicos de ambientes arenosos como *Excirolana armata*, *E. braziliensis* ou *Scolecipis goodbodyi* não ocorreram nessas praias, os organismos das planícies localizadas nas porções inferiores dessas praias puderam expandir sua distribuição para as faces praias. A ocupação desses nichos pelos organismos típicos das planícies, mesmo não sendo favoráveis,

provavelmente reflete uma estratégia para evitar ou diminuir os efeitos da competição intra-específica. No entanto, o sucesso desses organismos na exploração desses locais provavelmente tenha sido limitado considerando às condições desfavoráveis dos mesmos.

Seria um pouco pretensioso considerar a salinidade como o principal fator limitando a distribuição dos organismos típicos das praias arenosas ao longo dos eixos estuarinos uma vez que também foram observadas mudanças na composição sedimentar das praias quase que na mesma escala da observada para os valores de salinidade. No entanto, se analisarmos a distribuição de *Excirrolana armata* verificaremos que esse isópode esteve presente na praia 13 (praia mais interna do eixo de Laranjeiras) (Tabela 4.8), mas não ocorreu nas praias 7 e 8 (praias mais internas do eixo Paranaguá-Antonina) (Tabela 4.3), embora todas elas fossem compostas por areias grossas mal selecionadas. A ocorrência de *E. armata* em Gamelas provavelmente foi favorecida pelos maiores valores de salinidade nessa praia (20) comparados aos registrados nas praias 7 e 8 (entre 14 e 16), sugerindo assim, que a salinidade pode apresentar uma maior influência sobre os padrões de distribuição desse organismo do que as características granulométricas dos sedimentos e morfológicas das praias. Mesmo assim, é bem mais provável que as respostas dos organismos as variações de salinidade e das características do sedimento sejam espécie-específicas. Outra diferença observada entre essas praias foi a presença do anfípode talitrídeo *Platorchestia monodi* na praia 13, que ao contrário do observado nas praias 7 e 8, foi provavelmente beneficiado pela ocorrência de linhas de detritos bem desenvolvidas nessa praia.

Os resultados indicam que, embora os gradientes salinos e granulométricos observados ao longo dos eixos estuarinos não tenham influenciado os descritores da

comunidade (i.e., número de espécies, densidade, diversidade e equitabilidade), esses foram responsáveis pelas marcantes alterações na composição da macrofauna entre as praias estuarinas da Baía de Paranaguá. Adicionalmente, interações complexas entre esses e outros fatores abióticos tais como regime hidrodinâmico ou aporte de detritos resultam numa grande heterogeneidade ambiental, as quais podem refletir em marcantes diferenças na composição da macrofauna em uma curta escala espacial. A influência da heterogeneidade do hábitat tem sido reportada para as praias de baixa energia do Canal de São Sebastião (São Paulo), onde o aumento da heterogeneidade promovida pela presença de diferentes tipos de sedimentos (areias e fragmentos de rochas) resulta num aumento da riqueza e densidade da macrofauna (Amaral *et al.* 2003, Denadai *et al.* 2005). No entanto, com observado, essa heterogeneidade é resultante de interações locais complexas dos fatores abióticos, o que, conseqüentemente, remete a necessidade de replicações tanto espaciais quanto temporais antes que generalizações acerca dos fatores controladores da macrofauna de praias estuarinas possam ser eficientes.

## **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

Aluizio, R. 2007. **Análise comparativa da fauna associada às linhas de detritos em duas praias estuarinas da Ilha do Mel (Paraná-Brasil)**. Dissertação de Mestrado. Curitiba, Universidade Federal do Paraná, 59p.

Alves, P. R. P.; Fonseca, A. L.; Borzone, C. A.; Lorenzi, L.; Boehs, G.; Guimarães, C. C. R. P.; Pereira-Jr., J.; Hofstaetter, M.; Godefroid, R. S.; Oliveira, E.; Christo, S. W.; Uejima, A. M. K.; Quadros, J. & Fernandez, D. R. 1998. Distribuição espacial de *Excireolana braziliensis* e *E. armata* (Isopoda: Cirolanidae) em três praias do litoral paranaense, Brasil. **Atlântica** 20: 23-34.

Amaral, A. C. Z.; Denadai, M. R.; Turra, A. & Rizzo, A. E. 2003. Intertidal macrofauna in Brazilian subtropical tide-dominated sandy beaches. **Journal of Coastal Research SI** 35: 446-455.

Amaral, A. C. Z.; Morgado, E. H.; Pardo, E. V. & Reis, M. O. 1995. Estrutura da comunidade de poliquetos da zona entremarés em praias da Ilha de São Sebastião (SP). **Publicação Especial do Instituto Oceanográfico** 11: 229-237.

Attrill, M. J. 2002. A testable linear model for diversity trends in estuaries. **Journal of Animal Ecology** 71: 262-269.

Barros, F.; Borzone, C. A. & Rosso, S. 2001. Macroinfauna of Six Beaches near Guaratuba Bay, Southern Brazil. **Brazilian Archives of Biology and Technology** 44: 351-364.

Bemvenuti, C. E. 1997. Benthic Invertebrates, p. 43-46. In: Seeliger, U., Odebrecht, C. & Castello, J.P. (Eds.). **Subtropical convergence environments. The coast and sea in the southwestern Atlantic**. Berlin, Springer-Verlag.

Borzone, C. A. & Souza, J. R. B. 1997. Estrutura da macrofauna bentônica no supra, meso e infralitoral de uma praia arenosa do sul do Brasil. **Oecologia Brasiliensis** 3: 197-212.

Borzone, C. A.; Souza, J. R. B. & Soares, A. G. 1996. Morphodynamic influence on the structure of inter and subtidal macrofaunal communities of subtropical sandy beaches. **Revista Chilena de Historia Natural** 69: 565-577.

Borzone, C. A.; Melo, S. G.; Rezende, K. V.; Vale, R. & Krul, R. 2003. Macrobenthic intertidal communities from wave to tide dominated beaches environment: a case of two

Brazilian beaches. **Journal of Coastal Research** SI 35: 472-480.

Caron, E. & Ribeiro-Costa, C. S. 2008. First record of the tribe Diglottini from South America with description of *Diglotta brasiliensis* n. sp. (Coleoptera, Staphylinidae, Aleocharinae). **Zootaxa** 1776: 52-58.

Clarke, K. R. & Warwick, R. M. 1994. **Changes in marine communities: an approach to statistical analyses and interpretation**. Plymouth, Natural Environment Research Council. 144 p.

Connell, J. H. 1978. Diversity in tropical rain forests and coral reefs. **Science** 199: 1302-1310.

Day, J. W.; Hall, C. A.; Kemp, W. M. & Yáñez-Arancibia, A. 1989. **Estuarine ecology**. New York, Wiley & Sons, 558 p.

Defeo, O. & McLachlan, A. 2005. Patterns, process and regulatory mechanisms in sandy beach macrofauna: a multi-scale analysis. **Marine Ecology Progress Series** 295: 1-20.

Defeo, O.; Jaramillo, E. & Lyonnet, A. 1992. Community structure and intertidal zonation of the macroinfauna in the Atlantic coast of Uruguay. **Journal of Coastal Research** 8: 830-839.

Denadai, M. R. & Amaral, A. C. Z. 1999. A comparative study of intertidal molluscan communities in sandy beaches, São Sebastião Channel, São Paulo State, Brazil. **Bulletin of Marine Science** 65: 91-103.

Denadai, M. R., Amaral, A. C. Z. & Turra, A. 2005. Structure of molluscan

assemblages in sheltered intertidal unconsolidated environments. **Brazilian Archives of Biology and Technology** 48: 825-839.

Dexter, D. M. 1983. Community structure of intertidal sandy beaches in New South Wales, Australia, p. 461-471. In: McLachlan, A. & Erasmus, T. (Eds.). **Sandy beaches as Ecosystems**. The Hague, Dr. W. Junk. pp. 461-471.

Domenico, M. D.; Lana, P. C. & Garraffoni, A. R. S. 2008. Distribution patterns of interstitial polychaetes in sandy beaches of southern Brazil. **Marine Ecology**, doi:10.1111/j.1439-0485.2008.00255.x

Jackson, N. L.; Nordstrom, K. F.; Eliot, I. & Masselink, G. 2002. 'Low energy' sandy beaches in marine and estuarine environments: a review. **Geomorphology** 48: 147-162.

Jaramillo, E. & McLachlan, A. 1993. Community and population responses of the macroinfauna to physical factors over a range of exposed sandy beaches in south-central Chile. **Estuarine, Coastal and Shelf Science** 37: 615-624.

Lana, P. C. 1986. Macrofauna benthica de fundos sublitorais não consolidados da Baía de Paranaguá (Paraná). **Nerítica** 1(3): 79-90.

Lana, P. C.; Marone, E.; Lopes, R. M. & Machado, E. C. 2001. The Subtropical Estuarine Complex of Paranaguá Bay, Brazil, p. 131-145. In: U. Seeliger & B. Kjerfve (Eds.). **Coastal Marine Ecosystems of Latin America**. Berlin, Springer-Verlag, XX+360p.

Lercari, D. & Defeo, O. 2006. Large-scale diversity and abundance trends in sandy beach macrofauna along full gradients of salinity and morphodynamics. **Estuarine, Coastal and Shelf Science** 68: 27-35.



MacCord, F. S. & Amaral, A. C. Z. 2005. Morphometric analyses of two species of *Scolelepis* (Polychaeta: Spionidae). **Journal of Marine Biological Association of the United Kingdom** 85: 829-834.

Matuella, B. A. 2004. **Comparação da macrofauna bentônica em duas praias estuarinas do Complexo Estuarino da Baía de Paranaguá, com e sem formação de planície de maré**. Trabalho de conclusão de curso, Ciências Biológicas. Curitiba, Universidade Federal do Paraná.

McLachlan, A., 1980. The definitions of sandy beaches in relation to exposure : a simple rating system. **South Africa Journal of Sciences** 76: 137-138.

McLachlan, A. 1990. Dissipative beaches and macrofauna communities on exposed intertidal sands. **Journal of Coastal Research** 6: 57-71

McLachlan, A. & Brown, A. 2006. **The ecology of sandy shores**. San Diego, Academic Press. XII+373p.

McLachlan, A.; Jaramillo, E.; Donn, T. E. & Wessels, F. 1993. Sandy beach macrofauna communities and their control by the physical environment: a geographical comparison. **Journal of Coastal Research** 15: 27-38.

McLusky, D. S. 1971. **Ecology of estuaries**. London, Heinemann.

Netto, S. A. & Lana, P. C. 1996. Benthic macrofauna of *Spartina alterniflora* marshes and nearby unvegetated tidal flats of Paranaguá Bay (SE Brazil). **Nerítica** 10: 41-56.

Nordstrom, K. F. 1992. **Estuarine beaches**. London, Elsevier Applied Science. 225p.

Omena, E. P. & Amaral, A. C. Z. 2003. Sandy beaches morphodynamic and the

- polychaete fauna in southeast Brazil. **Journal of Coastal Research** SI 35: 431-439.
- Pardo, E. V. & Amaral, A. C. Z. 2004. Feeding behavior of *Scolelepis* sp. (Polychaeta: Spionidae). **Brazilian Journal of Oceanography** 52: 75-79.
- Remane, A. 1934. Die Brackwasserfauna. **Zoologischer Anzeiger** (Supplement) 7: 34-74.
- Rosa, L. C. & Bemvenuti, C. E. 2006. Temporal variability of the estuarine macrofauna of the Patos Lagoon, Brazil. **Revista de Biología Marina y Oceanografía** 41: 1-9.
- Rosa, L. C. & Bemvenuti, C. E. 2007. Seria a macrofauna bentônica de fundos não consolidados influenciada pelo aumento na complexidade estrutural do hábitat? O caso do estuário da Lagoa dos Patos. **Brazilian Journal of Aquatic Science and Technology** 11: 51-56.
- Rosa, L. C. & Borzone, C. A. 2008. Uma abordagem morfodinâmica na caracterização física das praias estuarinas da Baía de Paranaguá, sul do Brasil. **Revista Brasileira de Geociências** 38(3).
- Rosa, L. C.; Aluizio, R. & Borzone, C. A. 2007. Talitridae (Amphipoda, Crustacea) nas praias estuarinas da Baía de Paranaguá, sul do Brasil: distribuição espacial e abundância. **Brazilian Journal of Aquatic Science and Technology** 11: 37-41.
- Rosa, L. C., Borzone, C. A. & Caron, E. 2008. Ocorrência de *Diglossa brasiliensis* (Coleoptera: Staphylinidae: Aleocharinae) em duas praias estuarinas da Baía de Paranaguá, sul do Brasil. **Revista Brasileira de Zoologia** 25: 563-565.
- Short, A. D. 1996. The role of wave height, period, slope, tide range and

embaymentisation in beach classifications: a review. **Revista Chilena de Historia Natural** 69: 589-604.

Souza, J. R. B. & Borzone, C. A. 2000. Population dynamics and secondary production of *Scolelepis squamata* (Polychaeta: Spionidae) in an exposed sandy beach of southern Brazil. **Bulletin of Marine Science** 67: 221-233.

Souza, J. R. B. & Gianuca, N. M. 1995. Zonation and seasonal variation of the intertidal macrofauna on a sandy beach of Paraná State, Brazil. **Scientia Marina** 59: 103-111.

Suguio, K. 1973. **Introdução à sedimentologia**. EDUSP, São Paulo. 317p.

Tanner, W. F. 1995. **Environmental clastic granulometry**. Florida Geological Survey, Special Publication n° 40. 163p.

ter Braak, C. J. F. 1986. Canonical correspondence analysis: a new eigenvector technique for multivariate direct gradient analysis. **Ecology** 67: 1167-1179.

Turra, A.; Gonçalves, M. A. O. & Denadai, M. R. 2005. Spatial distribution of the ghost crab *Ocypode quadrata* in low-energy tide-dominated sandy beaches. **Journal of Natural History** 39: 2163-2177.

Veloso, V. G. & Cardoso, R. S. 2001. Effect of morphodynamics on the spatial and temporal variation of macrofauna on three sandy beaches, Rio de Janeiro State, Brazil. **Journal of Marine Biological Association of the United Kingdom** 81: 369-375.

Wright, L. D. & Short, A. D. 1984. Morphodynamic variability of surf zones and beaches: a synthesis. **Marine Geology** 56: 93-118.

---

## 5. ESTRUTURA DA MACROINFAUNA INTERMAREAL NAS PRAIAS ARENOSAS: COMPARAÇÃO ENTRE PRAIAS ESTUARINAS E OCEÂNICAS

---

### INTRODUÇÃO

As praias arenosas são ambientes fisicamente dinâmicos onde a interação entre os três principais agentes físicos (i.e., sedimentos, ondas e maré) resultam numa variedade de tipos morfodinâmicos distribuídos ao longo de um contínuo entre estágios micromareais refletivos (praias curtas com declividades abruptas) a estágios macromareais dissipativos (praias extensas e planas), transformando-se em verdadeiras planícies mareais sob influência de grandes marés (Short 1996, Defeo & McLachlan 2005).

Atualmente, há um consenso de que o estado morfodinâmico e as variáveis físicas são os principais fatores controlando a estrutura da comunidade macrofaunal das praias arenosas. Segundo a Hipótese da Auto-ecologia (Noy-Meir 1979), em ambientes fisicamente controlados onde as interações biológicas são mínimas, a comunidade reflete o conjunto de respostas individuais das espécies ao ambiente físico. Da mesma forma, a tendência do número de espécies, da densidade e da biomassa da macrofauna aumentar ao longo do gradiente morfodinâmico de uma praia micromareal refletiva para praias macromareais dissipativas tornou-se um claro padrão (ver McLachlan & Brown 2006 e suas referências). Recentemente tem sido observado que, ao longo de uma série de praias intermediárias, maiores valores de riqueza específica são registrados em praias

com valores maiores de RTR (Rodil & Lastra 2004), sugerindo a importância da influência da maré como estruturador da comunidade macrofaunal.

Essas variáveis biológicas tendem também a aumentar com a redução do grau de exposição a ação das ondas (McLachlan 1980, Dexter 1992, Jaramillo & McLachlan 1993, McLachlan *et al.* 1993, 1996, Amaral *et al.* 2003, Rodil & Lastra 2004). Maiores valores de riqueza de espécies e de densidade da macrofauna nas praias protegidas estão geralmente associados com a maior estabilidade do sedimento, mas também podem ser resultantes de uma maior quantidade de matéria orgânica que comumente aporta no intermareal desse tipo de praia (Incera *et al.* 2006, Rodil *et al.* 2007).

Mudanças na composição da macrofauna também são esperadas ao longo do gradiente de exposição. Crustáceos dominam na maioria das praias expostas, sendo o único grupo a ocorrer em estágios refletivos, enquanto que os poliquetas, mais sensíveis a exposição às ondas e a sedimentos grosseiros, dominam na maioria das praias abrigadas (Dexter 1983, Amaral *et al.* 2003, McLachlan & Brown 2006).

As praias estuarinas são ambientes de baixa-energia encontrados ao longo de estuários e baías protegidas. Essas praias possuem forte influência da maré sendo que, devido a seus elevados valores de RTR, podem ser erroneamente classificadas como planícies de mares a partir da aplicação dos modelos morfodinâmicos convencionais (Capítulo 1). Praias estuarinas também são caracterizadas pelo elevado e contínuo aporte de detrito, os quais apresentam uma forte influência sobre a comunidade, em especial sobre as espécies do supralitoral (Rosa *et al.* 2007, Aluizio 2007). Recentes estudos têm indicado que as praias estuarinas da Baía de Paranaguá podem abrigar uma rica e densa comunidade intermareal, as quais são controladas por interações locais complexas de diversos fatores tais como morfologia, salinidade, granulometria, fluxo

hídrico, aporte de detrito entre outros (Capítulos 2 a 4).

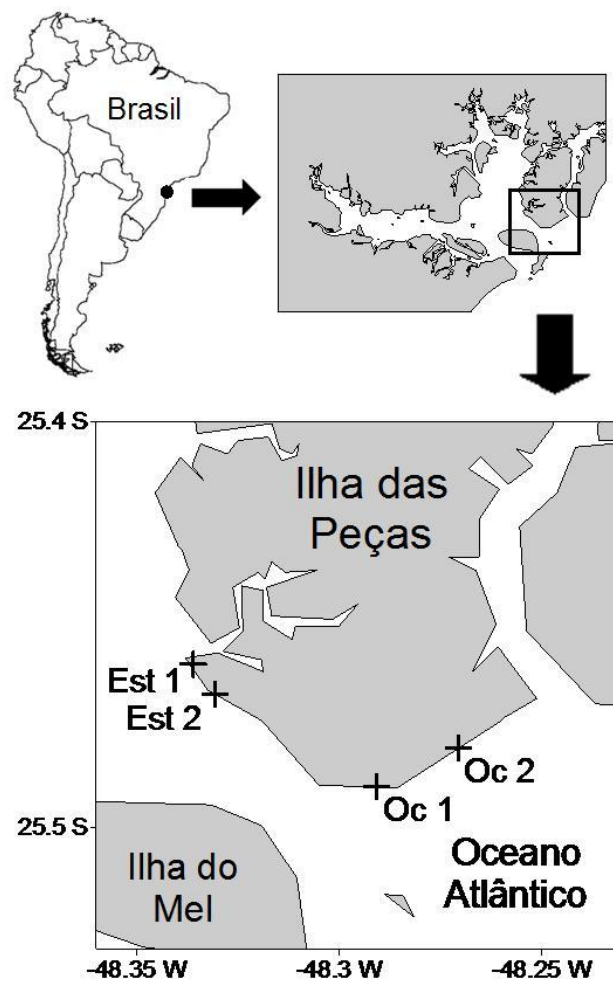
Vários autores sugerem que a exposição à ação das ondas exerce um importante papel sobre a comunidade praial, favorecendo que ambientes protegidos abriguem uma fauna mais rica e densa do que os mais expostos. No capítulo anterior, verificou-se que nesse ambientes de baixa-energia a comunidade foi fortemente influenciada pelas mudanças na salinidade e na granulometria, embora uma gradiente energético formado pela influência de ondas oceânicas refratadas também produzem significativas alterações na morfologia praial (Capítulo 1) e, aparentemente em sua fauna associada (Capítulo 4). Neste capítulo a estrutura da comunidade da macrofauna intermareal entre praias oceânicas e estuarinas será comparada. Embora ambos ambientes apresentem características granulométricas e valores de salinidade semelhantes, distintas influências morfodinâmicas resultam em marcadas variações morfológicas entres esses dois tipos de praia. Desta forma poderemos avaliar como alterações nos processos morfodinâmicos dominantes alteram a morfologia praial e quais são as conseqüências sobre a estrutura da macrofauna associada a esses ambientes.

## **MATERIAL & MÉTODOS**

O complexo estuarino da Baía de Paranaguá (612 km<sup>2</sup>) conecta-se com o oceano essencialmente através de dois canais localizados em torno da Ilha do Mel (Lana *et al.* 2001). A Ilha das Peças, por sua vez, corresponde a borda norte da desembocadura da baía (Figura 5.1), sendo que sua porção sul é composta essencialmente por ambientes de praias. Neste local foram selecionados quatro ambientes praias morfodinamicamente distintos (2 oceânicos e 2 estuarinos), os quais foram amostrados uma única vez

durante o verão e o inverno de 2005, sempre durante a maré baixa de sizígia. As marés da região são semidiurnas desiguais, em regime de micro-marés, com amplitudes máximas em torno de 2 m (Marone & Jamiyanaa 1997).

Em cada local foram estabelecidas três transversais perpendiculares a linha d'água e distantes 2 m entre si. Sobre cada transversal foram demarcados 10 pontos amostrais distribuídos em desníveis eqüidistantes ao longo da zona intermareal. Teoricamente, as adoções de desníveis eqüidistantes para o estabelecimento dos pontos de coleta nos permitiram amostrar zonas praias similares quanto a ação da maré independentemente da largura dos ambientes.



**Figura 5.1)** Mapa da Baía de Paranaguá (Paraná, Brasil) indicando a localização das praias estudadas ao longo da margem sul da Ilha da Peças durante o ano de 2005 (Est: estuarina, Oc: oceânicas).

Em cada um dos pontos das três transversais foi obtida 1 amostra biológica (0,05m<sup>2</sup> de área e 20 cm de profundidade), que foi peneirada “*in situ*” com uma malha de 0,5mm e o material retido foi fixado em formalina 10 %. Amostras de sedimentos para a caracterização granulométrica foram obtidas nos pontos de uma única transversal. Em cada local foram obtidos o perfil topográfico (largura e declividade da praia mensurados com o auxílio de um teodolito padrão e fita métrica) e o regime de ondas atuantes (altura e período estimados visualmente) para cada uma das situações de amostragem.

Em laboratório, os organismos foram triados com o auxílio de um microscópio estereoscópio, identificados ao menor nível taxonômico possível, quantificados e preservados em álcool 70 %. Posteriormente, calculou-se o número total de espécies, a densidade média (ind. m<sup>-2</sup>) e a abundância linear (ind. m<sup>-1</sup>) total da macrofauna para cada ambiente praiado e em cada situação (verão e inverno). Os valores de densidades foram expressos em número de indivíduos/m<sup>2</sup> e obtidos a partir da extrapolação da área total da transversal (0,5 m<sup>2</sup>) após a soma das 10 amostras coletadas ao longo da transversal. Por outro lado, a abundância linear foi calculada por interpolação simples entre os valores de densidade por ponto e a distância entre os pontos (Ansell *et al.* 1972).

As características granulométricas do sedimento (e.g., tamanho médio e grau de seleção) foram determinadas através de técnicas padrões de peneiramento (Sugio 1973), sendo os dados obtidos computados de acordo com o método dos momentos (Tanner 1995), e os resultados expressos com valores de  $\phi$  (“phi” = -log<sub>2</sub> do diâmetro em mm).

Para cada ambiente de praia foram computados os índices morfodinâmicos: (1)



parâmetro adimensional ômega ( $\Omega$ ) ou de Dean (Dean 1973) ( $\Omega = Hb/Ws \cdot T$ ; onde  $Hb$  = altura de onda;  $Ws$  = velocidade de sedimentação da partícula e  $T$  = período da onda) e (2) RTR (Masselink & Short 1993) ( $RTR = TR/Hb$ ; onde  $TR$  = amplitude da maré e  $Hb$  = altura de onda). Os valores de velocidade média de decantação da partícula de sedimento foram obtidos a partir das tabelas de Gibbs *et al.* (1971). A partir do cálculo desses índices, o estado morfodinâmico dos ambientes praias estudados foi acessado pela comparação entre os valores de  $\Omega$  e de RTR obtidos contra os valores preditos desses índices utilizados no modelo bi-dimensional proposto por Masselink & Short (1993). Adicionalmente, para propósitos comparativos, também foi calculado o índice morfodinâmico “BSI” (“Beach State Index” =  $\log(\Omega \cdot TR/0,8+1)$ ) proposto por McLachlan *et al.* (1993), o qual combina valores de ômega e amplitude de maré num só índice.

As matrizes de dados biológicos, transformados pela raiz quadrada, foram ordenadas (nMDS) e classificadas (Cluster) utilizando-se o índice de similaridade de Bray-Curtis (Clarke & Warwick 1994) separadamente para cada período amostral. A dissimilaridade média entre os ambientes praias bem como a contribuição individual das espécies macrofaunais para tal dissimilaridade foi calculada através da rotina SIMPER (Clarke & Warwick 1994).

A correlação entre a estrutura das associações da macrofauna e as condições físicas dos ambientes praias foi testada através de uma Análise de Correlação Canônica para cada período amostral (ACC; ter Braak 1986). Em cada ACC, os dados biológicos foram transformados por  $\sqrt{x}$  e somente as espécies com frequência de ocorrência superior a 25 % foram incluídas na análise. As variáveis ambientais (largura e declividade da praia, tamanho médio e grau de seleção do sedimento, altura e período de

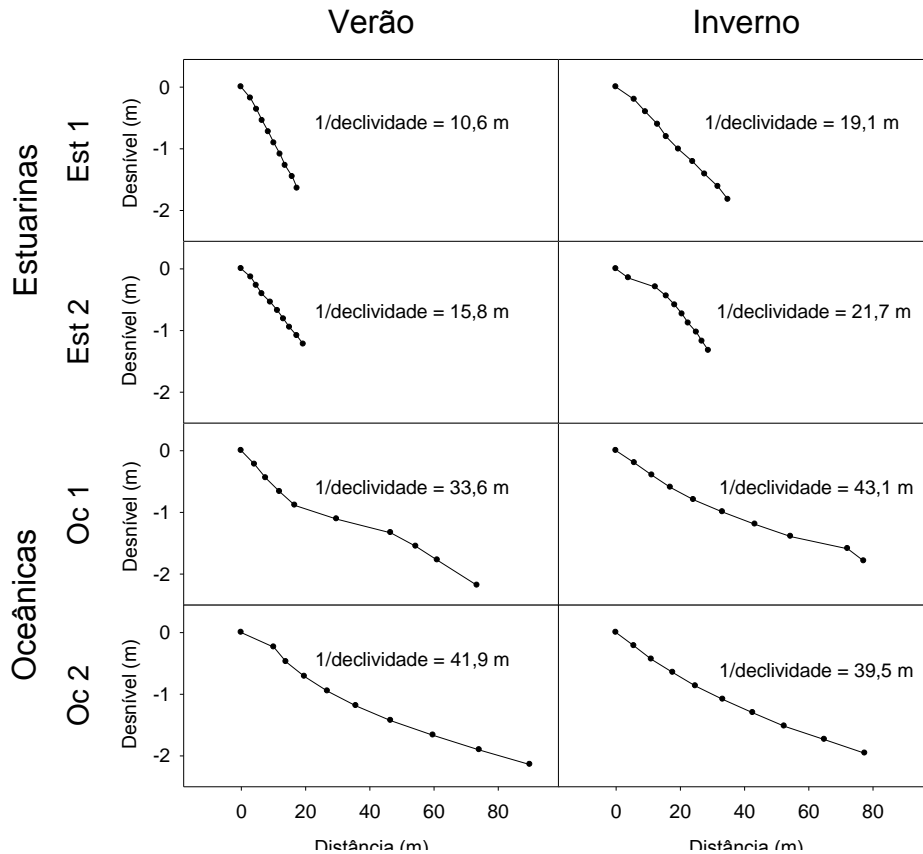
onda,  $\Omega$ , RTR e BSI) foram selecionadas manualmente e incluídas na ACC após testar sua significância ( $\alpha < 0,05$  no teste de Monte Carlo com 999 permutações) na explicação do modelo.

## RESULTADOS

Os perfis topográficos das praias podem ser vistos na Figura 5.2. As praias estuarinas (Est 1 e Est 2) apresentaram uma estreita face praias curta (23 a 41 m de largura) com uma declividade bem acentuada (1/10 a 1/22 m) enquanto que nas praias oceânicas (Oc 1 e Oc 2), foram registradas faces praias mais largas (76 a 96 m) e com declividades mais suaves (1/33 a 1/43 m) (Figura 5.2). As características granulométricas do sedimento (i.e., tamanho médio do grão e grau de seleção) foram similares entre as praias sendo elas compostas por areia fina muito bem selecionada (Tabela 5.1). O regime de ondas atuante nas praias foi distinto, onde se observa uma redução tanto na altura (Hb) quanto no período (T) das ondas das praias oceânicas para as estuarinas, indicando uma clara redução de energia (Tabela 5.1).

**Tabela 5.1)** Características físicas dos 4 ambientes de praia analisados durante o verão (Ver) e o inverno (Inv) de 2005. (\* valor médio ( $\pm$  DP) calculado a partir das 10 amostras coletadas ao longo do transecto; Dean: parâmetro adimensional de Dean; RTR: *Relative tide range*; BSI: *Beach state index*)

Praia (Período)		Tamanho do grão ( $\phi$ )*	Seleção ( $\phi$ )*	Regime de ondas		Dean	RTR	BSI
				Hb (cm)	T (s)			
Est 1	Ver	2,51 ( $\pm$ 0,17)	0,46 ( $\pm$ 0,14)	0,10	2,1	2,3	17,4	0,8
	Inv	2,55 ( $\pm$ 0,07)	0,39 ( $\pm$ 0,04)	0,10	2,5	2,0	17,4	0,7
Est 2	Ver	2,69 ( $\pm$ 0,06)	0,42 ( $\pm$ 0,05)	0,10	3	1,9	17,4	0,7
	Inv	2,51 ( $\pm$ 0,07)	0,37 ( $\pm$ 0,03)	0,15	4,5	1,6	11,6	0,7
Oc 1	Ver	2,54 ( $\pm$ 0,24)	0,37 ( $\pm$ 0,08)	0,40	8,15	2,4	4,4	0,8
	Inv	2,63 ( $\pm$ 0,11)	0,37 ( $\pm$ 0,06)	0,50	11	2,4	3,5	0,8
Oc 2	Ver	2,73 ( $\pm$ 0,08)	0,31 ( $\pm$ 0,11)	0,85	13	3,9	2,0	1,0
	Inv	2,69 ( $\pm$ 0,16)	0,31 ( $\pm$ 0,04)	1,25	12	6,0	1,4	1,1



**Figura 5.2)** Perfil topográfico das praias estudadas durante o verão e o inverno de 2005.

De acordo com os valores de “ $\Omega$ ” e de RTR, as praias estuarinas foram classificadas em sua maioria como refletivas ( $\Omega < 2$ ) dominadas por maré ( $RTR > 7$ ). A única exceção foi “Est 1” durante o verão, a qual enquadra-se num estágio intermediário ( $2 < \Omega < 5$ ) também dominado por maré. Já a praia oceânica “Oc 1” enquadra-se no estágio intermediário influenciado por maré ( $2 < \Omega < 5$ ;  $3 < RTR < 7$ ), enquanto que “Oc 2” variou entre os estágios intermediário (verão:  $2 < \Omega < 5$ ) e dissipativo (inverno:  $\Omega = 6$ ) ambos dominados por ondas ( $RTR < 3$ ). De acordo com os valores de BSI, os ambientes foram classificados como praias intermediárias de média energia ( $0,7 < BSI < 1,0$ ) ou de alta energia ( $BSI > 1,0$ ).

Em relação a estrutura da macrofauna, durante o verão foram registrados um total de 20 espécies nas praias oceânicas, enquanto que esse número nas estuarinas

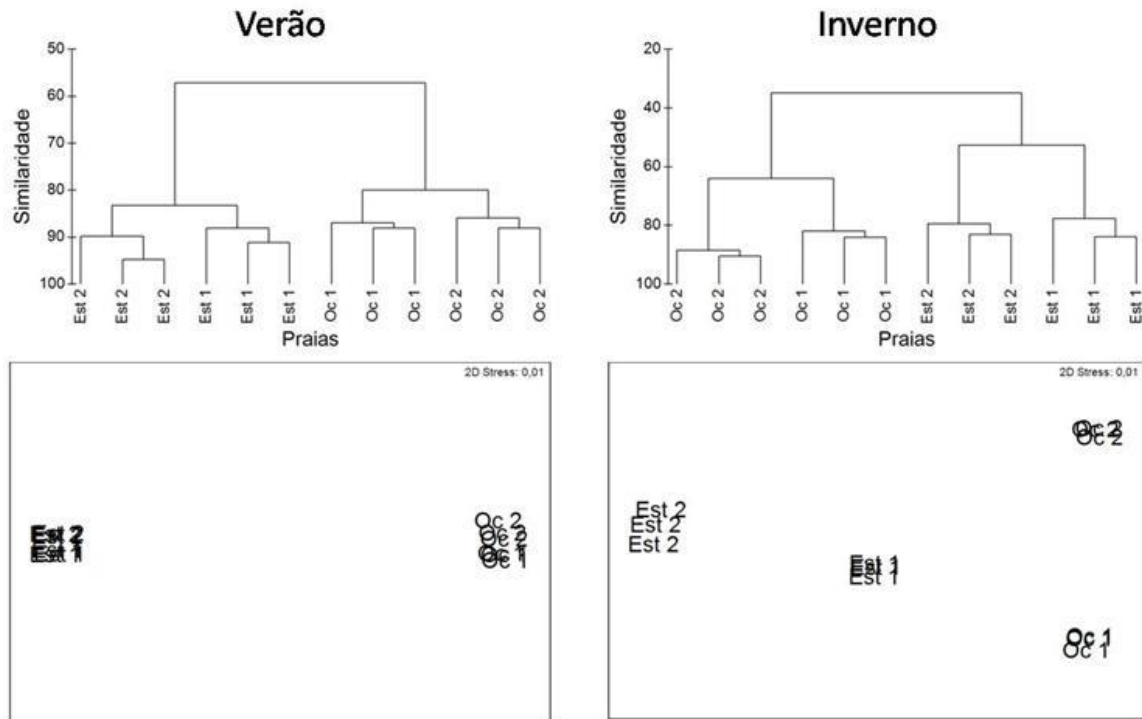
variou entre 11 (Est 2) e 12 espécies (Est 1). Os valores de densidades forma bem mais expressivos nas praias oceânicas (Oc 1=2.902 ± 605; Oc 2= 2.518 ± 533 ind./m<sup>2</sup>) do que nas estuarinas (Est 1=731 ± 15; Est 2= 818 ± 43 ind./m<sup>2</sup>). Os valores de abundância também forma bem mais expressivos nas praias oceânicas (Oc 1= 664.486 ± 136.139; Oc 2= 489.557 ± 126.481 ind./m<sup>1</sup>) do que nas estuarinas (Est 1= 26.811 ± 647; Est 2= 29.420 ± 1.700 ind./m<sup>1</sup>). No inverno os padrões foram semelhantes como o número total de espécies registrados nas praias oceânicas (20 espécies) bem superior aos registrados nas estuarinas (16 espécies). Os valores de densidades forma também mais expressivos nas praias oceânicas (Oc 1= 1.909 ± 458; Oc 2= 3.321 ± 326 ind./m<sup>2</sup>) do que nas estuarinas (Est 1= 590 ± 142; Est 2= 189 ± 39 ind./m<sup>2</sup>). Os valores de abundância seguiram o mesmo padrão com maiores valores registrado nas praias oceânicas (Oc 1= 303.134 ± 81.445; Oc 2= 560.776 ± 51.112 ind./m<sup>1</sup>) do que nas estuarinas (Est 1= 45.398 ± 10.591; Est 2= 10.658 ± 2.127 ind./m<sup>1</sup>).

Com relação a composição da macrofauna, poliquetas e crustáceos foram os grupos taxonômicos dominantes tanto em densidade quanto em diversidade, no entanto, não foi possível evidenciar algum tipo de preferência de um grupo por um determinado tipo de praia (Tabela 5.4).

**Tabela 5.2)** Contribuição relativa dos principais grupos taxonômicos em relação a abundância e riqueza (i.e., número de espécies) total da macroinfauna nos quarto ambientes de praias estudados durante o verão (Ver) e o inverno (Inv) de 2005.

Praia (período)	Polychaeta		Crustacea		
	Abundância (%)	Riqueza (%)	Abundância (%)	Riqueza (%)	
Est 1	Ver	63,9	41,5	36,0	41,5
	Inv	64,4	50,0	35,6	50,0
Est 2	Ver	52,3	27,3	47,7	63,6
	Inv	14,4	37,5	85,4	56,3
Oc 1	Ver	79,3	30,0	20,5	50,0
	Inv	44,2	36,8	55,1	50,0
Oc 2	Ver	64,0	30,0	35,4	50,0
	Inv	5,5	26,3	93,4	52,6

Os resultados das análises de classificação e de ordenação indicam marcantes diferenças na estrutura da macrofauna entre as praias estuarinas e oceânicas, as quais resultam na formação de dois grupos distintos (Figura 5.4). No entanto, uma maior heterogeneidade entre os sub-ambientes também pode ser observada durante o inverno (Figura 5.4). No verão, organismos como os poliquetas *Euzonus furficerus* e *Orbinia* sp. e o anfípoda *Phoxocephalopsis* sp. foram registrados somente nas praias oceânicas enquanto que o poliqueta *Scolelepis chilensis* e o anfípoda talitrídeo *Platorchestia monodi* ocorreram somente nas praias estuarinas (Tabela 5.5). Durante esse período, a dissimilaridade média entre as praias estuarinas e oceânicas foi em torno de 43%, sendo que as elevadas densidades do poliqueta *Scolelepis goodbodyi* nas praias oceânicas comparadas com as densidades registradas nas estuarinas (Tabela 5.5) contribuíram sozinho com 33% da dissimilaridade observada entre os dois tipos de praia (Tabela 5.6). Maiores densidades de *T. rhombofrontalis*, *T. tucuaruna* e *B. ruffoi* nas praias oceânicas e as presenças de *Phoxocephalopsis* sp. nas praias oceânicas e de *P. monodi* e *S. chilensis* nas estuarinas também contribuíram para essa dissimilaridade (Tabelas 5.6 e 5.7).



**Figura 5.3)** Diagramas das análises de agrupamento e de ordenação dos dados de densidade da macrofauna, transformados pela raiz quadrada, nas praias estuarinas (Est) e oceânicas (Oc) durante o verão e o inverno de 2004.

**Tabela 5.3)** Densidade média ( $\pm$  desvio padrão) dos organismos infaunais em cada praia durante o período de verão de 2005. (Pol: Polychaeta; Crus: Crustacea; Moll: Mollusca)

Espécies	Praias estuarinas		Praias oceânicas	
	Est 1	Est 2	Oc 1	Oc 2
<i>Scolecipis goodbodyi</i> (Pol)	876 $\pm$ 62	830 $\pm$ 20	4577 $\pm$ 1169	3198 $\pm$ 1157
<i>Scolecipis chilensis</i> (Pol)	53 $\pm$ 36	25 $\pm$ 5	-	-
<i>Euzonus furciferus</i> (Pol)	-	-	8 $\pm$ 10	1 $\pm$ 1
<i>Orbinia</i> sp.1 (Pol)	-	-	11 $\pm$ 3	18 $\pm$ 4
<i>Hemipodus olivieri</i> (Pol)	1 $\pm$ 1	1 $\pm$ 1	3 $\pm$ 1	3 $\pm$ 3
<i>Excirrolana armata</i> (Crus)	156 $\pm$ 22	165 $\pm$ 44	127 $\pm$ 24	168 $\pm$ 8
<i>Tholozodium rhombofrontalis</i> (Crus)	359 $\pm$ 22	534 $\pm$ 77	847 $\pm$ 79	1408 $\pm$ 98
<i>Talorchestia tucuaruna</i> (Crus)	-	1 $\pm$ 1	94 $\pm$ 82	10 $\pm$ 14
<i>Platorchestia monodi</i> (Crus)	4 $\pm$ 3	50 $\pm$ 26	-	-
<i>Phoxophalopsis</i> sp. (Crus)	-	-	117 $\pm$ 30	126 $\pm$ 55
<i>Bathyporeiapus ruffoi</i> (Crus)	7 $\pm$ 6	5 $\pm$ 6	1 $\pm$ 1	69 $\pm$ 25
<i>Metamysidopsis neritica</i> (Crus)	-	24 $\pm$ 2	1 $\pm$ 1	-
<i>Donax gemmula</i> (Moll)	1 $\pm$ 2	-	3 $\pm$ 1	22 $\pm$ 5
Outros	5 $\pm$ 4	1 $\pm$ 2	17 $\pm$ 12	11 $\pm$ 3

**Tabela 5.4)** Contribuição individual das espécies para a dissimilaridade média ( $\delta$ ) entre as praias estuarinas e oceânicas durante o período de verão, organizadas por ordem de importância com um corte de 75%.

Espécies	$\delta$	$\delta/DP$	Contribuição (%)	Cumulativa (%)
<i>Scolecipis goodbodyi</i>	14,2	3,5	33,1	33,1
<i>Tholozodium rhombofrontalis</i>	5,5	2,4	12,8	45,8
<i>Phoxophalopsis</i> sp.	4,8	6,5	11,2	57,0
<i>Scolecipis chilensis</i>	2,6	3,3	6,2	63,2
<i>Talorchestia tucurauna</i>	2,4	1,3	5,5	68,7
<i>Platorchestia monodi</i>	1,9	1,4	4,3	73,1
<i>Bathyporeiapus ruffoi</i>	1,8	1,3	4,1	77,2

Durante o inverno, a dissimilaridade média entre as praias foi maior (65%) e novamente foi resultante das diferenças nas densidades dos organismos entre os tipos de praias (i.e., maiores densidades de *T. rhombofrontalis*, *Phoxocephalopsis* sp., *B. ruffoi*, *S. goodbodyi* e *T. tucuaruna* nas praias oceânicas) ou a presença exclusiva de uma espécie a um tipo de praia (Tabelas 5.7 e 5.8). Novamente, *P. monodi* e *S. chilensis* ocorreram somente nas praias estuarinas enquanto que *E. furciferus*, o isópoda *Macrochiridothea giambiageae* e os bivalves *Donax gemmula* e *D. hanleyanus* foram registrados somente nas praias oceânicas (Tabela 5.7).

**Tabela 5.5)** Densidade média ( $\pm$  desvio padrão) dos organismos infaunais em cada praia durante o período de inverno de 2005. (Pol: Polychaeta; Crus: Crustacea; Moll: Mollusca)

Espécies	Praias estuarinas		Praias oceânicas	
	Est 1	Est 2	Oc 1	Oc 2
<i>Scolecipis goodbodyi</i> (Pol)	314 $\pm$ 106	14 $\pm$ 2	764 $\pm$ 544	176 $\pm$ 130
<i>Scolecipis chilensis</i> (Pol)	53 $\pm$ 45	-	-	-
<i>Euzonus furciferus</i> (Pol)	-	-	74 $\pm$ 26	4 $\pm$ 1
<i>Aricidea</i> sp.2 (Pol)	9 $\pm$ 14	6 $\pm$ 6	2 $\pm$ 2	-
<i>Hemipodus olivieri</i> (Pol)	2 $\pm$ 2	2 $\pm$ 3	2 $\pm$ 2	1 $\pm$ 1
<i>Excirrolana armata</i> (Crus)	98 $\pm$ 22	22 $\pm$ 6	67 $\pm$ 6	75 $\pm$ 7
<i>Tholozodium rhombofrontalis</i> (Crus)	65 $\pm$ 14	107 $\pm$ 9	266 $\pm$ 11	1986 $\pm$ 169
<i>Macrochiridothea giambiageae</i> (Crus)	-	-	21 $\pm$ 7	2 $\pm$ 2
<i>Talorchestia tucuaruna</i> (Crus)	-	1 $\pm$ 1	31 $\pm$ 31	28 $\pm$ 17
<i>Platorchestia monodi</i> (Crus)	26 $\pm$ 20	23 $\pm$ 28	-	-
<i>Phoxophalopsis</i> sp. (Crus)	1 $\pm$ 1	-	510 $\pm$ 169	329 $\pm$ 102
<i>Bathyporeiapus ruffoi</i> (Crus)	15 $\pm$ 4	2 $\pm$ 1	156 $\pm$ 83	637 $\pm$ 124
<i>Metamysidopsis neritica</i> (Crus)	5 $\pm$ 1	5 $\pm$ 2	-	40 $\pm$ 16
<i>Donax hanleyanus</i> (Moll)	-	-	4 $\pm$ 2	5 $\pm$ 4
<i>Donax gemmula</i> (Moll)	-	-	5 $\pm$ 3	9 $\pm$ 5
Outros	3 $\pm$ 1	8 $\pm$ 1	7 $\pm$ 8	28 $\pm$ 24

**Tabela 5.6)** Contribuição individual das espécies para a dissimilaridade média ( $\delta$ ) entre as praias estuarinas e oceânicas durante o período de inverno, organizadas por ordem de importância com um corte de 75%.

Espécies	$\delta$	$\delta/DP$	Contribuição (%)	Cumulativa (%)
<i>Tholozodium rhombofrontalis</i>	11,8	1,6	18,1	18,1
<i>Phoxophalopsis</i> sp.	11,6	3,7	17,7	35,8
<i>Bathyporeiapus ruffoi</i>	9,2	2,4	14,1	49,9
<i>Scolecipis goodbodyi</i>	7,1	1,2	10,8	60,8
<i>Euzonus furciferus</i>	3,2	1,5	4,9	65,7
<i>Talorchestia tucuaruna</i>	2,7	1,8	4,1	69,7
<i>Platorchestia monodi</i>	2,6	2,2	3,9	73,7
<i>Macrochiridothea giambiageae</i>	1,8	1,5	2,8	76,4

De acordo com os resultados da ACC, tanto no período de verão quanto de inverno, somente as variáveis “RTR”, “Largura” e “Declividade (expresso em 1/declividade)” contribuíram de forma significativa para o modelo, sendo ainda que juntas, essas variáveis explicaram acima de 80% da variância total apresentada pelos dados da macrofauna em ambos os períodos (Tabela 5.9). A partir dos diagramas da ACC (Figura 5.5) podemos observar um padrão semelhante para ambos os períodos amostrados, onde as praias oceânicas foram correlacionadas com maiores valores de largura e menores declividades e baixos valores de RTR (lado esquerdo dos diagramas), enquanto que numa situação oposta, encontram-se as praias estuarinas (lado direito). Com relação aos organismos, espécies como os poliquetas *Orbinia* sp. e *Euzonus furciferus*, os moluscos *Donax hanleyanus* e *D. gemmula*, os anfípodas *Phoxocephalopsis* sp., *Talorchestia tucurauna* e *Bathyporeiapus ruffoi* e o isópoda *Macrochiridothea giambiageae* foram associadas às praias oceânicas, enquanto que o poliqueta *Scolelepis chilensis* e o anfípoda *Platorchestia monodi*, às estuarinas (Figuras 5.5).

**Tabela 5.7)** Sumário da ACC indicando a contribuição de cada variável física quando adicionada ao modelo para a explicação da variância total dos dados biológicos.

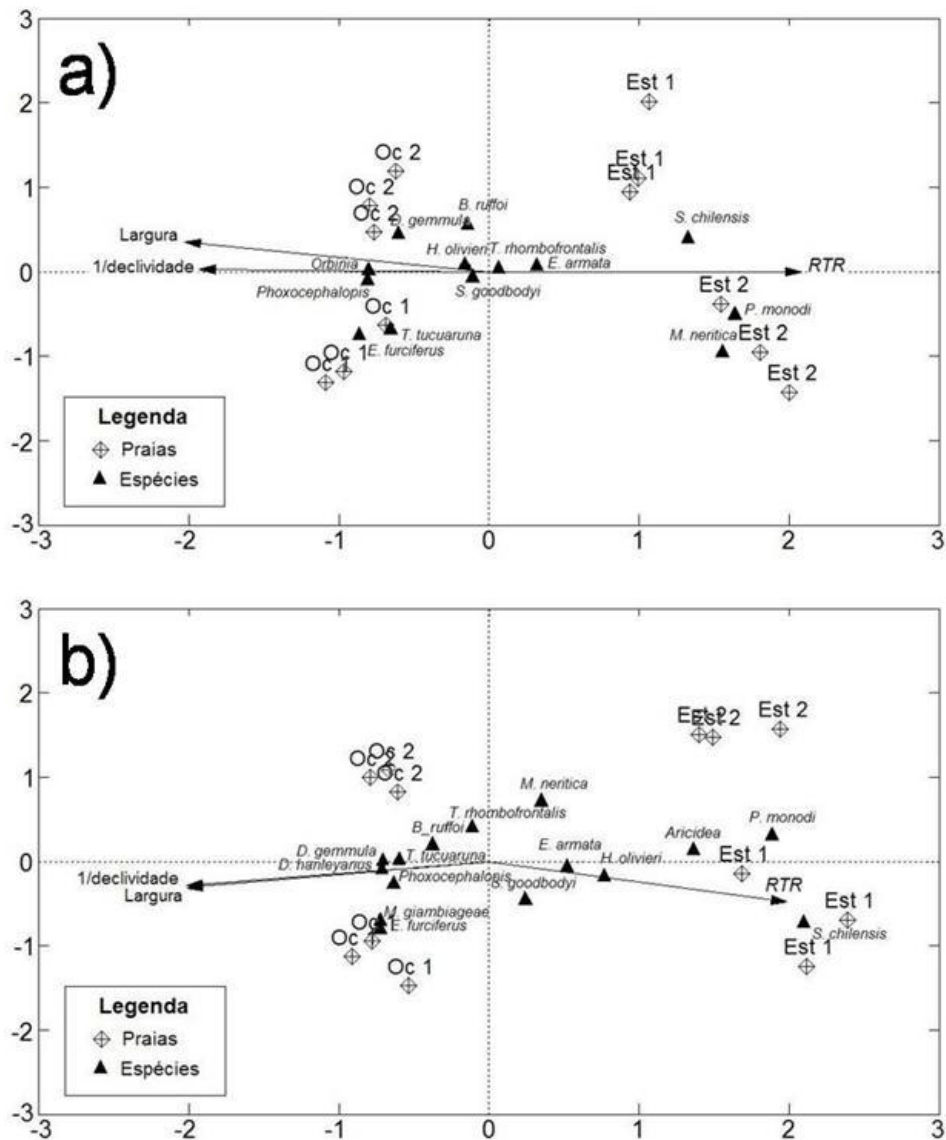
Verão		Inverno	
Variáveis	Explicação (%)	Variáveis	Explicação (%)
RTR	54,3	Largura	44,9
RTR+Largura	70,3	Largura+RTR	68,1
RTR+Largura+1/Declividade	86,3	Largura+RTR+1/Declividade	81,2

## DISCUSSÃO

As principais alterações observadas no ambiente físico entre as praias oceânicas e as estuarinas foram a redução no regime de ondas (tamanho e período de incidência) e o aumento da influência da maré sobre os processos morfodinâmicos dominantes



(aumento nos valores de RTR) em direção ao interior do estuário, os quais foram seguidos por uma redução na largura e aumento na declividade da face praial nas praias estuarinas. Exceto pela homogeneidade apresentada pelo sedimento (i.e., areia fina), as mudanças morfológicas apresentadas das praias oceânicas para as estuarinas são condizentes com aquelas observadas num contínuo dissipativo/refletivo (*sensu* Wright & Short 1984, Short 1996). Reduções nos valores dos índices morfodinâmicos, especialmente  $\Omega$ , também indicam o aumento de condições mais refletivas em direção ao estuário.



**Figura 5.4)** Diagramas da ACC mostrando as relações entre as variáveis abióticas (setas), as praias estuarinas (Est) e oceânicas (Oc) e as espécies macrofaunais durante o verão (a) e o inverno (b) de 2005

O número total de espécies, a densidade e a abundância da macrofauna também reduziram de forma significativa das praias oceânicas para as estuarinas. Segundo a ACC, diferenças na composição da macrofauna entre os dois tipos de praias foram correlacionadas com a largura e a declividade da face praial e com os valores de RTR. Num primeiro momento, tais diferenças apresentadas pelos descritores da comunidade podem ser resultantes da redução da área intermareal. O número de espécies numa comunidade está diretamente correlacionado com a área ocupada por esta. Essa relação número de espécies-área é bem documentada para uma grande variedade de habitats (Arrhenius 1921, MacArthur & Wilson 1967) e tem recentemente sido verificada para os ambientes de praias arenosas (McLachlan & Dorvlo 2007), onde se confirmou a tendência do número de espécies aumentarem positivamente com a largura da praia.

Já para os dados de abundância, algumas considerações devem ser feitas antes de analisarmos as diferenças observadas entre as praias. Uma vez que o padrão de distribuição dos organismos ao longo do intermareal é altamente dinâmico, contraindo-se ou expandindo-se em decorrência das variações impostas por um ciclo de maré, sazonalidade climática ou decorrente de outros processos de migrações, os valores de densidade também podem sofrer drásticas flutuações em decorrência de tais processos (McLachlan & Brown 2006). Como alternativa, muitos autores vêm comumente utilizando a abundância linear como única estimativa do tamanho populacional, uma vez que a partir do seu cálculo, o tamanho de uma população poderá ser comparado em diferentes situações dentro de uma mesma praia ou entre praias com diferentes dimensões (Ansell *et al.* 1972, Mello 2006, Matuella *et al.* 2007). No entanto, como a abundância é calculada interpolando os valores de densidade nos pontos amostrais e as distâncias entre eles, os resultados são altamente dependentes da largura da área amostrada e, dessa forma, maiores valores tendem a ocorrerem em áreas maiores, onde os

pontos amostrais são distribuídos mais espaçadamente. Entretanto, os valores de densidade também foram significativamente maiores nas praias oceânicas comparadas com as estuarinas, indicando que as diferenças observadas para a abundância não são resultantes de um artefato metodológico. Conforme salientado por McLachlan & Brown (2006), as mudanças na abundância da macrofauna não são uma simples resposta ao aumento da largura da praia em direção a condições dissipativas, uma vez que, enquanto a largura da praia duplicou de tamanho, a abundância da macrofauna nas praias oceânicas foram, no mínimo, 6 vezes maiores do que nas estuarinas.

Além da redução da área, baixos valores de riqueza e de abundância registrados nas praias oceânicas refletivas são geralmente associados às condições mais rigorosas nesse tipo de ambiente, promovido pelo aumento no tamanho do sedimento e pelo forte fluxo hidráulico imposto pelos processos da zona de varrido (ver Wright & Short 1984, McLachlan & Brown 2006). Embora as praias estuarinas tenham apresentado um perfil do tipo refletivo, elas foram compostas por sedimentos finos, semelhantes aos das praias oceânicas. Os baixos valores de riqueza e de densidade da macrofauna observados nessas praias de baixa energia são provavelmente resultantes da redução de habitats bem como da ausência de algumas condições específicas como uma zona de varrido bem desenvolvida. A ação de pequenas ondas sobre praias estreitas e bem inclinadas limitam a formação de zonas de varridos bem desenvolvidas. Conseqüentemente, o menor número de espécies nas praias estuarinas provavelmente é resultante da exclusão de organismos dependentes das zonas de varrido tais como o anfípoda *Phoxocephalopsis* sp. e o migrador mareal *Donax hanleyanus*.

Por outro lado, maior número de espécies nas praias oceânicas pode ser reflexo da expansão na distribuição dos organismos da zona de surfe (infralitoral) para as

regiões intermareais inferiores da praia, como comumente observado em praias expostas dissipativas (Borzzone *et al.* 1996, McLachlan & Brown 2006). As características morfológicas das praias oceânicas (i.e., face praial extensa e com declividades suaves) e o valor de  $\Omega$  obtido para a “Oc 2” durante o inverno condizem com condições dissipativas e, a presença de organismos como *Donax gemmula*, *Macrochiridothea giambiageae*, *Orbinia* sp. e *Bathyporeiapus ruffoi* nessas praias corroboram com a hipótese supracitada.

As praias estuarinas analisadas, devido a sua localização próxima a canais, estão sujeitas a fortes correntes de maré, as quais afetam significativamente a morfologia da praia, inibindo a formação das planícies intermareais e promovendo a retração paralela da face praial (ver Capítulo 1). As perturbações promovidas pelas fortes correntes de maré também afetam negativamente a fauna, limitando tanto o número de espécie quanto a densidade dos organismos capazes de tolerar tais condições (Matuella 2004).

Os nossos resultados indicaram também uma correlação negativa entre os descritores da comunidade e os valores de RTR, onde baixos valores de número de espécies e de densidade foram associados com elevados valores de RTR. Entre uma série de praias intermediárias, a tendência de um maior número de espécies ocorrerem em locais com maiores valores de RTR (Rodil & Lastra 2004) têm sido equivocadamente citada como uma evidência dos efeitos da amplitude de maré sobre a estrutura da macrofauna das praias arenosas (McLachlan & Brown 2006). A maré é um importante fator determinando tanto a largura da zona intermareal quanto o tempo de ação das ondas ao longo do perfil praial, sendo que o aumento da amplitude da maré favorece o surgimento de condições mais dissipativas nas praias (Masselink & Short 1993), o que poderia favorecer um aumento tanto no número de espécies como na

abundância (McLachlan & Dorvlo 2005, McLachlan & Brown 2006).

O RTR foi concebido para indicar a importância relativa das ondas e da maré na morfodinâmica praial (Masselink & Short 1993, Short 1996). A partir desse índice, todos os ambientes praias podem ser classificados como dominados por onda ( $RTR < 3$ ) ou dominados por maré ( $RTR > 15$ ), sendo que valores intermediários ( $3 < RTR < 15$ ) correspondem às praias modificadas por maré (Masselink & Short 1993, Short 1996). Sendo o RTR resultante da razão entre a altura da onda e a amplitude de maré, elevados valores podem ser obtidos com o aumento da amplitude da maré ou em função da redução do tamanho das ondas dentro de uma área sob o mesmo regime mareal.

No entanto, contrariando os resultados de Rodil & Lastra (2004), no presente trabalho foi observado uma relação inversa entre os valores de RTR e o número de espécies, embora em ambos os casos, as praias tenham sido classificadas como intermediárias e o aumento nos valores de RTR ter sido resultante da redução no tamanho das ondas, uma vez que as praias comparadas estavam sobre a influência da mesma amplitude de maré. Tais contradições ressaltam a necessidade de uma reavaliação sobre a utilização do RTR como indicador dos efeitos da amplitude de maré sobre a estrutura da macrofauna nas praias arenosas, uma vez que, conforme observado aqui, as praias estuarinas são morfologicamente distintas das praias macromareais oceânicas, embora ambas compartilhem de elevados valores de RTR.

Mudanças na morfologia das praias bem como na estrutura da macrofauna intermareal observadas entre as praias oceânicas e estuarinas foram similares as alterações descritas entre praias oceânicas dissipativas e refletivas, muito embora os baixos valores de número de espécies, de densidade e de abundâncias observados nas praias estuarinas sejam resultantes da redução de habitat disponível do que devido a

aumento de condições mais severas impostas pelas mudanças granulométricas e pelo aumento no fluxo hídrico na zona de varrido, comumente descritos para as praias refletivas oceânicas. Por outro lado, as reduções nos valores dessas variáveis biológicas em direção ao interior do estuário, contradizem a idéia de que as praias abrigadas comportam uma fauna mais rica e densa do que os ambientes expostos (McLachlan 1980, Dexter 1992, Jaramillo & McLachlan 1993, McLachlan *et al.* 1993, 1996, Amaral *et al.* 2003, Rodil & Lastra 2004). Da mesma forma, embora crustáceos e poliquetas tenham sido os grupos taxonômicos dominantes, as diferenças na dominância entre as praias foram desprezíveis e não condizentes com as mudanças previamente descritas ao longo de um gradiente de exposição (ver Dexter 1983).

## **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

Aluizio, R. 2007. **Análise comparativa da fauna associada às linhas de detritos em duas praias estuarinas da Ilha do Mel (Paraná-Brasil)**. Dissertação de Mestrado. Curitiba, Universidade Federal do Paraná, 59p.

Amaral, A. C. Z.; Denadai, M. R.; Turra, A. & Rizzo, A. E. 2003. Intertidal macrofauna in Brazilian subtropical tide-dominated sandy beaches. **Journal of Coastal Research SI** 35: 446-455.

Ansell, A. D.; Sivadas, P.; Narayanan, B.; Sankaranarayanan, V. N. & Trevalion A. 1972. The ecology of two sandy beaches in southwest India. I. Seasonal changes in physical and chemical factors, and in the macrofauna. **Marine Biology** 17: 38-62

Arrhenius, O. 1921. Species and area. **Journal of Ecology** 9: 95-99.

Borzone, C. A.; Souza, J. R. B. & Soares, A. G. 1996. Morphodynamic influence on the structure of inter and subtidal macrofaunal communities of subtropical sandy beaches.

**Revista Chilena de Historia Natural** 69: 565-577.

Clarke, K. R. & Warwick, R. M. 1994. **Changes in marine communities: an approach to statistical analyses and interpretation**. Plymouth, Natural Environment Research Council. 144 p.

Dean, R. G. 1973. Heuristic models of sand transport in the surf zone. **Proceeding of the Conferences on engineering dynamics in the surf zone**. Sydney, NSW. p. 208-214.

Defeo, O. & McLachlan, A. 2005. Patterns, process and regulatory mechanisms in sandy beach macrofauna: a multi-scale analysis. **Marine Ecology Progress Series** 295: 1-20.

Dexter, D. M. 1983. Community structure of intertidal sandy beaches in New South Wales, Australia, p. 461-472. In: McLachlan, A. & T. Erasmus (Eds.). **Sandy Beaches as Ecosystems**. The Hague, Dr W. Junk.

Dexter, D. M. 1992. Sandy beach community structure: the role of exposure and latitude. **Journal of Biogeography** 19: 59–66.

Gibbs, R. J.; Matthews, M. D. & Link, D. A. 1971. The relationship between sphere size and settling velocity. **Journal of Sedimentary and Petrology** 41: 7-18.

Incera, M.; Lastra, M. & López, J. 2006. Effect of swash climate and food availability on sandy beach macrofauna along the NW coast of the Iberian Peninsula. **Marine Ecology Progress Series** 314: 25-33.

Lana, P. C.; Marone, E.; Lopes, R. M. & Machado, E. C. 2001. The Subtropical Estuarine Complex of Paranaguá Bay, Brazil, p. 131-145. In: U. Seeliger & B. Kjerfve (Eds.). **Coastal Marine Ecosystems of Latin America**. Berlin, Springer-Verlag, XX+360p.

MacArthur, R. & Wilson, E. O. 1967. **The theory of island biogeography**. New Jersey, Princeton University Press, 203 pp.

Marone, E. & Jamiyanaa, D. 1997. Tidal characteristics and a numerical model for the  $M_2$  tide at the estuarine complex of the Bay of Paranaguá, Paraná, Brazil. **Nerítica** 11: 95-107.

Masselink, G. & Short, A. D. 1993. The effect of tide range on beach morphodynamics and morphology: a conceptual beach model. **Journal of Coastal Research** 9: 785-800.

Matuella, B. A. 2004. **Comparação da macrofauna bentônica em duas praias estuarinas do Complexo Estuarino da Baía de Paranaguá, com e sem formação de planície de maré**. Trabalho de conclusão de curso, Ciências Biológicas. Curitiba, Universidade Federal do Paraná.

Matuella, B. A.; Borzone, C. A.; Rosa, L. C. & Aluizio, R. 2007. Impacto de um derramamento de óleo sobre a macrofauna de duas praias estuarinas da Ilha do Mel, PR. In: XI Latino Americano de Ciências del Mar, 2007, Florianópolis, SC. **Anais...** Congresso Latino Americano de Ciências del Mar, Florianópolis – SC, Brasil.

McLachlan, A. 1980. The definition of sandy beaches in relation to exposure: simple rating system. **South African Journal of Science** 76: 137–138.

McLachlan, A. & Brown, A. 2006. **The ecology of sandy shores**. San Diego, Academic



Press. XII+373p.

McLachlan, A.; De Ruyck, A. & Hacking, N. 1996. Community structure on sandy beaches: patterns of richness and zonation in relation to tide range and latitude. **Revista Chilena de Historia Natural** 69: 451–467.

McLachlan, A. & Dorvlo, A. 2007. Species-area relationships for sandy beach macrobenthos in context of intertidal width. **Oceanologia** 49: 91-98.

McLachlan, A.; Jaramillo, E.; Donn, E. & Wessels, F. 1993. Sandy beach macrofauna communities and their control by the physical environment: a geographical comparison. **Journal of Coastal Research** 15: 27–38.

Mello, C. A. 2006. **Estudo comportamental do caranguejo fantasma *Ocypode quadrata* (Fabricius, 1787) em praias estuarinas da Baía de Paranaguá, Paraná, BR.** Trabalho de conclusão de curso, Oceanografia. Pontal do Paraná, Universidade Federal do Paraná. 50p.

Noy-Meir, I. 1979. Structure and function of desert ecosystems. **Israel Journal of Botany** 28: 1-19.

Rodil, I. F. & Lastra, M. 2004. Environmental factors affecting benthic macrofauna along a gradient of intermediate sandy beaches in northern Spain. **Estuarine, Coastal and Shelf Science** 61: 37-44.

Rodil, I. F.; Lastra, M. & López, J. 2007. Macroinfauna community structure and biochemical composition of sedimentary organic matter along a gradient of wave exposure in sandy beaches (NW Spain). **Hydrobiologia** 579: 301-316.

Rosa, L. C.; Aluizio, R. & Borzone, C. A. 2007. Talitridae (Amphipoda, Crustacea) nas praias estuarinas da Baía de Paranaguá, sul do Brasil: distribuição espacial e abundância. **Brazilian Journal of Aquatic Science and Technology** 11: 37-41.

Short, A. D. 1996. The role of wave height, period, slope, tide range and embaymentisation in beach classifications: a review. **Revista Chilena de Historia Natural** 69: 589-604.

Suguio, K. 1973. **Introdução à sedimentologia**. EDUSP, São Paulo. 317p.

Tanner, W. F. 1995. **Environmental clastic granulometry**. Florida Geological Survey, Special Publication n° 40. 163p.

ter Braak, C. J. F. 1986. Canonical correspondence analysis: a new eigenvector technique for multivariate direct gradient analysis. **Ecology** 67: 1167-1179.

Underwood, A. J. 1997. **Experiments in Ecology. Their logical design and interpretation using analysis of variance**. Cambridge University Press, Cambridge, 504p.

Wright, L. D. & Short, A. D. 1984. Morphodynamic variability of surf zones and beaches: a synthesis. **Marine Geology** 56: 93-118.

---

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

---

A Baía de Paranaguá abriga uma significativa quantidade de praias arenosas estuarinas, as quais são caracterizadas por uma estreita e íngreme face praial (porção superior) seguida por uma extensão planície na porção inferior. Marcadas diferenças granulométricas ao longo da baía refletiram, essencialmente, a origem das fontes de sedimento que compõem esses dois subambientes. Como característico de ambientes de baixa-energia, ondas de pequeno tamanho ( $< 0,25\text{m}$ ) e período curto ( $< 5\text{s}$ ) caracterizaram o regime de onda atuante nesses ambientes.

O contínuo aporte de detrito, característico de praias estuarinas, favoreceu a presença de assembléia de anfípodes talitrídeos bem representativa e abundante nas praias estuarinas da Baía de Paranaguá. A salinidade e as características granulométricas do sedimento parecem ser os principais fatores controlados da comunidade bentônica nessas praias estuarinas. No entanto, a confirmação dos efeitos desses fatores sobre a comunidade necessitaria ser confirmada através de outros estudos temporais (mais replicações) e/ou de estudos experimentais.

Tanto a morfologia do ambiente quanto a estrutura da macrofauna associada às praias localizadas próximas a desembocadura apresentaram algumas diferenças relacionadas a uma maior influência de ondas oceânicas refratadas. Os efeitos dessas ondas, bem como aquelas geradas pelo constante tráfego de embarcações (principalmente navios em direção ao porto), sobre a morfodinâmica praial e sobre a comunidade deverão ser analisados em estudos futuros.

Os padrões de variação temporal da morfodinâmica praial e da comunidade bentônica

nas praias estuarinas necessitam ser analisados.

A redução de área e de habitats favoráveis resultaram num baixo número de espécies, de densidade e de abundância da macrofauna nas praias estuarinas (protegidas) comparado com os valores registrados nas praias oceânicas (expostas).

Nessa tese, somente a porção superior (face praial) foi considerada como o ambiente de praia propriamente dito. Conseqüentemente, muito dos padrões descritos aqui foram diferentes daqueles descritos por autores que consideraram os dois subambientes (face praial e planície) como um único ambiente praial.