



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA - UNESP
INSTITUTO DE BIOCÊNCIAS

Tese de Doutorado

***Estudo da fauna aquática associada à vegetação
do mangue do Rio da Fazenda, Ubatuba (SP),
através de experimentos de manipulação***

Michéle de Oliveira Dias Alves Corrêa

Botucatu - SP
2008

Universidade Estadual Paulista – UNESP
Instituto de Biociências
Curso de Pós-Graduação em Ciências Biológicas
Área de Concentração: Zoologia

**Estudo da fauna aquática associada à vegetação do
mangue do Rio da Fazenda, Ubatuba (SP), através de
experimentos de manipulação**

Michéle de Oliveira Dias Alves Corrêa

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Virgínia Sanches Uieda

Tese apresentada ao Instituto de Biociências da
Universidade Estadual Paulista – UNESP,
Campus de Botucatu, SP, como parte dos
requisitos para obtenção do Título de Doutor
em Ciências Biológicas – Área de
concentração: Zoologia.

Botucatu – SP

2008

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA SEÇÃO TÉCNICA DE AQUISIÇÃO E TRATAMENTO
DA INFORMAÇÃO
DIVISÃO TÉCNICA DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - CAMPUS DE BOTUCATU - UNESP
BIBLIOTECÁRIA RESPONSÁVEL: SELMA MARIA DE JESUS

Corrêa, Michele de Oliveira Dias Alves.

Estudo da fauna aquática associada à vegetação do mangue do Rio da Fazenda, Ubatuba (SP) através de experimentos de manipulação / Michele de Oliveira Dias Alves Corrêa. – Botucatu : [s.n.], 2008.

Tese (doutorado) – Universidade Estadual Paulista, Instituto de Biociências de Botucatu 2007.

Orientadora: Virgínia Sanches Uieda

Assunto CAPES: 20502001

1. Peixe - População - Ubatuba (SP) Peixe - Habitat
CDD 597

Palavras-chave: Colonização; Distribuição espacial; Distribuição sazonal;
Macroinvertebrados; Substrato artificial.

HUMILDADE

Um senhor de 70 anos viajava de trem tendo ao seu lado um jovem universitário, que lia o seu livro de ciências. O senhor, por sua vez, lia um livro de capa preta. Foi quando o jovem percebeu que se tratava da Bíblia, e estava aberta no livro de Marcos. Sem muita cerimônia o jovem interrompeu a leitura do velho e perguntou:

-Senhor ainda acredita neste livro cheio de fábulas e crendices?

-Sim. Mas não é um livro de crendices é a Palavra de Deus. Estou errado?

-Claro que está! Creio que o senhor deveria estudar a história geral. Veria que a Revolução Francesa, ocorrida a mais de 100 anos, mostrou a miopia da religião. Somente pessoas sem cultura ainda crêem que Deus criou o mundo em seis dias. O senhor deveria conhecer um pouco mais sobre o que os cientistas dizem sobre isso.

-É mesmo? E o que dizem os cientistas sobre a Bíblia?

-Bem, respondeu o universitário, vou descer na próxima estação, mas deixe o seu cartão que eu lhe enviarei o material pelo correio.

O velho então, cuidadosamente, abriu o bolso interno do paletó, e deu o cartão ao universitário. Quando o jovem leu o que estava escrito saiu cabisbaixo se sentindo pior que uma ameba. O cartão dizia:

- “Louis Pasteur, Diretor do Instituto de pesquisas Científicas da École Normale de Paris”.

“Um pouco de ciência nos afasta de Deus. Muito, nos aproxima”.

Louis Pasteur

AGRADECIMENTOS ESPECIAIS

À Deus Pai que nos criou, ao Filho que nos remiu e ao Espírito Santo que nos santifica.

À minha família, que sempre me apoiou e acreditou em mim.

À Prof. Dra. Virgínia, que acreditou e confiou em mim, pelo acolhimento e exemplo de profissional e dedicação, e pela ORIENTAÇÃO!!!!!!

AGRADECIMENTOS

À FAPESP, pela concessão da bolsa de estudo (Proc. 03/08314-2) imprescindível para a realização deste trabalho.

Ao Núcleo Picinguaba por aceitar o desenvolvimento do meu trabalho dentro desta Área de Preservação.

A Alaíde Guessner e Adriana Jorcín pelo auxílio na identificação das larvas de Chironomidae, Ana M. P. S. Vanin na identificação de Isopoda e Kátia C. dos Santos na identificação de Tanaidacea.

A Mariana e Renata, hoje e sempre grandes amigas!!!!

Às amigas (irmãs) Bruna e Roberta o meu muito obrigado por tudo!!!!!! Conversas, baladas e principalmente pelo respeito sempre indispensável em qualquer relação.

Aos amigos Ariane, Aniele, Denise Castro, Emerson, Jaqueline, Juliana, Patrícia, Marisa e Mônica, que sempre vão fazer parte da minha vida.

Ao meu irmão Ataliba pela ajuda nos mapas, e minha cunhada Tânia pelas conversas produtivas e incentivadoras.

Aos amigos do laboratório, Emerson, Fernando (Xilique), Marisa, Patrícia, Rose e Tamara (Babalu).

A Hamilton, Emerson e Tamara pelo auxílio nos trabalhos de campo.

A Juliana, secretária do Departamento de Zoologia, meu agradecimento especial pela ajuda sempre indispensável.

Aos funcionários da Pós-Graduação, Sérgio, Lú e Maria Helena.

Ao Prof. Raoul Henry pelo empréstimo da caminhonete durante os trabalhos de campo e pelas sugestões no trabalho prévio de colonização.

ÍNDICE

Resumo	1
Introdução Geral	3
Capítulo I - Composition of the aquatic invertebrate fauna associated to the mangrove vegetation of a coastal river, analyzed through a manipulative experiment.....	17
Capítulo II - Diet of the ichthyofauna associated with marginal vegetation of a mangrove forest in southeastern Brazil.....	37
Capítulo III - Colonização por macroinvertebrados em vegetação de mangue: variação na composição da fauna em função da salinidade e da estação do ano.....	67
Capítulo IV - Variação espacial e temporal na estrutura da comunidade de Chironomidae (Diptera) em um mangue do sudeste do Brasil.....	96
Conclusões Gerais	122

RESUMO

No presente trabalho, o objetivo foi analisar a composição da fauna presente nas raízes da vegetação de uma área de mangue, localizada no Parque Estadual da Serra do Mar, Núcleo Picinguaba. O estudo da fauna associada à vegetação do mangue se torna uma tarefa bastante complexa em função da riqueza de organismos aí encontrados e da grande influência das variações na salinidade sobre a colonização deste habitat. Uma metodologia apropriada para estudos desta natureza é a de manipulações experimentais, utilizando substratos artificiais que permitem uma padronização da estrutura e tamanho das amostras e do tempo de exposição à colonização, possibilitando assim, ao controlar estas variáveis, testar a influência de variáveis ambientais sobre a colonização das áreas amostradas. Para tanto, no presente trabalho foram realizados experimentos de manipulação em duas estações do ano (seca e chuvosa) e em três trechos de salinidade diferente (alta, intermediária e baixa) com o objetivo de analisar possíveis alterações sazonais e espaciais na composição da fauna aquática que utiliza a vegetação do mangue como local de abrigo e/ou de alimentação. Para alcançar o objetivo inicialmente proposto foi: (1) testada a eficiência do substrato artificial como local para colonização por invertebrados, (2) analisada a influência da salinidade e da sazonalidade sobre a composição da comunidade de invertebrados, (3) analisadas quais as espécies de peixes que fazem uso desta vegetação como local de alimentação e/ou abrigo. Para testarmos a eficiência do substrato artificial, a composição da fauna presente nas raízes dos galhos submersos da vegetação (substrato natural) foi comparada com a fauna amostrada em pedaços de corda de sisal (substrato artificial), instalados em três trechos de diferentes faixas de salinidade, perto da vegetação natural, e retirados depois de um período de 14 dias de colonização. Nos dois tipos de substrato foi amostrado um total de 12 grupos taxonômicos, representando três filos (Cnidaria, Annelida e Arthropoda). Os crustáceos, grupo mais diversificado, foram representados por Copepoda, Tanaidacea, Isopoda, Amphipoda e Decapoda. A região de salinidade alta apresentou maior abundância, com uma diminuição progressiva da abundância da salinidade alta para a baixa em ambos os substratos. Copepoda e Tanaidacea predominaram em ambos os substratos, embora o substrato artificial exibisse a maior abundância e riqueza destes dois grupos. Considerando a abundância relativa dos grupos taxonômicos nos dois substratos, a maioria dos grupos predominou no trecho de salinidade mais alta. As diferenças significativas de abundância na distribuição longitudinal foram

associadas à variação na salinidade e na complexidade do substrato. Utilizando o substrato artificial previamente testado, experimentos de colonização foram desenvolvidos nas estações seca e chuvosa para analisar a variação espacial e sazonal na composição da fauna associada à vegetação do mangue. Nestes experimentos de colonização foi amostrado um total de 11 grupos taxonômicos, representados pelos filos Cnidaria, Annelida e Arthropoda. Os insetos, representados principalmente por Diptera-Chironomidae foram o grupo mais abundante, totalizando 2.422 indivíduos (52%), com predomínio da tribo Chironomini. Os crustáceos compreenderam um grupo de artrópode tão diversificado e abundante quanto os insetos, com um total de 2.207 indivíduos amostrados (48%), sendo representados por Copepoda (Harpacticoida e Cyclopoida), Tanaidacea (Tanaidae), Isopoda (Sphaeromatidae e Munnidae), Amphipoda (Gammaridea) e Decapoda (Caridea e Brachyura). Analisando a distribuição sazonal e espacial dos macroinvertebrados, notamos a maior abundância dos grupos na estação chuvosa e no trecho de baixa salinidade. Durante os experimentos de colonização foram realizadas observações subaquáticas e coletas dos peixes associados à vegetação do mangue. A composição e a dieta da ictiofauna foram analisadas nos três trechos de salinidade e nas duas estações do ano. Os crustáceos predominaram na dieta da maioria das espécies, representados principalmente por Ostracoda e Tanaidacea. No mangue do Rio da fazenda, a grande diversidade de crustáceos constituiu uma importante fonte de alimento para a maioria das espécies de peixes, as quais ajustaram sua dieta em função de variações sazonais na oferta e em função das interações com outras espécies.

Palavras-chave: Colonização, Distribuição espacial, Distribuição sazonal, Macroinvertebrado, Substrato artificial.

INTRODUÇÃO GERAL

INTRODUÇÃO GERAL

Introdução e Justificativa

Os manguezais de regiões tropicais e subtropicais estão entre os ecossistemas mais produtivos, além de serem reconhecidos como importante berçário para as espécies de peixes jovens (Wright, 1986; Robertson & Duke, 1987; Chong et al., 1990; Jankowsky et al., 2006). Devido à sua elevada produtividade, os manguezais brasileiros são habitados por diversas espécies de plantas e animais, incluindo várias espécies de importância econômica (Mandura, 1997). As plantas dos manguezais constituem um grupo de aproximadamente 80 espécies halofíticas, adaptadas à sobrevivência em águas salinas (Dawes, 1999). Entre os fatores físicos, a temperatura, quantidade de partículas em suspensão, pH, salinidade e oxigênio dissolvido são considerados de grande importância para a distribuição dos organismos neste ecossistema (Sartori & Nogueira, 1998; Chaves & Bouchereau, 2000; Blanc et al., 2001).

Os manguezais são indiscutivelmente únicos em sua função como berçário e são utilizados por espécies de grande importância pesqueira (Laedsgaard & Johnson, 1995). Segundo Laedsgaard & Johnson (2001), as espécies de peixes jovens habitam as áreas de manguezais devido à heterogeneidade estrutural destes habitats, com menor risco de predação e, conseqüentemente, maior proteção, e pela maior disponibilidade de alimento.

A importância das regiões costeiras como berçário também para os peneídeos jovens tem sido associado com a viabilidade de comida e abrigo dos predadores (Boesch & Turner, 1984; Primavera, 1997). Alguns trabalhos também salientam o valor desse ecossistema não somente por sua função como berçário para espécies marinhas e estuarinas, mas também pela sua enorme importância como um habitat que fornece alimento e refúgio para uma fauna bastante diversificada e por seu papel no armazenamento e reciclagem de matéria orgânica e de nutrientes (Ronnback, 1999; Kaplowitz, 2001; Jankowsky et al., 2006).

Os efeitos dos fatores abióticos e bióticos nas taxas de predação sobre os invertebrados têm sido estudados intensivamente nos sistemas marinhos intertidais. Alguns trabalhos têm evidenciado que a intensidade de predação é mais baixa em habitats com vegetação, onde existe maior disponibilidade de alimento, sendo que áreas com grandes quantidades de algas mostram um nível mais baixo de predação do que áreas com menos biomassa (Bell & Westoby, 1986; Heck & Thoman, 1984; Micheli, 1996). Esta questão

tem sido levantada para explicar a alta densidade de animais entre as algas e o importante papel de berçário dos habitats vegetais (Heck & Thoman, 1981).

Estudos descritivos são um precursor necessário para analisar experimentalmente vários aspectos da biologia e ecologia dos organismos (Underwood et al., 2000). Poucos trabalhos experimentais foram desenvolvidos em regiões costeiras, podendo ser citados os trabalhos de Hulberg & Oliver (1980) em costão rochoso, de Heck & Thoman (1981) em habitats marinhos lodosos e de Fitzhugh & Fleeger (1985) em estuário. A maioria dos estudos sobre colonização tem sido realizada em ambientes de água doce, muitos utilizando substratos artificiais para verificar o movimento dos macroinvertebrados em novos habitats (v. Carvalho, 2003). Segundo Deutsch (1980), estudos sazonais, de curta ou longa exposição dos substratos, permitiriam determinar a taxa de colonização dos macroinvertebrados, quando e como a colonização ocorre, tanto quanto o tempo que o substrato permanece inabitado, ou seja, sem a ocorrência de visitantes após a colonização.

A conservação do manguezal é de grande importância para a manutenção da biodiversidade deste importante elo de ligação entre os corpos d'água continentais e o mar. Sua destruição pode inclusive prejudicar a pesca artesanal, não permitindo a realização de um de seus principais papéis, o de fornecedor de alimento. O município de Ubatuba vem sofrendo vários tipos de pressões em seus manguezais, como aterros, poluição, exploração de madeira, orquídeas e bromélias, pesca ilegal, além do assoreamento do leito dos rios. Por isso, é de extrema relevância o estudo da fauna associada à vegetação do mangue, pois poderemos destacar a importância desta vegetação como local de abrigo e alimentação e quais as espécies de peixes que dependem desta vegetação para seu desenvolvimento e permanência nesta região. Este estudo, além de ampliar os conhecimentos científicos sobre a estrutura dos manguezais, será uma importante contribuição para a Unidade de Conservação do Núcleo Picinguaba, onde será realizado o trabalho.

Objetivo da Tese de Doutorado

No presente trabalho, intitulado **“Estudo da fauna aquática associada à vegetação do mangue do Rio da Fazenda, Ubatuba (SP), através de experimentos de manipulação”**, o objetivo foi analisar a composição da fauna presente nas raízes da vegetação de uma área de mangue e sua variação espacial e sazonal. A área de estudo está localizada no Parque Estadual da Serra do Mar, Núcleo Picinguaba, uma importante área de preservação do litoral do Estado de São Paulo.

O estudo da fauna associada à vegetação do mangue se torna uma tarefa bastante complexa em função da riqueza de organismos aí encontrados e da grande influência das variações na salinidade sobre a colonização deste habitat. Uma metodologia apropriada para estudos desta natureza é a de manipulações experimentais, utilizando substratos artificiais que permitem uma padronização da estrutura e tamanho das amostras e do tempo de exposição à colonização, possibilitando assim, ao controlar estas variáveis, testar a influência de variáveis ambientais sobre a colonização das áreas amostradas. Para tanto, no presente trabalho foram realizados experimentos de manipulação em duas estações do ano (seca e chuvosa) e em três trechos de salinidade diferente (alta, intermediária e baixa) com o objetivo de analisar possíveis alterações sazonais e espaciais na composição da fauna aquática que utiliza a vegetação do mangue como local de abrigo e/ou de alimentação.

O trabalho de campo foi realizado no período de 2002 a 2005, envolvendo uma seqüência de vários experimentos de manipulação. Para alcançar o objetivo inicialmente proposto foi: (1) testada a eficiência do substrato artificial como local para colonização por invertebrados, (2) analisada a influência da salinidade e da sazonalidade sobre a composição da comunidade de invertebrados, (3) analisadas quais as espécies de peixes que fazem uso desta vegetação como local de alimentação e/ou abrigo.

As seguintes questões foram levantadas:

- (1) O substrato artificial criado é adequado para ser utilizado nos experimentos de manipulação, ou seja, permitiria a colonização por uma comunidade de invertebrados semelhante à encontrada na vegetação natural?
- (2) A composição da fauna aquática associada à vegetação do mangue varia em função de alterações na salinidade ao longo do mangue, ou seja, existiriam espécies resistentes a maiores valores de salinidade nos trechos mais próximos à foz?
- (3) A composição da fauna aquática associada à vegetação do mangue varia numa escala temporal, ou seja, ocorreriam mudanças na composição em função de alterações nas características do ambiente quando comparadas às estações seca e chuvosa?
- (4) A ictiofauna presente entre as raízes da vegetação do mangue utiliza este local somente como abrigo ou também explora a fauna aí presente como recurso alimentar?
- (5) Uma espécie de peixe carnívora, que utilize a vegetação tanto como local de alimentação quanto como abrigo e que tenha uma distribuição ampla, ou seja, ocorra em todos os trechos, independente da salinidade, poderia exercer uma forte pressão de predação sobre a comunidade de invertebrados que colonizam a vegetação submersa?

Etapas do desenvolvimento da Tese de Doutorado

Para analisar as possíveis variações espaciais e temporais na composição da fauna aquática associada à vegetação do mangue através de experimentos de manipulação era necessário testar previamente a adequação do substrato artificial montado. Isto pode ser realizado no período de 2002 e 2003, antes do ingresso no Programa de Doutorado, acompanhando uma equipe, liderada pela Profa. Dra. Virginia Sanches Uieda, que vinha desenvolvendo trabalhos em um estuário da região, financiados pela FAPESP (Projeto Temático - Proc. 00/12339-2). A partir de 2004, quando do ingresso na Pós-Graduação, os trabalhos de campo do projeto de doutorado passaram a ser custeados com a reserva técnica da bolsa FAPESP.

Depois de testado o substrato artificial, experimentos de colonização foram desenvolvidos em 2004 (julho e agosto) e 2005 (fevereiro e março) para analisar a variação espacial e sazonal na composição da fauna associada à vegetação do mangue. Dentre os grupos de invertebrados encontrados na vegetação do mangue, destacaram-se em abundância as larvas de Chironomidae. Assim, também foi realizada uma análise mais detalhada deste grupo, com identificação ao nível de gênero e análise de sua ocorrência por estação do ano e por trecho de salinidade.

Durante os experimentos de colonização foram realizadas observações subaquáticas e coletas dos peixes associados à vegetação do mangue. A composição e a dieta da ictiofauna foram analisadas nos três trechos de salinidade e nas duas estações do ano.

Tendo conhecido a composição da fauna e identificado a espécie de peixe a ser manipulada, ou seja, que tinha uma ampla distribuição, era abundante e se alimentava da fauna associada à vegetação, em julho de 2005 foi conduzido um experimento de inclusão/exclusão. A espécie *Lupinoblennius paivai* (Bleniidae) foi manipulada para verificar sua força de predação sobre os macroinvertebrados que colonizaram previamente o substrato artificial por um período de 4 dias. Porém, o experimento foi perdido, pois os peixes manipulados fugiram pela tela da estrutura experimental. A estrutura experimental foi modificada e o experimento foi repetido em outubro de 2005, porém desta vez utilizando uma espécie de Gobiidae, *Bathygobius soporator*, pois o bleniídeo não foi encontrado. Nesta segunda repetição novamente a maioria das réplicas foi perdida (o peixe fugiu ou morreu durante o experimento em seis das dez réplicas), não viabilizando o aproveitamento dos dados. Após duas tentativas sem sucesso, este experimento foi excluído do projeto, em função do prazo disponível para finalização dos trabalhos de campo, de laboratório, análise estatística dos dados e redação da tese.

Apresentação da Tese de Doutorado

Para facilitar a publicação dos resultados, a tese está sendo apresentada em capítulos. Os dois primeiros capítulos foram redigidos em inglês e correspondem a um trabalho já publicado e outro no prelo. Sua publicação antes da defesa ocorreu em função das justificativas apresentadas abaixo:

- a) estes capítulos apresentam resultados considerados periféricos no projeto de doutorado, ou seja, necessários para alcançar o objetivo central da tese;
- b) o teste para verificar a adequação do substrato artificial, que viria a ser utilizado para desenvolvimento dos trabalhos experimentais da tese, e as observações e análises da ictiofauna, para definição da espécie a ser utilizada no experimento de inclusão/exclusão, deram excelentes resultados;
- c) a publicação destes resultados antes da finalização do doutorado facilitaria sua citação durante a publicação dos trabalhos da tese, importante para justificar o tipo de substrato artificial utilizado e a escolha da espécie de peixe a ser manipulada;
- d) os resultados destes trabalhos foram apresentados nos relatórios da Bolsa FAPESP, tendo recebido várias críticas e sugestões do parecerista, as quais permitiram um importante crescimento na qualidade das publicações;
- e) a apresentação destas publicações no relatório final da Bolsa FAPESP reforçariam a boa utilização dos recursos financeiros recebidos.

Além de apreciados pelo parecerista FAPESP, estes trabalhos passaram pela apreciação dos pareceristas e dos editores das revistas onde foram submetidos à publicação. Apesar desta prévia apreciação, achamos adequada sua apresentação no corpo da Tese, como os dois primeiros capítulos, por permitir a compreensão do processo de desenvolvimento da mesma, mas principalmente por permitir à banca julgar a capacidade científica da candidata ao título de Doutor.

Abaixo é feita uma breve descrição dos capítulos de tal modo a permitir uma melhor compreensão do processo de desenvolvimento dos trabalhos.

Capítulo I - “Composition of the aquatic invertebrate fauna associated to the mangrove vegetation of a coastal river, analyzed through a manipulative experiment”.

Este capítulo apresenta os resultados do trabalho conduzido no período de 2002/2003, anterior ao início do doutoramento (ingresso no curso de Pós-Graduação em 2004). Este trabalho tinha por objetivo testar um substrato artificial adequado para o

posterior desenvolvimento do projeto de doutorado, o qual envolvia o estudo da composição da macrofauna colonizadora das raízes da vegetação marginal do mangue, utilizando manipulação experimental. Para tal, era necessário primeiramente testar o substrato que seria utilizado durante os experimentos de colonização, verificando sua eficiência em permitir a colonização por uma fauna semelhante à encontrada na vegetação natural do mangue, com a vantagem de permitir uma uniformização das réplicas quanto ao tamanho e estrutura do substrato e o tempo de colonização. O teste foi realizado através de três prévias, conduzidas no período de novembro/2002, fevereiro e maio/ 2003. No mês de novembro/2002 foram utilizadas como substrato artificial plantas de plástico, comumente usadas em aquário, presas aos galhos submersos da vegetação (Figura 1a) e instaladas no trecho a montante, tendo sido o experimento conduzido por um período de 48 horas. Para testarmos a eficiência deste substrato, foram coletadas ao mesmo tempo amostras da vegetação natural para análise (Figura 1b). Os resultados mostraram a não adequação deste tipo de substrato, visto que a fauna presente na vegetação natural não era semelhante à encontrada no substrato artificial. No mês de fevereiro/ 2003, repetimos o teste utilizando como substrato artificial pedaços de corda de sisal, presos a bóias coloridas para facilitar sua visualização (Figura 1c). Réplicas destes substratos foram amarradas aos galhos da vegetação natural, em três trechos de diferentes faixas de salinidade, e retiradas após um período de 14 dias de colonização, quando também foram coletadas amostras da vegetação natural. Como este experimento transcorreu sem problemas e as análises preliminares mostravam resultados satisfatórios, no mês de maio/2003 tentamos repetir o mesmo experimento para aumentar a amostragem, porém sem sucesso, pois ao final dos 14 dias de colonização encontramos todo o experimento fora d'água e soterrado por lama (Figura 1d). O período de 14 dias nos mostrou que experimentos de longa duração, ultrapassando o período de uma fase de lua, são difíceis de serem realizados, pois com as mudanças de maré ocorre grande alteração na estrutura do leito e das margens.

Porém, como a prévia realizada em fevereiro/2003 resultou em dados interessantes, os resultados foram organizados em um trabalho científico. Este trabalho permitiu não somente testar adequadamente o substrato a ser utilizado nos experimentos seguintes, mas também foi importante para meu amadurecimento em redação científica. O trabalho recebeu críticas e sugestões do parecerista da Bolsa de Doutorado FAPESP e de dois pareceristas da revista onde foi submetido, as quais foram bastante construtivas e possibilitaram uma grande melhora na qualidade do trabalho e também em minha formação científica. Apesar do trabalho já estar publicado (*Pan American Journal of*

Aquatic Science 3 (1): 23-31, 2008), o mesmo está sendo apresentado como o Capítulo I da tese, pois seus resultados foram importantes para o desenvolvimento dos demais experimentos.

Capítulo II - “Diet of the ichthyofauna associated with marginal vegetation of a mangrove forest in southeastern Brazil”.

Este trabalho foi realizado na estação seca (julho e agosto/2004) e chuvosa (fevereiro e março/2005). As espécies de peixes presentes entre os ramos da vegetação submersa foram analisadas através de observações subaquáticas e coleta, durante um período de cinco dias, no mesmo período e trechos onde foi instalado e conduzido o experimento de manipulação. Os exemplares coletados foram identificados e a análise do conteúdo estomacal das espécies de peixes foi finalizada em junho de 2005, quando iríamos conduzir o experimento de inclusão/exclusão com a espécie de peixe que melhor respondesse à pergunta inicial do projeto. Porém, o experimento foi perdido nas duas tentativas realizadas, pois os peixes manipulados fugiram pela tela da estrutura experimental ou morreram antes de finalizado o experimento. Porém, as observações e análises permitiram obter excelentes dados sobre a dieta das espécies de peixes associadas à vegetação, sendo o trabalho redigido e submetido à publicação na revista *Iheringia*. O trabalho foi aceito para publicação após incorporação de sugestões propostas pelo parecerista da revista, em maio-julho de 2007 (*Iheringia*, Ser. Zool., Porto Alegre, 97(4): 470-481, 2007).

Capítulo III - “Colonização por macroinvertebrados em vegetação de mangue: variação na composição da fauna em função da salinidade e da estação do ano”.

Este capítulo apresenta os resultados do trabalho de manipulação experimental onde foram utilizados substratos artificiais, previamente testados (Capítulo I). Este substrato foi montado com pedaços (7,5 cm) de corda de sisal, em estruturas semelhantes às raízes das plantas do mangue, instalados em cada uma das extremidades de um tubo de PVC de 50 cm de comprimento, sendo o tubo preso junto à vegetação marginal do mangue com arame (Figura 2a). O processo de colonização foi acompanhado por um período de cinco dias, em três trechos com diferentes faixas de salinidade (Figuras 2b, c e d) e durante as estações seca e chuvosa. Desta forma, o trabalho apresentado neste capítulo tem como objetivo identificar a fauna de macroinvertebrados aquáticos que colonizam a vegetação do

mangue do Rio da Fazenda e analisar as possíveis variações temporais (estação seca e chuvosa) e espaciais (em três trechos de salinidade) na composição desta fauna aquática.

Capítulo IV - “Variação espacial e temporal na estrutura da comunidade de Chironomidae (Diptera) em um mangue do sudeste do Brasil”.

Devido à escassez de trabalhos a respeito da composição da comunidade de Chironomidae em fauna de manguezais e seu importante papel como fonte de alimento para várias espécies de peixes desta região e demais regiões costeiras, decidimos dar um enfoque maior a esta comunidade, de grande abundância e diversidade dentro da fauna do mangue. As larvas de Chironomidae foram separadas e identificadas individualmente através da dissecação e visualização das diferentes estruturas existentes na cápsula cefálica e no corpo. O presente trabalho tem como objetivo ampliar os conhecimentos sobre a fauna de Chironomidae, estudando, através de um experimento de manipulação, a diversidade de taxa associados à vegetação submersa e analisando a possível influência da sazonalidade e da salinidade sobre a estrutura desta comunidade.



Figura 1. Etapas de desenvolvimento do trabalho utilizado para testar a eficiência do substrato artificial: (a) trecho a montante no mangue do Rio da Fazenda onde foi instalado o primeiro experimento com plantas de aquário em novembro/2002; (b) amostragem da vegetação natural retirada em novembro/2002 para a comparação com a fauna encontrada no substrato artificial; (c) detalhe do substrato artificial utilizado no experimento de colonização conduzido em fevereiro/2003; (d) detalhe do experimento de colonização que foi perdido e ficou soterrado na lama em maio/2003.



Figura 2. Desenvolvimento do trabalho utilizado para analisar a composição da fauna associada à vegetação do mangue do Rio da Fazenda: (a) substrato artificial preso aos galhos da vegetação natural; (b) detalhe do trecho de salinidade alta - a jusante, (c) do trecho de salinidade intermediária e (d) do trecho de salinidade baixa - a montante.

ÁREA DE ESTUDO

Este estudo foi desenvolvido no mangue do Rio da Fazenda ($23^{\circ}31' - 23^{\circ}34'S$, $45^{\circ}02' - 45^{\circ}05'W$), localizado no Parque Estadual da Serra do Mar, Núcleo Picinguaba. O Núcleo Picinguaba está localizado no município de Ubatuba, litoral norte do Estado de São Paulo. O Rio da Fazenda é um rio costeiro, com cerca de 6 Km de extensão, correndo inteiramente dentro do Parque Estadual da Serra do Mar, Núcleo Picinguaba. O trabalho foi realizado em três trechos do manguezal: um trecho a jusante, com salinidade alta, um trecho a montante, com salinidade baixa e um trecho de salinidade intermediária (Figura 3). A vegetação do mangue é composta principalmente por *Hibiscus pernambucensis* Arruda (Malvaceae), *Laguncularia racemosa* (L.) C. F. Gaertn. (Combretaceae) e *Eugenia* sp Linnaeus (Myrtaceae).

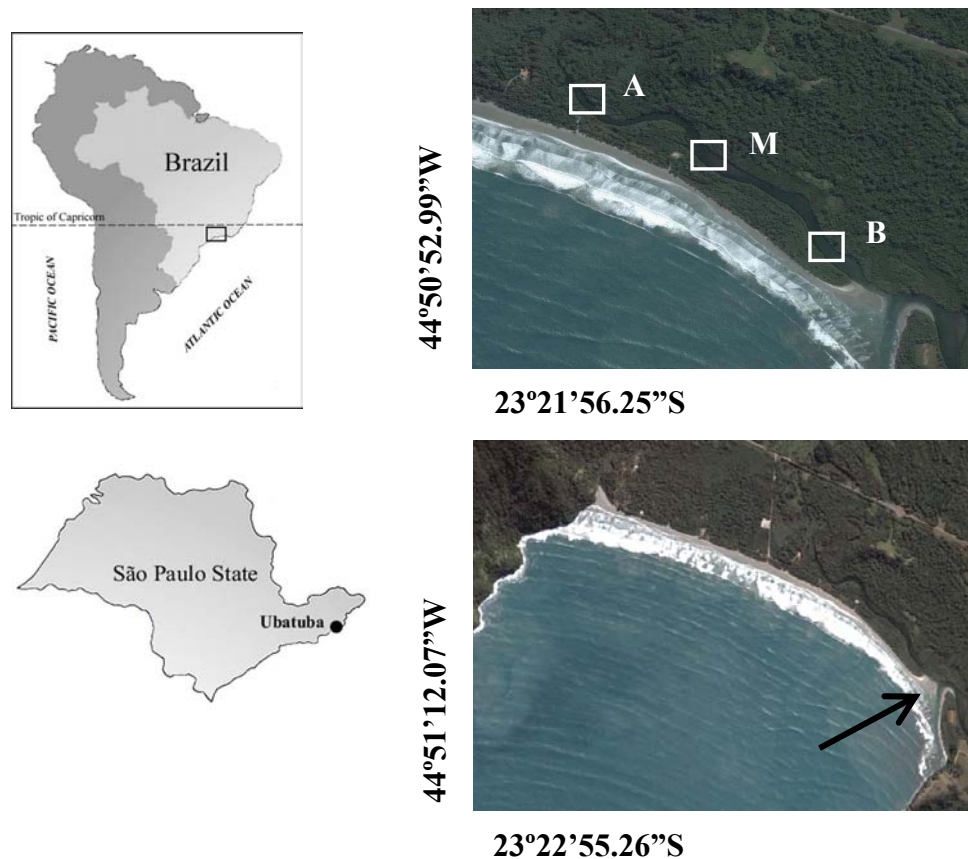


Figura 3. Mapas com a localização geral do Estado de São Paulo e município de Ubatuba e fotos de satélite (earth.google.com) mostrando a localização dos três trechos de salinidade onde foram realizados os trabalhos experimentais do mangue do Rio da Fazenda (A-Alta, M-Média, B-Baixa) e a localização (seta) de sua foz na Praia da Fazenda.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BELL, S.S. 1980. Meiofauna-macrofauna interactions in a high salt marsh habitat. **Ecological Monographs**, 50(4): 487-505.
- BELL, J.D. & M. WESTOBY. 1986. Abundance of macrofauna in dense seagrass is due to habitat preference, not predation. **Oecologia**, 68: 205-209.
- BLANC, L., C. ALIAUME, A. ZERBI & G. LASSERRE. 2001. Spatial and temporal co-structure analyses between ichthyofauna and environment: an example in the tropics. **Life Sciences**, 324: 635-646.
- BOESCH, D.F. & R.E. TURNER. 1984. Dependence of fishery species on salt marshes: the role of food and refuge. **Estuaries**, 7(4): 460-468.
- CARVALHO, E.M. 2003. **Movimentos de dispersão de macroinvertebrados durante o processo de colonização do substrato bentônico no Ribeirão da Quinta, Município de Itatinga, SP**. Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Botucatu. 115p.
- CHAVES, P. & J.L. BOUCHEREAU. 2000. Use of mangrove habitat for reproductive activity by the fish assemblage in the Guaratuba bay, Brazil. **Oceanologica acta**, 23(3): 273-280.
- CHONG, V.C., A. SASEKUMAR, M.U.C. LEH, & R.D. CRUZ. 1990. The fish and prawn communities of a Malaysian coastal mangrove system, with comparisons to adjacent mud flats and inshore waters. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, 31: 703-722.
- DAWES, C., K. SIAR & D. MARLETT. 1999. Mangrove structure, litter and macroalgal productivity in a northern-most forest of Florida. **Mangroves and Salt Marshes**, 3: 259-267.
- DEUTSCH, W.G. 1980. Macroinvertebrate colonization of acrylic plates in a large river. **Hydrobiologia**, 75: 65-72.
- FITZHUGH G.R. & J.W. FLEEGER. 1985. Goby (Pisces: Gobiidae) interactions with meiofauna and small macrofauna. **Bulletin of Marine Science**, 36(3): 436-444.
- HECK, Jr., K.L. & T.A. THOMAN. 1981. Experiments on predator-prey interactions in vegetated aquatic habitats. **Journal of Experimental Marine Biology and Ecology**, 53: 125-134.

- HECK, Jr., K.L. & T.A. THOMAN. 1984. The nursery role of seagrass meadows in the upper and lower reaches of the Chesapeake Bay. **Estuaries**, 7: 70-92.
- HULBERG, L.W. & J.S. OLIVER. 1980. Caging manipulations in marine soft-bottom communities: importance of animal interactions or sedimentary habitat modifications. **Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Science**, 37: 1130-1139.
- JANKOWSKY, M., J.S.R. PIRES & N. NORDI. 2006. Contribuição ao manejo participativo do caranguejo-uçá, *Ucides cordatus* (L., 1763), em Cananéia-SP. **Boletim do Instituto de Pesca**, 32 (2): 221-228.
- KAPLOWITZ, M.D. 2001. Assessing mangrove products and services at the local level: the use of focus groups and individual interviewers. **Landscape and Urban Planning**, 56: 53-60.
- LAEGDSGAARD, P. & C.R. JOHNSON. 1995. Mangrove habitats as nurseries: unique assemblages of juvenile fish in subtropical mangroves in eastern Australia. **Marine Ecology Progress Series**, 126: 67-81.
- LAEGDSGAARD, P. & C.R. JOHNSON. 2001. Why do juvenile fish utilize mangrove habitats? **Journal of Experimental Marine Biology and Ecology**, 257: 229-253.
- MANDURA, A.S. 1997. A mangrove stand under sewage pollution stress: Red Sea. **Mangroves and Salt Marshes**, 1: 255-262.
- ROBERTSON, A. I. & N.C. DUKE. 1987. Mangroves as nursery sites: comparisons of the abundance and species composition of fish and crustacean in mangroves and other nearshore habitats in tropical Australia. **Marine Biology**, 96: 193-205.
- RONNBACK, P. 1999. The ecological basis for economic value of seafood production supported by mangrove ecosystems. **Ecological Economics**, 29: 235-252.
- WRIGHT, J.M. 1986. The ecology of fish occurring in shallow water creeks of a Nigerian mangrove swamp. **Journal of Fish Biology**, 29: 431-441.
- MICHELI, F. 1996. Predation intensity in estuarine soft bottoms: between-habitat comparisons and experimental artifacts. **Marine Ecology Progress Series**, 141: 295-302.
- PRIMAVERA, J.H. 1997. Fish predation on mangrove-associated penaeids. The role of structures and substrate. **Journal of Experimental Marine Biology and Ecology**, 215: 205-216.
- SARTORI, L.P. & M.G. NOGUEIRA. 1998. Estudo limnológico na região estuarina dos rios Fazenda e Picinguaba. Parque estadual da serra do mar (Ubatuba, SP) com ênfase

na dinâmica dos nutrientes químicos. **Anais do IV Simpósio de Ecossistemas Brasileiros**, 1: 296-311.

UNDERWOOD, A.J., M.G. CHAPMAN & S.D. CONNELL. 2000. Observations in ecology: you can't make progress on processes without understanding the patterns. **Journal of Experimental Marine Biology and Ecology**, 250: 97-115.

CAPÍTULO I

COMPOSITION OF THE AQUATIC INVERTEBRATE FAUNA ASSOCIATED TO THE MANGROVE VEGETATION OF A COASTAL RIVER, ANALYZED THROUGH A MANIPULATIVE EXPERIMENT

Trabalho publicado: Corrêa, M. de O. D. A. & Uieda, V. S. 2008. Composition of the aquatic invertebrate fauna associated to the mangrove vegetation of a coastal river, analyzed through a manipulative experiment. *Pan American Journal of Aquatic Science Panamjas* 3(1): 23-31.

Composition of the aquatic invertebrate fauna associated to the mangrove vegetation of a coastal river, analyzed through a manipulative experiment

ABSTRACT

The present study analyzed the composition of the aquatic fauna associated to the mangrove forest in a southeastern Brazilian river. The composition of the macrofauna in the roots of the marginal vegetation located at three different salinity stretches was analyzed by sampling pieces of the submerged branches of the vegetation (natural substrate) and pieces of “sisal” rope (artificial substrate), installed close to the natural vegetation and sampled after a period of 14 colonization days. In both types of substrate, twelve taxonomic groups were sampled, representing three phyla (Cnidaria, Annelida and Arthropoda). The crustaceans, corresponding to the most diversified group, were represented by Copepoda, Tanaidacea, Isopoda, Amphipoda and Decapoda. The highest salinity stretch showed the highest abundance, with a progressive decrease from high to low salinity for both substrates. Copepoda and Tanaidacea predominated on both substrates, although the artificial substrate exhibited the highest total abundance and species richness. Considering the relative abundance of the taxonomic groups on both substrates, the majority of groups predominated in the highest salinity range. Significant differences on the longitudinal distribution of abundance were associated to the variation on salinity and with the complexity of the substrate.

Keywords: artificial substrate, colonization, macroinvertebrates, natural substrate, salinity stretches.

RESUMO

Composição da fauna de invertebrados aquáticos associados à vegetação de manguezal de um rio costeiro, analisada através de um experimento de manipulação.

No presente estudo foi analisada a composição da fauna aquática associada a um rio em um manguezal do sudeste do Brasil. A composição da macrofauna presente nas raízes da vegetação marginal foi estudada pela amostragem de pedaços dos galhos submersos da vegetação (substrato natural) e pedaços de corda de sisal (substrato artificial), instalados em três trechos de diferente salinidade, perto da vegetação natural e retirados depois de um período de 14 dias de colonização. Em ambos os tipos de substrato, foram amostrados um total de 12 grupos taxonômicos, representando três filos (Cnidaria, Annelida e Arthropoda). Os crustáceos, grupo mais diversificado, foram representados por Copepoda, Tanaidacea, Isopoda, Amphipoda e Decapoda. A região de salinidade alta apresentou maior abundância, com uma diminuição progressiva da abundância da salinidade alta para a baixa em ambos os substratos. Copepoda e Tanaidacea predominaram em ambos os substratos, embora o substrato artificial exibisse a maior abundância e riqueza destes dois grupos. Considerando a abundância relativa dos grupos taxonômicos nos dois substratos, a maioria dos grupos predominou no trecho de salinidade mais alta. As diferenças significativas de abundância na distribuição longitudinal foram associadas à variação na salinidade e na complexidade do substrato.

Palavras-chave: substrato artificial, colonização, macroinvertebrados, substrato natural, trechos de salinidade.

INTRODUCTION

Coastal ecosystem is traditionally known as an important nursery area for both estuarine-resident and temporary-resident species (Chaves & Bouchereau 1999). Nursery area for Penaeidae juveniles in this ecosystem have been associated with food availability and shelter from predators, supplied by physical structures, such as substratum and turbidity, in combination with the agonistic behavior of shrimps (Primavera 1997). Due to the contrasting environmental conditions of the coastal ecosystem, the geometric complexity of the substratum can increase the colonization rates by protecting the organisms from environmental constraints and increasing the area available for the fauna establishment (Jacobi & Langevin 1996).

The study of the associated aquatic fauna on mangrove forest becomes a complex task because of the high richness and because of the great influence of tides on salinity variation and on the colonization process. An appropriated methodology for these studies is the utilization of experimental structures that allows habitat simplification and enables control of environmental variations upon sampling areas (Brower & Zar 1984; Uieda 1999). According to Deutsch (1980), seasonal experimentation of short or long substrate exposition are useful for studies on macroinvertebrates colonization rate, allowing the determination of how, where and when the colonization occur.

Few experimental studies were developed in coastal regions. Some of the available papers deserve attention like as Hulberg & Oliver (1980) in rocky shores, Heck & Thoman (1981) in muddy habitats and Fitzhugh & Fleeger (1985) in estuary.

The preservation of mangroves is very important for the maintenance of the biodiversity of this important link between the continental waters and the sea. Mangroves are susceptible to high environmental impact (Grasso 1998), which may have strong negative effect upon the local fishery. Mangroves are found in Brazil from 04°30'N to 28°30'S, under a wide range of environmental conditions (Schaeffer-Novelli *et al.* 1990). Unfortunately, despite its importance as feeding, growth and reproduction areas for a diversified fish fauna, the knowledge of the ichthyofauna on intertidal environment is still very restricted (Paiva Filho & Toscano 1987; Barletta-Bergan *et al.* 2002; Felix *et al.* 2006; Corrêa & Uieda 2007).

The aims of the current study were: to analyze the diversity of the macroinvertebrate fauna associated to the roots of the mangrove vegetation, to analyze the variation in the composition of this fauna in function of salinity variation, and, at the same

time, to test the efficiency of an artificial substratum through an experimental manipulation. This work intends to analyze two predictions: 1) The artificial substratum allows a colonization process similar to the one in natural vegetation, 2) The community composition changes in function of differences in salinity.

MATERIAL & METHODS

Study site

The study was carried out in the mangrove of the Rio da Fazenda (23°31' to 23°34'S, 45°02' to 45°05'W), located in the Serra do Mar State Park, Picinguaba Unit (Núcleo Picinguaba). The Picinguaba Unit is situated in the State of São Paulo, and preserves all the environments that compose the coastal ecosystem complex: beach, rocky shore, “restinga” (coastal dune forest), mangroves, coastal plain forest and hillside forest. Rio da Fazenda is a coastal river, aprox. 6 km long. Its headwaters are on the slopes of the Serra do Mar, and its mouth at Fazenda Beach; its course is entirely contained within the boundaries of the Picinguaba Unit (Fig. 1).

In order to determine the variation of the fauna composition in relation to the variation on salinity, common in mangroves, the study was conducted in stretches with different ranges of salinity. Three stretches were selected to conduct the work: a downstream stretch with the highest salinity (6.4 ± 2.0 ; 23°22'24"S, 44°50'62"W), an upstream stretch with the lowest salinity (0.9 ± 0.8 ; 23°21'11"S, 44°50'83"W), and a median stretch with intermediate values of salinity (2.0 ± 0.9 ; 23°21'15"S, 44°50'78"W). Although these stretches differed in salinity, they showed similar values of some abiotic characteristics measured during the study period, like dissolved oxygen (7.0, 7.9 and 7.8 mgO₂L⁻¹, respectively for each stretch) and water temperature (27.6, 24.9 and 25.6°C). The mangrove vegetation is composed mainly by *Hibiscus pernambucensis* Arruda (Malvaceae), *Laguncularia racemosa* (L.) C. F. Gaertn. (Combretaceae) and *Eugenia* sp Linnaeus (Myrtaceae).

Data collection and analyses

The fauna composition was sampled directly from the roots of the mangrove vegetation (Fig. 1) and also from the artificial substrata installed in the same area. In this

way, we could use the results not only for a fauna characterization, but also to test the efficiency of colonization on artificial substratum. The use of artificial substratum has a great advantage upon the use of natural one by allowing the standardization of the colonization time and of the sampling area (Lambert & Resh 1985; Uieda 1999; Carvalho & Uieda 2004).

The macroinvertebrates were sampled during the 2003 rainy season (February). On each selected stretch of salinity, ten replicates of artificial substrata were installed. The artificial substratum was composed by a piece of sisal rope (7.5 cm), attached to a weight for its maintenance under the water (Fig. 2) and tied to the branches of the mangrove vegetation. The natural substratum consisted on a branch piece with roots and adhered algae.

Fourteen days after the installation of the artificial substrata, ten replicates of the natural substrata and ten of the artificial substrata were removed and packed in flasks with formaldehyde 5%. In the laboratory, the substratum was washed in the formaldehyde to dislodge the adhered animals. The liquid was poured under three granulometric sieves (meshes of 1.0, 0.5 and 0.25 mm). The sieves were inspected under stereomicroscope and the macroinvertebrates were sorted, identified and counted (the taxonomic level depends on the group). Because Copepoda occurred in a great number of individuals and because they passed through the small sieve mesh, their abundance was analyzed by sub samples. The liquid that passed through the sieves was agitated and ten replicates were separated and analyzed under stereomicroscope in Sedgwick-Rafter chamber.

Relative abundance curves of species, or species importance curve, were constructed by plotting the $\log(x+1)$ of absolute abundance of each animal group against the corresponding rank, in decreasing order of abundance (Brower & Zar 1984). After testing for normality (Shapiro-Wilks; $\alpha = 0.05$) and homocedasticity (Levene; $\alpha = 0.05$), an analysis of variance (ANOVA one-way) followed by a multiple comparison test (Tuckey) was used in order to evaluate significant differences between salinity (three stretches) and substrata (two types).

RESULTS

The taxonomic groups identified included macroinvertebrates of three phyla: Cnidaria (Hydrozoa), Annelida (Polychaeta) and Arthropoda (Arachnida, Insecta and Crustacea). The insects were represented only by Diptera (Chironomidae) and Ephemeroptera, with the predominance of the first one. Crustaceans, the most diversified group, were represented by Copepoda (Harpacticoida and Cyclopoida), Tanaidacea (Tanaidae), Isopoda (Sphaeromatidae and Munnidae), Amphipoda (Gammaridea) and Decapoda (Caridea and Brachyura).

Copepoda and Tanaidacea predominated on both substrata, although the artificial substratum exhibited the greatest abundance and species richness (Table I). When compared by the dominance curve, the similarities between the natural and artificial substrata were evident, with the dominance of Copepoda (rank 1) and Tanaidacea (rank 2) found on both substrata (Fig. 3). However, the groups intermediate in abundance that prevailed on the natural substratum were Isopoda and Diptera and on the artificial substrata were Diptera and Polychaeta (Table I).

Apparently the differences between substrata were related to the dominance of Copepoda at all salinity ranges on the artificial substratum (Table I). This result was confirmed by the ANOVA, with a significant difference between substrata when all groups were considered ($p = 0.002$, $F = 9.970$, $df = 1$), but not when the abundance of Copepoda was excluded from the analysis ($p = 0.792$, $F = 3.191$, $df = 1$).

The spatial variation on abundance was significant when considered the sum of both substrata, with the low salinity stretch presenting the lowest abundance in the two situations, including and excluding Copepoda (Fig. 4). The longitudinal variation on macrofauna abundance was also confirmed when the two substrata were analyzed separately (Fig. 5). The significant difference between salinities for natural substratum is related to the dominance of Copepoda on the high and median salinity stretches and the dominance of Isopoda and Tanaidacea on the low salinity stretch (Table I). The significant difference between salinities for artificial substratum, when Copepoda abundance was removed, is related to the dominance of Tanaidacea and Polychaeta at high salinity, of Tanaidacea, Polychaeta and Diptera at median salinity, and of Diptera and Tanaidacea at low salinity.

The analysis of the relative abundance by salinity stretch of the taxonomic groups presented in the natural and artificial substrata (Table I, Fig. 6) showed that the majority of groups were found in the three stretches. However, if considered only the six most abundant groups (Polychaeta, Diptera, Copepoda, Tanaidacea, Isopoda, and Amphipoda; Table I), the majority was predominant in the higher salinity on both substrates, except for Diptera and Isopoda.

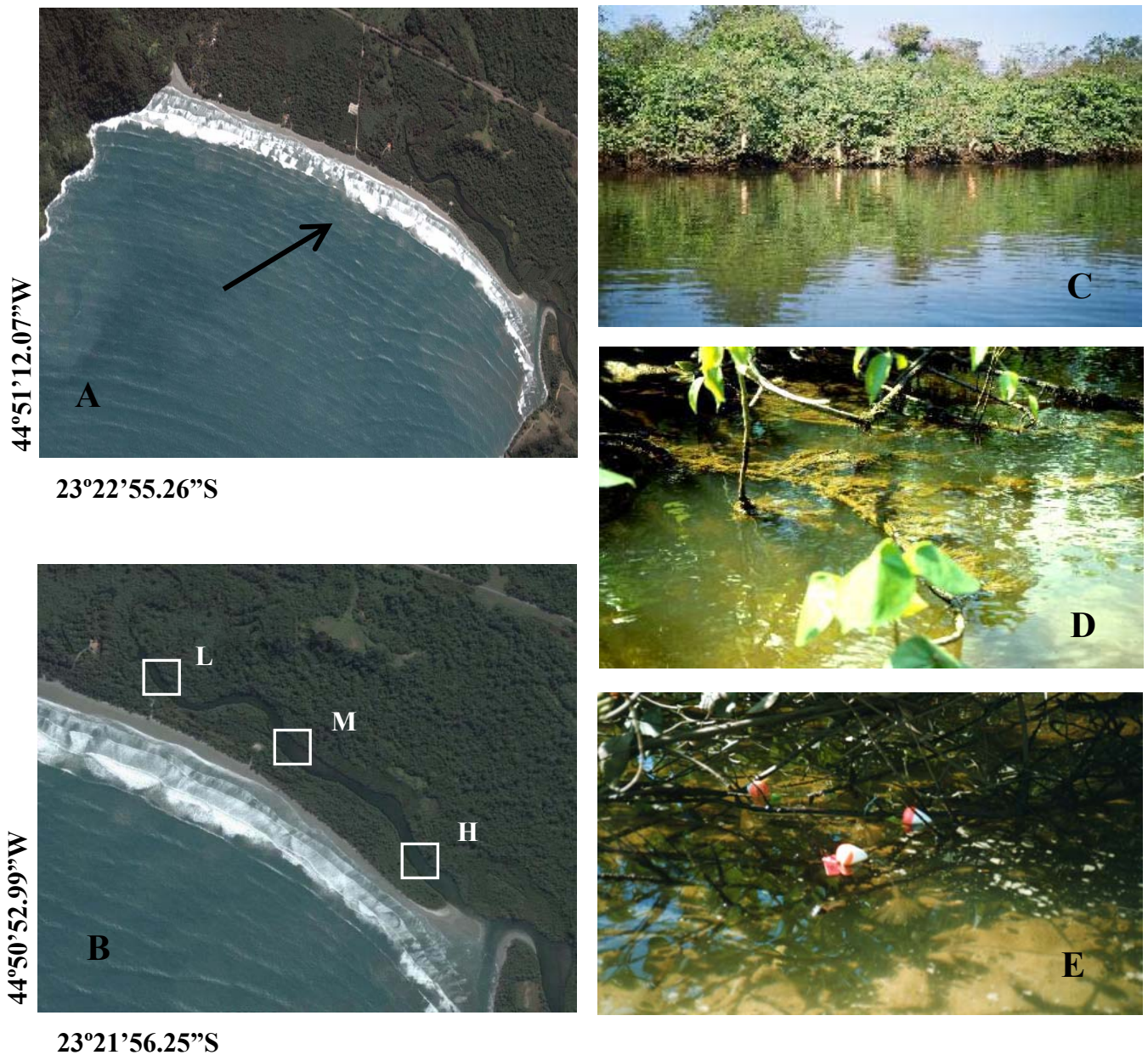


Figure 1. Study area at the Rio da Fazenda mangrove. Satellite photo (earth.google.com) of the Fazenda Beach (arrow in A) and of the Rio da Fazenda mangrove with the position of the three stretches of salinity (H- high, M- median, L- low, in B). Detail of the mangrove marginal vegetation (median stretch in C) and of the natural (branches with algae and organic matter adhered to the roots, in D) and artificial substrata (colored buoys supporting a piece of sisal rope, in E).

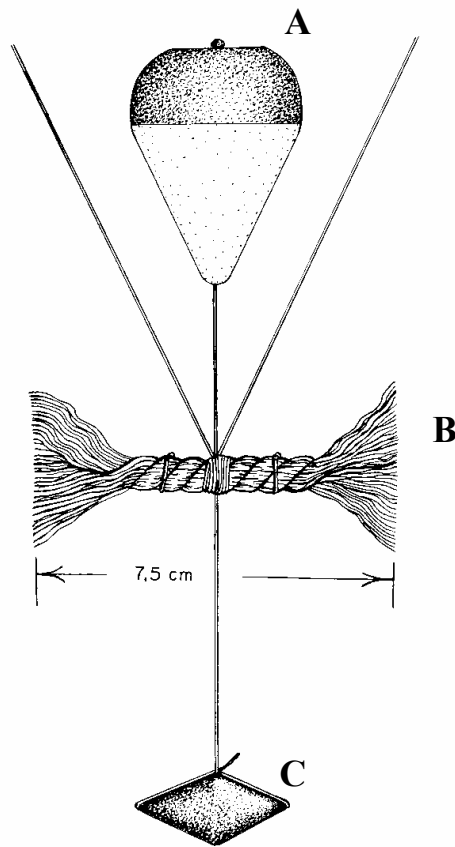


Figure 2. Schematic design of artificial substratum: A- colored buoy; B- sisal rope of 7.5 cm length; C- weight.

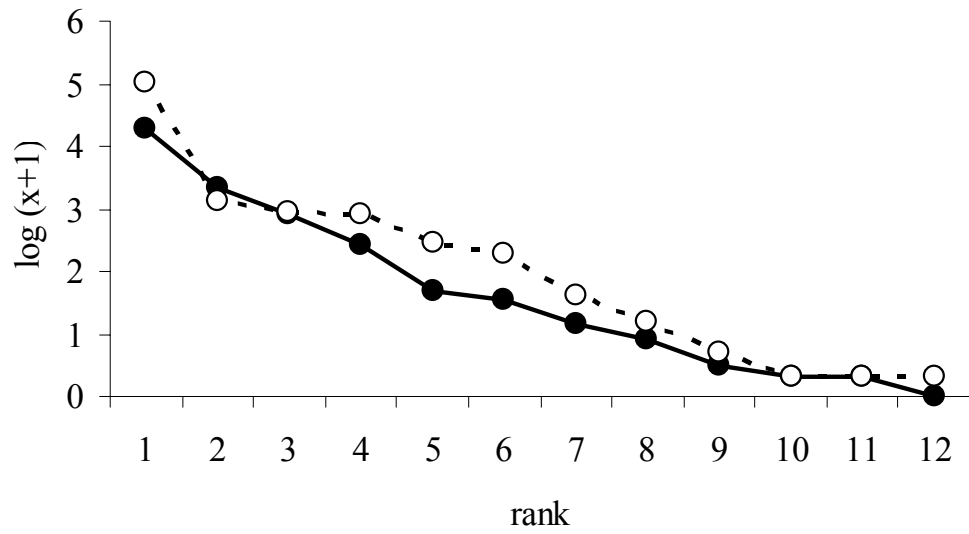


Figure 3. Relative abundance curves of the taxonomic groups sampled on the natural (black points) and artificial (white points) substrata (sum of the three stretches of different salinity). The absolute abundance [$\log(x+1)$] was plotted against the corresponding rank, presented in decreasing order of abundance.

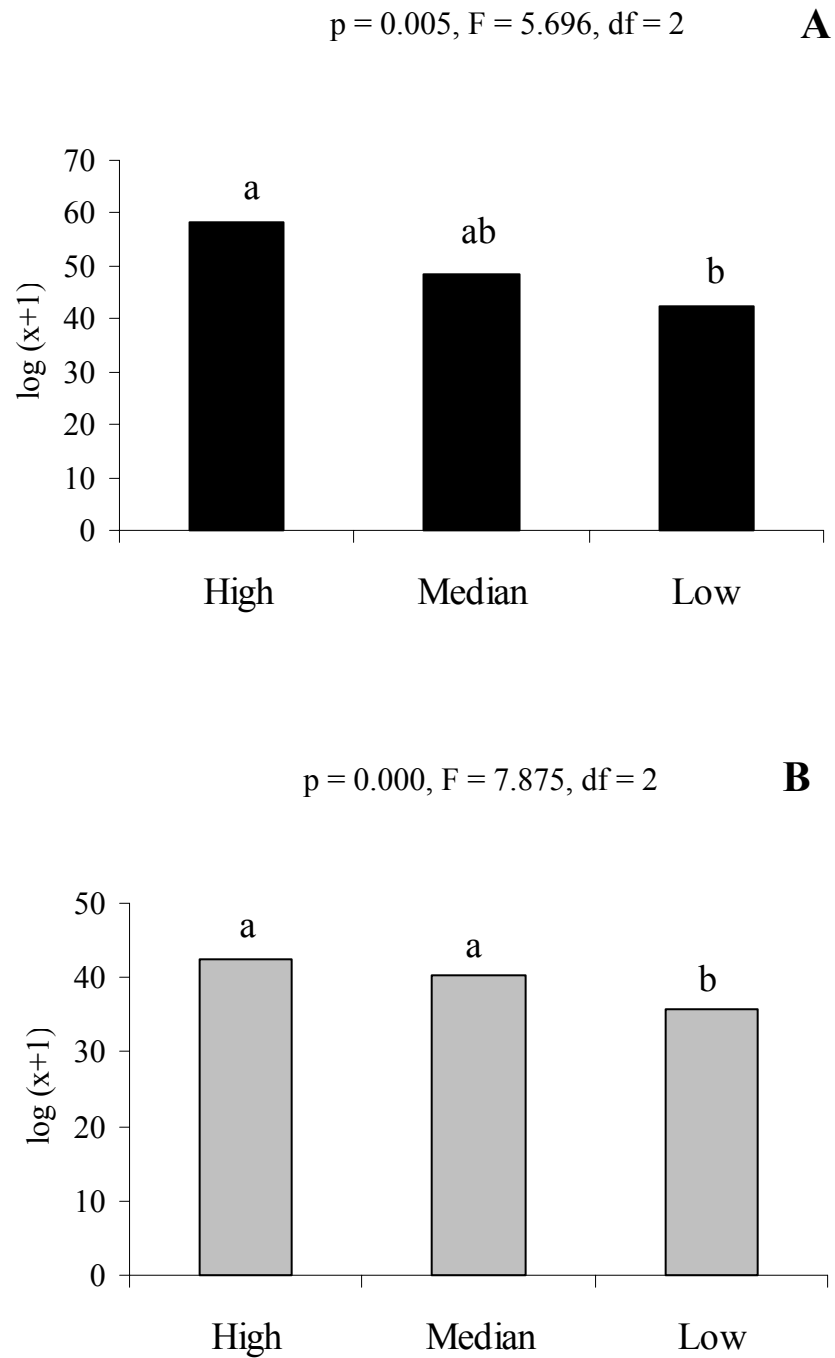


Figure 4. Abundance [log (x+1)] of macroinvertebrates sampled on High, Median and Low salinity stretches (sum of natural and artificial substrata), including (A) and excluding (B) Copepoda values, and the results of Tuckey test (different letters indicate significant differences, $\alpha = 0.05$).

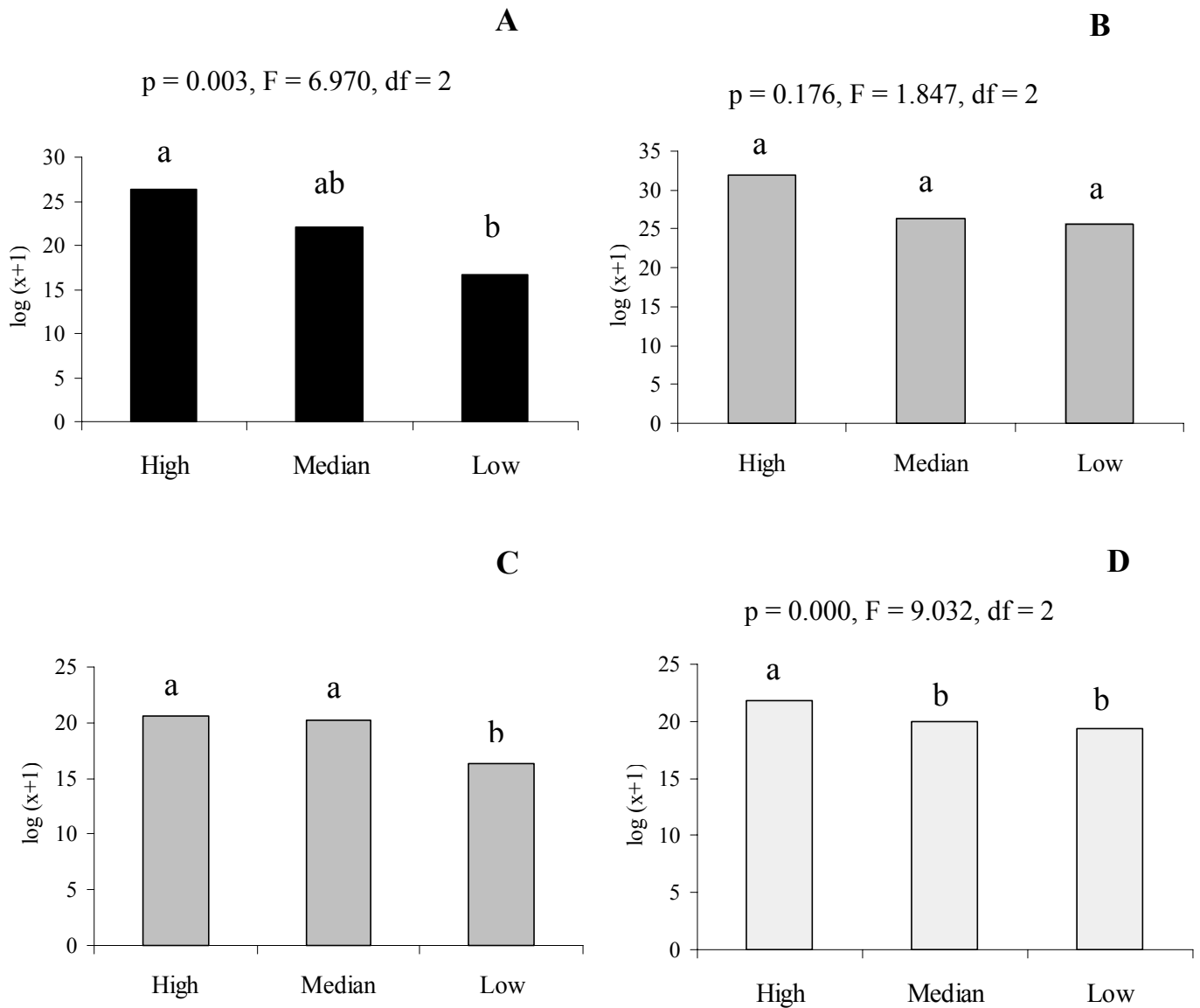


Figure 5. Abundance [log (x+1)] of macroinvertebrates sampled on High, Median and Low salinity stretches of the natural (A and C) and artificial substrata (B and D), including (A and B) and excluding (C and D) Copepoda values, and the results of Tukey test (different letters indicate significant differences, $\alpha = 0.05$).

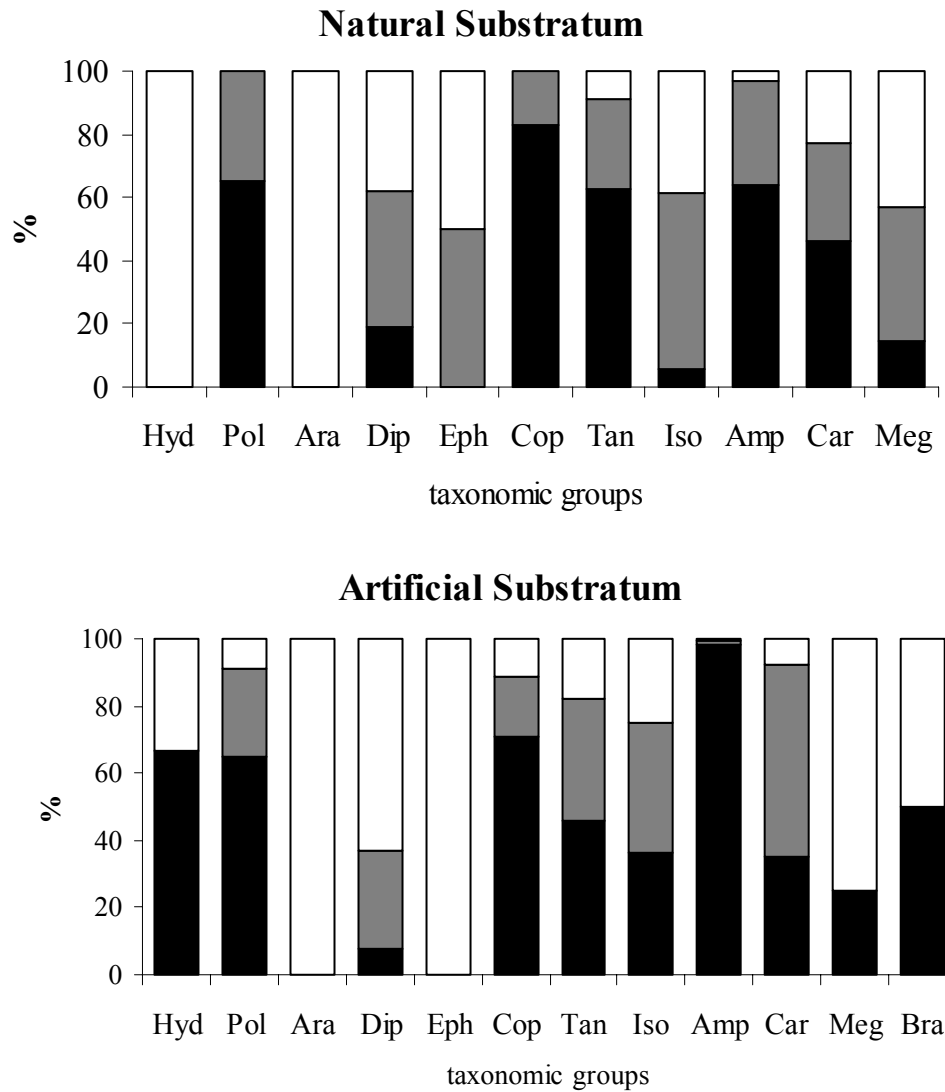


Figure 6. Relative abundance (%) of macroinvertebrates on natural and on artificial substrata sampled on the three stretches (■ high, ■ median and □ low salinity ranges). Hyd-Hydrozoa, Pol- Polychaeta, Ara- Arachnida, Dip- Diptera, Eph- Ephemeroptera, Cop- Copepoda, Tan- Tanaidacea, Iso- Isopoda, Amp- Amphipoda, Car- Caridea, Meg- Megalopa, Bra- Brachyura.

Table I. Absolute (total number of individuals) and relative abundance (%) of macroinvertebrates sampled on the natural and artificial substrata installed in three stretches of different salinity (high, median and low) during the colonization experiment realized in February/2003 on the mangrove of Fazenda River.

Taxonomic groups	Natural Substratum								Artificial Substratum							
	High		Median		Low		TOTAL		High		Median		Low		TOTAL	
	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%
Hydrozoa	-	-	-	-	1	0.1	1	<0.0	2	<0.0	12	0.1	-	-	14	<0.0
Polychaeta	30	0.2	16	0.4	-	-	46	0.2	254	0.3	235	1.2	77	0.6	886	0.8
Arachnida	-	-	-	-	1	0.1	1	<0.0	-	-	-	-	1	<0.0	1	<0.0
Diptera	48	0.3	111	2.5	97	14.6	256	1.1	62	<0.0	229	1.1	498	3.8	789	0.7
Ephemeroptera	-	-	1	<0.0	1	0.1	2	<0.0	-	-	-	-	1	<0.0	1	<0.0
Copepoda	16,161	91.3	3,242	72.3	48	7.2	19,451	58.1	75,50	98.0	19,00	94.6	12,12	93.2	106,62	96.8
Tanaidacea	1,390	7.9	643	14.3	194	29.2	2,227	9.7	588	0.8	461	2.3	230	1.8	1,279	1.2
Isopoda	49	0.3	452	10.1	316	47.5	817	3.6	107	0.1	115	0.6	73	0.6	295	0.3
Amphipoda	21	0.1	11	0.3	1	0.1	33	0.1	190	0.2	3	<0.0	1	<0.0	194	0.2
Caridea	6	<0.0	4	<0.0	3	0.5	13	<0.0	14	<0.0	23	0.1	3	<0.0	40	<0.0
Brachyura-crabs	1	<0.0	3	<0.0	3	0.5	7	<0.0	1	<0.0	-	-	3	<0.0	4	<0.0
Brachyura-larvae	-	-	-	-	-	-	-	-	1	<0.0	-	-	-	-	1	<0.0
TOTAL	11,706	77.5	4,483	19.6	665	2.9	22,854	16.0	77,040	70.0	20,080	18.2	13,010	11.8	111,130	84.0

DISCUSSION

Nowadays Copepoda is the most studied crustacean taxa in Brazil, although plankton studies are still scarce (Amaral & Jablowski 2005). Species that carry their eggs, like Cyclopoida species, are more abundant in estuaries, where the depth is small and fish predation is not as common as in open sea (Vuorinen *et al.* 1983). The use of vegetation as shelter is supposed to be related to the high mortality of Copepoda in the plankton (Bell & Westoby 1986).

Although we sampled only on February, based on the literature (Bell 1980) we can speculated that the great abundance of Copepoda found in the Fazenda River mangrove, mainly in the high salinity stretch, may be related to its reproductive peak during summer months. In a South Carolina salt marsh, about 80% of Copepoda occurred on summer and only less than 5% represented the whole community on other seasons (Bell 1980).

For Tanaidacea, the second most abundant macroinvertebrate taxa sampled on the Fazenda River, little can be discussed here due to the scarcity of literature data. In a review of Tanaidacea on the coastal region of two Brazilian States (Rio de Janeiro and Santa Catarina), Gutu (1996) stressed the low occurrence in the Brazilian coast and the limitation of biological data. In Brazil, 28 species are known, 17 belonging to the Suborder Apeudomorpha and 11 to the Suborder Tanaidomorpha (Gutu 1996). The family Tanaidae, the one found in the Fazenda River mangrove, belongs to the second Suborder.

Isopoda, the third most abundant crustacean taxa sampled on the Fazenda River, is cited by Pires (1982) as an important group with occurrence on intertidal regions, associated with algae coverage and represented mostly by the family Sphaeromatidae. This group can live in a great variety of habitats and can tolerate a broad range of environmental conditions (Pires 1982).

A number of chironomid species are tolerant of a wide range of salinities and this insect group may be a major component of the fauna of brackish waters (Pinder 1995). According to Pinder (1995), species of Chironomidae adapted to life in the intertidal zone have been recorded from coasts all over the world and they are taxonomically diverse in this habitat. Nevertheless, the taxonomic and ecological knowledge of this group in Brazil is restricted, mainly at mangrove habitats (Trivinho-Strixino & Strixino 1995).

Manipulative experiments of natural communities has been growing and generating important contributions for the comprehension of the colonization, maintenance and

persistence of communities (Hulberg & Oliver 1980). In colonization experiments, it is important to evaluate the efficiency of the artificial substratum. The great advantage of the artificial substratum is to allow a sampling standardization, regarding the sampled area and the recording of the initial time of colonization process, difficult when using natural substratum (Carvalho & Uieda 2004). In the present experiment, the artificial substratum proved to be appropriated making ease the installation and allowing the sampling standardization.

In experimental studies it is also important to analyze if the artificial substratum provides the same conditions of the natural one, like protection and shelter against predators and good foraging conditions. In the present work, the existence of these conditions on the artificial substratum was indirectly evaluated by the analysis of the community structure at the end of the experiment. At the three studied stretches, the natural vegetation, composed by submerged branches covered with algae, was well reproduced by the artificial substrate, which allowed the colonization of algae and macrofauna similar to the one colonizing the roots of the mangrove vegetation.

The significant difference between the artificial and the natural substrata, associated here with the spatial variation (salinity ranges) of Copepoda abundance in the natural substratum, may be related to the structure of this substratum. At the end of the field work it was observed that the natural vegetation of the median salinity stretch showed large quantities of branches, algae, and organic matter, the low salinity stretch showed high quantities of branches and algae, and the high salinity stretch showed few branches and algae. Spatial differences in the structure of the natural substratum probably provided different conditions for macroinvertebrates colonization, with strong effect on Copepoda. On the other hand, no differences for the artificial substratum structure between stretches were recorded, even at the end of the 14 colonization days. The structural complexity of habitat seems to affect the abundance and diversity of animal communities, with more structurally complex algae species allowing a higher richness and diversity (Hull *et al.* 2001). The complexity of habitat can not only increase the number of available niches for colonization, but can also provide refuge against predation (Coull & Wells 1983), or even reduce predation effects for changing the efficiency of forage. Some authors, such as Heck & Thoman (1981) and Underwood *et al.* (2000), suggested that predation intensity is lower in habitats with more vegetation than in habitats without vegetation, what can be related to the highest density of animals in this substratum.

Besides the structural complexity of the natural substratum, the sampling area can influence the colonization process. For example, in a colonization experiment conducted at two shallow subtidal sites in North Carolina, Eggleston *et al.* (1999) compared the abundance of macroinvertebrates colonizing small (0.25m^2) and large patches (1m^2) of artificial plants. They found that the density of Decapoda, Amphipoda and Isopoda was larger in small patches than in large patches, probably related to an increase in foraging rates, since estuarine macrofauna is influenced by the heterogeneity of habitat in a small spatial scale (Eggleston *et al.* 1999). In the Fazenda River experiment the influence of the substratum area was controlled as the artificial and the natural substrata had similar areas.

Thus, the significant spatial difference on abundance of macroinvertebrates associated to the mangrove vegetation found in the Rio da Fazenda emphasized the salinity as an important environmental factor affecting the distribution of the aquatic fauna associated to the mangrove vegetation. This vegetation can provide shelter and a place for foraging not only for a diversified and abundant macroinvertebrate fauna, but also for a great variety of fish species. In the same area, Corrêa & Uieda (2007) observed many fish species exploring the submerged branches of the mangrove vegetation as shelter and feeding on the macroinvertebrate fauna that colonizes this vegetation (2007).

ACKNOWLEDGMENTS

We are grateful to Hamilton A. Rodrigues for assistance in the field; to Raoul Henry for reading critically the manuscript; to Instituto Florestal – Núcleo Picinguaba for the local support and research allowance; to Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo - FAPESP for financial support and for the grants to the first author (Process nº 03/08314-2).

REFERENCES

- Amaral, A. C. Z. & Jablonski, S. 2005. Conservação da biodiversidade marinha e costeira no Brasil. **Megadiversidade**, 1: 43-51.
- Barletta-Bergan, A., Barletta, M. & Saint-Pau. U. 2002. Structure and seasonal dynamics of larval fish in the Caeté river estuary in north Brazil. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, 54: 193-206.
- Bell, S. 1980. Meiofauna-macrofauna interactions in a high salt marsh habitat. **Ecological Monographs**, 50(4): 487-505.
- Bell, J. D. & Westoby, M. 1986. Abundance of macrofauna in dense seagrass is due to habitat preference, not predation. **Oecologia**, 68: 205-209.
- Brower, J. E. & Zar, J. H. 1984. **Field & laboratory methods for general ecology**. Dunderberg, Brown Publishers. 226p.
- Chaves, P. & Bouchereau, J. L. 1999. Use of mangrove habitat for reproductive activity by the fish assemblage in the Guaratuba bay, Brazil. **Oceanologica Acta**, 23(3): 273-280.
- Carvalho, E. M. & Uieda, V. S. 2004. Colonização por macroinvertebrados bentônicos em substrato artificial e natural em um riacho da serra de Itatinga, São Paulo, Brasil. **Revista Brasileira de Zoologia**, 21 (2): 287-293.
- Corrêa, M. O. D. A. & Uieda, V. S. 2007. Diet of the ichthyofauna associated with marginal vegetation of a mangrove forest in southeastern Brazil. **Iheringia**, 97(4): *in press*.
- Coull, B. C. & Wells, J. B. J. 1983. Refuges from fish predation: experiments with phytal meiofauna from the New Zealand Rocky intertidal. **Ecology**, 64(6): 1599-1609.
- Deutsch, W. G. 1980. Macroinvertebrate colonization of acrylic plates in a large river. **Hydrobiologia**, 75: 65-72.
- Eggleston, D. B., Elis, W. E., Etherington, L. L., Dahlgren, C. P. & Posey, M. 1999. Organism responses to habitat fragmentation and diversity: habitat colonization by estuarine macrofauna. **Journal of Experimental Marine Biology and Ecology**, 236: 107-132.
- Felix, F. C., Spach, H. L., Hackradt, C. W., Moro, P. S. & Rocha, D. C. 2006. Abundância sazonal e a composição da assembléia de peixes em duas praias estuarinas da Baía de Paranaguá, Paraná. **Revista Brasileira de Zociências**, 8(1): 35-47.

- Fitzhugh, G. R. & Fleeger, J.W. 1985. Goby (Pisces:Gobiidae) interactions with meiofauna and small macrofauna. **Bulletin of Marine Science**, 36(3): 436-444.
- Grasso, M. 1998. Ecological-economic model for optimal mangrove trade off between forestry and fishery production: comparing a dynamic optimization and a simulation model. **Ecological Modelling**, 112: 131-150.
- Gutu, M. 1996. Tanaidaceans (Crustacea, Peracarida) from Brazil, with description of new taxa and systematical remarks on some families. **Travaux du Museum de Histoire Naturelle Grigore Antipa**, 36: 23-133.
- Heck, Jr. K. L. & Thoman, T. A. 1981. Experiments on predator-prey interactions in vegetated aquatic habitats. **Journal of Experimental Marine Biology and Ecology**, 53: 125-134.
- Hulberg, L. W. & Oliver, J. S. 1980. Caging manipulations in marine soft-bottom communities: importance of animal interactions or sedimentary habitat modifications. **Canadian Journal of Fishery and Aquatic Science**, 37: 1130-1139.
- Hull, S. L., Winter, L. J. & Scott, G. W. 2001. Habitat heterogeneity, body size and phenotypic diversity in *Idotea granulose* (Isopoda) on the north-east coast of England. **Journal of the Marine Biological Association**, 81: 949-954.
- Jacobi, C. M. & Langevin, R. 1996. Habitat geometry of benthic substrata: effects on arrival and settlement of mobile epifauna. **Journal of Experimental Marine Biology and Ecology**, 206: 39-54.
- Lamberti, G. A. & Resh, V. H. 1985. Comparability of introduced tiles and natural substrates for sampling lotic bacteria, algae and macroinvertebrates. **Freshwater Biology**, 15: 21-30.
- Paiva-Filho, A. M. & Toscano, A. P. 1987. Estudo comparativo e variação sazonal da ictiofauna na zona entremarés do mar casado- Guarujá e mar pequeno- São Vicente, SP. **Boletim do Instituto Oceanográfico da USP**, 35: 153-165.
- Pinder, L. C. V. 1995. The habitats of chironomid larvae. In: ARMITAGE, PD, CRANSTON, OS & PINDER, LCV (eds.), **The Chironomidae. Biology and ecology of non-biting midges**, London: Chapman & Hall, 107-135.
- Pires, A. M. S. 1982. Sphaeromatidae (Isopoda: Flabellifera) da zona entre-marés e fundos rasos dos estados de São Paulo e Rio de Janeiro. **Boletim do Instituto Oceanográfico da USP**, 31: 43-55.

- Primavera, J. H. 1997. Fish predation on mangrove-associated penaeids. The role of structures and substrate. **Journal of Experimental Marine Biology and Ecology**, 215: 205-216.
- Schaeffer-Novelli, Y., Cintrón-Molero, G. & Adarme, R. R. 1990. Variability of mangrove ecosystems along the Brazilian coast. **Estuaries**, 13: 204-218.
- Trivino-Strixino, S. & Strixino, G. 1995. Larvas de Chironomidae (Diptera) do Estado de São Paulo - **Guia de identificação e diagnose dos gêneros**, São Carlos, UFSCAR.
- Uieda, V. S. 1999. Experimentos de manipulação de organismos aquáticos em riachos. In: PÔMPEO, MLM (eds.), **Perspectivas da Limnologia no Brasil**, São Luis: União, 169-179.
- Underwood, A. J., Chapman, M. G. & Connell, S. D. 2000. Observations in ecology: you can't make progress on processes without understanding the patterns. **Journal of Experimental Marine Biology and Ecology**, 250: 97-115.
- Vourinen, I., Rajasilta, M. & Salo, J. 1983. Selective predation and habitat shift in a copepod species- support for the predation hypothesis. **Oecologia**, 59: 62-64.

CAPÍTULO II

DIET OF THE ICHTHYOFAUNA ASSOCIATED WITH MARGINAL VEGETATION OF A MANGROVE FOREST IN SOUTHEASTERN BRAZIL

Trabalho publicado: Corrêa, M. de O. D. A. & Uieda, V. S. 2007. Diet of the ichthyofauna associated with marginal vegetation of a mangrove forest in southeastern Brazil. *Iheringia*, Ser. Zool., Porto Alegre, 97(4): 470-481.

Diet of the ichthyofauna associated with marginal vegetation of a mangrove forest in southeastern Brazil

ABSTRACT

The objective of the present study was to analyze the diet of fish species that use the mangrove vegetation for shelter and feeding, in a river in southeastern Brazil. The fieldwork, including collecting and underwater observations, was carried out in the dry (July and August 2004) and in the rainy season (February and March 2005), in order to assess the existence of seasonal variation in the diets. Seven kinds of food items were consumed, two of plant origin and five of animal origin. Crustaceans predominated in the diet of most species, either in the form of unidentified fragments, or discriminated in eight groups. The predominance of species using mainly a single food source (crustaceans, and among these, principally ostracods and tanaidaceans) and the existence of seasonal variation in the diets of some species became very evident in the analysis food niche breadth, with a predominance of dietary specialists. In the Rio da Fazenda mangrove, the submersed marginal vegetation was used by the ichthyofauna as a locale for foraging, and principally as cover by bottom-feeding species. These species may be using the vegetation for protection from aerial and aquatic predators, or even from the pull of the current during the turn of the tide. In the study area, the great diversity of crustaceans constitutes an important food source for most fish species, which adjusted their diet according to seasonal changes in food availability and to interactions with other species.

Keywords. Feeding habit, seasonal variation, ontogenetic variation, niche breadth.

RESUMO

Dieta da ictiofauna associada à vegetação marginal de um mangue no sudeste do Brasil. O presente trabalho teve por objetivo analisar a dieta das espécies de peixes que utilizam a vegetação do mangue do Rio da Fazenda como local de abrigo e de alimentação em um rio do sudeste do Brasil. O trabalho de campo, incluindo coleta e observação subaquática das espécies, foi realizado na estação seca (julho e agosto de 2004) e chuvosa (fevereiro e março de 2005), com o objetivo de verificar a existência de variação sazonal na dieta. Sete tipos de itens alimentares foram consumidos pelas espécies, dois de origem vegetal e cinco de origem animal. Os crustáceos predominaram na dieta da maioria das espécies, seja na forma de fragmentos não identificados, ou discriminados em oito grupos. O predomínio de espécies utilizando predominantemente uma única fonte alimentar (crustáceos e, entre estes, principalmente Ostracoda e Tanaidacea) e a existência de variação sazonal na dieta de algumas espécies ficaram bem evidentes na análise de amplitude do nicho alimentar, com um predomínio de espécies especialistas na dieta. No mangue do Rio da Fazenda, a vegetação marginal submersa foi utilizada pela ictiofauna como local de forrageamento e, principalmente, como cobertura para espécies que buscavam alimento no substrato do fundo. Estas espécies podem estar utilizando a vegetação como proteção contra predadores aéreos e aquáticos, ou mesmo contra o arraste no período de mudança das marés. Na área de estudo, a grande diversidade de crustáceos constituiu uma importante fonte de alimento para a maioria das espécies, as quais ajustaram sua dieta em função de variações sazonais na oferta e em função das interações com outras espécies.

PALAVRAS-CHAVE. Hábito alimentar, variação sazonal, variação ontogenética, amplitude de nicho.

INTRODUCTION

Tropical and subtropical mangrove forests are important nurseries for many species of fishes (WRIGHT, 1986; ROBERTSON & DUKE, 1987; CHONG *et al.*, 1990). They offer food and shelter for the larval and juvenile stages (CHAVES & BOUCHEREAU, 1999). These coastal ecosystems are inhabited by populations of both marine and freshwater fishes, which have strategies for the use of these regions. Some marine fishes use the estuaries during their migration to more saline waters, with the transition to the estuary facilitating the adaptation of the young fish to the marine environment (MORIN & WHORISKEY, 1992).

The young of many species, including some of commercial importance, are found exclusively in mangroves (THAYER *et al.*, 1987; ROBERTSON & DUKE, 1990). However, while their role as a nursery for young fish is well understood, it is still unclear why mangroves are attractive to adult fish (LAEGDSGAARD & JOHNSON, 1995, 2001). Because of the strong continental influence, seasonal oscillations in the physical and chemical parameters in this kind of environment may influence the permanence or impermanence of fish populations in an estuary during the course of their life cycles (CHAVES & OTTO, 1999).

The high densities of fish and motile macroinvertebrates in the mangrove vegetation appear to be related to the greater protection provided by this vegetation. The aerial roots, tree trunks, and fallen branches of the mangrove forests attract fish, providing refuge from predation and more food availability (LAEDSGAARD & JOHNSON, 2001). Fish may be more abundant in these habitats, even in the presence of predators, because the increased structural complexity of the tree branches covered by algae affords them more shelter, and thus less risk of predation. Other workers have demonstrated a close relationship between the increase in complexity and decrease in the incidence of predation in other kinds of vegetated aquatic habitats (HECK JR. & THOMAN, 1981).

However, little is known of the abundance and diversity of the ichthyoplankton in estuaries, nor of the spatial and temporal variations of the fish communities (MORAIS & MORAIS, 1994). Little is known about which species remain in the mangroves during low tide, and their survival strategies (BARLETTA *et al.*, 2000). In Brazil, knowledge about the ichthyofauna of estuaries and coastal zones is particularly limited. For example, in the Brazilian Northeast the first study with the objective of obtaining basic information about the estuarine system was initiated in 1996 (BARLETTA-BERGAN *et al.*, 2002).

Conservation of mangrove forests is highly important for the maintenance of biodiversity of this important link between continental water bodies and the sea. Destruction of mangroves can also damage traditional fisheries through loss of the food supplied by this system, one of its principal roles. Unfortunately, although the estuaries and coastal regions of Brazil are important for feeding, growth and reproduction of a large number of marine organisms and especially for different species of fishes of high commercial importance, knowledge on the ichthyofauna of these environments is still quite limited (PAIVA FILHO & TOSCANO, 1987; BARLETTA-BERGAN *et al.*, 2002).

The objective of the present study was to analyze the diet of fish species that use mangrove vegetation as a locale for shelter and feeding. The influence of seasonal oscillations on their diets was also analyzed.

MATERIAL AND METHODS

The study was carried out in the mangrove forest of the Rio da Fazenda (23°31' to 23°34'S, 45°02' to 45°05'W), located in the Serra do Mar State Park, Picinguaba Unit (Núcleo Picinguaba) (Fig. 1). The Picinguaba Unit is situated in the State of São Paulo, and preserves all the environments that compose the coastal ecosystem complex: beach, rocky shore, "restinga" (coastal dune forest), mangroves, coastal plain forest and hillside forest. Rio da Fazenda is a coastal river, about 6 km long. Its headwaters are on the slopes of the Serra do Mar, and its mouth at Fazenda Beach; its course is entirely contained within the boundaries of the Picinguaba Unit.

Three stretches of mangrove were selected for study of their ichthyofauna (Fig. 1): a lower stretch, with higher salinity (6.3 ± 3.5 and 3.5 ± 0.5 ppm, in the dry and rainy seasons respectively); an upper stretch, with low salinity (1.1 ± 0.7 and 0.5 ± 0.2 ppm); and a middle stretch, with intermediate salinity (4.0 ± 2.0 and 2.1 ± 0.4 ppm). Although these stretches showed distinct salinity values, the dissolved oxygen contents (6.0 ± 0.9 and 5.4 ± 0.5 mgO₂l⁻¹, in the dry and rainy seasons respectively) and water temperatures (19.7 ± 1.2 and 24.0 ± 0.7 °C) were similar. The mangrove vegetation in these stretches is composed principally of *Hibiscus pernambucensis*, *Laguncularia racemosa* and *Eugenia* sp.

Fieldwork was carried out during four excursions, two in the dry season (July and August 2004) and two in the rainy season (February and March 2005). In a five-day period during each excursion, the fish species present among and under the submerged branches of the vegetation were observed and collected for 10 meters along the margin of each of the three stretches. The objective of the observations was to ascertain the sites where the species were foraging. The specimens collected were used for checking taxonomic identification and for diet analysis. Each day, the stretches were visited during the morning, always during full moon and at low tide, for about one hour in each stretch, so that all three stretches could be visited before the turn of the tide. During this period, we made underwater observations, collections, and environmental measurements (dissolved oxygen, temperature and salinity, by means of a water checker analyzer, HORIBA-U10).

The dive sessions were done in the first four days of each trip, by free-diving with a half-face mask, snorkel, and dark-colored, insulating neoprene wetsuit and boots ("snorkeling" cf. SABINO, 1999), totaling approximately 13 hours of observations in the dry season, and 6.5 hours in the rainy season. The observations were recorded with a PVC plaque and eraser-pencil (SABINO, 1999); data on fishes swimming under the vegetation, and their behavior were recorded. During a diving session, fish were collected with a small hand net and fixed in 10% formalin. In March 2005, only collections were made, because the mangrove was full of algae that float by any movement in the water, which made it impossible to make observations.

On the fifth day of fieldwork, the fish were caught with a seine net (1 x 4 m; 2 mm mesh). The specimens were fixed in 10% formalin. Collecting consisted of pulling the net toward the shore, enclosing and suspending the vegetation, in short 2-meter stretches; the collection was repeated in the same place until no more fish were caught. The same procedure was repeated, moving upstream, along the entire 10-meter stretch worked.

The species collected were identified (FIGUEIREDO & MENEZES, 1980, 2000; MENEZES & FIGUEIREDO, 1980, 1985) and vouchers are in the fish collections of the Museu de Zoologia da Universidade de São Paulo (MZUSP 93928-93939). For each specimen the standard length (SL) was noted before its gut was removed. Diets were analyzed separately by season (dry and rainy), based on the stomach contents (for those species without a differentiated stomach, the first third of the intestine was analyzed), and the food items were identified to the lowest possible taxonomic category. Three methods were used: frequency of occurrence, biovolume and numerical frequency. Frequency of occurrence indicates the presence or absence of an item (HYSLOP, 1980), and is calculated from the

number of fish in which the item occurred, in relation to the total occurrences of all items. Biovolume (ESTEVEZ & GALETTI JR., 1995) corresponds to the relation between the area occupied by a certain item and the total area occupied by all items, the area being determined with the aid of a millimeter grid. Numerical frequency is the percentage of the number of individuals of a certain item present in the stomach contents (HYSLOP, 1980), calculated in relation to the total of individuals of all groups consumed.

The data of frequency of occurrence (F) and biovolume (V) were used to calculate the Feeding Index (FI) by the formula (KAWAKAMI & VAZZOLER, 1980):

$$FI = (F.V) / \sum (F.V)$$

The feeding habit of each species was defined using the dietary items with Feeding Index equal or higher than 20%, considering these foods as predominant in the diet.

For the crustaceans consumed (excluding the fragments), the numerical method (N) was also used to calculate the Relative Index of Importance (RII). The crustacean group with RII equal or higher than 15% was considered predominant in the diet. This index was calculated using the formula (PINKAS *et al.*, 1971):

$$RII = (N + V) . F$$

To compare diets among different fish species or within the same species in the dry and rainy seasons, the calculated values of FI and RII were transformed to relative values (%).

For the fish species with six or more individuals with gut contents and which showed more than four food categories, Spearman's Rank Coefficient ($\alpha < 0.05$) was applied to the data for frequency of occurrence, to test for an association or lack of association between the diets during the two seasons of the year (STATSOFT, 2001). This analysis was applied to the data for the general diet (all items) and specific diet (crustacean groups). For those fish species with fewer than four food categories, Kendall's Correlation Coefficient was applied ($\alpha < 0.05$) (STATSOFT, 2001).

The chi-square test was applied to the data for frequency of occurrence in a way to test for ontogenetic variation in the diet. Ontogenetic variation was analyzed only for fish species of which we collected six or more individuals in each size class. The interval and number of size classes were determined according to the extent of fish length and the number of individuals by size class.

To visualize the seasonal organization of the ichthyofauna in relation to the general diet (FI%) and specific diet (RII%), we used the Bray-Curtis measure of dissimilarity and cluster analysis by the program Biodiversity Professional version 2 (MCALEECE, 2004).

Food overlap was analyzed for the fish species grouped into bottom-feeders and vegetation feeders, according to the foraging site as defined from underwater observations. Overlap was calculated for the general diet and for the types of crustaceans consumed, and separately for the dry and rainy seasons. To make this calculation, we used Horn's index (KREBS, 1989), which can vary from 0, when no food category is shared by species, to 1, when the diets of two species are identical. Overlap values ≥ 0.7 were considered significant.

For those species which consumed more than two kinds of food items, it was possible to calculate the food niche breadth (KREBS, 1989). This index allows quantitative evaluation of the degree of specialization of the organisms in using environmental resources (KREBS, 1989). The calculation was done using Levins's standardized niche breadth measure, applied to the data for the general diet (FI%) and for the specific diet (RII%), separately for the dry and rainy seasons.

RESULTS

The diet of 14 fish species collected in the Rio da Fazenda mangrove in the dry and rainy seasons was analyzed (Tab. I), except for *Mugil curema* because all individuals collected had their stomachs empty.

Analysis of the general diet (Feeding Index)

The fish species analyzed consumed seven kinds of food items, two of plant origin and five of animal origin. Crustaceans predominated in the diet of most species (Fig. 2 and 3), either in the form of unidentified fragments, or discriminated in eight groups (Tab. II).

Five of the six species sampled in both seasons of the year ingested predominantly crustaceans, in both seasons (Fig. 2). However, this apparent seasonal similarity in diet was confirmed by non-significant Spearman's correlations only for *Lupinoblennius pavai* (0.66), *Ctenogobius boleosoma* (0.78) and *Ctenogobius shufeldti* (0.19).

For *Bathygobius soporator*, a significant seasonal variation occurred (Spearman = 0.04), with crustaceans predominating in the dry season and with a more diversified diet in the rainy season (Fig. 2). For *Citharichthys spilopterus*, although the seasonal variation

was not significant (Spearman = 0.60), the percentage of fish in the diet was higher in the rainy season.

Although *Microphis lineatus* consumed different items in the two seasons, its diet was defined from only one individual caught in each season, which made it impossible to analyze the seasonal variation in the diet.

Of the seven species that occurred in only one season of the year (Fig. 3), three ingested mainly crustaceans, and two, aquatic insects. The other two species showed a more diversified, carnivorous diet, with a predominance of aquatic insects in *Centropomus parallelus* and polychaetes in *Trinectes paulistanus* (Fig. 3).

Grouping the species by similarity in the general diet (Fig. 4) indicated the presence of three groups of species in the dry season and four in the rainy season. Although in both seasons the largest group consisted of species that fed mainly on crustaceans (Group I), in the rainy season the carnivorous diet was more diversified, with additions of polychaetes, aquatic insects and fish in the diets of some species (Fig. 4).

The underwater observation established that the majority of the species observed foraged on the bottom, few caught food among the submersed vegetation and none used both substrates for foraging. Because of this spatial difference in feeding, the analysis of dietary overlap from the general diet of these species in the dry and rainy seasons was carried out by considering separately the species which foraged on the bottom and in the vegetation (Tab. II). For the bottom-feeding species, the percent of high overlap values (> 0.7) was higher in the dry season (30%) than in the rainy season (20%). However, all the dietary overlaps of the dry season corresponded to Group I species in the similarity dendrogram; whereas in the rainy season they corresponded to Groups I and II (Fig. 4). Of those species which sheltered and fed among the vegetation, in both seasons only a pair of species showed significant overlap (16.7%), corresponding to the Group I of the similarity dendrogram.

Analysis of the specific diet (Relative Index of Importance)

Concerned to the eight kinds of crustaceans consumed by the fishes of the Rio da Fazenda mangrove, ostracods and tanaidaceans occurred in the highest percentage in the majority of cases analyzed (Tab. III).

Three of the five fish species that occurred in both seasons (Tab. III) did not show seasonal variation in diet. *Bathygobius soporator* and *L. paivai* consumed mainly tanaidaceans (Spearman = 0.49 and 0.06, respectively), and *C. boleosoma* mainly ostracods

(0.06). Of the species with seasonal difference in diet, *C. spilopterus* consumed more ostracods in the dry season and tanaidaceans in the rainy season; whereas *C. shufeldti* consumed both kinds of crustaceans in the dry season, and predominantly ostracods in the rainy season. However, this apparent seasonal variation was not confirmed statistically by Spearman's correlations (0.58 and 0.11, respectively).

Of the five species analyzed only in one season, *Eucinostomus melanopterus*, *C. parallelus* and *T. paulistanus* consumed mainly one kind of crustacean (copepods by the first two species, and amphipods by the last), whereas *Sphoeroides greeley* consumed a high percentage of ostracods and isopods (Tab. III). The diet of *Pseudophalus mindii* was more generalist, including copepods, isopods and amphipods in very similar proportions.

Grouping of the species by similarity of the kinds of crustaceans consumed indicated the presence of four groups (Fig. 5). In both seasons, groups I and II ate mostly tanaidaceans and ostracods. This similarity analysis also revealed the seasonal variation of *C. spilopterus* and *C. shufeldti*.

The seasonal analysis of food overlap based on the kinds of crustaceans ingested by the fishes was also carried out considering separately the species that foraged on the bottom and among the vegetation (Tab. IV). The bottom-feeders showed a higher percentage of significant overlap in the dry season (83.3%) than in the rainy season (13.3%). In the rainy season, of the two pairs of species with a high overlap value, one belongs to Group I of the dendrogram, which consumed mainly tanaidaceans, and one to Group II, with a higher consumption of ostracods (Fig. 5, Tab III). In the dry season (Fig. 5), *B. saporator* corresponds to Group I, ingesting mainly tanaidaceans (>70%), followed by ostracods (24%). This species showed a high degree of overlap with two species of Group II, *C. boleosoma* and *C. shufeldti*, because both consumed ostracods in large quantities (74 and 57%, respectively), followed by tanaidaceans (26 and 43%). The species found among the vegetation showed no dietary overlap in either season.

Ontogenetic variation in diet

For three species it was possible to analyze ontogenetic variation in the general diet (FI%) and in the kinds of crustaceans consumed (RII%). Although these three were collected in both seasons of the year, only *B. saporator* was collected in sufficient numbers (>5) for both ontogenetic and seasonal analysis.

The general diet (Fig. 6) of *B. saporator* showed no significant ontogenetic or seasonal variation. In both seasons of the year, comparison of the diet of fish in the two

size classes showed no significant differences ($\chi^2 = 3.7$, $df = 4$, $p \leq 0.05$ and $\chi^2 = 8.6$, $df = 5$, $p \leq 0.05$ for the dry and rainy seasons, respectively); individuals of both classes consumed mainly crustaceans. Similarly, no significant differences were obtained when the seasons were compared within each size class ($\chi^2 = 3.0$, $df = 3$, $p \leq 0.05$ and $\chi^2 = 6.1$, $df = 4$, $p \leq 0.05$ for the larger and smaller classes, respectively).

Analyzing the kinds of crustaceans consumed by *B. saporator* (Fig. 7), in the dry season the larger fish consumed a higher percentage of tanaidaceans, whereas the smaller fish consumed ostracods and tanaidaceans in similar proportions. Contrariwise, in the rainy season larger individuals had a more diversified diet, whereas the smaller ones consumed mainly tanaidaceans. Although there was a tendency toward ontogenetic variation for *B. saporator* in the kind of crustaceans eaten in each season, the chi-square analysis comparing the diets of the size classes (within the same season) indicated that the values were not significant (dry season $\chi^2 = 3.9$, $df = 4$, $p \leq 0.05$; rainy season $\chi^2 = 6.3$, $df = 6$, $p \leq 0.05$). However, when the seasons were compared within each size class, only the smaller individuals showed significant seasonal variation in diet ($\chi^2 = 9.2$, $df = 4$, $p \leq 0.05$ and $\chi^2 = 6.9$, $df = 6$, $p \leq 0.05$ for the individuals of the smaller and larger size classes, respectively).

For *L. paivai* (Fig. 8) and *C. boleosoma* (Fig. 9) no significant dietary differences between the two size classes were observed, either for the general diet ($\chi^2 = 2.4$, $df = 2$, $p \leq 0.05$ and $\chi^2 = 5.5$, $df = 4$, $p \leq 0.05$ respectively), or for the groups of crustaceans consumed ($\chi^2 = 0.8$, $df = 3$, $p \leq 0.05$ e $\chi^2 = 4.4$, $df = 3$, $p \leq 0.05$). In both size classes, the two species consumed mainly crustaceans (>90%), with *L. paivai* having a preference for tanaidaceans, and *C. boleosoma* for ostracods.

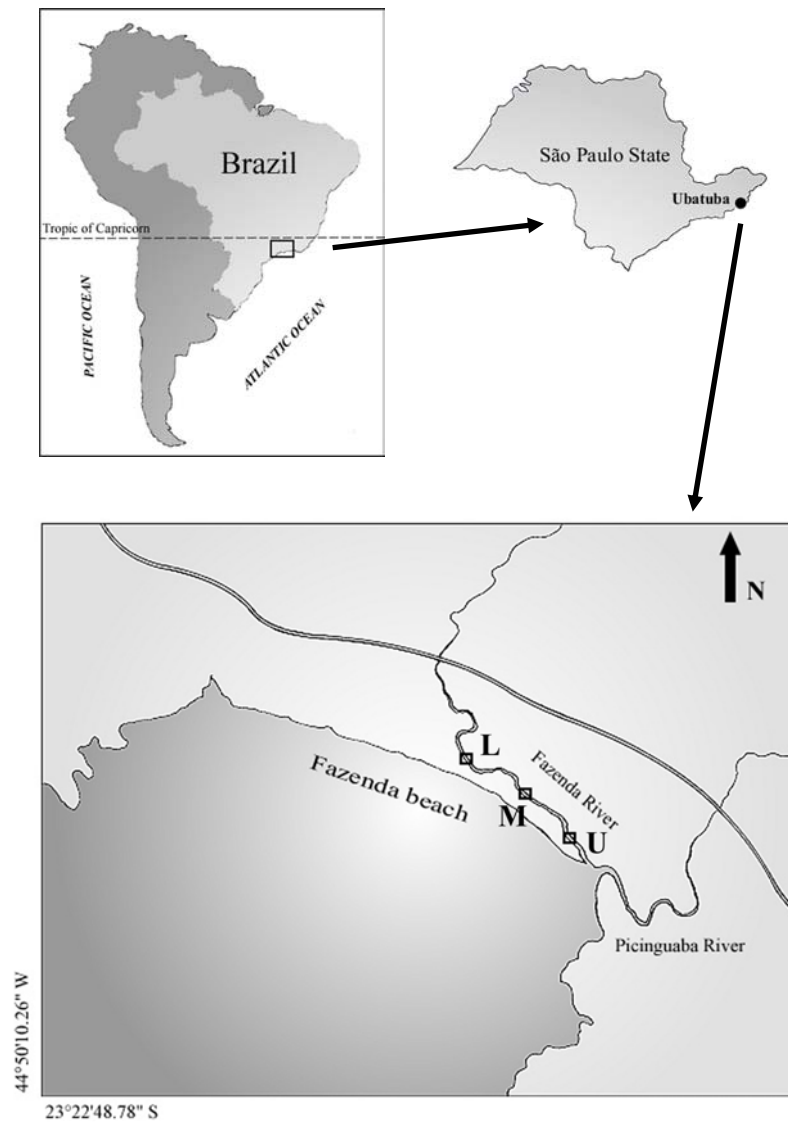


Figure 1. Position of the three stretches (high, median, and low ranges of salinity) sampled in the Rio da Fazenda mangrove, State of São Paulo, southeastern Brazil (only the main channels of the Rio da Fazenda and the Rio Pinguaba are represented). Upper stretch (U; 23°22'24"S, 44°50'62"W); middle stretch (M; 23°21'15"S, 44°50'78"W); lower stretch (L; 23°21'11"S, 44°50'83"W).

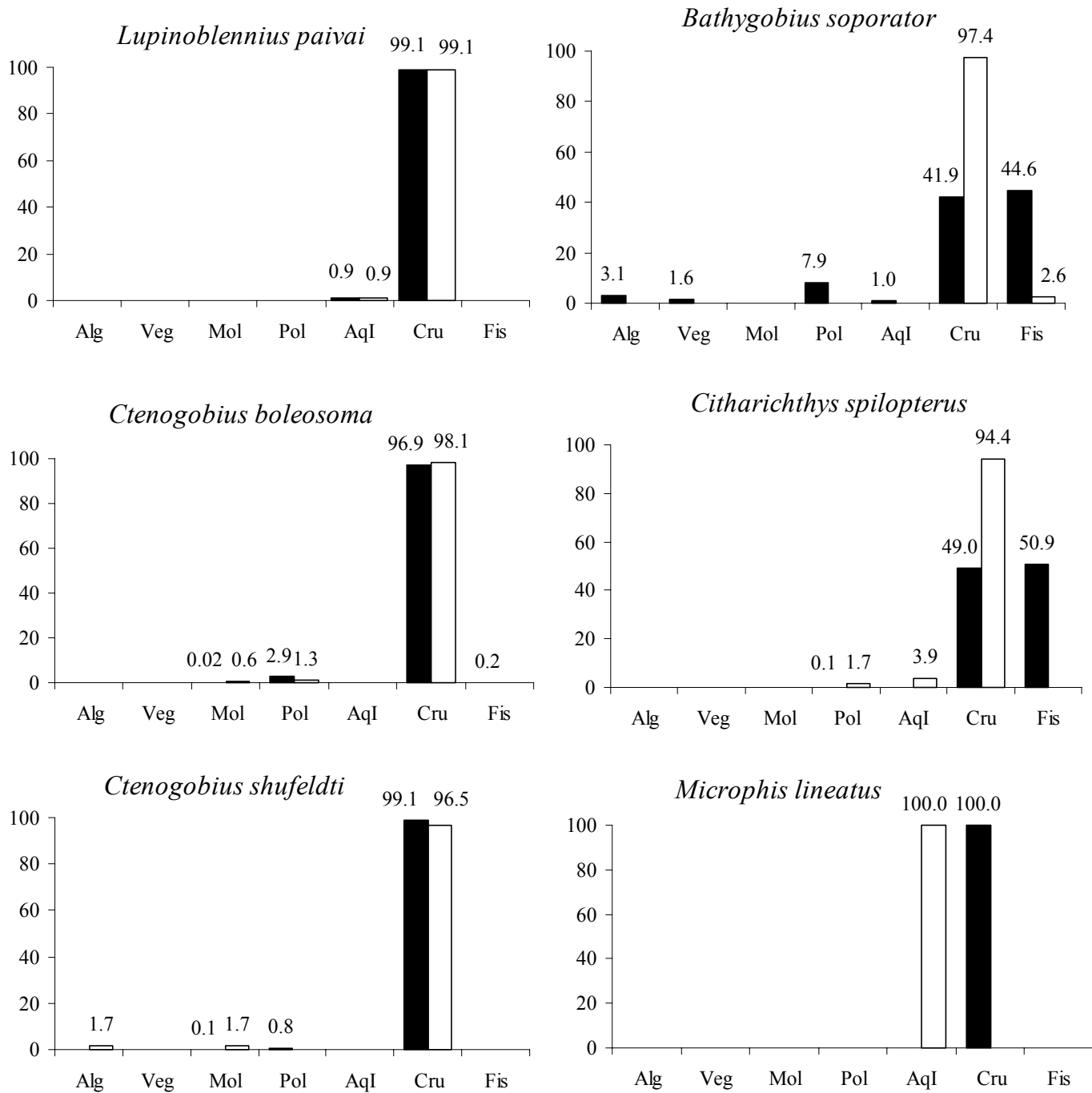


Figure 2. Feeding Index (FI%) of all food items consumed by fish species in the Rio da Fazenda mangrove, during the dry season (white bars) and rainy season (black bars). Algae (Alg), plant matter (Veg), Mollusca (Mol), Polychaeta (Pol), Aquatic Insects (AqI), Crustacea (Cru), Fish (Fis).

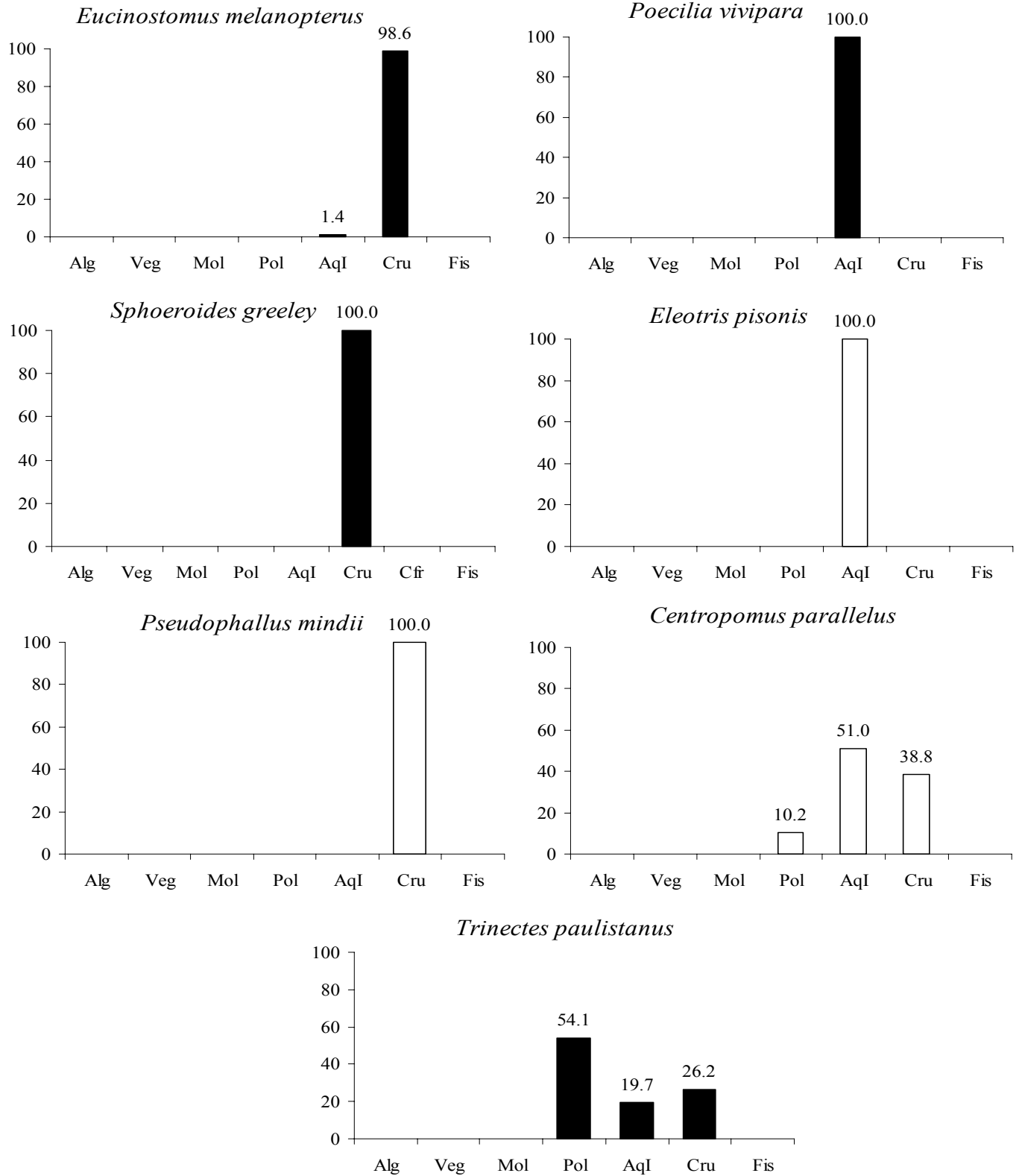


Figure 3. Feeding Index (FI%) of all food items consumed by fish species in the Rio da Fazenda mangrove, only in the dry season (white bars) or in the rainy season (black bars). Algae (Alg), plant matter (Veg), Mollusca (Mol), Polychaeta (Pol), Aquatic Insects (AqI), Crustacea (Cru), Fish (Fis).

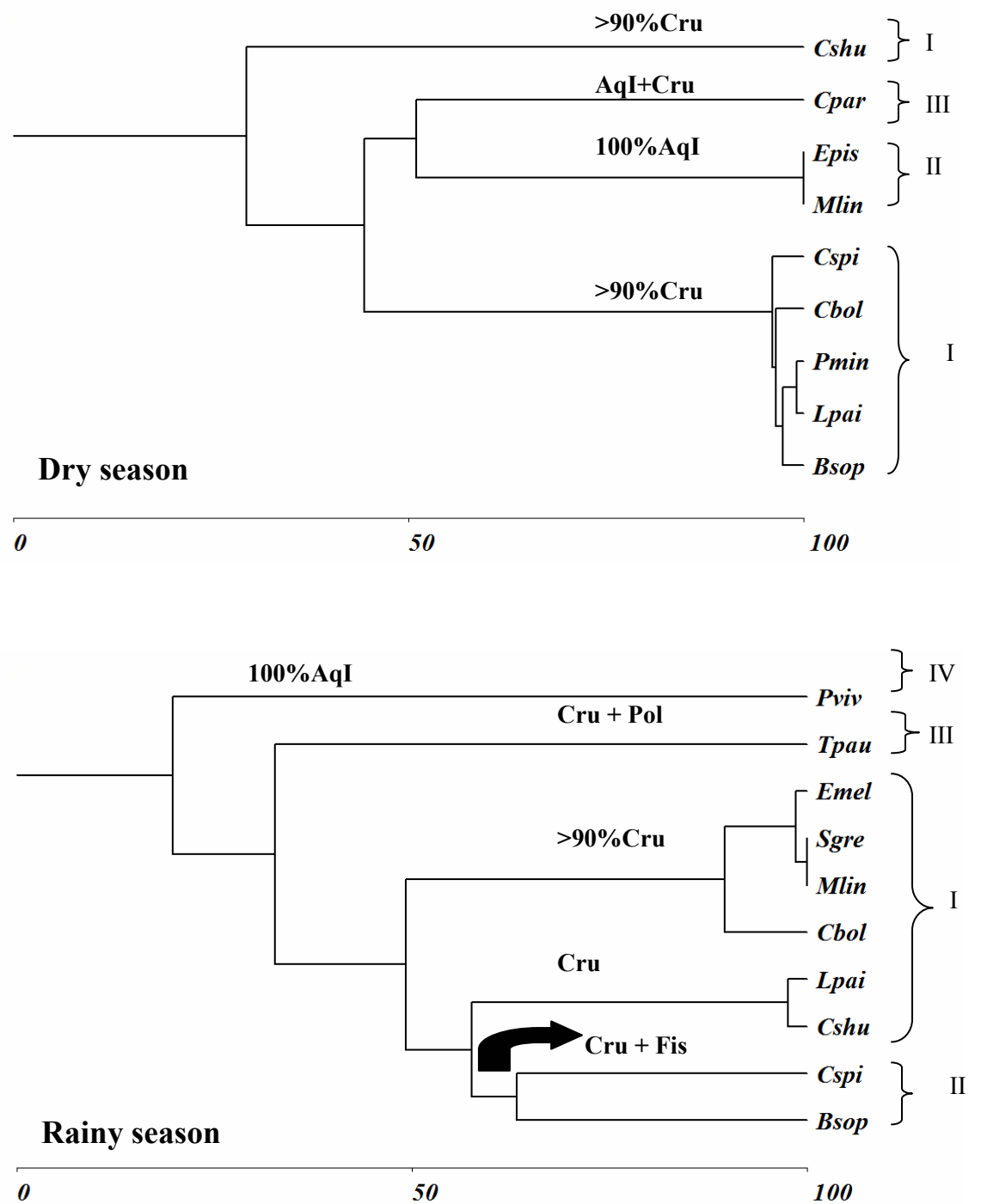


Figure 4. Dendrogram of similarity (Bray-Curtis) using feeding index (FI%) of all food items consumed by the species in the Rio da Fazenda mangrove during the dry and rainy seasons. Acronyms for fish species as in Table I. See text for an explanation of the groups (roman numerals. Polychaeta (Pol), Aquatic Insects (AqI), Crustacea (Cru), Fish (Fis).

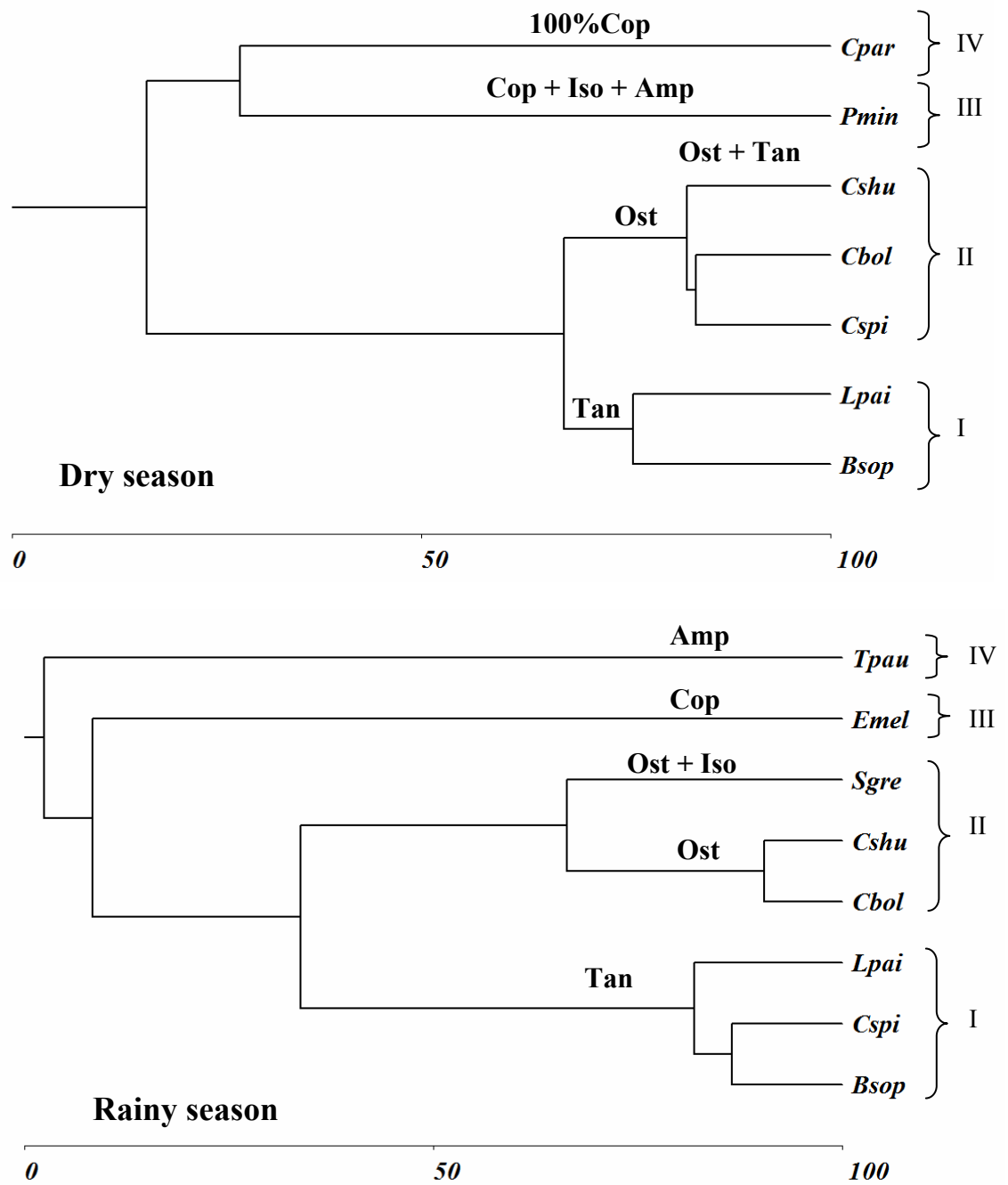


Figure 5. Dendrogram of similarity (Bray-Curtis) developed from the relative index of importance (RII%) of the crustaceans consumed by the species collected in the Rio da Fazenda mangrove during the dry and rainy seasons. Acronyms for fish species as in Table I. See text for an explanation of the groups (Roman numerals). Ostracoda (Ost), Copepoda (Cop), Tanaidacea (Tan), Isopoda (Iso), Amphipoda (Amp).

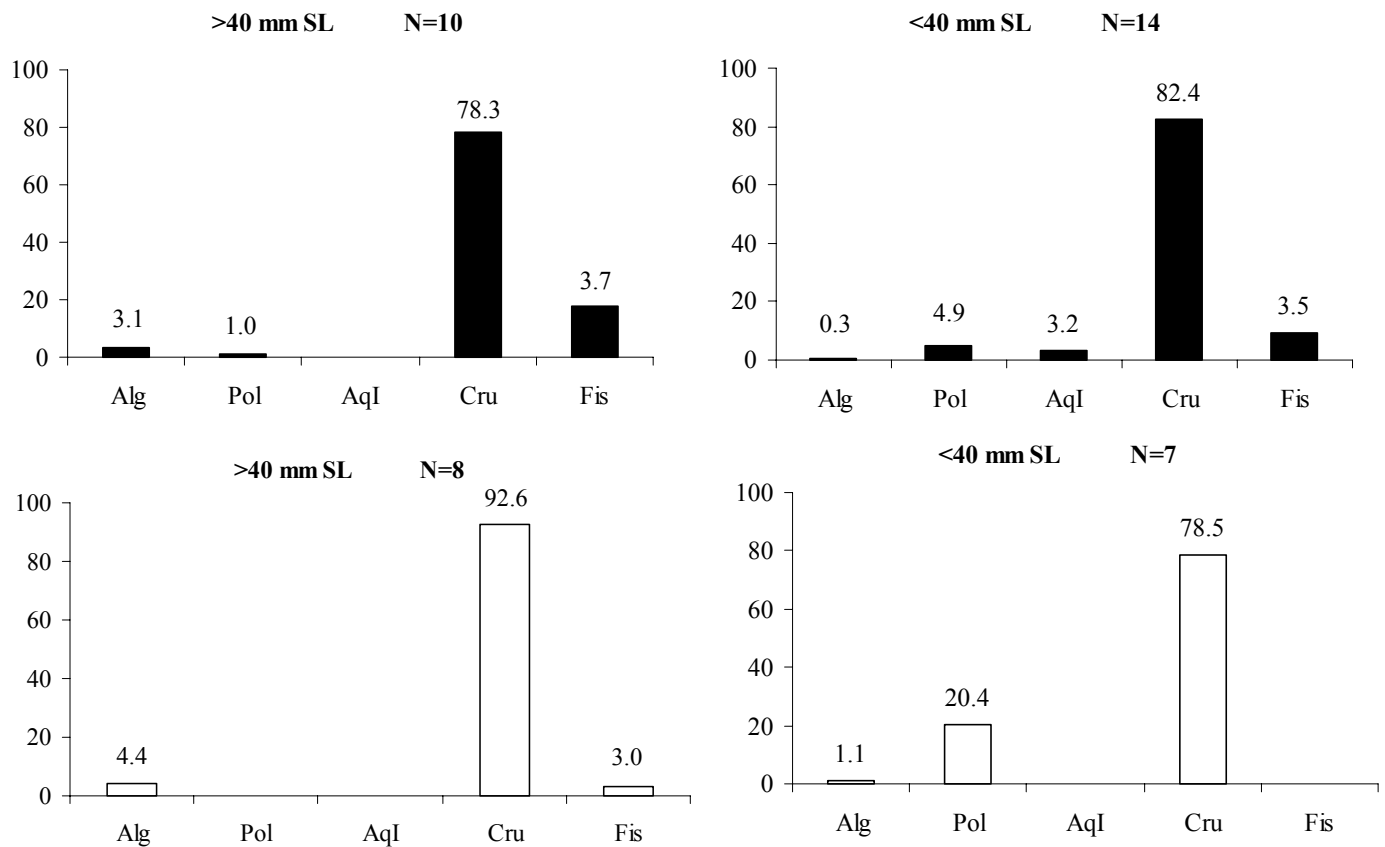


Figure 6. Feeding Index (FI%) of all food items consumed by *Bathygobius soporator* of two size classes (SL= standard length; n= number of fish with stomach contents), sampled in the Rio da Fazenda mangrove during the dry season (white bars) and the rainy season (black bars). Algae (Alg), Polychaeta (Pol), Aquatic insects (AqI), Crustacea (Cru), Fish (Fis).

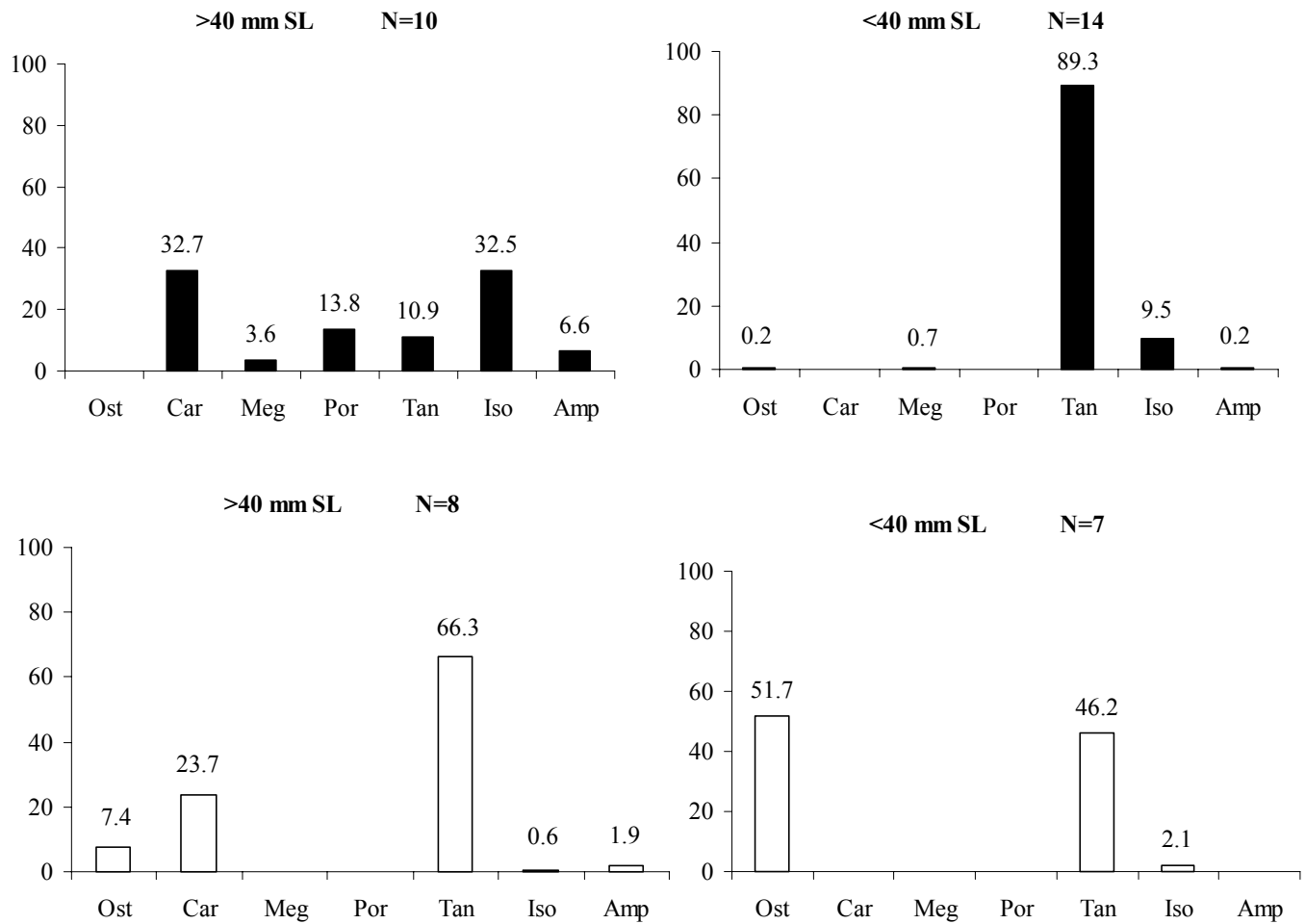


Figure 7. Relative Index of Importance (RII%) of the crustaceans consumed by *Bathygobius soporator* of two size classes (SL= standard length; n= number of fish with stomach contents), sampled in the Rio da Fazenda mangrove during the dry season (white bars) and the rainy season (black bars). Ostracoda (Ost), Caridea (Car), Megalopa (Meg), Portunidae (Por), Tanaidacea (Tan), Isopoda (Iso), Amphipoda (Amp).

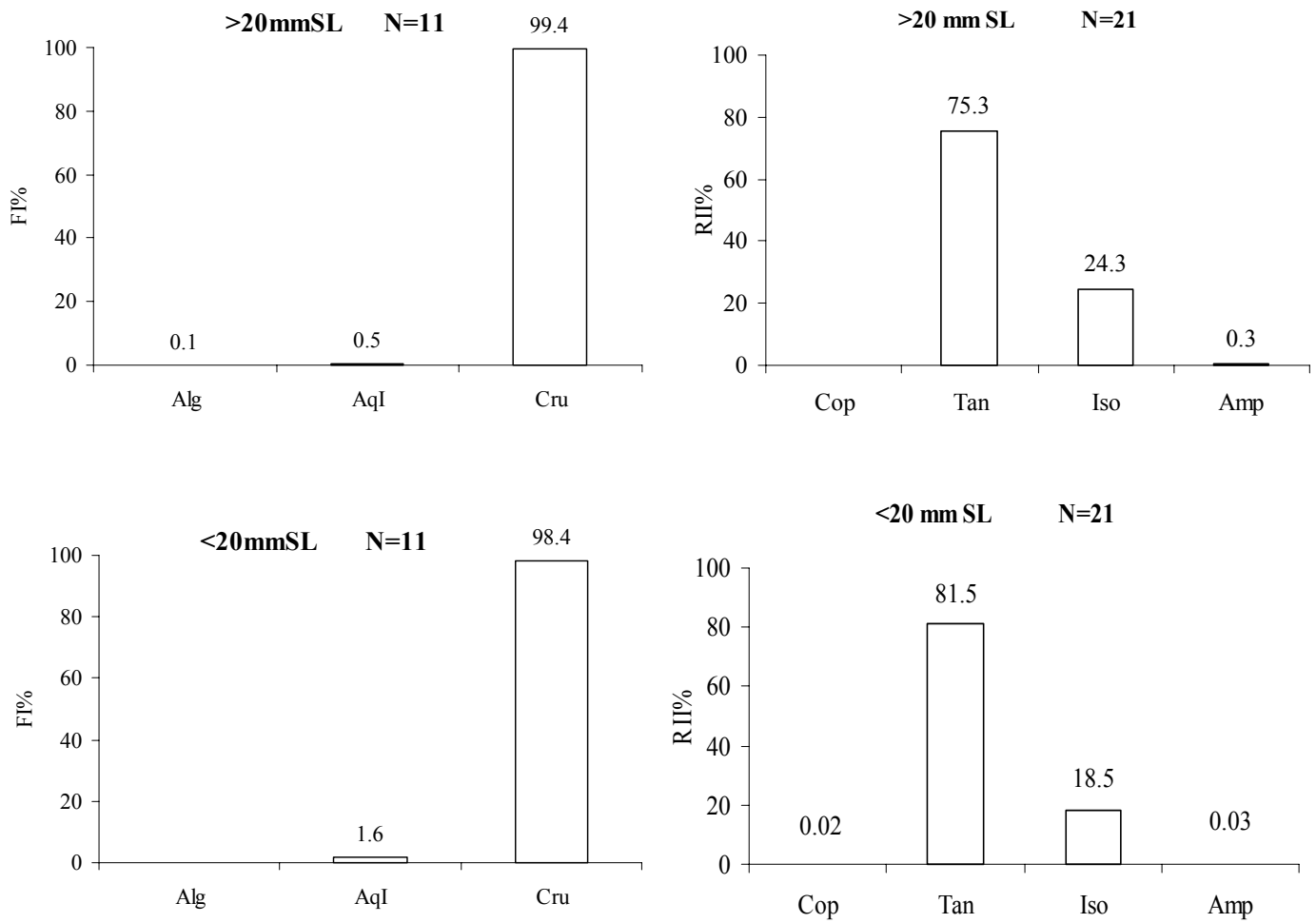


Figure 8. Feeding Index (FI%, on the left) of all food items and Relative Index of Importance (RII%, on the right) of the crustaceans consumed by *Lupinoblennius paivai* of two size classes (SL= standard length; n= number of fish with stomach contents), in the Rio da Fazenda mangrove during the dry season. Algae (Alg), Aquatic insect (AqI), Crustacea (Cru), Copepoda (Cop), Tanaidacea (Tan), Isopoda (Iso), Amphipoda (Amp).

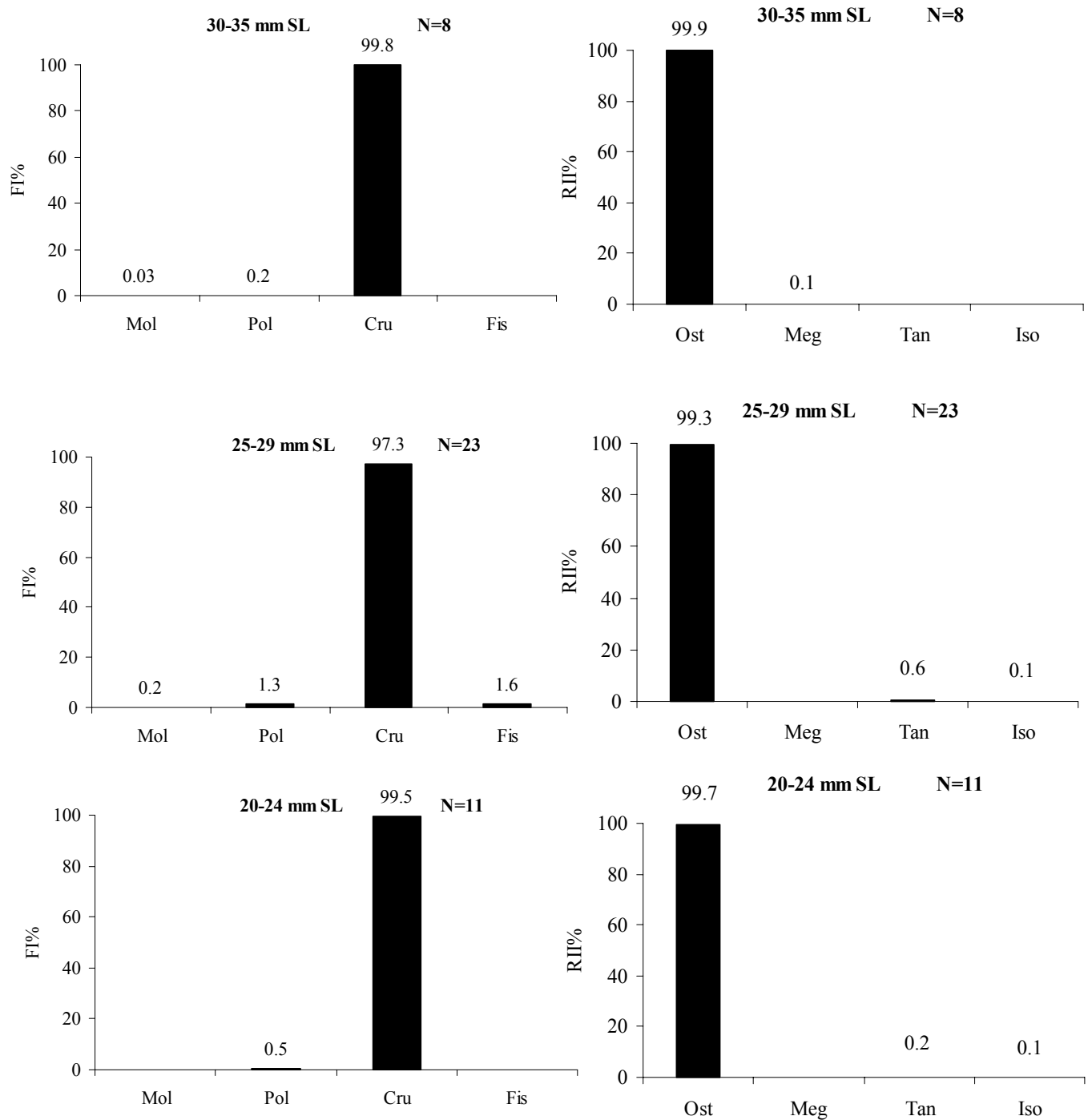


Figure 9. Feeding Index (FI%, on the left) of all food items and Relative Index of Importance (RII%, on the right) of the crustaceans consumed by *Ctenogobius boleosoma* of three size classes (SL= standard length; n= number of fish with food items in their stomach), in the Rio da Fazenda mangrove during the rainy season. Mollusca (Mol), Polychaeta (Pol), Crustacea (Cru), Fish (Fis), Ostracoda (Ost), Megalopa (Meg), Tanaidacea (Tan), Isopoda (Iso).

Table I. Fish species collected in the mangrove forest of the Rio da Fazenda in the dry season (July and August 2004) and the rainy season (February and March 2005). Number (n) and size (SL = minimum and maximum standard length, in millimeters) of individuals used in the diet analysis (stomach contents). The species acronyms will be used in the following figures and tables.

Family/Species	Acronym	Dry season		Rainy season	
		n	SL	n	SL
Achiridae					
<i>Trinectes paulistanus</i> (Miranda-Ribeiro, 1915)	Tpau	-	-	4	12-24
Bleniidae					
<i>Lupinoblennius paivai</i> (Pinto, 1958)	Lpai	32	12-31	2	18-25
Centropomidae					
<i>Centropomus parallelus</i> Poey, 1860	Cpar	6	13-29	-	-
Eleotridae					
<i>Eleotris pisonis</i> (Gmelin, 1789)	Epis	1	20	-	-
Gerreidae					
<i>Eucinostomus melanopterus</i> (Bleeker, 1863)	Emel	-	-	5	14-47
Gobiidae					
<i>Bathygobius soporator</i> (Valenciennes, 1836)	Bsop	15	26-59	24	13-67
<i>Ctenogobius boleosoma</i> (Jordan & Gilbert, 1882)	Cbol	5	18-26	42	22-35
<i>Ctenogobius shufeldti</i> (Jordan & Eigenmann, 1887)	Cshu	4	21-31	7	19-40
Mugilidae					
<i>Mugil curema</i> (Valenciennes, 1836)	Mcur	-	-	15	20-22
Paralichthyidae					
<i>Citharichthys spilopterus</i> Günther, 1862	Cspi	5	13-61	6	23-160
Poeciliidae					
<i>Poecilia vivipara</i> Bloch & Schneider, 1801	Pvi	-	-	1	18
Syngnathidae					
<i>Microphis lineatus</i> (Kaup, 1856)	Mlin	1	129	1	113
<i>Pseudophallus mindii</i> (Meek & Hildebrand, 1923)	Pmin	-	-	1	47
Tetraodontidae					
<i>Sphoeroides greeleyi</i> (Gilbert, 1900)	Sgre	-	-	2	15-18

Table II. Alimentary overlap matrices (Horn's index) for fish species that forage on the bottom or in the vegetation of the Rio da Fazenda mangrove, during the dry and rainy seasons. The overlap index was calculated using the values of the Feeding Index (FI%) of each food item (shown in Figures 2 and 3). Values above 0.7 were considered significant. Acronyms for fish species as in Table I.

Dry season

<i>Bottom</i>					<i>Vegetation</i>			
	<i>Bsop</i>	<i>Cspi</i>	<i>Cbol</i>	<i>Cshu</i>		<i>Lpai</i>	<i>Mlin</i>	<i>Pmin</i>
<i>Cspi</i>	0.959	-	-	-	<i>Mlin</i>	0.037	-	-
<i>Cbol</i>	0.969	0.971	-	-	<i>Pmin</i>	0.995	0.000	-
<i>Cshu</i>	0.477	0.472	0.526	-	<i>Cpar</i>	0.624	0.697	0.593
<i>Epis</i>	0.000	0.120	0.000	0.000				

Rainy season

<i>Bottom</i>						<i>Vegetation</i>			
	<i>Bsop</i>	<i>Cspi</i>	<i>Cbol</i>	<i>Cshu</i>	<i>Emel</i>		<i>Lpai</i>	<i>Mlin</i>	<i>Sgre</i>
<i>Cspi</i>	0.789	-	-	-	-	<i>Mlin</i>	0.489	-	-
<i>Cbol</i>	0.662	0.662	-	-	-	<i>Sgre</i>	0.489	1.000	-
<i>Cshu</i>	0.739	0.373	0.652	-	-	<i>Pviv</i>	0.074	0.000	0.000
<i>Emel</i>	0.520	0.677	0.939	0.494	-				
<i>Tpau</i>	0.442	0.356	0.555	0.334	0.500				

Table III. Relative index of importance (RII%) of the crustaceans consumed by the fish species of the Rio da Fazenda mangrove, during the dry season (DS) and the rainy season (RS). Acronym for fish species as in Table I.

Groups of	<i>Bsop</i>	<i>Bsop</i>	<i>Cspi</i>	<i>Cspi</i>	<i>Cbol</i>	<i>Cbol</i>	<i>Cshu</i>	<i>Cshu</i>	<i>Lpai</i>	<i>Lpai</i>	<i>Cpar</i>	<i>Emel</i>	<i>Sgre</i>	<i>Tpau</i>	<i>Pmin</i>
Crustaceans	DS	RS	DS	RS	DS	RS	DS	RS	DS	RS	DS	RS	RS	RS	DS
Ostracoda	24.1	0.2	74.0	-	74.1	99.7	56.6	90.2	-	-	-	-	56.5	-	-
Copepoda	-	-	5.3	-	-	-	-	-	-	-	100.0	91.7	-	-	22.3
Caridea	-	8.4	-	1.4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Megalopa	-	1.6	-	10.5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Portunidae	-	3.4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Tanaidacea	74.2	64.8	9.6	69.4	25.9	0.2	43.4	9.5	84.9	87.5	-	8.3	14.4	-	-
Isopoda	1,7	19.2	4.1	17.5	-	0.1	-	0.3	15.0	12.5	-	-	29.1	-	33.3
Amphipoda	-	2.4	7.0	1.2	-	-	-	-	0.1	-	-	-	-	100.0	44.4
Total of groups	3	7	5	5	2	3	2	3	3	2	1	2	3	1	3

Tabela IV. Alimentary overlap matrices (Horn's index) for fish species that forage on the bottom or in the vegetation of the Rio da Fazenda mangrove, during the dry and rainy seasons. The overlap index was calculated using the values of the relative index of importance (RII%) of the crustaceans consumed (shown in Table III). Values above 0.7 were considered significant. Acronym for fish species as in Table I.

Dry season

<i>Bottom</i>				<i>Vegetation</i>	
	<i>Bsop</i>	<i>Cspi</i>	<i>Cbol</i>		<i>Pmin</i>
<i>Cspi</i>	0.635	-	-	<i>Lpai</i>	0.226
<i>Cbol</i>	0.808	0.890	-	<i>Pmin</i>	-
<i>Cshu</i>	0.913	0.825	0.975	<i>Cpar</i>	0.006 0.483

Rainy season

<i>Bottom</i>						<i>Vegetation</i>	
	<i>Bsop</i>	<i>Cspi</i>	<i>Cbol</i>	<i>Cshu</i>	<i>Emel</i>		<i>Lpai</i>
<i>Cspi</i>	0.933	-	-	-	-	<i>Sgre</i>	0.483
<i>Cbol</i>	0.027	0.018	-	-	-		
<i>Cshu</i>	0.226	0.220	0.956	-	-		
<i>Emel</i>	0.187	0.190	0.007	0.089	-		
<i>Tpau</i>	0.082	0.047	0.000	0.000	0.000		

Table V. Niche breadth (B_A = Levins' standardized measure) determined for fish species of Rio da Fazenda, using the Feeding Index (FI%) and the Relative Index of Importance (RII%), calculated for the dry season (DS) and the rainy season (RS). Species were considered specialists when $B_A < 0.5$, and generalists when $B_A > 0.5$.

Species	B_A (FI%)		B_A (RII%)	
	DS	RS	DS	RS
<i>B. soporator</i>	0.053	0.436	0.321	0.191
<i>C. boleosoma</i>	0.024	0.060	0.623	0.003
<i>C. parallelus</i>	0.688	-	0	-
<i>C. spilopterus</i>	0.060	0.502	0.192	0.227
<i>E. melamopterus</i>	-	0.028	-	0.180
<i>E. pisonis</i>	0	-	-	-
<i>C. shufeldti</i>	0.323	0.195	0.966	0.108
<i>L. paivai</i>	0.018	0.386	0.116	0.280
<i>M. lineatus</i>	0	0	-	-
<i>P. mindii</i>	0	-	0.191	-
<i>P. vivipara</i>	-	0	-	-
<i>S. greeleyi</i>	-	0	-	0.677
<i>T. paulistanus</i>	-	0.750	-	0
% Specialists	83.3	71.4	66.7	85.7
% Generalists	16.7	28.6	33.3	14.3

DISCUSSION

Although it was not possible to assess the diet of the individuals of *M. curema* collected in the Rio da Fazenda, data from specimens sampled in an estuary located at the other end of Fazenda Beach showed that the diet of this species is based on algae, followed by organic matter (V. S. Uieda pers. comm.). Considering those data, this species did not show feeding overlap with any of the other studied species, for which these food resources were not found (organic matter), or were present in a very low percentage (algae) in the diet.

Most of the fish species of the Rio da Fazenda mangrove ingested primarily crustaceans. This predominance of crustaceans in the diet of fish in mangrove areas was also noted for gobiids, the family best represented in the study area (AZEVEDO & SIMAS, 2000). For *C. boleosoma* and *C. shufeldti*, the morphological similarities probably influenced the similarity in diets (FITZHUGH & FLEEGER, 1985; TOEPFER & FLEEGER, 1995), as also found in the present study.

The generally more diversified diet of the species during the rainy season, demonstrated by the cluster analysis, may be related to greater availability of resources in the environment during this period. A pattern of seasonal variation in the diet, influenced by seasonal variation in the availability of resources, was also observed for some fish species present in an area just upstream of the upper stretch of the Rio da Fazenda mangrove (V. S. Uieda pers. comm.), where aquatic insects predominated in the diet during the rainy season, and crustaceans during the dry season.

In the macroinvertebrate fauna present in the submersed roots of the vegetation of the Rio da Fazenda mangrove, isopods (Sphaeromatidae) and tanaidaceans (Tanaidae) were the most important crustaceans (unpublished data). Thus, the greater consumption of ostracods and tanaidaceans by the fish species analyzed must be related not only to their availability in the environment, but also to the viability of consumption. The presence of a more rigid exoskeleton in isopods can make the consumption of this item less advantageous for the fish than crustaceans such as tanaidaceans, which, besides being abundant, have an exoskeleton easier to manipulate. Furthermore, the presence of a certain type of food in the digestive contents of a fish does not necessarily mean that it is a preferred food: it may be ingested only because it is more available, while the preferred food is absent, scarce or hard to catch (ZAVALA-CAMIM, 1996). Therefore, the high

consumption of ostracods by the fish of the Rio da Fazenda mangrove, in spite of their low abundance on the submersed roots of the vegetation, may indicate a preference for this group of crustaceans.

The predominance of species using mainly a single food source (crustaceans, and among these, Ostracoda and Tanaidacea) and the existence of seasonal variation in the diets of some species were quite evident in the analysis of food niche breadth (Tab. V). Dietary specialists predominated.

In the Rio da Fazenda mangrove, the submerged vegetation along the shoreline was used by the ichthyofauna as a foraging locality, and for bottom-feeding species, mainly as cover. Cover is defined as "whatever thing that provides protection against predators or improves adverse stream flow conditions or seasonal changes in metabolic costs" (HABITAT INVENTORY COMMITTEE, 1986). Thus, for bottom species, the vegetation may be being used for protection from aerial and aquatic predators, or even from the pull of the current during changing tides. According to ALVES & FILHO (1996), vegetation can be used as a temporary shelter by active species, and as a substrate, reproduction and refuge by less mobile species. The behavioral interactions between the fish species and their prey may be influenced by the presence or absence of littoral vegetation, which plays an important role in foraging success and in the behavior of predators (SAVINO & STEIN, 1989).

Ontogenetic variation in the diet of a species during its development is an adaptation that permits reduction of competition for food or to supply physiological needs for migration, sexual maturation and reproduction (BRAGA & BRAGA, 1987; WINEMILLER, 1989). This adaptation may entail a change in the foraging site, from feeding in midwater to feeding at the bottom, during ontogenetic development (ZAHORCSAK *et al.*, 2000). The lack of ontogenetic variation in the general diet, for the three species analyzed, may be related to similarities in foraging strategy and locale used by individuals of all size classes, and to the abundance of the food resources (crustaceans) consumed predominantly by fish of all sizes.

The present study provides evidence that marginal vegetation is important to fish species of the Rio da Fazenda mangrove, as a place for shelter and foraging. The high diversity of crustaceans constituted an important food source for the majority of species, which adjusted their diet according to seasonal variations in the availability and to interactions with other species.

ACKNOWLEDGEMENTS

We are grateful to Hamilton A. Rodrigues for assistance in the field; to Instituto Florestal – Núcleo Picinguaba for the local support and research allowance; to Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo - FAPESP for financial support (Proc-03/08314-2) and for the grants to the first author.

REFERENCES

- ALVES, M. I. M. & FILHO, A. A. S. 1996. Peixes do Rio Jaguaribe (Ceará-Brasil): aspectos fisiológicos. **Ciência Agrônômica** **27**: 5-16.
- AZEVEDO, J. M. N. & SIMAS, A. M. V. 2000. Age and growth, reproduction and diet of a sublittoral population of the rock goby *Gobius paganellus* (Teleostei, Gobiidae). **Hydrobiologia** **440**: 129-135.
- BARLETTA, M.; SAINT-PAUL, U.; BARLETTA-BERGAN, A.; EKAU, W. & SCHORIES, D. 2000. Spatial and temporal distribution of *Myrophis punctatus* (Ophichthidae) and associated fish fauna in a northern Brazilian intertidal mangrove forest. **Hydrobiologia** **426**: 65-74.
- BARLETTA-BERGAN, A.; BARLETTA, M. & SAINT-PAUL, U. 2002. Structure and seasonal dynamics of larval fish in the Caeté river estuary in north Brazil. **Estuarine, Coastal and Shelf Science** **54**: 193-206.
- BRAGA, F. M. S. & BRAGA, M. A. A. S. 1987. Estudo do hábito alimentar de *Prionotus punctatus* (Bloch, 1797) (Teleostei, Triglidae), na região da Ilha Anchieta, Estado de São Paulo, Brasil. **Revista Brasileira de Biologia**. **47**(1/2): 31-36.
- CHAVES, P. DE T. C. & BOUCHEREAU, J-L. 1999. Use of mangrove habitat for reproductive activity by the fish assemblage in the Guaratuba bay, Brazil. **Oceanologica Acta** **23**(3): 273-280.
- CHAVES, P. DE T. C. & OTTO, G. 1999. The mangrove as a temporary habitat for fish: the *Eucinostomus* species at Guaratuba Bay, Brazil (25°52'S; 48°39'W). **Brazilian Archives of Biology and Technology** **42**(1): 61-68.

- CHONG, V. C.; SASEKUMAR, A.; LEH, M. U. C. & CRUZ, R. D. 1990. The fish and prawn communities of a Malaysian coastal mangrove system, with comparisons to adjacent mud flats and inshore waters. **Estuarine, Coastal and Shelf Science** **31**: 703-722.
- ESTEVEES, K. E. & GALETTI JR., P. M. 1995. Food partitioning among some characids of a small Brazilian floodplain lake from the Paraná River basin. **Environmental Biology of Fishes** **42**: 375-389.
- FIGUEIREDO, J. L. & MENEZES, N. A. 1980. **Manual de peixes marinhos do sudeste do Brasil: Teleostei (2)**. São Paulo, Museu de Zoologia. v.3, 90p.
- FIGUEIREDO, J. L. & MENEZES, N. A. 2000. **Manual de peixes marinhos do sudeste do Brasil: Teleostei (5)**. São Paulo, Museu de Zoologia. v.4, 116p.
- FITZHUGH, G. R. FLEEGER, J. W. 1985. Goby (Pisces: Gobiidae) interactions with meiofauna and small macrofauna. **Bulletin of Marine Science** **36**(3): 436-444.
- HABITAT INVENTORY COMMITTEE. 1986. **Aquatic habitat inventory: glossary and standard methods**. Bethesda, Western Division American Fisheries Society. 134p.
- HECK, JR, K. L & THOMAN, T. A. 1981. Experiments on predator-prey interactions in vegetated aquatic habitats. **Journal of Experimental of Marine Biology and Ecology** **53**: 125-134.
- HYSLOP, E. J. 1980. Stomach contents analysis-a review of methods and their application. **Journal of Fish Biology** **17**: 411-429.
- KAWAKAMI, E. & VAZZOLER, G. 1980. Método gráfico e estimativa de índice alimentar aplicado no estudo de alimentação de peixes. **Boletim do Instituto oceanográfico** **29**(2): 205-207.
- KREBS, C. J. 1989. **Ecological Methodology**. New York, Harper & Row. 654p.
- LAEGDSGAARD, P. & JOHNSON, C. R. 1995. Mangrove habitats as nurseries: unique assemblages of juvenile fish in subtropical mangroves in eastern Australia. **Marine Ecology Progress Series** **126**: 67-81.
- LAEGDSGAARD, P. & JOHNSON, C. R. 2001. Why do juvenile fish utilize mangrove habitats? **Journal of Experimental Marine Biology and Ecology** **257**: 229-253.
- MCALEECE, N. 2004. **Biodiversity Professional 2.0**. The Natural History Museum and the Scottish Association for Marine Science. Available in: <<http://www.nhm.ac.uk/zoology/bdpro>>.
- MENEZES, N. A. & FIGUEIREDO, J. L. 1980. **Manual de peixes marinhos do sudeste do Brasil: Teleostei (3)**. São Paulo, Museu de Zoologia. v.4, 96p.

- MENEZES, N. A. & FIGUEIREDO, J. L. 1985. **Manual de peixes marinhos do sudeste do Brasil. Teleostei (4)**. Museu de Zoologia, Universidade de São Paulo, v.5, 105p.
- MORAIS, A. T. DE & MORAIS, L. T. DE 1994. The abundance and diversity of larval and juvenile fish in a tropical estuary. **Estuaries** **17**(1B): 216-225.
- MORIN, B. C., H. & WHORISKEY, F. G. 1992. Environmental influences on seasonal distribution of coastal and estuarine fish assemblages at Wemindji, eastern James Bay. **Environmental Biology of Fishes** **35**: 219-229.
- PAIVA FILHO, A. M. & TOSCANO, A. P. 1987. Estudo comparativo e variação sazonal da ictiofauna na zona entremarés do mar Casado-Guarujá e mar Pequeno-São Vicente, SP. **Boletim do Instituto oceanográfico** **35**(2): 153-165.
- PINKAS, L.; OLIPHANT, M. S. & IVERSON, I. L. K. 1971. Food habits of Albacore, bluefin tuna, and Bonito in California waters. **Fish Bulletin** **152**: 1- 10.
- ROBERTSON, A. I. & DUKE, N. C. 1987. Mangroves as nursery sites: comparisons of the abundance and species composition of fish and crustacean in mangroves and other nearshore habitats in tropical Australia. **Marine Biology** **96**: 193-205.
- ROBERTSON, A. I. & DUKE, N. C. 1990. Mangrove fish-communities in tropical Queensland, Australia: spatial and temporal patterns in densities, biomass and community structure. **Marine Biology** **104**: 369-379.
- SABINO, J. 1999. Comportamento de peixes em riachos: métodos de estudo para uma abordagem naturalística. *In*: CARAMASCHI, E. P.; MAZZONI, R.; BIZERRIL, C. R. S. F. & PERES-NETO, P.R. eds. **Ecologia de Peixes de Riachos**. Série Oecologia Brasiliensis. Rio de Janeiro. PPGE-UFRJ. p.183-208.
- SAVINO, J. B. & STEIN, R. A. 1989. Behavior of fish predators and their prey: habitat choice between open water and dense vegetation. **Environmental Biology of Fishes** **24**(4): 287-293.
- Statsoft, Inc., 2001. **Statistica (data analyses software system), version 6**. Available in: www.statsoft.com.
- THAYER, G. W.; COLBY, D. R. & HETTLER, JR., W. F. 1987. Utilization of the red mangrove prop root habitat by fishes in south Florida. **Marine Ecology-Progress Series** **35**: 25-38.
- TOEPFER, C. S. & FLEEGER, J. W. 1995. Diet of juvenile fishes *Citharichthys spilopterus*, *Symphurus plagiusa*, and *Gobionellus boleosoma*. **Bulletin of Marine Science** **56**(1): 238-249.

- WINEMILLER, K. O. 1989. Ontogenetic diet shifts and resource partitioning among piscivorous fishes in the Venezuelan Llanos. **Environmental Biology of Fishes** **26**: 177-199.
- WRIGHT, J. M. 1986. The ecology of fish occurring in shallow water creeks of a Nigerian mangrove swamp. **Journal of Fish Biology** **29**: 431-441.
- ZAHORCSAK, P.; SILVANO, R. A. M. & SAZIMA, I. 2000. Feeding biology of a guild of benthivorous fishes in a sandy shore on south-eastern Brazilian coast. **Revista Brasileira de Biologia** **60**(3): 511-518.
- ZAVALA-CAMIM, L. A. 1996. **Introdução aos estudos sobre alimentação natural de peixes**. Maringá, EDUEM. 129p.

CAPÍTULO III

COLONIZAÇÃO POR MACROINVERTEBRADOS EM VEGETAÇÃO DE MANGUE: VARIAÇÃO NA COMPOSIÇÃO DA FAUNA EM FUNÇÃO DA SALINIDADE E DA ESTAÇÃO DO ANO

Colonização por macroinvertebrados em vegetação de mangue: variação na composição da fauna em função da salinidade e da estação do ano

RESUMO

O presente trabalho pretende identificar os macroinvertebrados aquáticos que colonizam a vegetação do mangue, através de um trabalho de manipulação experimental com utilização de substratos artificiais. O substrato artificial foi montado com pedaços de corda de sisal, em estruturas semelhantes às raízes das plantas do mangue, instalados em cada uma das extremidades de um tubo de PVC de 50 cm de comprimento, sendo o tubo preso junto à vegetação marginal do mangue com arame. O experimento de colonização foi realizado nas estações seca e chuvosa. Dez réplicas do substrato artificial foram instaladas em três trechos de salinidade: um trecho a jusante com salinidade alta, um trecho a montante com salinidade baixa, e um trecho intermediário com salinidade média. No substrato artificial foi amostrado um total de 11 grupos taxonômicos, representados pelos filos Cnidaria, Annelida e Arthropoda. Os insetos foram o grupo mais abundante, totalizando 2.422 indivíduos dos animais coletados, e esteve representado principalmente por larvas de Chironomidae. Os crustáceos corresponderam ao grupo de artrópode tão diversificado e abundante quanto os insetos, com um total de 2.207 indivíduos amostrados, sendo representados por Copepoda, Tanaidacea, Isopoda, Amphipoda e Decapoda. Quanto à variação sazonal, oito grupos taxonômicos foram amostrados na estação seca e onze na chuvosa. Apesar da riqueza ter sido semelhante nas duas estações, uma variação sazonal ficou nítida quando considerada a abundância total por estação, sendo três vezes maior na estação chuvosa. Enquanto na estação seca a maioria dos grupos foi mais abundante na salinidade média e baixa, na estação chuvosa houve uma melhor distribuição dos grupos nas três faixas de salinidade. Analisando a distribuição sazonal e espacial dos macroinvertebrados, notamos a maior abundância dos grupos na estação chuvosa e a predominância no trecho de baixa salinidade.

Palavras-chave: substrato artificial, colonização, macroinvertebrados, estação do ano, trechos de salinidade.

INTRODUÇÃO

Os manguezais podem ser definidos como um “ecossistema costeiro, de transição entre os ambientes terrestres e marinhos, característico de regiões tropicais e subtropicais e sujeito ao regime das marés” (Schäffer-Novelli, 1995). Estes sistemas, localizados ao longo dos estuários, representam comunidades vegetais adaptadas a condições climáticas contrastantes, típicas de regiões costeiras e geograficamente distribuídas entre latitudes intertropicais (Schäffer-Novelli, 1995).

O ecossistema costeiro é conhecido tradicionalmente como uma área muito importante por servir como berçário para as fases jovens de espécies estuarinas residentes e/ou temporárias (Chaves & Bouchereau, 1999). Seu papel como berçário tem sido associado com a viabilidade de alimento e abrigo dos predadores, oferecido pelas estruturas físicas do substrato e pela turbidez (Primavera, 1997). Também, no ambiente marinho costeiro os habitats bênticos possuem uma série de características espaciais e ecológicas que os tornam mais acessíveis para o estudo do efeito deste habitat na abundância dos macroinvertebrados, tais como as fases de pós-larva e jovens de camarões e caranguejos, anfípodos, poliquetos e gastrópodos (Eggleston et al., 1999).

Além disso, as partículas que ficam em suspensão na água, provenientes de material alóctone e autóctone, são causadores da dispersão de sementes, desovas de peixes, larvas de invertebrados aquáticos, nas áreas de manguezais e entre manguezais e demais regiões costeiras devido à ação das marés (Mazda et al., 1999).

No que se refere à estrutura das comunidades que utilizam este ambiente, permanente ou temporariamente, muitos fatores abióticos e bióticos podem ser de fundamental importância para explicar os padrões de abundância e distribuição das espécies (Menge & Sutherland, 1987; Worthen et al., 1994). A salinidade é um importante fator que estabelece e explica padrões na estrutura das comunidades, atuando como um filtro fisiológico e eliminando as espécies que não toleram gradientes muito altos de salinidade (Patrick et al., 2002; Silberbush et al., 2005).

A complexidade estrutural do substrato também apresenta um importante papel na estrutura das comunidades, principalmente nas regiões intertidais. Os animais presentes nestas áreas têm que lidar com mecanismos de ação das marés e dessecação, em conjunto com a predação e competição (Navarrete & Castilla, 1990). Devido a estas condições, a complexidade geométrica do substrato pode aumentar as taxas de colonização por proteger

os organismos do ambiente e por aumentar a área disponível para seu estabelecimento no substrato (Jacobi & Langevin, 1999). Alguns trabalhos têm evidenciado que a intensidade de predação é mais baixa em habitats com vegetação do que sem vegetação e que áreas com grande biomassa mostram um nível mais baixo de predação do que áreas com uma menor biomassa (Heck & Thoman, 1984; Bell & Westoby, 1986; Micheli, 1996).

Estudos ecológicos mais recentes sobre manipulações experimentais têm crescido em popularidade e feito grandes contribuições para o entendimento geral do estabelecimento, manutenção e persistência das comunidades (Uieda, 1999). Um dos principais problemas para uma realização eficaz de experimentos em ecologia é a sua adequação com o ambiente natural (Underwood & Chapman, 2000). Experimentos de colonização permitem não somente conhecer a fauna de invertebrados presentes numa área, mas também podem possibilitar a análise das mudanças que ocorrem na composição da comunidade ao longo do tempo (Brower & Zar, 1984).

A maioria dos estudos sobre colonização tem sido efetuada em ambientes de água doce, muitos utilizando substratos artificiais para verificar o movimento dos macroinvertebrados em novos habitats (Carvalho & Uieda, 2004). Porém, poucos trabalhos experimentais foram desenvolvidos em regiões costeiras, podendo ser citados os trabalhos de Hulberg & Oliver (1980) em costão rochoso, de Heck & Thoman (1981) em habitats marinhos lodosos e trabalhos mais recentes em estuários, como os de Fitzhugh & Fleeger (1985), Anderson & Underwood (1994), Smith & Rule (2002) e Cardoso et al., 2007. Segundo Deutsch (1980), estudos sazonais de curta ou longa exposição dos substratos também são importantes, permitindo uma análise em escala temporal da taxa de colonização por macroinvertebrados.

O município de Ubatuba, local onde foi desenvolvido o presente estudo, vem sofrendo vários tipos de pressões em seus manguezais, como aterros, poluição, exploração de madeira, orquídeas e bromélias, pesca ilegal, além do assoreamento do leito dos rios. Por isso, é de extrema relevância o estudo da fauna associada à vegetação do mangue, pois poderemos destacar a importância desta vegetação como local de abrigo e alimentação para uma fauna bastante diversificada.

O presente trabalho pretende identificar os macroinvertebrados aquáticos que colonizam a vegetação do mangue, através de um trabalho de manipulação experimental com utilização de substratos artificiais. O processo de colonização foi acompanhado em três trechos com diferentes salinidades e durante as estações seca e chuvosa. A hipótese examinada é de existe uma variação espacial e temporal na composição da fauna, com

espécies resistentes a maiores salinidades nos trechos próximos à foz. Este estudo, além de ampliar os conhecimentos científicos sobre a estrutura da fauna dos manguezais, será uma importante contribuição para a Unidade de Conservação do Núcleo Picinguaba, onde foi realizado.

MATERIAL E MÉTODOS

Área de estudo

Este trabalho foi desenvolvido no Rio da Fazenda (23°31' a 23°34'S, 45°02' a 45°05'W), localizado dentro do Parque Estadual da Serra do Mar, Núcleo Picinguaba. O Núcleo Picinguaba está localizado no município de Ubatuba, São Paulo, apresentando como característica a preservação de uma área que se inicia na cota ZERO e se estende até o mar, ou seja, nele são preservados todos os ambientes que compõem o complexo ecossistema litorâneo: praia, costão rochoso, mata de restinga, mangue, mata de planície e mata de encosta.

O Rio da Fazenda é um rio litorâneo, com ca. 6 Km de extensão, cuja nascente se localiza na encosta da Serra do Mar e a foz na Praia da Fazenda, correndo inteiramente dentro do Parque Estadual da Serra do Mar, Núcleo Picinguaba (Corrêa & Uieda, 2008). A vegetação do mangue é composta principalmente por *Hibiscus pernambucensis* Arruda (Malvaceae), *Laguncularia racemosa* (L.) C. F. Gaertn. (Combretaceae) e *Eugenia* sp Linnaeus (Myrtaceae).

Trabalho experimental

A determinação da fauna de invertebrados presentes nas raízes foi realizada através de um experimento de colonização, utilizando um substrato artificial previamente testado (Corrêa & Uieda, 2008). Este substrato foi montado com pedaços (7,5 cm) de corda de sisal, instalados em cada uma das extremidades de um tubo de PVC de 50 cm de comprimento, sendo o tubo preso junto à vegetação marginal do mangue com arame. Esta montagem permitia que o substrato artificial permanecesse sempre submerso, independente das variações na profundidade em função das mudanças de maré. Este tipo de experimento foi escolhido ao invés de analisar a fauna diretamente da vegetação natural, pois o

substrato artificial permite uma padronização do tamanho da amostra e do tempo de colonização.

O experimento de colonização foi realizado na estação seca (julho e agosto de 2004) e chuvosa (fevereiro e março de 2005), sendo conduzido na semana de lua cheia, quando ocorriam os menores picos de maré. Com a instalação dos substratos no momento do nível mais baixo da maré não havia o perigo dos mesmos ficarem para fora d'água durante as flutuações diárias da maré. Dez réplicas do substrato artificial foram instaladas em três trechos de salinidade (Tabela I): um trecho a jusante com salinidade alta, variando de 3 a 10 ppm, um trecho a montante com salinidade baixa, variando de 0 a 2 ppm, e um trecho intermediário com salinidade média, variando de 2 a 6 ppm, sendo os valores mínimos da estação chuvosa e os valores máximos da seca. As medidas de salinidade, oxigênio e temperatura foram obtidas durante os quatro dias do experimento de colonização com auxílio de um HORIBA-U10.

Na manhã do quinto dia os substratos artificiais foram removidos e acondicionados em frascos com formol 5%, devidamente etiquetados. O período de cinco dias compreendia o intervalo antes da mudança de lua cheia para minguante, necessário para que não houvesse alterações nas flutuações de marés altas e baixas em função da mudança na fase de lua, ou seja, para que o experimento todo ocorresse durante um ciclo semelhante de maré.

Análise dos dados

No laboratório, foi adicionado o corante Rosa de Bengala ao material fixado para facilitar a visualização dos animais. Após 24 horas no corante, o conteúdo das amostras (líquido fixador e substrato artificial) foi lavado sobre três peneiras de granulometria (malhas de 1, 0,5 e 0,25mm). As peneiras foram vistoriadas sob estereomicroscópio para triagem dos organismos, posteriormente identificados (Pennak, 1978; Merritt & Cummins, 1996), contados e preservados em álcool 70%. Para alguns grupos foram utilizadas bibliografias específicas para identificação ao nível de espécie, como Isopoda (Pires, 1982, 1985) e Tanaidacea (Gutu, 1996), ou ao nível de tribos, como Chironomidae (Trivinho-Strixino & Strixino, 1995), sendo a identificação deste material posteriormente verificada por especialistas. Além da abundância, também foi estimado o biovolume, ou seja, a área ocupada (número de quadrados de uma grade) por cada grupo de invertebrado quando colonizando o substrato, determinada usando uma placa milimetrada.

A significância do efeito da estação do ano e da salinidade sobre a abundância, total e dos quatro grupos taxonômicos mais abundantes, foi testada através de um modelo linear generalizado (GLM). Esta é uma medida de discrepância entre os valores observados e os ajustados pelo modelo (Dobson, 2001; Demetrio, 2002). A estatística de *deviances* foi utilizada para indicar a qualidade do modelo (Maia et al., 2003), pois quanto menor for o valor obtido, melhor será o ajuste do modelo. Nesta análise o valor de *deviances* total se refere ao modelo que não conta com nenhum dos componentes sob estudo (estação e salinidade), ou seja, a abundância é considerada como constante em todas as situações. O teste verifica quanto diminui o valor de *deviances* do modelo anterior (Total) quando incorporado ao modelo o efeito da estação (Modelo 1) ou da salinidade (Modelo 2), ou seja, quando estimadas as abundâncias médias para cada uma das situações destes dois componentes (2 estações e 3 salinidades). Se a redução for pequena, significa que o efeito testado para cada um dos modelos pouco contribui para a explicação das diferenças na abundância. Se a redução for grande, significa que considerar o efeito deste componente é importante, uma vez que o valor de *deviances* do modelo diminui significativamente contando com seu efeito.

Uma possível relação entre a abundância dos macroinvertebrados amostrados e os fatores abióticos mensurados (oxigênio, salinidade, temperatura e estação do ano) foi verificada através de uma Análise de Componentes Principais (PCA).

RESULTADOS

No substrato artificial foi amostrado um total de 11 grupos taxonômicos (Tabela II), representados pelos filos Cnidaria (Hydrozoa), Annelida (Polychaeta) e Arthropoda (Arachnida, Insecta e Crustacea). Os insetos foram o grupo mais abundante, totalizando 2.422 indivíduos (52%) dos animais coletados, e esteve representado principalmente por larvas de Chironomidae (Diptera, 48% do total). Outros grupos de insetos também foram amostrados (Collembola, Ephemeroptera, Trichoptera, Hemiptera e Odonata), porém em menor abundância (somente 3,7% do total). Os crustáceos compreenderam um grupo de artrópode tão diversificado e abundante quanto os insetos, com um total de 2.207 indivíduos amostrados (48%), sendo representados por Copepoda (Harpacticoida e Cyclopoida), Tanaidacea (Tanaidae), Isopoda (Sphaeromatidae e Munnidae), Amphipoda

(Gammaridea) e Decapoda (Caridea e Brachyura). Dos grupos de crustáceos amostrados, três corresponderam a 46% do total de invertebrados amostrados (26% de Isopoda, 12% de Tanaidacea e 8% de Copepoda).

Quanto à variação sazonal, oito grupos taxonômicos foram amostrados na estação seca (julho e agosto/2004) e onze na chuvosa (fevereiro e março/2005). Porém, para os três grupos de ocorrência somente na estação chuvosa poucos indivíduos foram amostrados (Tabela II). Apesar da riqueza ter sido semelhante nas duas estações, uma variação sazonal ficou nítida quando considerada a abundância total por estação, sendo três vezes maior na estação chuvosa. Esta diferença sazonal também foi evidente quando analisada a abundância dos grupos, com predomínio de Isopoda na estação seca e de Chironomidae na estação chuvosa (Tabela II).

A variação sazonal também pode ser verificada quando associada à variação espacial, com maior percentual de indivíduos coletados no trecho de salinidade baixa durante a estação chuvosa, enquanto na estação seca os percentuais foram semelhantes nos três trechos de salinidade amostrados (Tabela II).

A abundância total maior na estação chuvosa dos três trechos de salinidade (Figura 1A) e maior no trecho de salinidade baixa durante a estação chuvosa (Figura 1B) pode ser comprovada pela análise dos dados de abundância utilizando o modelo linear generalizado (GLM), com valores altamente significativos ($p < 0,000$) para as variáveis estação e salinidade.

No que se refere à distribuição espacial dos grupos taxonômicos, nas duas estações do ano Isopoda predominou nos trechos de salinidade alta e média, enquanto Chironomidae predominou no trecho de salinidade baixa (Tabela II). Apesar dos dois primeiros trechos terem se assemelhado quanto ao grupo mais abundante, diferiram quanto ao segundo grupo em importância, esta diferença sendo influenciada por uma variação sazonal: na estação seca Tanaidacea para os trechos de salinidade alta e média, na estação chuvosa Copepoda para o trecho de salinidade alta e Chironomidae para a salinidade média.

Analisando a abundância relativa dos grupos em cada trecho de salinidade (Figura 2), nota-se que a maioria ocorre nas três faixas de salinidade, com apenas uma exceção na estação seca e quatro na chuvosa. Enquanto na estação seca a maioria dos grupos foi mais abundante nas salinidades média e baixa, na estação chuvosa esta distinção não ficou nítida (Figura 2).

Pela análise de correlação, envolvendo os fatores ambientais e a abundância dos oito grupos taxonômicos de ocorrência nas duas estações do ano, os dois primeiros eixos explicaram 47% da variância total (Tabela III e Figura 3). No primeiro eixo, estação, oxigênio e temperatura apresentaram valores significativos e definiram a posição de Copepoda neste eixo, com maior abundância na estação chuvosa, com maiores valores de temperatura e menores de oxigênio. No segundo eixo, a salinidade apresentou valor significativo, confirmando a maior abundância de Chironomidae e Insecta no trecho de salinidade baixa.

Para os quatro grupos de macroinvertebrados predominantes, representados por Chironomidae, Isopoda, Tanaidacea e Copepoda, a maior abundância na estação chuvosa (Figura 4, Tabela II) pode ser comprovada pela análise dos dados de abundância utilizando o modelo linear generalizado (GLM), com uma diferença sazonal significativa na abundância dos quatro grupos (Tabela IV).

Por outro lado, a distribuição destes mesmos grupos por trecho de salinidade nas duas estações (Figura 5) mostra a presença de padrões distintos de distribuição. Para Tanaidacea não foi visível um padrão de distribuição espacial definido, ou seja, sem um efeito significativo da salinidade sobre a abundância (Tabela IV). Para os outros três grupos, a interação da abundância com os trechos de salinidade foi altamente significativa (Tabela IV), sendo encontrado para Copepoda maior abundância no trecho de salinidade alta e na estação chuvosa, para Isopoda maior abundância no trecho de salinidade média na estação chuvosa e para Chironomidae maior abundância no trecho de salinidade baixa nas duas estações (Figura 5).

Para os dois grupos de crustáceos de maior abundância, Isopoda e Tanaidacea, foram amostradas quatro e duas espécies, respectivamente (Tabela V). Para Isopoda foram identificadas três espécies da família Sphaeromatidae (*Cassidinidea tuberculata*, *Dies fluminensis* e *Sphaeroma terebrans*) e uma da família Munnidae (*Munna peterseni*); para Tanaidacea, duas espécies da família Tanaidae (*Sinelobus stanfordi* e *Tanais dulongii*). Nas estações seca e chuvosa e nos três trechos de salinidade foram mais abundantes *C. tuberculata* e *S. stanfordi* (Tabela V).

A análise da abundância e do biovolume das espécies de Isopoda (Figura 6) mostrou uma variação sazonal e espacial. Na estação seca, somente duas espécies foram encontradas, sendo *C. tuberculata* encontrada nas três faixas de salinidade e *M. peterseni*, exclusivamente no trecho de salinidade baixa. Na estação chuvosa, foram encontradas mais duas espécies e três padrões de distribuição: *C. tuberculata* ocorrendo predominantemente

no trecho de salinidade média, *M. peterseni* *D. fluminensis* preferencialmente no trecho de salinidade baixa e *S. terebrans* ocorrendo exclusivamente no trecho de salinidade alta.

Por outro lado, para as duas espécies de Tanaidacea somente *T. dulongii* apresentou variação espacial e sazonal na abundância e biovolume, na estação seca ocorrendo em duas faixas de salinidade e com predomínio na salinidade média e na estação chuvosa ocorrendo nas três faixas de salinidade (Figura 7).

Para Chironomidae foram identificadas cinco tribos, com predomínio de Chironomini nas duas estações (Tabela V). Para todas as tribos a abundância e o biovolume foram maiores no trecho de salinidade baixa (Figura 8).

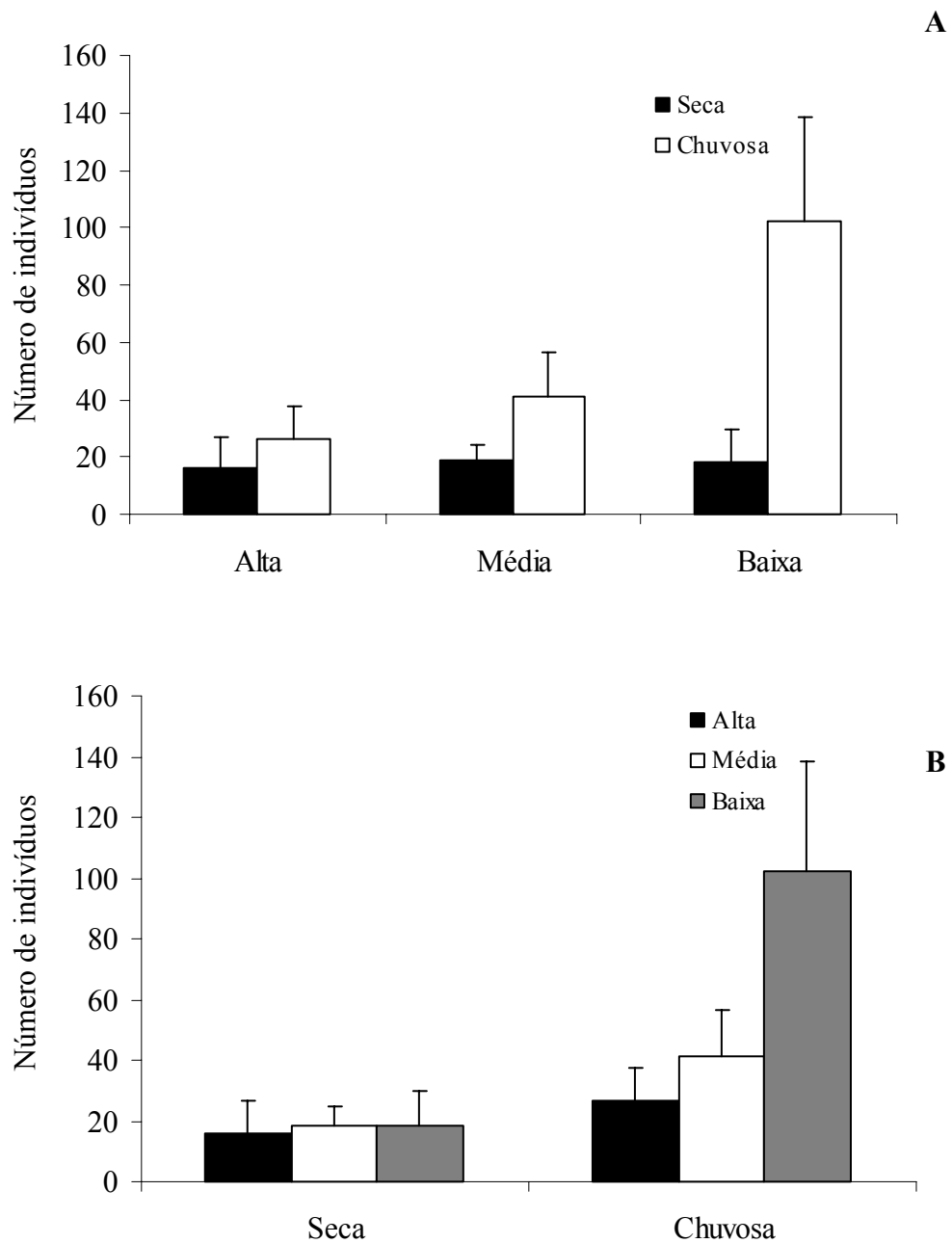


Figura 1. Abundância absoluta (média e desvio padrão) dos macroinvertebrados amostrados no Rio da Fazenda em três trechos de salinidade (alta, média e baixa) e em duas estações do ano (seca = julho e agosto/2004, chuvosa = fevereiro e março/2005), com os dados apresentados por trecho de salinidade (A) e por estação do ano (B).

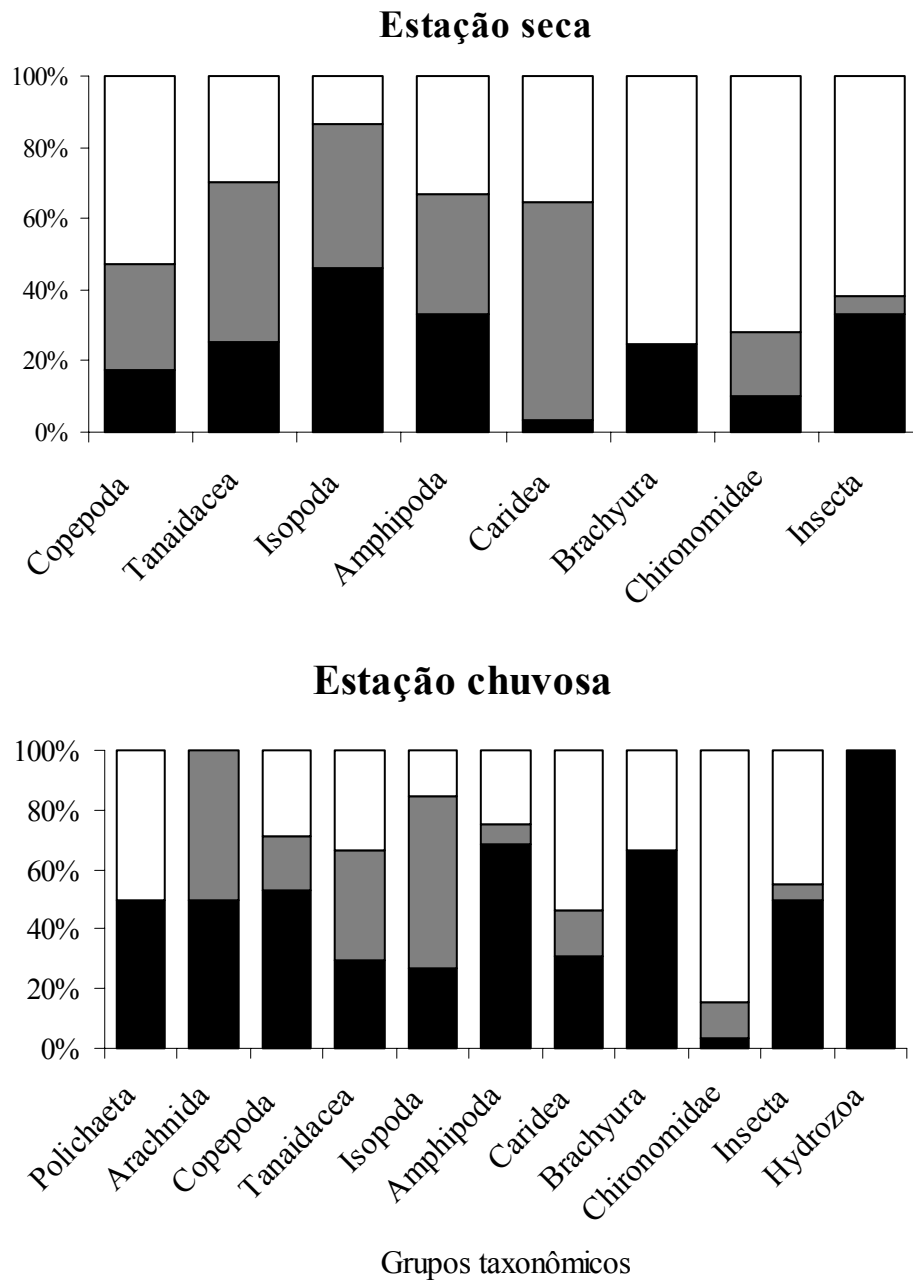


Figura 2. Abundância relativa dos macroinvertebrados amostrados nas estações seca e chuvosa nas faixas de salinidade Alta (barra preta), Média (barra cinza) e Baixa (barra branca).

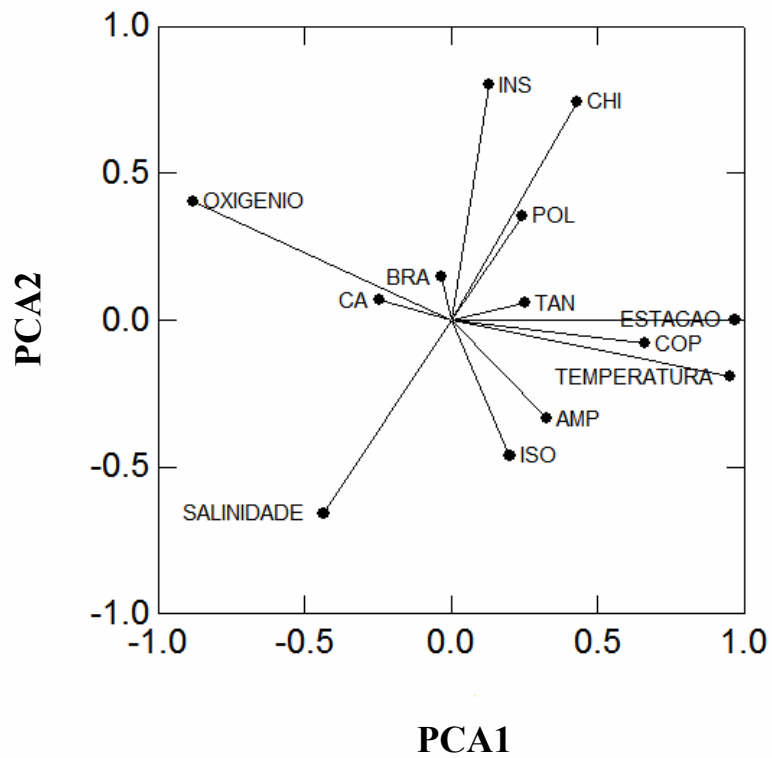


Figura 3. Posição das variáveis nos dois eixos (PCA1 e PCA2), definidos a partir dos valores de correlação obtidos pela Análise dos Componentes Principais aplicada aos dados de abundância dos macroinvertebrados amostrados no Rio da Fazenda (para as siglas veja a Tabela III). Variável categórica: estação (1- seca, 2- chuvosa).

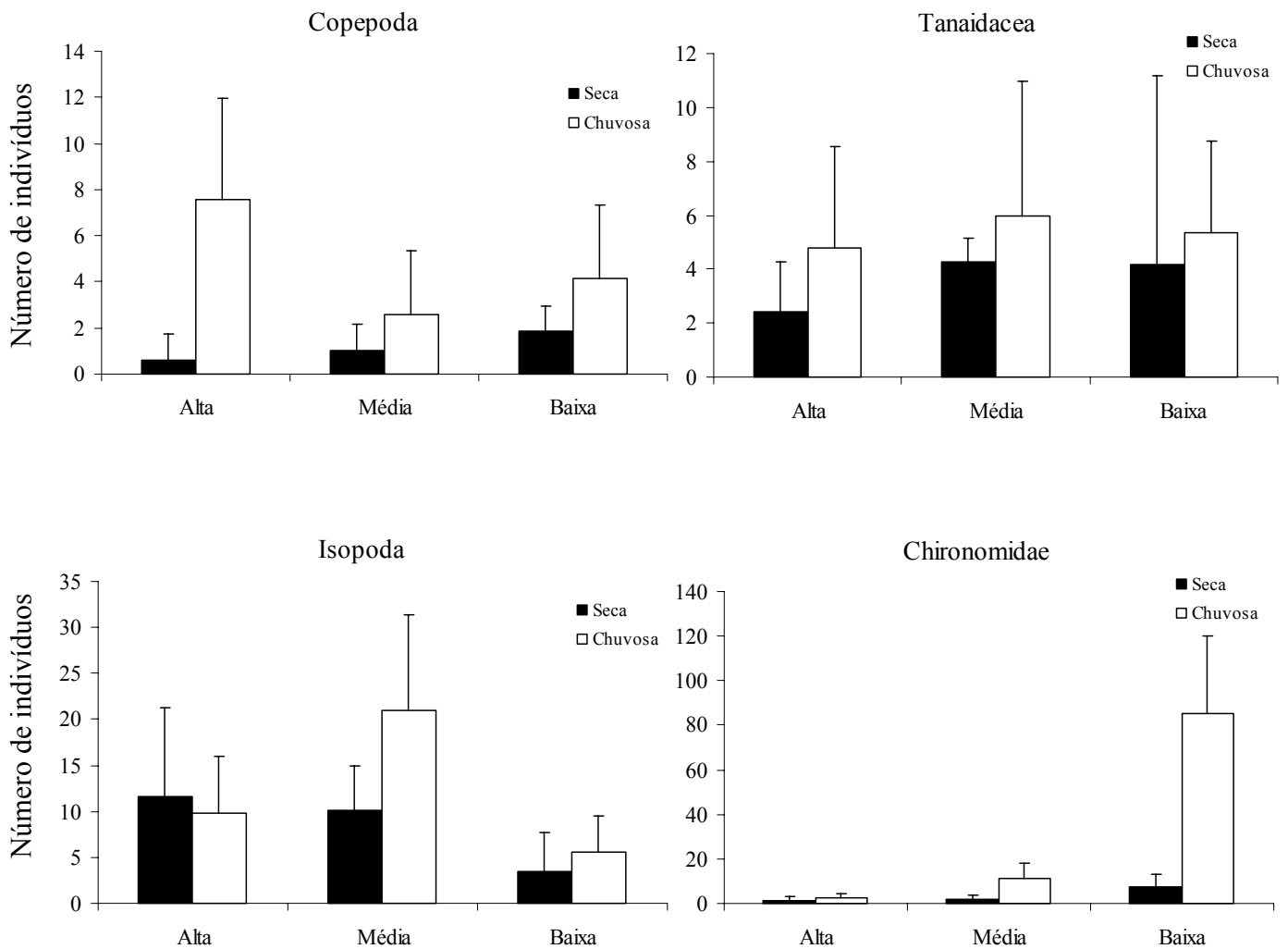


Figura 4. Abundância (média e desvio padrão) dos quatro grupos de macroinvertebrados mais representativos, amostrados no Rio da Fazenda nos trechos de salinidade Alta, Média e Baixa e nas estações seca e chuvosa, com os dados apresentados por trecho de salinidade.

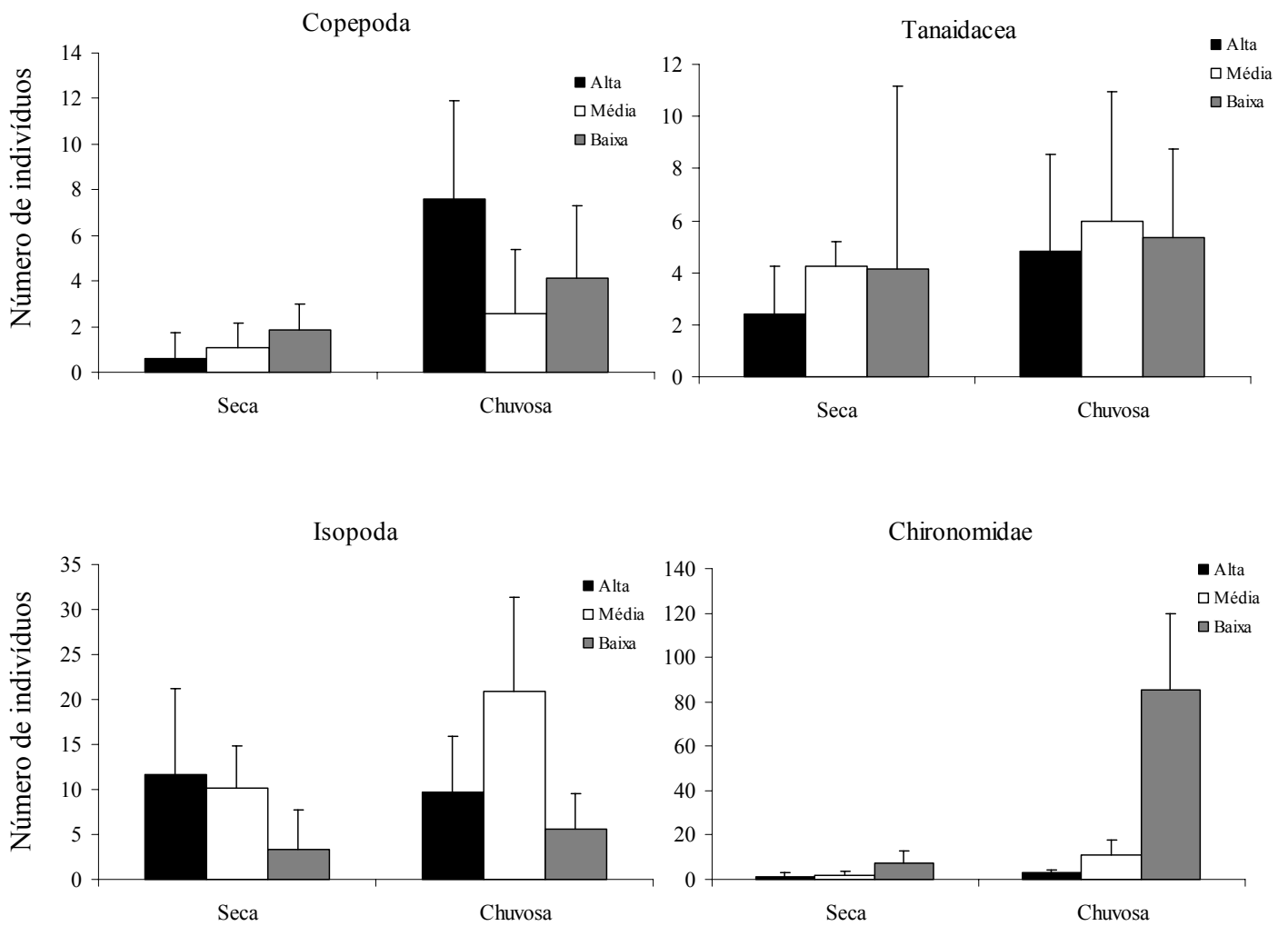


Figura 5. Abundância (média e desvio padrão) dos quatro grupos de macroinvertebrados mais representativos, amostrados no Rio da Fazenda nos trechos de salinidade Alta, Média e Baixa e nas estações seca e chuvosa, com os dados apresentados por estação do ano.

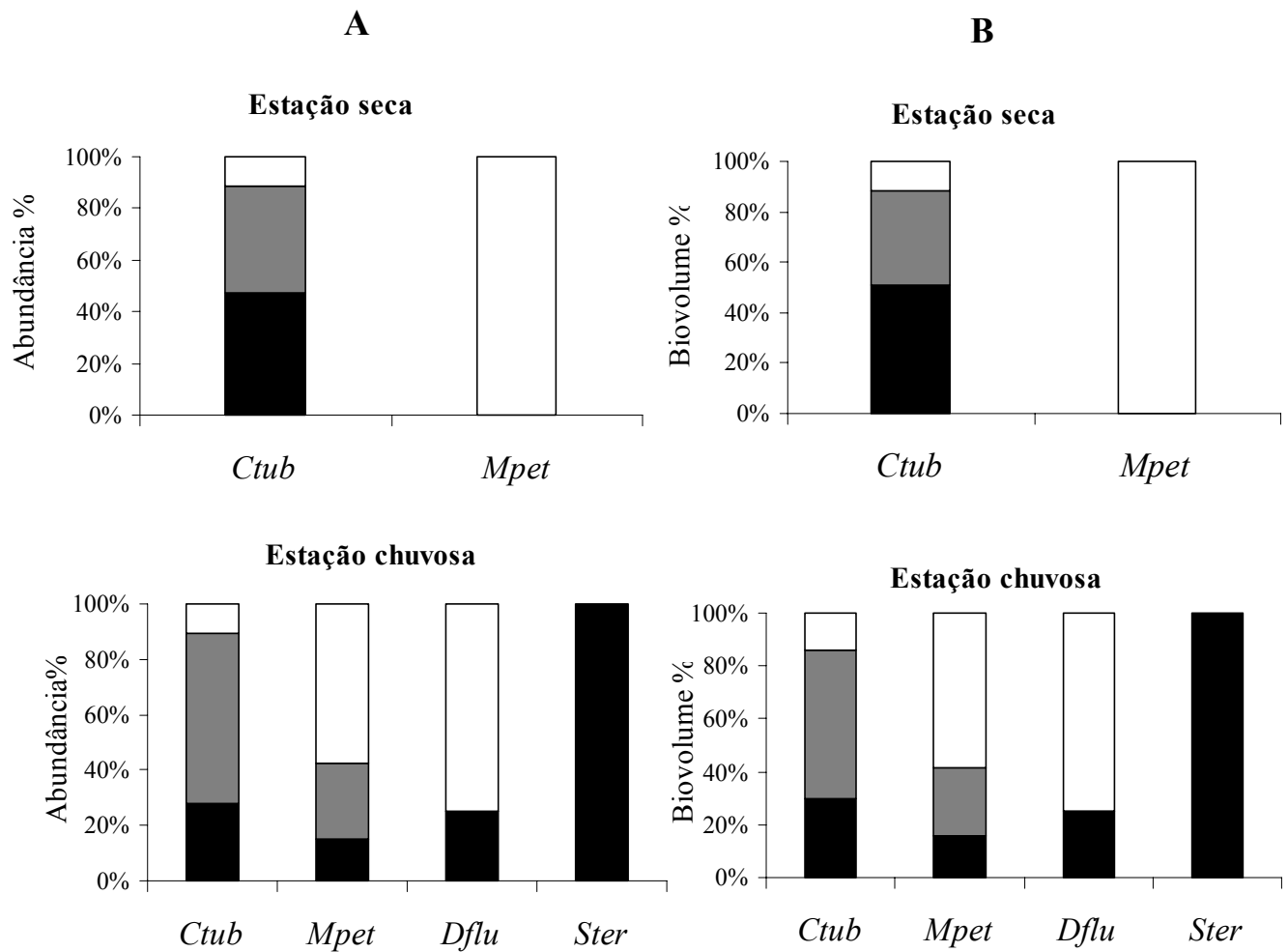


Figura 6. Abundância (A) e Biovolume (B) das espécies de Isopoda amostradas nas estações seca (julho e agosto/2004) e chuvosa (fevereiro e março de 2005) no mangue do Rio da Fazenda, nas faixas de salinidade Alta (barra preta), Média (barra cinza) e Baixa (barra branca). *Ctub*= *Cassidinidea tuberculata*; *Mpet*= *Munna peterseni*; *Dflu*= *Dies fluminensis* e *Ster*= *Sphaeroma terebrans*.

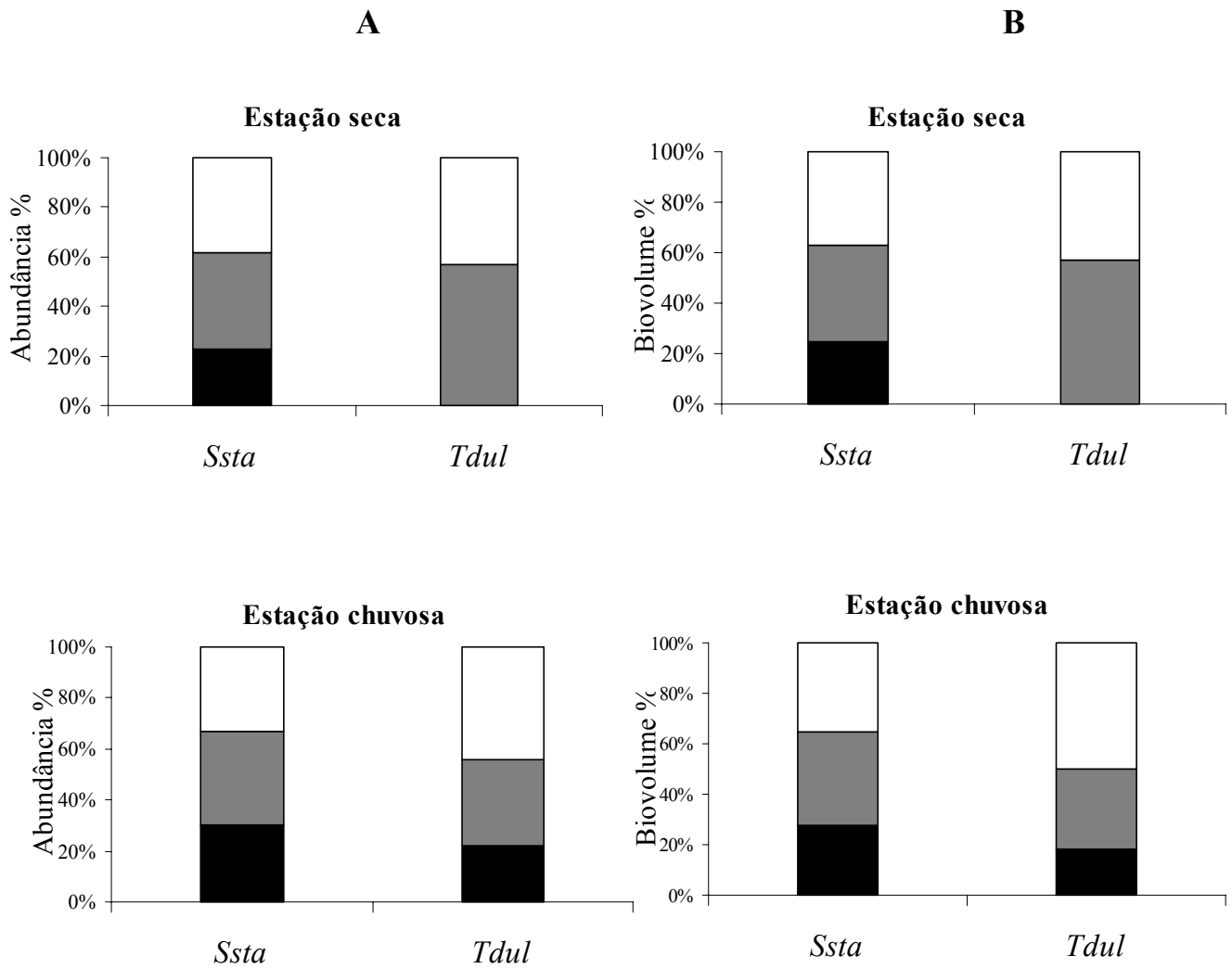


Figura 7. Abundância (A) e Biovolume (B) das espécies de Tanaidacea amostradas nas estações seca (julho e agosto/2004) e chuvosa (fevereiro e março de 2005) no mangue do Rio da Fazenda, nas faixas de salinidade Alta (barra preta), Média (barra cinza) e Baixa (barra branca). *Ssta*= *Sinelobus stanfordi* e *Tdul*= *Tanais dulongii*.

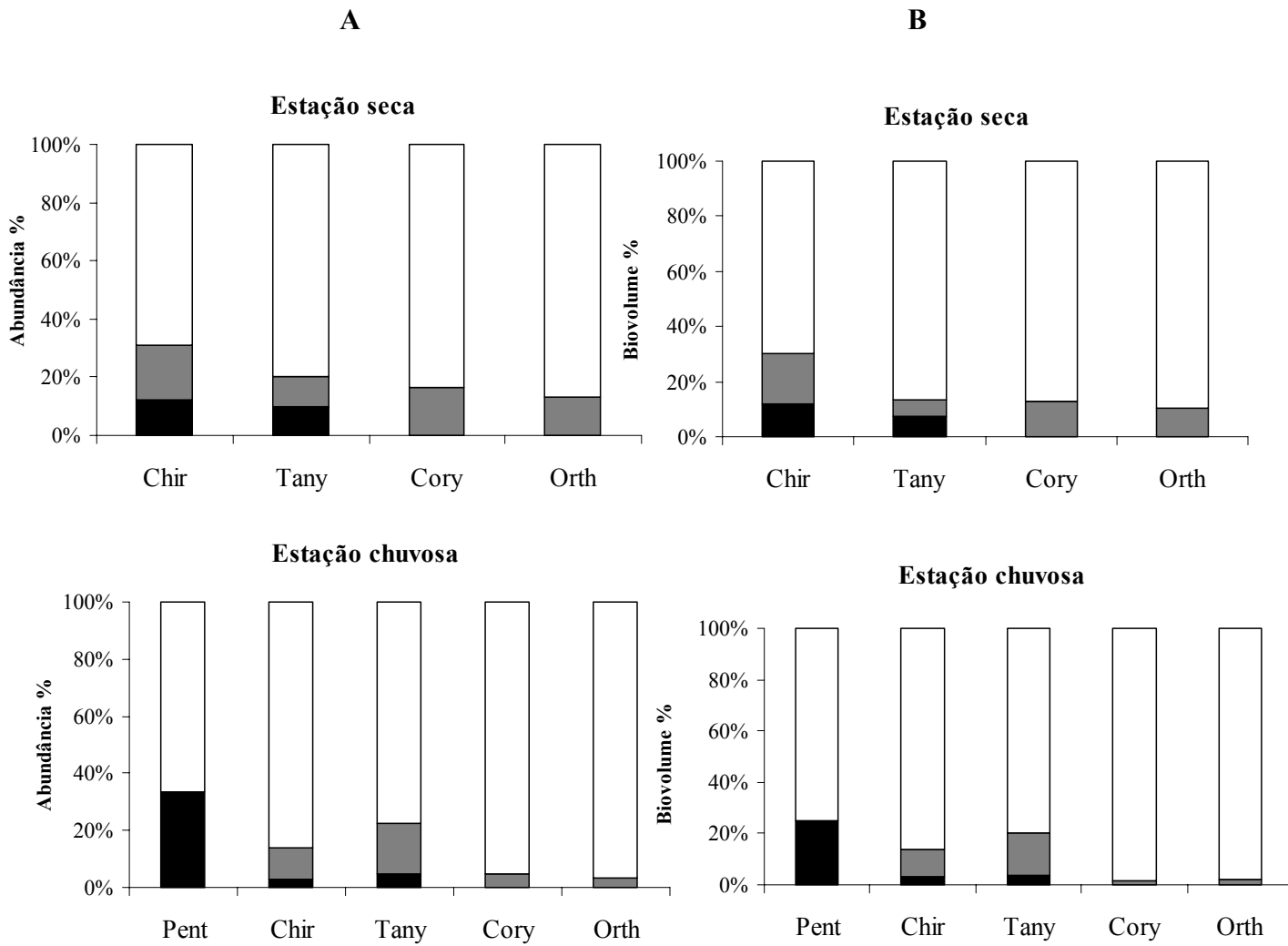


Figura 8. Abundância (A) e Biovolume (B) das tribos de Chironomidae amostradas nas estações seca (julho e agosto/2004) e chuvosa (fevereiro e março de 2005) no mangue do Rio da Fazenda, nas faixas de salinidade Alta (barra preta), Média (barra cinza) e Baixa (barra branca). Pent= Pentaneurini; Chir= Chironomini; Tany= Tanytarsini; Cory= Corynoneurini e Orth= Orthoclaadiini.

Tabela I. Média e desvio padrão dos parâmetros ambientais mensurados no ngue do Rio da Fazenda, Ubatuba, SP, durante a estação seca (julho e agosto/2004) e chuvosa (fevereiro e março/2005) e em três trechos de salinidade.

Estação	Trecho de salinidade	Oxigênio dissolvido (mgO ₂ L ⁻¹)	Temperatura da água (°C)	Salinidade (‰)
Seca	Alta	5,9 ± 0,8	20,1 ± 1,1	6,3 ± 3,5
	Média	6,0 ± 0,9	19,9 ± 1,3	4,0 ± 2,0
	Baixa	6,0 ± 1,1	19,0 ± 1,1	1,1 ± 0,7
Chuvosa	Alta	5,7 ± 0,4	24,7 ± 0,4	3,5 ± 0,5
	Média	5,4 ± 0,4	23,9 ± 0,3	2,1 ± 0,4
	Baixa	5,2 ± 0,5	23,3 ± 0,5	0,5 ± 0,2

Tabela II. Abundância absoluta (N) e relativa (%) dos grupos de macroinvertebrados amostrados na estação seca (julho e agosto/2004) e chuvosa (fevereiro e março/2005), nos trechos de salinidade alta, média e baixa, durante o experimento de colonização realizado no mangue do Rio da Fazenda, Ubatuba, SP (Insecta = Collembola, Ephemeroptera, Trichoptera, Hemiptera e Odonata).

Grupos taxonômicos	Estação seca								Estação chuvosa							
	Alta		Média		Baixa		Total		Alta		Média		Baixa		Total	
	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%
Hydrozoa	-	-	-	-	-	-	-	-	1	0,1	-	-	-	-	1	<0,0
Polychaeta	-	-	-	-	-	-	-	-	3	0,5	-	-	3	0,1	6	0,2
Arachnida	-	-	-	-	-	-	-	-	1	0,1	1	0,1	-	-	2	<0,0
Chironomidae	23	6,8	37	9,8	152	38,6	212	19,0	59	10,1	224	27,2	1754	82,8	2037	57,8
Insecta	21	6,2	13	3,4	39	9,9	73	6,6	50	8,6	5	0,6	45	2,1	100	2,8
Copepoda	12	3,5	21	5,5	37	9,4	70	6,3	152	26,1	52	6,3	83	3,9	287	8,1
Tanaidacea	48	14,1	85	22,4	83	21,1	216	19,4	96	16,5	119	14,4	107	5,0	322	9,1
Isopoda	232	68,4	203	53,6	68	17,2	503	45,2	193	33,1	419	50,8	111	5,2	723	20,5
Amphipoda	1	0,3	1	0,3	1	0,2	3	0,3	22	3,8	2	0,2	8	0,4	32	0,9
Caridea	1	0,3	19	5,0	11	2,8	31	2,8	4	0,7	2	0,2	7	0,3	13	0,4
Brachyura	1	0,3	-	-	3	0,8	4	0,4	2	0,3	-	-	1	<0,0	3	<0,0
TOTAL	339		379		394		1112		583		824		2119		3526	
%/salinidade	30,5		34,1		35,4				16,5		23,4		60,1			
%/estação							24,0								76,0	

Tabela III. Valores de correlação das variáveis nos dois eixos principais (PCA1 e PCA2), obtidos a partir da análise de componentes principais aplicada aos dados de abundância dos macroinvertebrados amostrados no Rio da Fazenda, durante as estações seca e chuvosa. Os valores em negrito ($>0,600$) foram considerados de contribuição significativa para a variância total.

Variáveis	PCA1	PCA2
Estação	0,968	0,001
Salinidade	-0,436	-0,659
Oxigênio	-0,881	0,404
Temperatura	0,950	-0,191
Copepoda- COP	0,662	-0,079
Tanaidacea- TAN	0,251	0,059
Isopoda- ISO	0,200	-0,462
Amphipoda- AMP	0,325	-0,336
Caridea- CA	-0,248	0,068
Brachyura- BRA	-0,032	0,148
Chironomidae- CHI	0,430	0,745
Insecta- INS	0,129	0,803
Variância (%)	29.031	17.872

Tabela IV. Valores de *deviances* e sua significância ($p < 0.05$), obtidos pela análise de variância (GLM) aplicada para os valores de abundância dos quatro grupos de macroinvertebrados mais representativos nas amostras realizadas no mangue do Rio da Fazenda, em duas estações do ano (seca = julho e agosto/2004, chuvosa = fevereiro e março/2005) e em três trechos de salinidade (alta, média e baixa).

Causa da variação	Copepoda			Tanaidacea		
	gl	<i>deviances</i>	p	gl	<i>deviances</i>	p
Estação	1	70,767	<0,001	1	5,004	0,025
Salinidade	2	17,352	<0,001	2	2,748	0,253
Total	119	232,26		119	145,42	
Causa da variação	Isopoda			Chironomidae		
	gl	<i>deviances</i>	p	gl	<i>deviances</i>	p
Estação	1	8,893	0,003	1	336,00	<0,001
Salinidade	2	62,719	<0,001	2	485,86	<0,001
Total	119	215,21		119	845,21	

Tabela V. Abundância absoluta (N) e relativa (%) das espécies de Isopoda e Tanaidacea (Crustacea) e das tribos de Chironomidae amostradas na estação seca (julho e agosto/2004) e chuvosa (fevereiro e março/2005), nos trechos de salinidade alta, média e baixa, durante o experimento de colonização realizado no mangue do Rio da Fazenda, Ubatuba, SP.

Taxa	Estação seca								Estação chuvosa							
	Alta		Média		Baixa		TOTAL		Alta		Média		Baixa		TOTAL	
	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%
ISOPODA																
<i>C. tuberculata</i>	232	100	203	100	57	83,8	492	97,8	180	93,3	399	95,2	68	61,3	647	89,5
<i>D. fluminensis</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	1	0,2	-	-	3	2,7	4	0,6
<i>S. terebrans</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	1	0,2	-	-	-	-	1	0,1
<i>M. peterseni</i>	-	-	-	-	11	26,2	11	2,2	11	5,7	20	4,8	40	36,0	71	9,8
TANAIDACEA																
<i>S. stanfordi</i>	48	100	81	95,3	80	96,4	209	96,8	94	97,9	116	97,5	103	96,3	313	97,2
<i>T. dulongii</i>	-	-	4	4,7	3	3,6	7	3,2	2	2,1	3	2,5	4	3,7	9	2,8
CHIRONOMIDAE																
Pentaneurini	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1,7	-	-	2	0,1	3	0,1
Chironominae	21	91,3	32	86,5	118	77,6	171	80,7	53	89,8	201	89,8	1569	89,5	1823	89,6
Tanytarsini	2	8,7	2	5,4	16	10,5	20	9,4	5	8,5	19	8,5	83	4,7	107	5,2
Coryneurini	-	-	1	2,7	5	3,3	6	2,8	-	-	1	0,4	19	1,1	20	1,0
Orthoclaadiini	-	-	2	5,4	13	8,6	15	7,1	-	-	3	1,3	81	4,6	84	4,1

DISCUSSÃO

Dos diversos grupos que compõem a comunidade de macroinvertebrados aquáticos, os insetos são os mais estudados (Hauer & Hesh, 1996). No presente trabalho, a ordem Diptera, representada pela família Chironomidae, foi o grupo de inseto mais representativo no mangue do Rio da Fazenda. Em sistemas de água doce, a composição e a distribuição das larvas de Chironomidae têm sido bastante estudadas (Trivinho-Strixino & Strixino, 1995), apesar de pouco se conhecer sobre sua composição em regiões costeiras. Dentre os crustáceos, segundo grupo em abundância no mangue do Rio da Fazenda, é citada uma grande riqueza, principalmente no que se refere a Isopoda, em região intertidal, onde os substratos se apresentam cobertos por algas e matéria orgânica devido à influência das marés (Pires, 1982).

Dentre a fauna encontrada no mangue do Rio da Fazenda, os organismos amostrados durante as estações seca e chuvosa podem ser divididos em dois grupos: os que colonizaram em abundância semelhante o substrato artificial nos 3 trechos de salinidade, uma minoria, e aqueles que colonizaram preferencialmente um trecho de salinidade. Uma distribuição diferencial dos organismos também pôde ser constatada por Dauvin & Vallet (2006), trabalhando em regiões costeiras na França, encontrando uma grande abundância de espécies endêmicas em altas concentrações salinas.

A variação espacial e sazonal observada no Rio da Fazenda, com maior abundância e riqueza de grupos amostrados na estação chuvosa e no trecho de salinidade baixa, pode evidenciar um efeito do stress ambiental causado pelas mudanças sazonais nas variáveis ambientais e a maior sensibilidade dos organismos em colonizar trechos mais salinos. Uma redução na diversidade de espécies ao longo dos gradientes abióticos, tais como salinidade, temperatura e oxigênio dissolvido, pode ser um indicador de um ambiente estressante. Stoner & Acevedo (1990), trabalhando em um estuário em Porto Rico, relacionaram o baixo número de espécies com as condições contrastantes de salinidade, temperatura e oxigênio e com a complexidade estrutural do substrato. Para Colling et al. (2007) a redução na salinidade foi o fator determinante de uma baixa densidade de crustáceos em estuários do sul do Brasil.

A riqueza e diversidade de espécies podem dobrar com o aumento da salinidade para espécies eurihalinas, ampliando inclusive sua distribuição, porém para outras espécies

menos tolerantes elevados valores de salinidade podem impedir sua sobrevivência (Silberbush et al., 2005). No mangue do Rio da Fazenda, os crustáceos mostraram ser um grupo mais tolerante a valores mais elevados de salinidade do que os insetos, estes últimos aparentemente com maior sucesso de colonização durante a estação chuvosa quando foram observados valores menores de salinidade.

Análises da composição da comunidade em condições de baixa concentração de oxigênio mostram que há um aumento na dominância de espécies oportunistas e uma diminuição na dominância das espécies generalistas (Dauer & Ranasinghe, 1992). Para a fauna do estuário de Chesapeake, na Virginia, foi observada uma redução na diversidade à medida que a concentração de oxigênio também diminuía (Dauer & Ranasinghe, 1992). No presente trabalho, a menor concentração de oxigênio dissolvido foi encontrada no trecho de baixa salinidade durante a estação chuvosa, quando ocorreu uma elevada dominância de Chironomidae.

Uma distribuição diferencial da comunidade de invertebrados em trechos de diferentes faixas de salinidade, como observado no mangue do Rio da Fazenda, também foi constatada por Chainho et al. (2006), trabalhando no rio Mondego em Portugal. Para Isopoda, grupo amostrado em maior abundância nos trechos de salinidade alta e média, é citado na literatura um predomínio da família Sphaeromatidae em riqueza de espécies, com diferentes tipos morfológicos adaptados aos mais variados nichos, tais como os ambientes marinhos, salobros e de águas doces (Pires, 1982). Segundo Loyola & Silva (1960), *C. tuberculata*, espécie de Isopoda encontrada no Rio da Fazenda principalmente nos trechos de maior salinidade, é típica de região entre-marés e mais frequentemente encontrada em vegetação aquática de águas salobras. Para o gênero *Munna*, a citação de ocorrência em região mesohalina (Pires, 1985) contrasta com os resultados obtidos no presente trabalho, onde sua maior abundância ocorreu no trecho de salinidade baixa.

Para Copepoda, uma maior abundância na estação chuvosa e no trecho de salinidade alta, como observado no Rio da Fazenda, também foi constatado por Bell (1980), trabalhando em um estuário na Carolina do Sul, o qual relacionou esta distribuição com o pico de reprodução do grupo.

No presente trabalho, não somente a importância da vegetação marginal, mas também a forte influência da salinidade e da sazonalidade sobre a estrutura da fauna de invertebrados, foram comprovados pelos experimentos realizados. Estes resultados salientaram a grande importância da preservação deste ambiente marinho costeiro, assim

como da vegetação subaquática, pois sua destruição comprometeria a subsistência de uma fauna bastante diversificada e que utiliza o manguezal como local de alimentação e abrigo.

AGRADECIMENTOS

A Adriana Jorcin e Alaíde Guessner pelo auxílio na identificação das larvas de Chironomidae; a Ana M. P. S. Vanin e Kátia C. dos Santos pelo auxílio na identificação de Isopoda e Tanaidacea; a Hamilton A. Rodrigues, Emerson M. de Carvalho e Tamara L.F. Pinto pelo auxílio nos trabalhos de campo; a César Taconelli pelo auxílio nas análises estatísticas; à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo – FAPESP pelo auxílio financeiro (Proc- 03/08314-2) e pela bolsa de doutorado concedida à primeira autora.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANDERSON, M.J. & A.J. UNDERWOOD. 1994. Effects on the recruitment and development of an intertidal estuarine fouling assemblage. **Journal of Experimental Marine Biology and Ecology**, 184: 217-236.
- BELL, S.S. 1980. Meiofauna-macrofauna interactions in a high salt marsh habitat. **Ecological monographs**, 50(4): 487-505.
- BELL, J.D. & M. WESTOBY. 1986. Abundance of macrofauna in dense seagrass is due to habitat preference, not predation. **Oecologia**, 68: 205-209.
- BROWER, J.E. & J.H. ZAR. 1984. **Field & laboratory methods for general ecology**. Dudaque, Wn. C. Brown Publishers, 226p.
- CARDOSO, P.G., D. RAFFAELLI & M.A. PARDAL. 2007. Seagrass beds and intertidal invertebrates: an experimental test of the role of habitat structure. **Hydrobiologia**, 575: 221-230.
- CARVALHO, E.M. & V.S. UIEDA. 2004. Colonização por macroinvertebrados bentônicos em substrato artificial e natural em um riacho da serra de Itatinga, São Paulo, Brasil. **Revista Brasileira de Zoologia**, 21(2): 287-293.

- CHAINHO, P., J.L. COSTA, M.L. CHAVES, M.F. LANE, D.M. DAUER, & M.J. COSTA. 2006. Seasonal and spatial patterns of distribution of subtidal benthic invertebrate communities in the Mondego river, Portugal – a poikilohaline estuary. **Hydrobiologia**, 555: 59-74.
- CHAVES, P. & BOUCHEREAU, J-L. 1999. Use of mangrove habitat for reproductive activity by the fish assemblage in the Guaratuba bay, Brazil. **Oceanologica acta**, 23(3): 273-280.
- COLLING, L.A., C.E. BEMVENUTI & M.S. GANDRA. 2007. Seasonal variability on the structure of sublittoral macrozoobenthic association in the Patos lagoon estuary, southern Brazil. **Iheringia**, 97(3): 257-262.
- CORRÊA, M.O.D.A. & V.S. UIEDA. 2008. Composition of the aquatic invertebrate fauna associated to the mangrove vegetation of a coastal river, analyzed through a manipulative experiment. **Pan-American Journal of Aquatic Sciences**, 3 (1): 23-31.
- DAUER, D.M. & J.A. RASINGHE. 1992. Effects of low dissolved oxygen events on the macrobenthos on the lower Chesapeake bay. **Estuaries**, 15(3): 384-391.
- DAUVIN, J-C. & C. VALLET. 2006. The near-bottom layer as an ecological boundary in marine ecosystems: diversity, taxonomic composition and community definitions. **Hydrobiologia**, 555: 49-58.
- DEUTSCH, W.G. 1980. Macroinvertebrate colonization of acrylic plates in a large river. **Hydrobiologia**, 75: 65-72.
- DEMETRIO, C.G.B. 2002. Modelos Lineares Generalizados em Experimentação Agrônômica. ESALQ/USP. São Paulo.
- DOBSON, A.J. 2001. **An introduction to generalized linear models**, 2ed. Chapman & Hall/CRC texts in statistical science series - Boca Raton, 213p.
- EGGLESTON, D.B., W.E. ELIS, L.L. ETHERINGTON, C.P. DAHLGREN & M. POSEY. 1999. Organism responses to habitat fragmentation and diversity: habitat colonization by estuarine macrofauna. **Journal of Experimental Marine Biology and Ecology**, 236: 107-132.
- FITZHUGH G.R. & J.W. FLEEGER. 1985. Goby (Pisces: Gobiidae) interactions with meiofauna and small macrofauna. **Bulletin of Marine Science**, 36(3): 436-444.
- GUTU, M. 1996. Tanaidaceans (Crustacea, Peracarida) from Brazil, with description of new taxa and systematical remarks on some families. **Travaux du Museum de Histoire Naturelle Grigore Antipa**, 36: 23-133.

- HAUER, R.F. & V.H. RESH. 1996. Benthic macroinvertebrates. In: Hauer, R. F. & Lamberti, G. A. (eds.). **Stream ecology**. Academic Press, San Diego. p.339-369.
- HECK, Jr., K.L. & T.A. THOMAN. 1981. Experiments on predator-prey interactions in vegetated aquatic habitats. **Journal of Experimental Marine Biology and Ecology**, 53: 125-134.
- HECK, Jr., K.L. & T.A. THOMAN. 1984. The nursery role of seagrass meadows in the upper and lower reaches of the Chesapeake Bay. **Estuaries**, 7: 70-92.
- HULBERG, L.W. & J.S. OLIVER. 1980. Caging manipulations in marine soft-bottom communities: importance of animal interactions or sedimentary habitat modifications. **Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Science**, 37: 1130-1139.
- JACOBI, C.M. & R. LANGEVIN. 1996. Habitat geometry of benthic substrata: effects on arrival and settlement of mobile epifauna. **Journal of Experimental Marine Biology and Ecology**, 206: 39-54.
- LOYOLA e SILVA, J. de. 1960. Sphaeromatidae do litoral brasileiro. **Boletim da Universidade do Paraná**, Zoologia, 4: 1-182.
- MAIA, J.A., V.P. LOPES, R.G. da SILVA, A. SEABRA, J.V. FERREIRA & M.V. CARDOSO. 2003. Modelação hierárquica ou multinível. Uma metodologia estatística e um instrumento útil de pensamento na investigação em Ciências do Desporto. **Revista Portuguesa de Ciências do Desporto**, 3 (1): 92-107.
- MAZDA, Y., N. KANAZAWA & T. KUROKAWA. 1999. Dependence of dispersion on vegetation density in a tidal creek-mangrove swamp system. **Mangroves and Salt Marshes**, 3: 59-66.
- MENGE, B.A. & J.P. SUTHERLAND. 1987. Community regulation variation in disturbance, competition and predation in relation to environmental stress and recruitment. **American Naturalist**, 130: 730-757.
- MERRITT, R.W. & K.W. CUMMINS, 1996. **An introduction to the aquatic insects of North America**. Dubuque, Kendall/Hunt, 722p.
- MICHELI, F. 1996. Predation intensity in estuarine soft bottoms: between-habitat comparisons and experimental artifacts. **Marine Ecology Progress Series**, 141: 295-302.
- NAVARRETE, S.A. & J.C. CASTILLA. 1990. Resource partitioning between intertidal predatory crabs: interference and refuge utilization. **Journal of Experimental Marine Biology and Ecology**, 143: 101-129.

- PATRICK, M.L., R.L. FERREIRA, R.J. GONZALES, C.M. WOOD, R.W. WILSON, T.J. BRADLEY & A.L. VAL. 2002. Ion regulatory patterns of mosquito larvae collected from breeding sites in the Amazon rain forest. **Physiological and Biochemical Zoology**, 75: 215-222.
- PENNAK, R.W. **Fresh-water invertebrates of the United States**. New York, Wiley-Interscience, 803p.
- PIRES, A.M.P.S. 1982. Sphaeromatidae (Isopoda: Flabellifera) da zona entre-marés e fundos rasos dos estados de São Paulo e Rio de Janeiro. **Boletim do Instituto oceanográfico**, 31(2): 43-55.
- PIRES, A.M.P.S. 1985. The occurrence of *Munna* (Isopoda, Asellota) on the southern Brazilian coast, with a description of two new species. **Crustaceana**, 48 (1): 64-73.
- PRIMAVERA, J.H. 1997. Fish predation on mangrove-associated penaeids. The role of structures and substrate. **Journal of Experimental Marine Biology and Ecology**, 215: 205-216.
- SCHAEFFER-NOVELLI, Y. 1995. Manguezal. Ecosistema entre a terra e o mar. **Caribbean Ecological Research**: 1-64.
- SILBERBUSH, A., L. BLAUSTEIN & Y. MARGALITH. 2005. Influence of salinity concentration on aquatic insect community structure: a mesocosm experiment in the Dead sea basin region. **Hydrobiologia**, 548: 1-10.
- SMITH, S.D.A. & M.J. RULE. 2002. Artificial substrata in a shallow sublittoral habitat: do they adequately represent natural habitats or the local species pool? **Journal of Experimental Marine Biology and Ecology**, 277: 25-41.
- STONER, A.W. & C. ACEVEDO 1990. The macroinfaunal community of a tropical estuarine lagoon. **Estuaries**, 13 (2): 174-181.
- TRIVINHO-STRIXINO, S. & G. STRIXINO. 1995. **Larvas de Chironomidae (Diptera) do Estado de São Paulo**. Guia de identificação e diagnose dos gêneros. São Carlos: PPG-Em/UFSCar.
- UIEDA, V.S. 1995. **Comunidade de peixes de um riacho litorâneo: Composição, Habitat e Hábitos**. Tese (Doutorado). Universidade Estadual de Campinas, UNICAMP, Campinas. 229p.
- UIEDA, V.S. 1999. Experimentos de manipulação de organismos aquáticos em riachos. pp. 169-179. In: Pompêo, M.L.M. (Ed.). **Perspectivas da Limnologia no Brasil**. São Luis, Gráfica e Editora União.

- UNDERWOOD, A.J & M.G CHAPMAN. 2000. Variation in abundances of intertidal populations: consequences of extremities of environment. **Hydrobiologia**, 426: 25-36.
- WORTHEN, W.B., S. MAYROSE & R.G. WILSON. 1994. Complex interactions between biotic and abiotic factors: effects on mycophagous fly communities. **Oikos**, 69: 277-286.

CAPÍTULO IV

VARIAÇÃO ESPACIAL E TEMPORAL NA ESTRUTURA DA COMUNIDADE DE CHIRONOMIDAE (DIPTERA) EM UM MANGUE DO SUDESTE DO BRASIL

Variação espacial e temporal na estrutura da comunidade de Chironomidae (Diptera) em um mangue do sudeste do Brasil

RESUMO

O presente trabalho teve como objetivo analisar, através de um experimento de manipulação, a influência da sazonalidade e da salinidade sobre a estrutura da comunidade de larvas de Chironomidae associadas à vegetação de um mangue na região sudeste do Brasil. O experimento foi realizado na estação seca (julho e agosto/2004) e na estação chuvosa (fevereiro e março/2005), em três trechos de salinidade: alta ($6,4 \pm 2,0$), média ($2,0 \pm 0,9$) e baixa ($0,9 \pm 0,8$). Substratos artificiais, confeccionados com pedaços de corda de sisal, foram instalados em cada trecho de salinidade para colonização durante cinco dias por mês. Um total de 2249 larvas de Chironomidae foi amostrado, compreendendo 3 subfamílias, 5 tribos e 21 morfoespécies. Na estação chuvosa foi coletada uma maior abundância de larvas quando comparado à estação seca (2037 e 212, respectivamente), com 12 morfoespécies comuns às duas estações do ano. Quanto à variação sazonal na abundância, um maior número de indivíduos foi coletado na estação chuvosa. No que se refere à variação espacial, observou-se principalmente na estação chuvosa maiores valores de abundância no trecho de salinidade baixa. Apesar da abundância ter sido maior na estação chuvosa, as duas estações se assemelharam quanto ao predomínio da Subfamília Chironominae, da Tribo Chironomini e da morfoespécie *Polypedilum (Polypedilum) sp2*. Devido à grande diversidade e abundância de Chironomidae no mangue do Rio da Fazenda, seu estudo é de grande importância não somente para um melhor conhecimento desta fauna, mas também pelo seu importante papel como fonte de alimento para várias espécies de peixes desta região e, por conseguinte, na cadeia trófica deste ecossistema.

Palavras-chave: colonização, manipulação experimental, salinidade, sazonalidade, substrato artificial.

INTRODUÇÃO

No Brasil, os manguezais ocupam uma superfície total de mais de 10.000 Km², se estendendo desde o Amapá até Laguna, em Santa Catarina. No litoral sudeste, uma grande faixa é encontrada nos estuários do mar pequeno, em São Paulo, na baía de Paranaguá, no Paraná, e no litoral de Santa Catarina (Por, 1994; Shaeffer-Novelli, 1995).

Este ecossistema é caracterizado por mudanças bruscas de salinidade, oxigênio e turbidez devido à influência das marés e da entrada de água dos rios (Methven et al., 2001). Ao contrário do que ocorre em outros ecossistemas marinhos, as áreas de manguezais possuem uma grande biomassa aérea, o que lhes dá a aparência de verdadeiras florestas (Shaeffer-Novelli, 1995).

A intensidade luminosa e a temperatura são importantes fatores de influência na atividade dos animais neste ambiente (Heck & Thoman, 1981). As diferenças na penetrabilidade da luz ao longo da coluna d'água determinam a formação de abrigos apropriados para diversos animais (James & Heck, 1994). Os padrões de distribuição da fauna estuarina podem estar relacionados à maior habilidade dos organismos em lidar com as mudanças dos fatores físicos e biológicos associados com o gradiente ambiental, como mudanças na salinidade, tamanho das partículas de sedimento e tempo de exposição dos organismos a estes gradientes (Rodrigues et al., 2006). Além disso, a grande complexidade estrutural das algas, raízes e galhos que ficam submersos na água proporciona uma maior proteção aos animais devido às condições ambientais contrastantes, aumentando as taxas de colonização dos organismos que utilizam este ambiente como local de abrigo e de alimentação (Jacobi & Langevin, 1996; Eggleston et al., 1999).

Muitos estudos que analisam a comunidade de macroinvertebrados aquáticos têm utilizado manipulações experimentais como metodologia de trabalho, com a amostragem em substratos artificiais (veja Carvalho & Uieda, 2004), podendo ser citados para o estudo de Chironomidae os trabalhos de Anjos & Takeda (2005), no Rio Paraná, e de Corrêa & Uieda (2008), no mangue do Rio da Fazenda.

Os macroinvertebrados que vivem associados aos substratos são na maioria insetos aquáticos e apresentam íntima associação com o mesmo durante as fases juvenis (Correia & Trivinho-Strixino, 2005). No que se refere a Chironomidae, sabe-se que apresenta um importante papel na dinâmica trófica dos sistemas aquáticos, sendo suas larvas uma importante fonte alimentar para muitos peixes (McLarney et al., 1974; Menzie, 1980;). No

entanto, existem poucas informações sobre a fauna de Chironomidae em ecossistemas costeiros e muito pouco sobre larvas de Chironomidae associadas a plantas aquáticas neste ambiente (Menzie, 1980).

Jovens de Chironomidae representam um dos principais componentes da macrofauna bentônica presente nos sedimentos e na vegetação dos sistemas aquáticos (Trivinho-Strixino & Strixino, 1995; Corbi & Trivinho-Strixino, 2006). As larvas de Chironomidae destacam-se entre os invertebrados aquáticos devido à sua alta densidade e diversidade, à sua associação aos mais diversos tipos de substratos, à sua grande plasticidade alimentar e à diversidade de estratégias adaptativas (Fend & Carter, 1995; Anjos & Takeda, 2005).

Devido à grande diversidade e pouca informação disponível sobre a fauna de Chironomidae em manguezais, seu estudo é de grande importância não somente para um melhor conhecimento desta fauna, mas também pelo seu importante papel como fonte de alimento para várias espécies de peixes desta região (Corrêa & Uieda, 2007) e, por conseguinte, na cadeia trófica deste ecossistema. Assim, no presente trabalho o objetivo foi ampliar os conhecimentos sobre a fauna de Chironomidae, estudando, através de um experimento de manipulação, a diversidade de taxa associados à vegetação submersa em um manguezal na região sudeste do Brasil, analisando a possível influência da sazonalidade e da salinidade sobre a estrutura desta comunidade.

MATERIAL E MÉTODOS

Área de estudo

Este estudo foi desenvolvido no mangue do Rio da Fazenda (23°31' - 23°34'S, 45°02' - 45°05'W), localizado no Parque Estadual da Serra do Mar, Núcleo Picinguaba. O Núcleo Picinguaba está localizado no município de Ubatuba, litoral norte do Estado de São Paulo. O Rio da Fazenda é um rio costeiro, com cerca de 6 Km de extensão, correndo inteiramente dentro do Parque Estadual da Serra do Mar, Núcleo Picinguaba. O trabalho foi realizado em três trechos do manguezal: um trecho a jusante com salinidade alta, um trecho a montante com salinidade baixa e um trecho de salinidade intermediária (Tabela I). A vegetação do manguezal nestes três trechos é composta principalmente por *Hibiscus*

pernambucensis Arruda (Malvaceae), *Laguncularia racemosa* (L.) C. F. Gaertn. (Combretaceae) e *Eugenia* sp Linnaeus (Myrtaceae).

Trabalho experimental

A determinação da fauna de Chironomidae presente nas raízes da vegetação submersa foi realizada através de um experimento de colonização utilizando substrato artificial, testado previamente (Corrêa & Uieda, 2008). O substrato artificial foi montado com pedaço de corda de sisal (7,5 cm), desfiado nas pontas e preso a um peso de chumbo, sendo instalados um substrato em cada extremidade de um tubo de PVC de 50 cm de comprimento. O tubo foi amarrado à vegetação marginal, ficando livre para se movimentar com as mudanças da maré de tal modo a manter os substratos sempre submersos. A utilização do substrato artificial permitiu uma padronização do tamanho da amostra e do tempo de colonização, o que seria impossível amostrando a vegetação natural.

O experimento de colonização foi conduzido durante cinco dias de cada um dos quatro meses de coleta, julho e agosto de 2004 (estação seca) e fevereiro e março de 2005 (estação chuvosa). Dez réplicas do substrato artificial foram instaladas durante o período de baixamar em cada um dos três trechos de salinidade. Medidas de salinidade, oxigênio e temperatura foram obtidas durante quatro dias do experimento de colonização com auxílio de um HORIBA-U10. Na manhã do quinto dia os substratos artificiais foram removidos e acondicionados em frascos com formol 5%.

Análise dos dados

No laboratório o substrato artificial foi lavado sobre três peneiras de granulometria (malhas de 1,0, 0,5 e 0,25 mm). As peneiras foram vistoriadas sob estereomicroscópio para triagem dos macroinvertebrados. As larvas de Chironomidae foram separadas e identificadas individualmente através da dissecação e visualização das diferentes estruturas existentes na cápsula cefálica e no corpo (Trivinho-Strixino & Strixino, 1995), para determinação da abundância por grupo taxonômico.

Os valores de riqueza e abundância das morfoespécies foram utilizados para o cálculo dos Índices de Diversidade (Shannon-Wiener) e de Equitabilidade (Simpson) com base em sua distribuição espacial (trecho de salinidade) e temporal (estação do ano). A significância do efeito da estação do ano e da salinidade sobre a diversidade de Chironomidae foi testada através de um modelo linear generalizado (GLM). Esta é uma medida de discrepância entre os valores observados e os ajustados pelo modelo (Dobson,

2001; Demetrio, 2002). A estatística de *deviances* foi utilizada para indicar a qualidade do modelo (Maia et al., 2003), pois quanto menor for o valor obtido, melhor será o ajuste do modelo. Nesta análise o valor de *deviances* total se refere ao modelo que não conta com nenhum dos componentes sob estudo (estação e salinidade), ou seja, a abundância é considerada como constante em todas as situações. O teste verifica que quanto menor for o valor de *deviances* do modelo anterior (Total) quando incorporado ao modelo o efeito da estação (Modelo 1) ou da salinidade (Modelo 2), ou seja, quando estimadas as abundâncias médias para cada uma das situações destes dois componentes (2 estações e 3 salinidades), melhor será o ajustamento do Modelo. Se a redução for pequena significa que o efeito testado para cada um dos modelos pouco contribui para a explicação das diferenças na abundância. Se a redução for grande significa que considerar o efeito deste componente é importante, uma vez que o valor de *deviances* do modelo diminui significativamente contando com seu efeito.

Uma possível relação entre os dados de abundância por Subfamília, Tribo e Morfoespécie e os fatores abióticos mensurados (oxigênio, salinidade, temperatura e estação do ano) foi verificada através de uma Análise de Componentes Principais (PCA).

RESULTADOS

Um total de 2.249 larvas de Chironomidae foi amostrado no substrato artificial, compreendendo 3 subfamílias (0,1% Tanyptodinae, 94,4% Chironominae e 5,5% Orthocladiinae), 5 tribos (0,1% Pentaneurini, 88,7% Chironomini, 5,6 Tanytarsini, 1,2% Corynoneurini e 4,4% Orthocladiini) e 21 morfoespécies (Tabelas II e III).

Na estação seca foi coletada uma menor abundância de larvas quando comparado à estação chuvosa (212 e 2.037 indivíduos, respectivamente), com 12 morfoespécies comuns às duas estações do ano. Analisando a variação sazonal na abundância separadamente por trecho de salinidade, observa-se um maior número de indivíduos coletados na estação chuvosa (Figura 1A). Por outro lado, analisando a variação espacial da abundância separadamente por estação (Figura 1B), observa-se uma diferença espacial somente na estação chuvosa, com maiores valores de abundância no trecho de salinidade baixa. A análise da abundância total de Chironomidae realizada pelo modelo linear generalizado (GLM), comparando os trechos de salinidade e estações do ano, mostrou um efeito

significativo sobre a abundância total de Chironomidae quando incorporado ao modelo o efeito da estação (*deviances* = 184,24; $p < 0,001$; gl 1), da salinidade (*deviances* = 113,43; $p < 0,001$; gl 2) e da interação destes dois fatores (efeito conjunto) incorporada a um modelo que já conta com salinidade e estação, mas não com um efeito conjunto dos dois fatores (*deviances* = 36,92, $p < 0,001$; gl 2). Estes resultados salientam o forte efeito do fator temporal e espacial, não somente isolados, mas também em interação, sobre a abundância de larvas de Chironomidae associadas à vegetação do mangue.

Uma variação sazonal e espacial na abundância também ficou evidente quando calculados os Índices de Diversidade e de Equitabilidade, com maiores valores na salinidade alta durante a estação seca e na salinidade baixa durante a estação chuvosa (Tabelas II e III).

Apesar da abundância ter sido maior na estação chuvosa, as duas estações se assemelharam quanto ao predomínio da Subfamília Chironominae, da Tribo Chironomini e da morfoespécie *Polypedilum (Polypedilum) sp2* (Tabelas II e III). O predomínio destes grupos nas duas estações também pode ser visualizado quando analisada a variação sazonal da abundância por subfamília (Figura 2) e por tribo (Figura 3).

Analisando a variação espacial (salinidade) e temporal (estações) das morfoespécies das tribos Chironomini (Figura 4) e Tanytarsini (Figura 5), mais abundantes e de ocorrência nas duas estações, pudemos observar que a abundância foi maior no trecho de salinidade baixa. Somente *Polypedilum (Poly.) sp2* (Figura 4) teve uma abundância semelhante nos três trechos durante a estação seca.

Quando comparada a abundância por trecho de salinidade e por estação do ano pelo modelo linear generalizado, através da estatística de *deviances*, para as duas Subfamílias e quatro Tribos de Chironomidae foram observadas diferenças significativas para todas as variáveis analisadas (Tabela IV).

Pela análise de correlação, envolvendo os fatores ambientais e a abundância das Subfamílias de Chironomidae (Tabela V, Figura 6), os dois primeiros eixos explicaram juntos 73% da variância total. No primeiro eixo a maioria das variáveis ambientais analisadas apresentou valores significativos e definiu a posição da Subfamília Chironominae neste eixo, com maior abundância na estação chuvosa, com temperaturas mais elevadas e menores valores de oxigênio. No segundo eixo somente oxigênio apresentou valor significativo, confirmando a maior abundância das subfamílias Chironominae e Orthoclaadiinae em trecho de menores valores de oxigênio.

A análise de correlação da abundância das cinco tribos de Chironomidae com os fatores ambientais (Tabela VI, Figura 6), explicaram 68% da variância total. No primeiro eixo a maioria das variáveis ambientais analisadas apresentou valores significativos para três das cinco tribos amostradas, com maior abundância na estação chuvosa, com temperaturas mais elevadas, e no trecho de menor salinidade. Para o segundo eixo, nenhuma tribo apresentou um padrão significativo de distribuição.

Para a análise de correlação entre a abundância das 21 morfoespécies e os fatores ambientais (Tabela VII, Figura 6), os dois primeiros eixos explicaram somente 32% da variância total. No primeiro eixo, somente a estação e salinidade apresentaram valores significativos, definindo a posição de cinco morfoespécies em trechos de menor salinidade e na estação chuvosa. Para o segundo eixo, nenhuma das morfoespécies apresentou um padrão significativo de distribuição.

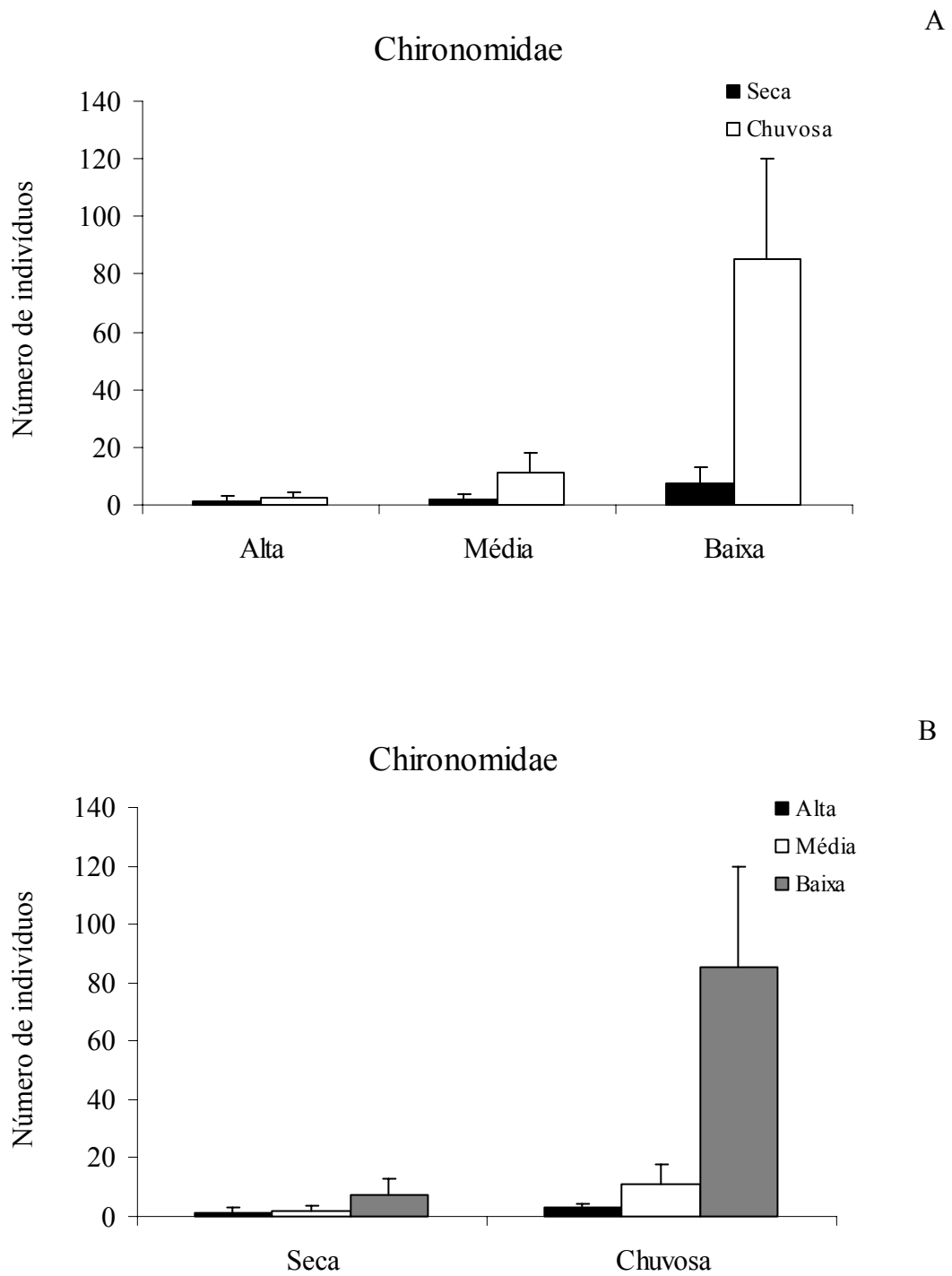


Figura 1. Abundância absoluta (média e desvio padrão) de larvas de Chironomidae amostradas no Rio da Fazenda em três trechos de salinidade (Alta, Média e Baixa) e em duas estações do ano (Seca = julho e agosto/2004, Chuvosa = fevereiro e março/2005), com os dados apresentados por trecho de salinidade (A) e por estação do ano (B).

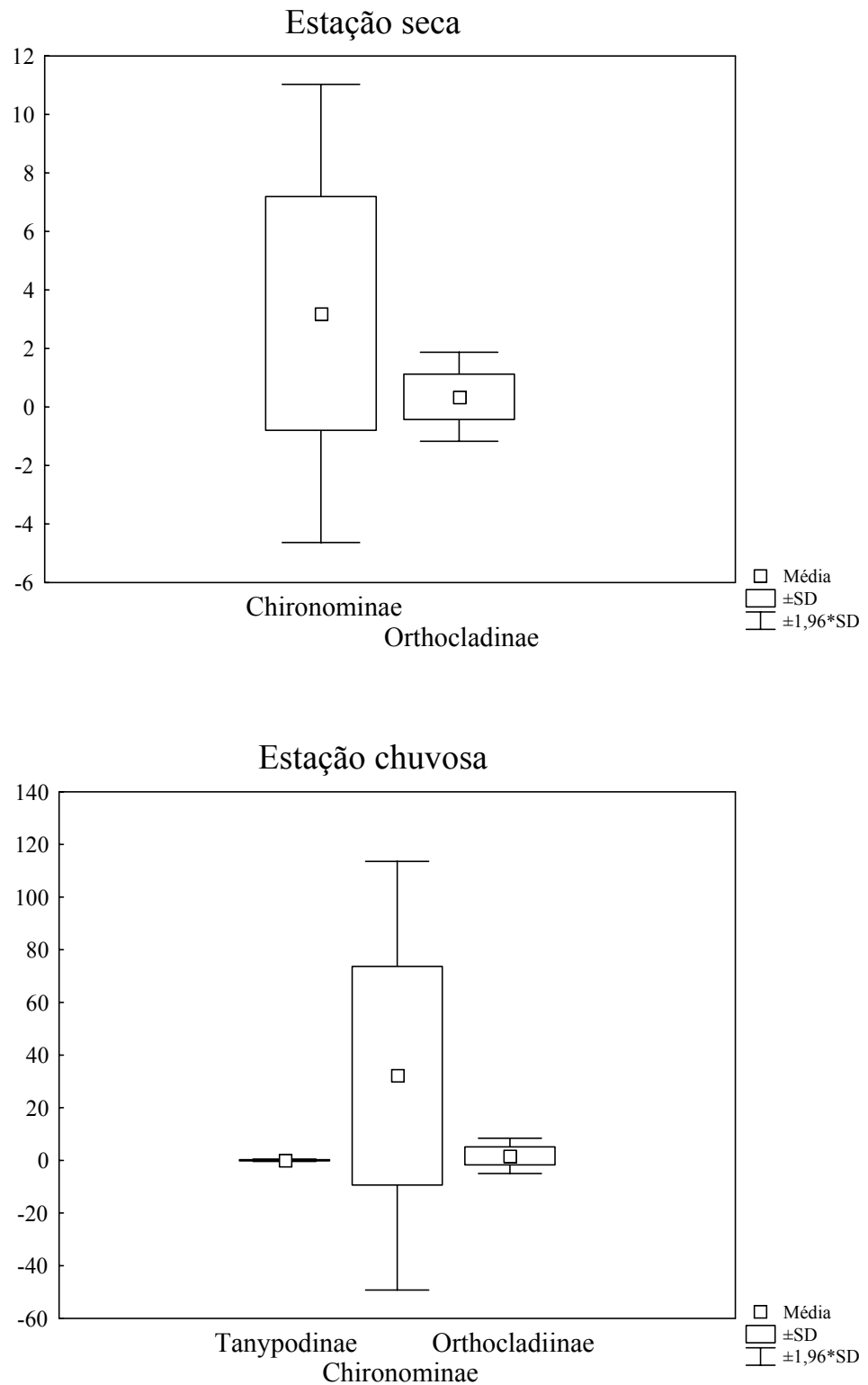


Figura 2. Abundância absoluta de larvas das Subfamílias de Chironomidae (SD = desvio padrão) amostradas no mangue do Rio da Fazenda, durante as estações seca (julho e agosto/2004) e chuvosa (fevereiro e março/2005) (soma dos valores das três salinidades).

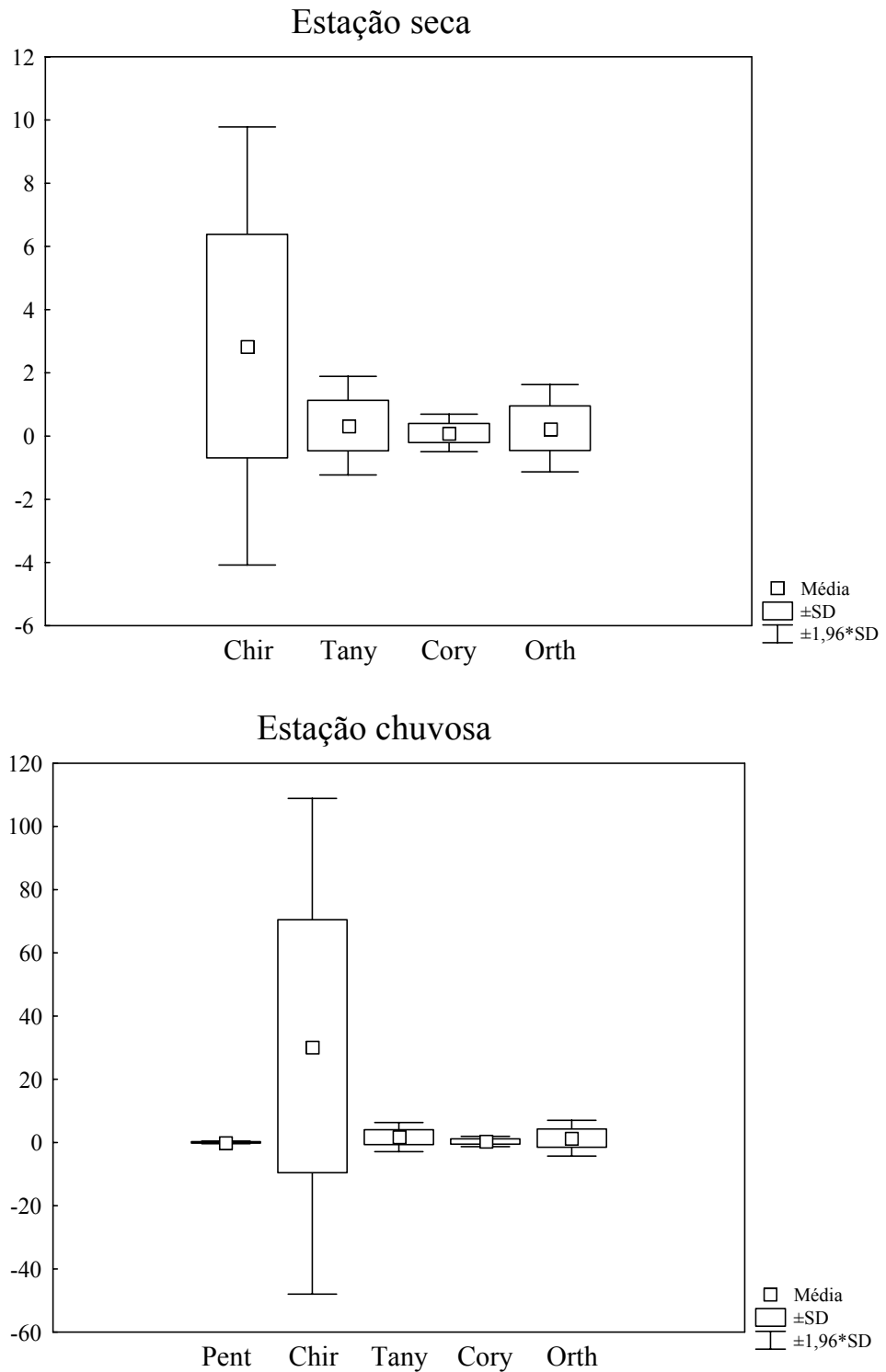


Figura 3. Abundância absoluta de larvas das Tribos de Chironomidae (SD = desvio padrão) amostradas no mangue do Rio da Fazenda, durante as estações seca (julho e agosto/2004) e chuvosa (fevereiro e março/2005) (soma dos valores das três salinidades). Pent- Pentaneurini, Chir- Chironomini, Tany- Tanytarsini, Cory- Corynoneurini, Orth- Orthocladiini.

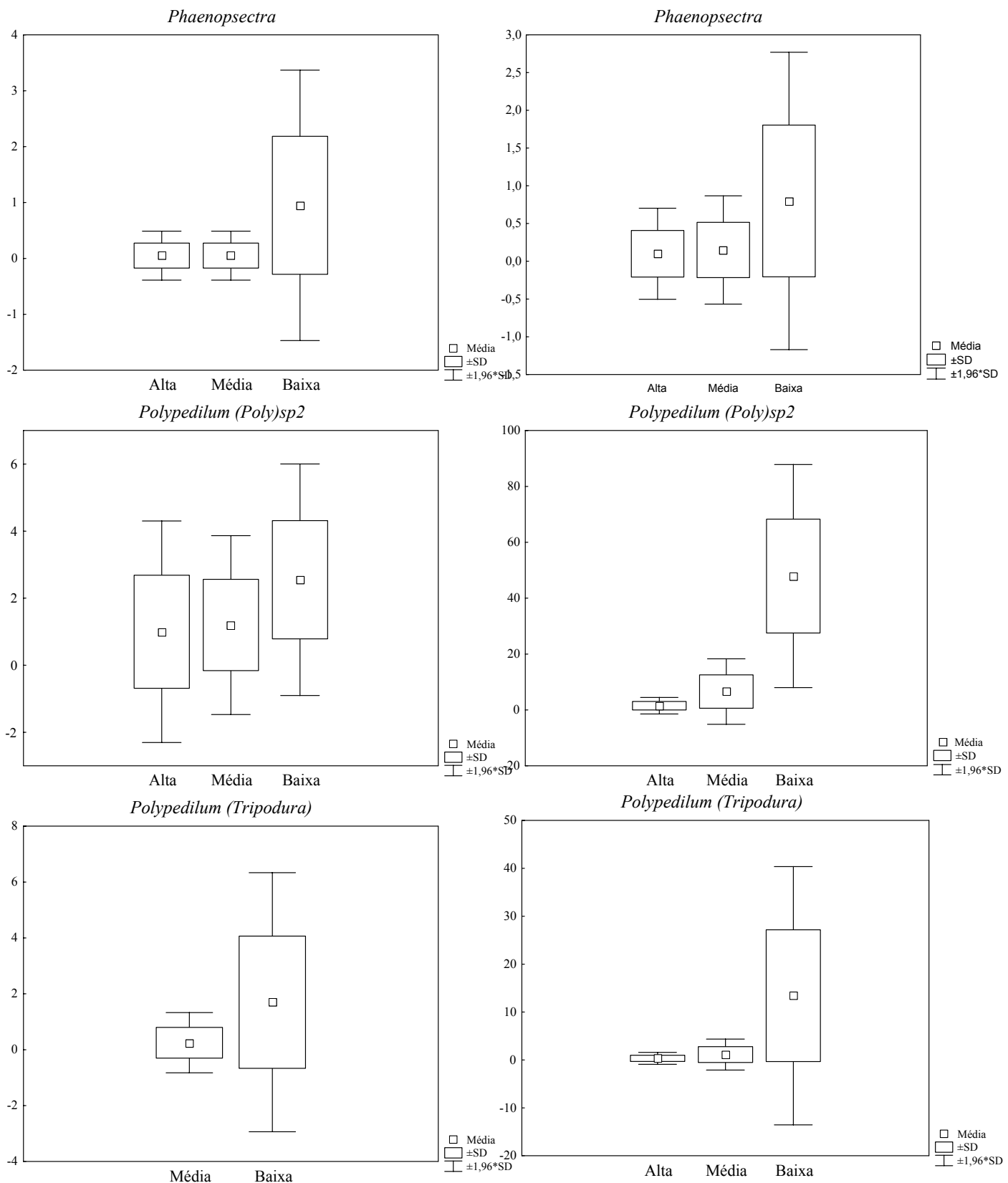


Figure 4. Abundância absoluta de larvas de Chironomini (SD = desvio padrão) amostradas no mangue do Rio da Fazenda, durante as estações seca (esquerda) e chuvosa (direita) e nos trechos de salinidade Alta, Média e Baixa.

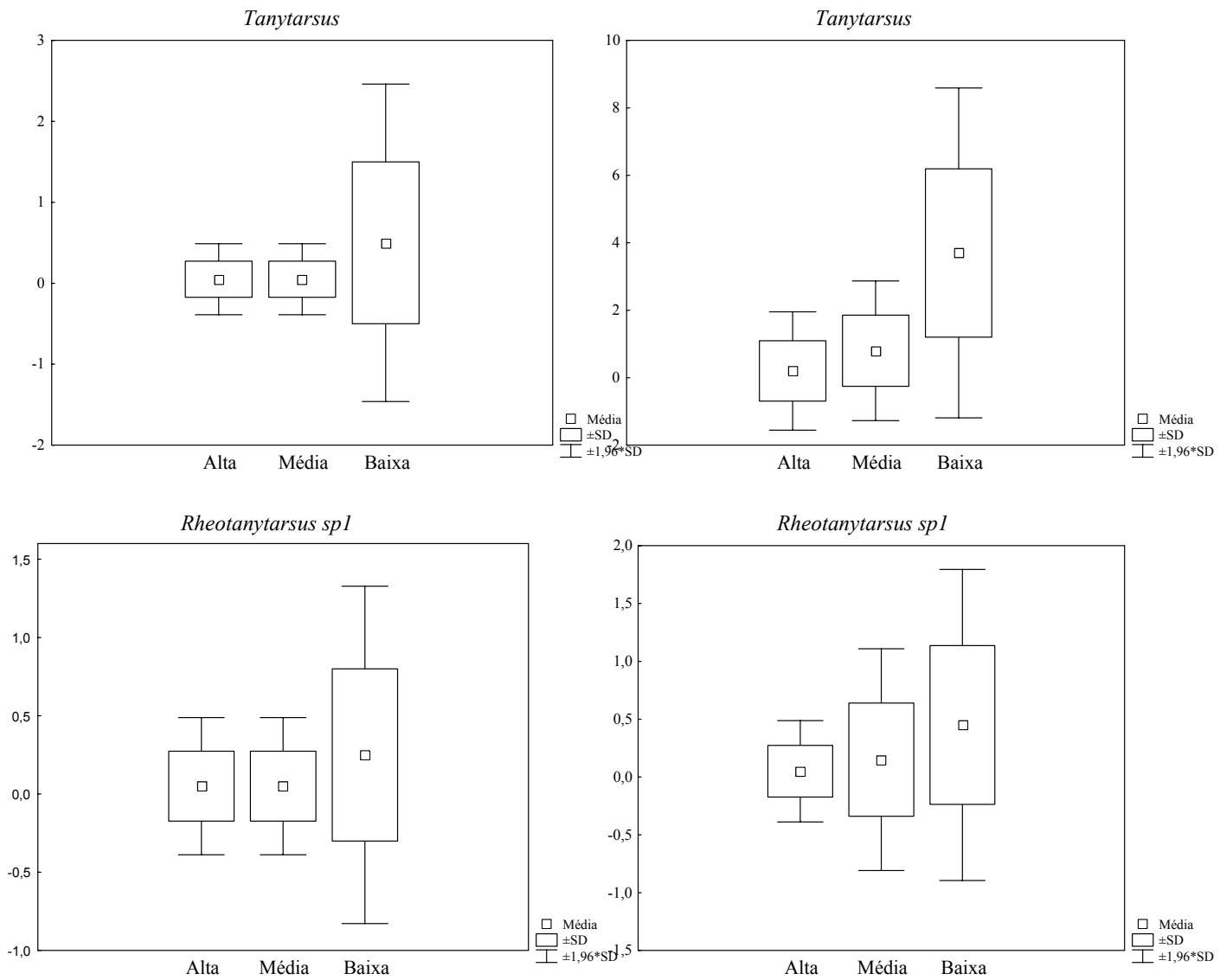


Figure 5. Abundância absoluta de larvas de Tanytarsini (SD = desvio padrão) amostradas no mangue do Rio da Fazenda, durante as estações seca (esquerda) e chuvosa (direita) e nos trechos de salinidade Alta, Média e Baixa.

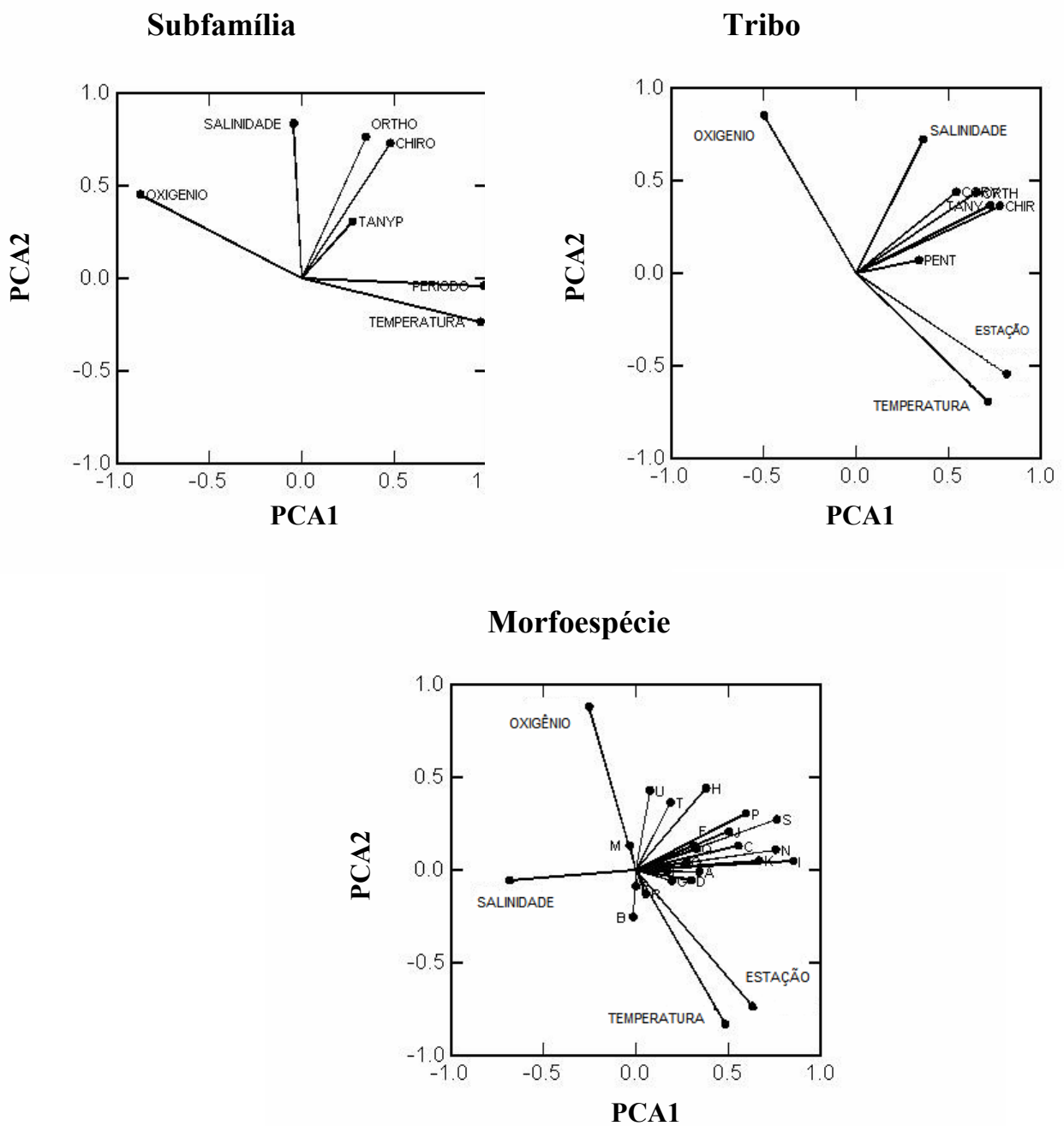


Figura 6. Posição das variáveis nos dois eixos (PCA1 e PCA2), definidos a partir do scores obtidos pela Análise dos Componentes Principais (para as siglas veja as Tabelas IV, V e VI). Variável categórica: estação (1- seca, 2- chuvosa).

Tabela I. Média e desvio padrão dos parâmetros ambientais mensurados no ngue do Rio da Fazenda, Ubatuba, SP, durante a estação seca (julho e agosto/2004) e chuvosa (fevereiro e março/2005) e em três trechos de salinidade.

Estação	Trecho de salinidade	Oxigênio dissolvido (mgO ₂ L ⁻¹)	Temperatura da água (°C)	Salinidade (‰)
Seca	Alta	5,9 ± 0,8	20,1 ± 1,1	6,3 ± 3,5
	Média	6,0 ± 0,9	19,9 ± 1,3	4,0 ± 2,0
	Baixa	6,0 ± 1,1	19,0 ± 1,1	1,1 ± 0,7
Chuvosa	Alta	5,7 ± 0,4	24,7 ± 0,4	3,5 ± 0,5
	Média	5,4 ± 0,4	23,9 ± 0,3	2,1 ± 0,4
	Baixa	5,2 ± 0,5	23,3 ± 0,5	0,5 ± 0,2

Tabela II. Abundância absoluta (N) e relativa (%) de larvas de Chironomidae amostradas no Rio da Fazenda, durante a estação seca (julho e agosto/2004), em três trechos de salinidade (alta, média e baixa). Identificação das morfoespécies baseado em Trivinho-Strixino & Strixino (1995).

ESTAÇÃO SECA	Alta		Média		Baixa	
	N	%	N	%	N	%
Chironominae/Chironomini						
<i>Dicrotendipes</i> sp2	-	-	1	2,7	-	-
<i>Parachironomus</i> sp1	-	-	-	-	1	0,7
<i>Phaenopsectra</i>	1	4,3	1	2,7	20	13,1
<i>Polypedilum (Poly.)</i> sp2	20	87,0	24	64,9	51	33,5
<i>Polypedilum gr. fallax</i>	-	-	-	-	1	0,7
<i>Polypedilum (Tripodura)</i>	-	-	5	13,5	34	22,4
<i>Endotribelos</i>	-	-	1	2,7	11	7,2
Chironominae/Tanytarsini						
<i>Caladomyia</i>	-	-	-	-	1	0,7
<i>Tanytarsus</i>	1	4,3	1	2,7	10	6,6
<i>Rheotanytarsus</i> sp1	1	4,3	1	2,7	5	3,3
Orthoclaadiinae/Corynoneurini						
<i>Corynoneura</i> sp1	-	-	1	2,7	5	3,3
Orthoclaadiinae/Orthoclaadiini						
<i>Cricotopus</i> sp1	-	-	1	2,7	4	2,6
<i>Nanocladius</i>	-	-	1	2,7	7	4,6
Orthoclaadini	-	-	-	-	2	1,3
Diversidade (Shannon-Wiener)	1.760		1.429		1.465	
Equitabilidade (Simpson)	0.236		0.178		0.105	

Tabela III. Abundância absoluta (N) e relativa (%) de larvas de Chironomidae amostradas no Rio da Fazenda, durante a estação chuvosa (fevereiro e março/2005), em três trechos de salinidade (alta, média e baixa). Identificação das morfoespécies baseado em Trivinho-Strixino & Strixino (1995).

ESTAÇÃO CHUVOSA Subfamília/Tribo/Morfoespécie	Alta		Média		Baixa	
	N	%	N	%	N	%
Tanypodinae/Pentaneurini						
<i>Ablabesmyia (Karelia)</i>	1	1,7	-	-	2	0,1
Chironominae/Chironomini						
<i>Beardius</i> sp1	-	-	-	-	6	0,3
<i>Beardius</i> sp2	1	1,7	3	1,3	-	-
<i>Dicrotendipes</i> sp3	-	-	1	0,5	-	-
<i>Parachironomus</i> sp1	-	-	-	-	1	0,1
<i>Parachironomus</i> sp2	-	-	-	-	1	0,1
<i>Phaenopsectra</i>	2	3,4	3	1,3	16	0,9
<i>Polypedilum (Poly.)</i> sp2	38	64,4	165	73,7	1198	68,3
<i>Polypedilum gr. fallax</i>	1	1,7	-	-	9	0,5
<i>Polypedilum (Tripodura)</i>	8	13,5	27	12,0	322	18,3
<i>Endotribelos</i>	3	5,1	2	0,9	16	0,9
Chironominae/Tanytarsini						
<i>Tanytarsus</i>	4	6,8	16	7,1	74	4,2
<i>Rheotanytarsus</i> sp1	1	1,7	3	1,3	9	0,5
Orthoclaadiinae/Corynoneurini						
<i>Corynoneura</i> sp1	-	-	-	-	15	0,8
<i>Thienemaniella</i> sp2	-	-	-	-	4	0,2
<i>Onconeura</i>	-	-	1	0,5	-	-
Orthoclaadiinae/Orthoclaadiini						
<i>Cricotopus</i> sp1	-	-	3	1,3	78	4,4
<i>Nanocladius</i>	-	-	-	-	2	0,1
Orthoclaadini	-	-	-	-	1	0,1
Diversidade (Shannon-Wiener)	0.765		1.868		3.268	
Equitabilidade (Simpson)	0.328		0.249		0.346	

Tabela IV. Valores de *deviances* e sua significância ($p < 0.05$), obtidos pela análise de variância (GLM) aplicada para os valores de abundância de larvas de Chironomidae (2 Subfamílias, 4 Tribos), amostradas no Rio da Fazenda em duas estações do ano (seca = julho e agosto/2004, chuvosa = fevereiro e março/2005) e em três trechos de salinidade (alta, média e baixa).

CHIRONOMIDAE	Chironominae			Orthocladinae		
	gl	<i>deviances</i>	p	gl	<i>deviances</i>	p
Estação	1	360,67	<0,001	1	40,708	<0,001
Salinidade	2	496,15	<0,001	2	152,070	<0,001
Total	119	871,37		119	245,916	

CHIRONOMINAE	Chironomini			Tanytarsini		
	gl	<i>deviances</i>	p	gl	<i>deviances</i>	p
Estação	1	285,67	<0,001	1	42,880	<0,001
Salinidade	2	522,17	<0,001	2	72,837	<0,001
Total	119	908,20		119	211,85	

ORTHOCLADINAE	Corynoneurini			Orthoclatiini		
	gl	<i>deviances</i>	p	gl	<i>deviances</i>	p
Estação	1	6,567	0,010	1	36,247	<0,001
Salinidade	2	37,965	<0,001	2	123,167	<0,001
Total	119	89,796		119	208,530	

Tabela V. Valores de correlação das variáveis nos dois eixos principais (PCA1 e PCA2), obtidos a partir da análise de componentes principais aplicada aos dados de abundância das Subfamílias de Chironomidae amostradas no Rio da Fazenda. Os valores em negrito (>0.600) foram considerados de contribuição significativa para a variância total.

Variáveis	PCA1	PCA2
Estação	0.964	-0.236
Salinidade	-0.572	-0.512
Oxigênio	-0.743	-0.638
Temperatura	0.899	-0.419
Tanypodinae (TANYP)	0.297	0.296
Chironominae (CHIRO)	0.601	0.613
Orthoclaadiinae (ORTHO)	0.466	0.706
Variância (%)	46.901	26.612

Tabela VI. Valores de correlação das variáveis nos dois eixos principais (PCA1 e PCA2), obtidos a partir da análise de componentes principais aplicada aos dados de abundância das Tribos de Chironomidae amostradas no Rio da Fazenda. Os valores em negrito (>0.600) foram considerados de contribuição significativa para a variância total.

Variáveis	PCA1	PCA2
Estação	0.851	-0.515
Salinidade	-0.672	-0.271
Oxigênio	-0.545	0.819
Temperatura	0.738	-0.662
Pentaneurini (PENT)	0.321	0.124
Chironomini (CHIR)	0.748	0.399
Tanytarsini (TANY)	0.697	0.413
Corynoneurini (CORY)	0.507	0.506
Orthoclaadiini (ORTH)	0.617	0.499
Variância (%)	42.273	25.516

Tabela VII. Valores de correlação das variáveis nos dois eixos principais (PCA1 e PCA2), obtidos a partir da análise de componentes principais aplicada aos dados de abundância das Morfoespécies de Chironomidae amostradas no Rio da Fazenda. Os valores em negrito (>0.600) foram considerados de contribuição significativa para a variância total.

Variáveis	PCA1	PCA2
Estação	0.629	-0.735
Salinidade	-0.682	-0.056
Oxigênio	-0.252	0.881
Temperatura	0.484	-0.832
<i>Ablabesmyia (Karelia)</i> (A)	0.343	-0.010
<i>Beardius</i> sp1 (B)	0.554	0.132
<i>Beardius</i> sp2 (C)	-0.015	-0.253
<i>Dicrotendipes</i> sp2 (D)	0.299	-0.055
<i>Dicrotendipes</i> sp3 (E)	0.001	-0.087
<i>Parachironomus</i> sp1 (F)	0.309	0.135
<i>Parachironomus</i> sp2 (G)	0.196	-0.058
<i>Phaenopsectra</i> (H)	0.380	0.442
<i>Polypedilum (Poly)</i> sp2 (I)	0.851	0.049
<i>Polypedilum fallax</i> (J)	0.503	0.207
<i>Polypedilum (Tripodura)</i> (K)	0.666	0.051
<i>Endotribelos</i> (L)	0.169	-0.007
<i>Caladomyia</i> (M)	-0.033	0.134
<i>Tanytarsus</i> (N)	0.756	0.109
<i>Rheotanytarsus</i> sp1 (O)	0.274	0.046
<i>Corynoneura</i> sp1 (P)	0.595	0.306
<i>Thienemaniella</i> sp2 (Q)	0.328	0.114
<i>Onconeura</i> (R)	0.054	-0.128
<i>Cricotopus</i> sp1 (S)	0.763	0.275
<i>Orthocladini</i> (T)	0.188	0.367
<i>Nanocladius</i> (U)	0.076	0.430
Variância (%)	20.550	11.675

DISCUSSÃO

Dentre os macroinvertebrados que compõem a fauna estuarina, Diptera-Chironomidae é um grupo muito pouco conhecido, principalmente no que se refere à sua distribuição espaço-temporal. Em sistemas aquáticos, devido à grande representatividade deste grupo e à heterogeneidade de habitats ocupados (Trivinho-Strixino & Strixino, 1995), estudos relacionando a composição e a distribuição das larvas de Chironomidae aos fatores abióticos está recebendo uma crescente atenção por parte da comunidade científica. Além disso, este grupo constitui uma importante fonte indicadora de poluição em regiões mais urbanizadas (Gresens et al., 2007) e responde às alterações ambientais de forma mais eficaz, enfatizando sua importância em ambientes aquáticos (Rosin & Takeda, 2007).

A forma física e estrutural dos substratos artificiais é também um importante fator que influencia as diferenças na composição na comunidade de larvas de Chironomidae (Anjos & Takeda, 2005). A complexidade estrutural do substrato é diretamente proporcional à riqueza de espécies, em função da maior disponibilidade de recursos e habitats (O'Connor, 1991). Casey & Kendall (1996) observaram que a quantidade de matéria orgânica que fica aderida ao substrato é o principal fator para a colonização de invertebrados, alterando a área de superfície do substrato. No presente trabalho, a adequação do substrato artificial foi previamente testada através da comparação da composição da fauna subaquática com o substrato natural composto por raízes e galhos submersos nas margens do mangue (Corrêa & Uieda, 2008). Neste trabalho, o substrato de corda de sisal foi escolhido por ser uma estrutura vegetal, de coloração semelhante à da vegetação subaquática do mangue e permitindo a aderência de uma grande quantidade de matéria orgânica e algas.

Outra importante característica do substrato é sua estabilidade, tendo sido constatado por Rosin & Takeda (2007) que a alta estabilidade do ambiente pode favorecer a dominância de algumas espécies de Chironomidae e reduzir a diversidade. De acordo com Verneaux & Aleya (1998) e Rosin & Takeda (2007), a baixa concentração de oxigênio dissolvido é um fator determinante na distribuição de Chironomidae e pode ter sido a causa da menor densidade e diversidade observada por estes autores na estação chuvosa. No trabalho realizado em um lago no Canadá, Gajewski et al. (2005) verificaram que a baixa temperatura também ocasionou uma baixa diversidade de larvas de Chironomidae.

No presente trabalho, a estação chuvosa apresentou a maior abundância e diversidade das morfoespécies, principalmente no trecho de salinidade baixa, mostrando uma nítida distribuição espacial e sazonal. Dentre as 21 morfoespécies, somente três não foram encontradas no trecho de salinidade baixa na estação chuvosa, e dentre as quatorze morfoespécies que colonizaram o substrato na estação seca, somente uma não foi encontrada no trecho de salinidade baixa. A análise da dieta das espécies de peixes que forrageiam entre as raízes da vegetação do mangue do Rio da Fazenda mostrou um maior consumo de insetos na estação chuvosa, apesar do alimento predominantemente consumido pelos peixes terem sido crustáceos (Corrêa & Uieda, 2007). Estes dados salientam a importância da fauna de invertebrados como elo de ligação na cadeia trófica desse ecossistema.

No mangue do Rio da Fazenda, as larvas de Chironomidae mostraram uma nítida preferência por colonizar o trecho de baixa salinidade durante a estação chuvosa, situação em que foram obtidos os menores valores de salinidade, temperatura e oxigênio, além de ter sido observada menor transparência da água (observação pessoal). A maior turbidez, provavelmente ocasionada pelo maior arraste de sedimento dos rios pelas fortes chuvas desta estação, pode ser uma situação vantajosa para a fauna de invertebrados, com maior disponibilidade de matéria orgânica e de proteção contra predadores visualmente orientados.

Para riachos dos Alpes na Itália (Lencioni & Rossaro, 2005) e da região centro-oeste do Brasil (Aburaya & Callil, 2007) foi descrita a dominância de Orthoclaadiinae sobre Chironominae. No entanto, em outro trabalho desenvolvido no centro-oeste do Brasil, Serrano et al. (1998) descreveram uma alta dominância de Chironominae sobre Orthoclaadiinae, ressaltando a preferência de Chironominae por ambientes de clima tropical, resultado semelhante ao obtido no presente trabalho.

Outros estudos desenvolvidos no rio Paraná (Anjos & Takeda, 2005) e na região Amazônica (Freitas, 1998) não observaram correlações significativas entre variáveis ambientais e a composição da fauna de Chironomidae colonizando substratos artificiais. No experimento realizado no mangue do Rio da Fazenda estas correlações foram bem nítidas, com significativa influência da salinidade sobre o processo de colonização no substrato artificial. A morfoespécie que melhor se adaptou às diferenças espaciais (trechos de salinidade) e sazonais (estações do ano) foi *Polypedilum* sp2, encontrada em maior abundância em todas as situações analisadas. A alta densidade deste gênero e sua característica cosmopolita também foram reportadas por outros autores (Marchese et al.,

2005; Trivinho-Strixino & Strixino, 2005; Aburaya & Callil, 2007). Além disso, condições ambientais contrastantes podem, por um lado, se tornar extremamente estressantes para alguns gêneros menos adaptados enquanto, por outro lado, favorecem a dominância de *Polypedilum* (Higuti & Takeda, 2002; Rosin & Takeda, 2007).

Das sete morfoespécies mais abundantes, *Polypedilum* (*Poly.*) sp2, *Polypedilum* (*Tropidura*), *Tanytarsus* e *Cricotopus* sp1 foram as que apresentaram valores de correlação significativos, tendo sua distribuição sido fortemente influenciada pela salinidade e estação do ano. Uma grande abundância da morfoespécie *Cricotopus* sp1 em ambientes de água doce também foi reportada por outros autores (Trivinho-Strixino & Strixino, 1995; Anjos & Takeda, 2005; Gresens et al., 2007).

As larvas de Chironomidae apresentaram uma nítida distribuição espacial e temporal, colonizando principalmente o trecho de menor salinidade e apresentando uma maior abundância e riqueza na estação chuvosa. Os resultados obtidos no presente trabalho permitiram não somente ampliar o conhecimento sobre a diversidade da fauna de manguezais, mas também ressaltar a importância deste ambiente, assim como a importância da vegetação do mangue, como local de abrigo e proteção para uma fauna rica e diversificada. Levando em consideração a localização da área de estudo dentro de uma área de proteção ambiental, o presente trabalho pode ainda servir de subsídio para estudos mais acurados de biomonitoramento, importantes principalmente em áreas com forte influência antrópica, como é o caso de grande parte das áreas costeiras.

AGRADECIMENTOS

A Adriana Jorcin e Alaíde Guessner pelo auxílio na identificação das larvas de Chironomidae; a Hamilton A. Rodrigues, Emerson M. de Carvalho e Tamara L.F. Pinto pelo auxílio nos trabalhos de campo; a César Taconelli pelo auxílio nas análises estatísticas; à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo – FAPESP pelo auxílio financeiro (Proc- 03/08314-2) e pela bolsa de doutorado concedida à primeira autora.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABURAYA, F.H. & C.T. CALLIL. 2007. Variação temporal de larvas de Chironomidae (Diptera) no Alto Rio Paraguai (Cáceres, Mato Grosso, Brasil). **Revista Brasileira de Zoologia**, 24(3): 565-572.
- ANJOS, A.F. & A.M. TAKEDA. 2005. Colonização de Chironomidae (Diptera: Insecta) em diferentes tipos de substratos artificiais. **Acta Sci. Biol. Sci.**, 27 (2): 147-151.
- CASEY, T.J. & S.A. KENDALL. 1996. Comparison among colonization of artificial substratum types and natural substratum by benthic macroinvertebrates. **Hydrobiologia**, 341: 54-64.
- CARVALHO, E.M. & V.S. UIEDA. 2004. Colonização por macroinvertebrados bentônicos em substrato artificial e natural em um riacho da serra de Itatinga, São Paulo, Brasil. **Revista Brasileira de Zoologia**, 21(2): 287-293.
- CORRÊA, M.O.D.A. & V.S. UIEDA. 2007. Diet of the ichthyofauna associated with marginal vegetation of a mangrove forest in southeastern Brazil. **Iheringia**, Ser. Zool., Porto Alegre, 97(4): 470-481.
- CORRÊA, M.O.D.A. & V.S. UIEDA. 2008. Composition of the aquatic invertebrate fauna associated to the mangrove vegetation of a coastal river, analyzed through a manipulative experiment. **Pan-American Journal of Aquatic Sciences**, 3 (1): 23-31.
- CORREIA, L.C.S. & S. TRIVINHO-STRIXINO. 2005. Chironomidae (Diptera) em substratos artificiais num pequeno reservatório: represa do Monjolinho, São Carlos, São Paulo, Brasil. **Entomol. Vect.**, 12 (2): 265-274.
- CORBI, J.J. & S. TRIVINHO-STRIXINO. 2006. Ciclo de vida de duas espécies de Goldichironomus (Diptera, Chironomidae). **Revista Brasileira de Entomologia**, 50 (1): 72-75.
- DOBSON, A.J. 2001. **An introduction to generalized linear models**, 2ed. Chapman & Hall/CRC texts in statistical science series - Boca Raton, 213p.
- DEMETRIO, C.G.B. 2002. **Modelos Lineares Generalizados em Experimentação Agrônômica**. ESALQ/USP. São Paulo.
- EGGLESTON, D.B., W.E. ELIS, L.L. ETHERINGTON, C.P. DAHLGREN & M.H. POSEY. 1999. Organism responses to habitat fragmentation and diversity: habitat colonization by estuarine macrofauna. **Journal of Experimental Marine Biology and Ecology**, 236: 107-132.

- FEND, S.V. & J.L. CARTER. 1995. The relationship of habitat characteristics to the distribution of Chironomidae (Diptera) as measured by pupal exuviae collection in a large river system. **Journal of Freshwater Ecology**, 19 (4): 343-359.
- FREITAS, C.E.C. 1998. A colonização de substratos artificiais por macroinvertebrados bentônicos em áreas de cachoeira da Amazônia Central, Brasil. **Revista Brasileira de Biologia**, 58 (1): 115-120.
- GAJEWSKI, K., G. BOUCHARD, S.E. WILSON, J. KUREK & L.C. CWYNAR, 2005. Distribution of Chironomidae (Insecta: Diptera) head capsules in recent sediments of Canadian Arctic lakes. **Hydrobiologia**, 549: 131-143.
- GRESENS, S.E., T.K. BELT, J.A. TANG, D.C. GWINN & P.A. BANKS. 2007. Temporal and spatial responses of Chironomidae (Diptera) and other benthic invertebrates to urban stormwater runoff. **Hydrobiologia**, 575: 173-190.
- HECK Jr., K.L. & T.A. THOMAN. 1981. Experiments on predator-prey interactions in vegetated aquatic habitats. **Journal of Experimental Marine Biology and Ecology**, 53: 125-134.
- HIGUTI, J. & A.M. TAKEDA. 2002. Spatial and temporal variation in densities of chironomid larvae (Diptera) in two lagoons and two tributaries of the upper Paraná river floodplain, Brazil. **Brazilian Journal of Biology**, 62 (4): 807-818.
- JACOBI, C.M. & R. LANGEVIN. 1996. Habitat geometry of benthic substrata: effects on arrival and settlement of mobile epifauna. **Journal of Experimental Marine Biology and Ecology**, 206: 39-54.
- JAMES, P.L. & K.L. HECK Jr. 1994. The effects of habitat complexity and light intensity on ambush predation within a simulated seagrass habitat. **Journal of Experimental Marine Biology and Ecology**, 176: 187-200.
- LENCIONI, V. & B. ROSSARO. 2005. Microdistribution of Chironomids (Diptera: Chironomidae) in Alpine streams: an autoecological perspective. **Hydrobiologia**, 533: 61-76.
- MAIA, J.A., V.P. LOPES, R.G. SILVA, A. SEABRA, J.V. FERREIRA & M.V. CARDOSO. 2003. Modelação hierárquica ou multinível. Uma metodologia estatística e um instrumento útil de pensamento na investigação em Ciências do Desporto. **Revista Portuguesa de Ciências do Desporto**, 3 (1): 92-107.
- MARCHESE, M.R., K.M. WATZEN & I.E. DRAGO. 2005. Benthic invertebrate assemblages and species diversity patterns of the upper Paraguay River. **River Research and Applications**, 21: 485-499.

- MCLARNEY, W., S. HENDERSON & M.M. SHERMAN. 1974. A new method for culturing *Chironomus tentans* Fabricius larvae using burlap substrate in fertilized pools. **Aquaculture**, 4: 267-276.
- Menzie, C.A. 1980. The chironomid (Insecta:Diptera) and other fauna of a *Myriophyllum spicatum* L. Plant bed in the lower Hudson river. **Estuaries**, 3(1): 38-54.
- METHVEN, D.A., R.L. HAEDRICH & G.A. ROSE. 2001. The fish assemblage of a Newfoundland estuary: diel, monthly and annual variation. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, 52: 669-687.
- O'CONNOR, N.A. 1991. The effects of habitat complexity on the macroinvertebrates colonizing wood substrates in a lowland stream. **Oecologia**, 85: 504-512.
- POR, F.D. 1994. **Guia ilustrado do manguezal**. ADEMA, São Paulo, 82p.
- RODRIGUES, A.M., S. MEIRELES, T. PEREIRA, A. GAMA, & V. QUINTINO. 2006. Spatial patterns of benthic macroinvertebrates in intertidal areas of a Southern European estuary: the Tagus, Portugal. **Hydrobiologia**, 555: 99-113.
- ROSIN, G.C. & A.M. TAKEDA. 2007. Larvas de Chironomidae (Diptera) da planície de inundação do alto rio Paraná: distribuição e composição em diferentes ambientes e períodos hidrológicos. **Acta Sci. Biol. Sci.**, 29 (1): 57-63.
- SCHAEFFER-NOVELLI, Y. 1995. Manguezal. Ecosistema entre a terra e o mar. **Caribbean Ecological Research**: 1-64.
- SERRANO, M.A.S., W. SEVERI, & V.S.J. TOLEDO. 1998. Comunidade de Chironomidae e outros macroinvertebrados em um rio tropical de planície – Rio Bento Gomes/MT, p. 265-278. *In*: J.L. NESSIMIAN & A.L. CARVALHO (Eds). **Ecologia de insetos aquáticos**. Rio de Janeiro, PPGE-UFRJ, Série Oecologia Brasiliensis, 309p.
- TRIVINHO-STRIXINO, S. & G. STRIXINO. 1995. **Larvas de Chironomidae (Diptera) do Estado de São Paulo. Guia de identificação e diagnose dos gêneros**. São Carlos: PPG-Ern/UFSCar.
- TRIVINHO-STRIXINO, S. & G. STRIXINO. 2005. Chironomidae (Diptera) do rio Ribeira (divisa dos estados de São Paulo e Paraná) numa avaliação ambiental faunística. **Entomología y Vectores**, 12 (2): 243-253.
- VERNEAUX, V. & L. ALEYA. 1998. Spatial and temporal distribution of chironomid larvae (Diptera: Nematocera) at the sediment-water interface in lake Abbaye (Jura, France). **Hydrobiologia**, 373: 169-180.

CONCLUSÕES GERAIS

CONCLUSÕES GERAIS

O presente estudo possibilitou ampliar o conhecimento sobre a estrutura da comunidade de macroinvertebrados dos manguezais, bem como destacar a importância da vegetação marginal como local de abrigo e alimentação para as espécies de peixes que dependem desta vegetação para seu desenvolvimento e permanência nesta região.

No Capítulo I os dados mostram a adequação do substrato artificial montado para uso nos experimentos de manipulação, permitindo a colonização por uma fauna semelhante à do substrato natural.

O Capítulo II reforça a importância da vegetação marginal como local de abrigo e, principalmente, como local de alimentação pelas espécies de peixes. O predomínio de espécies utilizando predominantemente uma única fonte alimentar (crustáceos e, entre estes, principalmente Ostracoda e Tanaidacea) e a existência de variação sazonal na dieta de algumas espécies ficaram bem evidentes na análise de amplitude do nicho alimentar, com um predomínio de espécies especialistas na dieta.

No Capítulo III, concluiu-se que a estrutura da comunidade de macroinvertebrados que colonizam as raízes da vegetação do mangue varia em função da salinidade e da estação do ano, com espécies mais resistentes a variações ambientais no trecho de salinidade alta. A estação chuvosa e o trecho de salinidade baixa foram responsáveis pela maior abundância e diversidade de espécies.

No capítulo IV os resultados permitiram ampliar os conhecimentos sobre a fauna de Chironomidae em manguezais, grupo de maior abundância e diversidade dentro da fauna estudada. Quanto à variação sazonal na abundância, um maior número de larvas foi coletado na estação chuvosa. No que se refere à variação espacial, observou-se principalmente na estação chuvosa maiores valores de abundância no trecho de salinidade baixa. Apesar da abundância ter sido maior na estação chuvosa, as duas estações se assemelharam quanto ao predomínio da Subfamília Chironominae, da Tribo Chironomini e da morfoespécie *Polypedilum (Polypedilum) sp2*.