

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
INSTITUTO DE BIOCÊNCIAS
DEPARTAMENTO DE ZOOLOGIA

Dissertação de Mestrado

Distribuição Espacial dos Decapoditos e Caranguejos Juvenis num Estuário Tropical



Bruno Gabriel Nunes Pralon

Orientadora Prof^a. Dr^a. Maria Lucia Negreiros Fransozo

BOTUCATU
2007
Universidade Estadual Paulista

Instituto de Biociências
Departamento de Zoologia

Distribuição espacial dos decapoditos e caranguejos juvenis num
estuário tropical

Bruno Gabriel Nunes Pralon

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Maria Lucia Negreiros-Fransozo

Dissertação apresentada ao Instituto de Biociências de Botucatu da Universidade Estadual Paulista-Unesp, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre do curso de Pós-graduação em Ciências Biológicas – Área Zoologia.

Botucatu

-2007-

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

Pralon, Bruno Gabriel Nunes.

Distribuição espacial dos decapoditos e caranguejos juvenis num estuário tropical / Bruno Gabriel Nunes Pralon. – Botucatu : [s.n.], 2007.

Dissertação (mestrado) – Universidade Estadual Paulista, Instituto de Biociências de Botucatu, 2007.

Orientadora: Maria Lucia Negreiros-Fransozo

Assunto CAPES: 20404000

1. Caranguejo - População 2. Caranguejo – Distribuição
espacial – Ubatuba(SP)

CDD 595.3842

Palavras-chave: Assentamento larval; *Brachyura*; Fase juvenil; Ecologia

Agradecimentos

Ao Senhor meu Deus por toda Sua bondade, misericórdia e amor Incondicional. O Senhor sempre esteve ao meu lado em todos os momentos de minha vida e sou muito grato por isso.

À Profa. Dra. Maria Lucia Negreiros-Fransozo pela orientação e inúmeros ensinamentos, desde os primeiros passos durante a Iniciação Científica até a Pós-graduação, por sua amizade, seus cuidados para comigo e acima de tudo por confiar em meu trabalho.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela bolsa de estudos concedida, o que tornou viável a realização deste trabalho.

À FAPESP, pelos financiamentos concedidos para a aquisição dos equipamentos laboratoriais e veículos utilizados no desenvolvimento deste trabalho.

Ao Prof. Dr. Adilson Fransozo por suas sugestões e críticas pertinentes, pelo auxílio e Pela Hospedagem em sua residência em Ubatuba. Muito obrigado.

Aos professores Dr. Raoul Henry e Dr. Marcos Nogueira por terem, gentilmente, cedido seu laboratório para as análises de sedimento deste trabalho.

Ao “mestre” Dr. Jorge Jim pelos ensinamentos sobre Zoologia e demais assuntos durante a Graduação e Pós-Graduação.

Aos funcionários do Depto de Zoologia: Juliana Ramos, Flavio da Silva, Hamilton Rodrigues e Mario Pisani e aos funcionários da Pós-Graduação: Sergio Vincentini, Luciene Tobias e Maria Helena. Além disso, gostaria de agradecer às meninas da limpeza, em especial à D. Socorro.

Aos amigos do NEBECC que tive o prazer de conhecer e que sempre estiveram dispostos a ajudar quando precisei: Gustavo Hirose, Rafael Gregati, Rafael Mortari, Aline Benetti, Rosana Cardoso, Patrícia Hoffmann, Ricardo Bueno, Marila Martinez, Graziela Valença, Antonio Castilho, Adriane Braga,

Bruna Talmelli, Anelita Gallo, Patrícia Mendes, Patrícia Fumis, Michele, Sabrina e Matheus.

À Stella Maris Januário da Silva por todas as sugestões e idéias no início do trabalho.

Aos amigos Gustavo (Japa), Rafael G. (Xuxa), Ricardo (Nasia), Rafael M. (Gab), Aline (Cabeça), Rosana (Ro), Maria Lucia (Tia), Patrícia (Pitot), pela ajuda nas coletas, confecção de coletores, figuras da dissertação, parte estatística, entre outros auxílios. Obrigado à vocês pela ótima e divertida convivência durante esses dois anos!

À Bárbara O. De Loreto por ser minha maior incentivadora, pelo apoio, companhia, paciência, carinho e amor. Agradeço à Deus por ter colocado você no meu caminho. Amo tu viu!

Aos amigos, IRMÃOS que não são de sangue, mas considero muito: Anderson Nakanishi (Rabicó), Roberto Camargo (Pigarro), Vítor Fonseca (Cebola), Rafael Beltrame (Lordão), Eduardo Hortal (Minduca), André Cassetari (Forgado), Guaraci Belo (Jovem), Luis Gustavo Cannesini (Jukery), Rodrigo Carvalho (Boguinha), Yuri Arbex (Cone), Yvan Arbex (Léo), Otávio Souza (Pitchu), José Roberto (Magrão), Henrique Nunes (Mamão) e todos os integrantes do Biologia Futebol Clube.

Às irmãzinhas: Claudia Veiga, Viviane Sakzenian, Raquel Bicudo, Milena Gioergetti, Tereza Oliveira, Carolina Sartori.

À Dona Rosa por sempre me tratar como um filho, pelos seus cuidados, o que eu nunca vou esquecer.

Aos meus familiares, em especial minha Vó D. Dirce e minha tia Maria Cristina Pralon pelo apoio a todo o momento.

Enfim, várias pessoas contribuíram para a realização da presente dissertação. A participação de cada pessoa, à sua maneira, voluntariamente ou involuntariamente, foi indispensável para a forma final do trabalho. Se alguém se considerar omissa na lista, isso aconteceu, meramente, por esquecimento do autor e não significa que esta pessoa seja menos reconhecida.

Dedico essa dissertação aos meus pais Antonio Pralon Ferreira Leite e Ana Maria Leite Nunes. Apesar de serem separados há mais de 20 anos estão e sempre estarão juntos no meu coração.

Certeza

De tudo ficaram três coisas:

A certeza de que estamos sempre começando...

A certeza de que precisamos continuar...

A certeza de que seremos interrompidos antes de terminar...

Portanto devemos:

Fazer da interrupção um caminho novo...

Da queda, um passo de dança...

Do medo, uma escada...

Do sonho, uma ponte...

Da procura, um encontro...

Fernando PESSOA

SUMÁRIO

Considerações iniciais.....	2
Referências.....	10
<u>Capítulo 1:</u>	
Distribuição espacial dos decapoditos de Brachyura num estuário tropical do litoral norte paulista	15
Resumo	16
Abstract.....	18
Introdução.....	20
Objetivos.....	26
Material e Métodos	28
Resultados.....	37
Discussão	48
Referências.....	56
<u>Capítulo 2:</u>	
Distribuição espacial das populações de caranguejos juvenis do manguezal de Ubatumirim, Ubatuba, SP.....	63
Resumo	64
Abstract.....	66
Introdução.....	68
Objetivos.....	73
Material e Métodos	75
Resultados.....	85
Discussão	106
Referências.....	114
Considerações finais.....	121

Considerações iniciais



Considerações Iniciais

O Brasil tem uma das maiores extensões de manguezais do mundo. Estes ocorrem ao longo do litoral brasileiro, margeando estuários, lagunas e enseadas, desde o rio Oiapoque, no Amapá (Latitude 04° 30'N) até a praia do Sonho em Santa Catarina (Latitude 28° 53'S) (Lacerda, 1999).

Os manguezais são, por definição (Schaeffer-Novelli, 1995), ecossistemas costeiros de transição entre os ambientes terrestre e marinho, característicos de regiões tropicais e subtropicais, sujeitos ao regime de marés. São constituídos por espécies vegetais lenhosas, os mangues, e por plantas superiores associadas ao manguezal, além de micro e macroalgas adaptadas à flutuação de salinidade e caracterizadas por colonizarem sedimentos predominantemente lodosos, ricos em matéria orgânica e com baixos teores de oxigênio (Schaeffer-Novelli, 1995).

O manguezal desempenha função importante na manutenção e equilíbrio ecológico do estuário e sua elevada produção primária representa o ponto de partida para o sustento nutricional das diversas espécies que vivem dependentes do manguezal (Silva *et al.*, 1994).

Segundo Macintosh (1988), os manguezais atraem animais migratórios dos ambientes terrestres e aquáticos, bem como suportam uma fauna residente permanente, a qual é constituída em sua maioria por invertebrados.

Tanto em termos de abundância como biomassa, os crustáceos braquiúros são com freqüência elementos predominantes da macrofauna bentônica nos mais variados ambientes aquáticos (Lacerda *et al.*, 1993). Os caranguejos são particularmente abundantes na zona intertidal ou no sublitoral e parecem desempenhar um papel relevante na dinâmica das comunidades das quais fazem parte. Nesses ambientes, um número reduzido de famílias prevalece tanto em número de espécies quanto em densidade, principalmente os grapsídeos, xantídeos e, no caso dos sistemas estuarinos, também os ocipodídeos e sesarmídeos (Hartnoll, 1974).

As populações de caranguejos desempenham diversas funções importantes para a manutenção dos manguezais, tais como: contribuir para a zonação das plantas através da predação diferencial de sementes (Smith, 1987), influenciar na dinâmica da serapilheira, através da fragmentação

mecânica do material vegetal, o que facilita a colonização deste por microorganismos como fungos e bactérias (Robertson, 1986; Brogim & Lana, 1997), além de contribuir para a ciclagem de nutrientes ao arejar o solo quando escavam o sedimento (Smith *et al.* 1991).

Além da importância ecológica, algumas espécies de caranguejos estuarinos têm recebido atenção de pesquisadores devido à sua importância econômica, ou seja, são coletadas, comercializadas e consumidas pelo homem, como é o caso das espécies *Ucides cordatus* (caranguejo Uçá), *Cardisoma guanhumi* (Guaiamú) e *Callinectes sp.* (siri azul) (Schaeffer-Novelli, 1995).

Uma característica comum a muitas das espécies de braquiúros, independentemente do habitat que ocupam, é a presença de uma fase larval planctônica. Nesse período, dependem de certo grau de salinidade para obter sucesso no seu desenvolvimento. Mesmo as espécies semi-terrestres e algumas de água doce necessitam migrar para águas salobras para emitir suas larvas (Queiroga, 1995).

Encontram-se na literatura alguns trabalhos que contribuem, ainda que de uma forma parcialmente fragmentada, para um melhor entendimento da biologia dos caranguejos estuarinos que ocorrem no litoral paulista. Entre eles, destacam-se, em particular, os estudos desenvolvidos por Cobo & Fransozo (1998) sobre a biologia reprodutiva do caranguejo *Goniopsis cruentata* (Latreille) na região de Ubatuba; Negreiros-Fransozo *et al.* (2003) sobre o crescimento de *Uca thayeri* Rathbun, 1900; Costa (2000), Benetti (2003), Cardoso & Negreiros-Fransozo (2004) e Castiglioni (2003) Colpo & Negreiros-Fransozo (2003) realizaram estudos sobre a biologia e ecologia de espécies do gênero *Uca*; além de Chacur (2003) que desenvolveu um trabalho comparativo relacionado à biologia populacional de *Sesarma rectum* Randall, 1840 em seis manguezais do litoral norte paulista. Todos esses estudos foram desenvolvidos com populações adultas.

Estudos sobre a ecologia das fases larval e juvenil de espécies que ocorrem na costa paulista são escassos. Os que existem são, na sua maioria, estudos descritivos e poucos se referem à ecologia dessas fases de vida dos caranguejos, apesar de que toda a dinâmica das populações adultas depende do sucesso da fase não bentônica e do recrutamento juvenil. Com relação à

ecologia larval, encontram-se os trabalhos de Negreiros-Fransozo *et al.* (2002), que realizaram um estudo sobre o momento de liberação e entrada no estuário das larvas de *Brachyura* e Silva (2005) que buscou relacionar a abundância de larvas no plâncton com a taxa efetiva de assentamento de braquiúros em três manguezais do litoral norte paulista.

A maior capacidade de dispersão para a maioria dos invertebrados marinhos bentônicos se dá, sem dúvida, durante a fase larval planctônica, sendo a dispersão larval um meio vantajoso que possibilita a colonização de estuários adjacentes e o fluxo genético entre populações de estuários geograficamente isolados (Scheltema, 1986). Para uma série de organismos marinhos, os eventos reprodutivos não ocorrem de uma maneira casual no tempo. Ao contrário, os eventos relacionados com a reprodução, como a liberação larval em decápodos acontece de um modo sincronizado com ciclos ambientais tais como o ciclo lunar, o ciclo de marés e o ciclo circadiano (De Vries & Forward, 1989). Para decápodos que exibem liberação larval em função do ciclo circadiano, caso das espécies marinhas sublitorais mais profundas, que não sofrem influência das marés, este evento ocorre, geralmente, durante a noite (Christy, 1986). Para espécies que liberam suas larvas em função do ciclo de marés, como as espécies estuarinas, a emissão se dá próximo ao horário da maré cheia (Forward *et al.*, 1982; Christy, 1986). Este comportamento sincrônico de liberação larval com o horário do dia (24h) e da maré implica em uma vantagem seletiva. Algumas hipóteses foram propostas para tentar explicar as vantagens de se ter determinados padrões de liberação larval:

- evitar a exposição demasiada das larvas recém liberadas a uma combinação de muito baixas salinidades e altas temperaturas, o que pode ser prejudicial para o crescimento e sobrevivência das mesmas;

- facilitação do transporte das larvas de locais rasos com altas densidades de predadores (peixes planctívoros, principalmente) para locais com baixas densidades de predadores. A liberação das larvas durante momentos de baixa luminosidade diminui a visibilidade das larvas em relação a predadores (Christy, 1986; Morgan, 1990);

- reduz a predação a fêmeas adultas e seus embriões, quando as larvas são liberadas à noite e na maré alta.

A emissão larval em marés de grande amplitude favorece a movimentação rápida das zoea I para longe das águas rasas do estuário (Salmon, *et al.* 1986). Apesar de as larvas de decápodos estuarinos serem grandes e apresentarem uma alta capacidade natatória, estão à mercê das correntes em seus movimentos horizontais. A rede hidrográfica do estuário facilita a dispersão das larvas para locais distantes da população parental (Queiroga & Blanton, 2005).

As larvas de decápodos apresentam, assim como a maioria dos invertebrados planctônicos, flutuabilidade negativa e sua manutenção na coluna da água só pode acontecer por meio de natação ativa. As larvas não se encontram nem todas à superfície, nem todas no fundo, isto é, mostram padrões de distribuição vertical definidos de acordo com a espécie, o estágio de desenvolvimento e mesmo com o momento da amostragem (Queiroga, 1995). Implica-se dizer que estes organismos são capazes de regular, de algum modo, sua atividade natatória, por manterem uma certa posição ao longo da coluna d'água e a posição ocupada tem conseqüências determinantes na alimentação, exposição a predação e transporte pelas correntes, fatores estes que, por sua vez, determinam a mortalidade e a dispersão das larvas (Thorson, 1964; Scheltema, 1986).

Uma vez libertadas no ambiente pelágico, as larvas são dispersas pela ação de fenômenos físicos e enfrentam, então, o “problema” de reencontrar o habitat favorável à vida dos juvenis e adultos, de modo a assentar e renovar as populações parentais que, geralmente, continuam a ser representadas nas mesmas áreas de ano para ano (Queiroga, 1995).

Sandifer (1975) afirma em seu estudo com algumas espécies de decápodos que há dois tipos básicos de desenvolvimento larval nas espécies estuarinas: espécies que retêm as larvas no próprio estuário e as espécies que exportam suas larvas para estas se desenvolverem próximo à costa ou sob a plataforma continental. As espécies de cada um dos dois tipos desenvolveram adaptações para que o desenvolvimento e posterior recrutamento ocorram com sucesso. Nas espécies em que o recrutamento ocorre após as larvas ficarem retidas no estuário, a estratégia desenvolvida foi efetuar movimentos verticais na coluna d'água em resposta a fatores ambientais.

Por outro lado, caranguejos como *Uca* spp. e *Callinectes* spp. não apresentam adaptações para retenção das larvas no estuário e as exportam para a plataforma continental adjacente, com uma subsequente re-invasão pelas megalopas e juvenis (Dittel *et al.*, 1991). Estudos anteriores sugerem que esta re-invasão é acompanhada por uma combinação de uma migração vertical na coluna d'água periódica com as marés, o que afeta o transporte horizontal das larvas e também um transporte devido à ação dos ventos (Dittel *et al.*, 1991).

Além das migrações verticais rítmicas com a maré e a ação dos ventos, Queiroga (1995) em sua tese de doutorado ainda propõe que haja um transporte das larvas em direção à costa em ondas internas, quando estas estiverem ocupando os primeiros milímetros superficiais da coluna d'água, independente de seu estágio de desenvolvimento.

Os modelos de re-invasão descritos sugerem maneiras de aproximar as larvas dos estuários. Quando estão próximas ou no interior do estuário, sabe-se que megalopas de *Uca* spp. e *Callinectes sapidus* também executam migrações verticais periódicas subindo na coluna d'água durante as enchentes e afundando durante as vazantes. Deste modo, utilizam as correntes de enchente para progredir mais rápido até os locais de assentamento e durante as vazantes aproveitam da pequena circulação residual junto ao fundo e evitam serem deslocadas para longe do estuário (Christy, 1982; Epifanio *et al.* 1984; Brookins & Epifanio, 1985; Christy, 1989).

Uma vez dentro do estuário, o assentamento das megalopas e posterior metamorfose para o primeiro estágio juvenil não acontecem ao acaso. Para as espécies com estágios larvais mero-planctônicos, o assentamento define-se como o fim da vida pelágica larval e a adoção de hábitos bentônicos. O assentamento é atingido após influência de características físicas e químicas associadas aos habitats dos adultos (Gebauer *et al.*, 2002). Entre os crustáceos decápodos, é evidente que há características que combinadas reduzem o tempo até a metamorfose. Por exemplo, para espécie *Callinectes sapidus* uma diminuição na salinidade, a presença de ácidos húmicos, odores do substrato onde vivem as populações parentais e uma série de outras características de origem estuarina podem induzir ao assentamento e posterior recrutamento (Hines, 1986). A ausência de tais características pode causar um

atraso de horas a meses no desenvolvimento, apesar de que um retardo no desenvolvimento pode ter consequências negativas para os indivíduos, como um aumento da probabilidade de predação enquanto permanecem em vida pelágica, e uma provável redução no crescimento e sobrevivência após a metamorfose (Pechenik, 1990).

O recrutamento determina, pelo menos em parte, os níveis de distribuição das populações adultas. A definição da escala temporal e espacial na qual ocorre uma significativa variação no recrutamento é crítica para o entendimento da distribuição demográfica e dinâmica das populações de invertebrados marinhos (Olmi *et al.*, 1990). No entanto, os padrões de distribuição espacial das megalopas são pouco estudados. A maioria dos estudos feitos sobre estratégias de dispersão e distribuição de decapoditos e dos recrutas recentes tiveram como foco espécies de regiões temperadas (O'Connor, 1993; Boylan & Wenner, 1993; Christy & Morgan, 1998), existindo poucos trabalhos com comunidades de decápodos de regiões tropicais e subtropicais, dos quais a maior parte desenvolvida na América Central (Negreiros-Fransozo *et al.*, 2002).

Apesar de ainda não serem sequer conhecidas as fases larvais de muitas espécies, nem haver informação disponível sobre aspectos básicos da biologia de alguns grupos, a presente dissertação constitui-se em uma tentativa de se identificar padrões de distribuição espacial e zonação das megalopas e recrutas recentes de braquiúros, num estuário tropical.

No primeiro capítulo procura-se descrever os padrões de distribuição espacial dos decapoditos ao longo do estuário em questão. Comparam-se os padrões obtidos entre locais que diferem quanto ao nível de exposição a uma série de fatores ambientais. Devido a natureza sistemática do trabalho de campo e ao elevado número de amostras a obter, a utilização de métodos destrutivos envolvendo o processamento de substratos naturais de assentamento são, de um modo geral, desaconselháveis. A alternativa a tal procedimento é a utilização de superfícies artificiais de fixação que possibilitem uma resposta tigmotática adequada das larvas competententes, isto é, das larvas que, segundo Queiroga (1995), atingem um estágio de desenvolvimento fisiológico que as tornam capazes de assentar quando na presença de um substrato adequado. Por exemplo, amostragem com coletores artificiais é uma

técnica padrão para se coletar megalopas e detectar padrões temporais e espaciais de assentamento em espécies do gênero *Callinectes* sp. (Metcalf et al., 1995) e *Uca* sp. (O'Connor, 1993).

O segundo capítulo apresenta avaliações das tendências espaciais das populações de braquiúros juvenis no manguezal estudado e as diferenças na estrutura populacional das espécies entre áreas relativamente próximas, porém com composições diferentes. Na secção “considerações finais” faz-se uma síntese final dos resultados e discutem-se os padrões obtidos para a distribuição dos organismos em questão.

Referências



Referências

- Benetti, A. S. & Negreiros-Fransozo M. L. 2003. Madurez sexual morfológica Del cangrejo *Uca burgersi* Holthuis, 1967 (Brachyura, Ocypodidae) de uma área de manglar subtropical de Brasil. *Universidad & Ciencia, Tabasco, México*, 19(37)9-16.
- Boylan, J. M. & Wenner, E. L. 1993. Settlement of brachyuran megalopae in a South Carolina, USA, estuary. *Marine Ecology Progress Series*, 97(3): 237-246.
- Brogim, R. A. & Lana, P. C. 1997. Espectro alimentar de *Aratus pisonii*, *Chasmagnathus granulata* e *sesarma rectum* (Decapoda, Grapsidae) em um manguezal da baía de Paranaguá, Paraná. *Iheringia*, 83: 35-43.
- Brookins, K.G. & Epifanio, C. E. 1985. Abundance of brachyuran larvae in a small coastal inlet over six consecutive tidal cycles. *Estuaries* 8: 60-67.
- Cardoso, R. C. F. & Negreiros-Fransozo, M. L. 2004. A comparison of the allometric growth in *Uca leptodactyla* (Crustacea: Brachyura: Ocypodidae) from two subtropical estuaries. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 84: 733-735.
- Castiglioni, D. S. 2003. Aspectos populacionais e reprodutivos de *Uca rapax* (Smith, 1870) (Crustacea, Brachyura, Ocypodidae) em dois manguezais do litoral norte paulista. 178p. *Dissertação (Mestrado)*, Instituto de Biociências, Universidade Estadual Paulista – Botucatu, São Paulo.
- Chacur, M. M. 2003. Biologia populacional comparativa do caranguejo *Sesarma rectum* Randall, 1840 (Crustacea, Decapoda, Grapsidae) em manguezais do litoral norte paulista. 103p. *Tese de Doutorado*. Instituto de Biociências, Universidade Estadual Paulista.
- Christy, J. H. & Morgan, S. G. 1998. Estuarine immigration by crab postlarvae: mechanisms, reability and adaptive significance. *Marine Ecology Progress Series*, 174: 51-65.
- Christy, J. H. 1982. Adaptive significance of semilunar cycles of larval release in the fiddler crabs (genus *Uca*): test of a hypothesis. *Biology Bulletin*, 163: 251-263.
- Christy, J. H. 1989. Rapid development of magalopae of the fiddler crab *Uca pugilator* reared over sediment: implications for models of larval recruitment. *Marine Ecology Progress Series*, 57: 259-265.
- Cobo, V. J. & Fransozo A. 1998. Relative growth of *Goniopsis cruentata* (Crustacea, Brachyura, Grapsidae), on the Ubatuba Region, São Paulo, Brazil. *Iheringia*, 84: 21 – 28.

- Colpo, K. D. & Negreiros-Fransozo, M. L. 2003. Reproductive output of *Uca vocator* (Herbst, 1804) from three subtropical mangroves in Brazil. *Crustaceana* 76 (1): 1 – 11.
- Costa, T. M. 2000. Ecologia de caranguejos semiterrestres do gênero *Uca* (Crustacea, Decapoda, Ocypodidae) de uma área de manguezal, em Ubatuba (SP). 121p. *Tese de Doutorado*. Instituto de Biociências, Universidade Estadual Paulista.
- De Vries, M. C. & Forward, R. B. 1989. Rhythms of larval release of the sublittoral crab *Neopanope sayi* and the supralittoral crab *Sesarma cinereum* (Decapoda: Brachyura). *Marine Biology*, 100: 241-428.
- Dittel, A. I., Epifanio, C. E. & Lizano, O. 1991. Flux of crab larvae in a mangrove creek in the gulf of Nicoya, Costa Rica. *Estuarine Coastal Shelf Science*, 32: 129-140.
- Epifanio, C. E., Valenti, C. C. & Pemboke, A. E. 1984. Dispersal and recruitment of blue crab larvae in Delaware Bay, USA. *Estuarine Coastal Shelf Science*, 18: 1-12.
- Forward, R. B. Jr., Lohmann, K. & Cronin, T. W. 1982. Rhythms in larval release by an estuarine crab (*Rhithropanopeus harrisi*). *Bulletin of Marine Biology*, 163: 287-300.
- Gebauer, P., Paschke, K. & Anger, K. 2002. Metamorphosis in a semiterrestrial crab, *sesarma curacaoense* intra- and interspecific settlement cues from adult odors. *Journal of Experimental Marine Biology Ecology*, 268: 1-12.
- Hartnoll, R. G. 1974. Variation in growth pattern between some secondary sexual characters in crabs (Decapoda, Brachyura). *Crustaceana*, 27 (2): 131 – 136.
- Hines, A. H. 1986. Larval patterns in the life histories of brachyuran crabs (Crustacea, Decapoda, Brachyura). *Bulletin Marine Science*, 39(2): 444-466.
- Lacerda, L. D., Conde, J. E., Alarcón, C., Alvarez-Léon, R., Bacon, P. R., D’Croz, L., Kjerfve, B., Polaina, J., & Vanucci, M. 1993. Mangrove ecosystems of Latin America and the Caribbean: a summary. *In*: Lacerda, L. D. (ed) *Conservation and sustainable utilization of mangrove forests in Latin America and Africa regions*. Part. I: Latin America. International Society for Mangrove ecosystems, Okinawa, Japan, pp.1-42.
- Lacerda, L. D. 1999. *Os manguezais do Brasil*. *In*: Vanucci, M. *Os manguezais*. Edusp, 233p.
- Macintosh, D. J. 1988. The ecology and physiology of decapods of mangrove swamps. *Symposium of the Zoological Society of London*, 59:315-341.
- Metcalf, K. S., van Montfrans, J., Lipcius, R. N. & Orth, R. J. 1995. Settlement indices for blue crab megalopae in York River, Virginia: Temporal relationships and statistical efficiency. *Bulletin of Marine Science*, 57: 781-792.

- Morgan, S. G. 1990. Impact of planktivorous fishes on dispersal, hatching and morphology of estuarine crab larvae. *Ecology*, 71: 1639-1652.
- Negreiros-Fransozo, M. L., Fransozo, A., Gonzalez-Gordillo, J. I. & Bertini, G. 2002. First appraisal on releasing and reinvasion of decapod larvae in a subtropical estuary from Brazil. *Acta Limnologica Brasiliensia*, 14(3): 87-94.
- Negreiros-Fransozo, M. L., Colpo, K. D. & Costa, T. M. 2003. Allometric growth in the fiddler crab *Uca thayeri* (Brachyura, Ocypodidae) from a subtropical mangrove. *Journal of Crustacean Biology*, 23(2): 273-279.
- O'Connor, N. J. 1993. Settlement and recruitment of the fiddler crabs *Uca pugnax* and *Uca pugilator* in a North Carolina, USA, salt marsh. *Marine Ecology Progress Series*, 93: 227-234.
- Olmi III, J. E., van Montfrans, J., Lipcius, R. N., Orth, R. J. & Sadler, P. W. 1990. Variation in planktonic availability and settlement of blue crab megalopae in the York River, Virginia. *Bulletin of Marine science*, 46(1): 230-243.
- Pechenik, J. A. 1990. Delayed of metamorphosis by larvae of benthic marine invertebrates: does it occurs? Is there a price to pay? *Ophelia*, 32: 63-94.
- Queiroga, H. 1995. Processo de dispersão e recrutamento das larvas do caranguejo *Carcinus maenas* (L.) na Ria de Aveiro. 268p Tese apresentada à Universidade de Aveiro, Portugal.
- Queiroga, H. & Blanton, J. 2005. Interactions between behavior and physical forcing in the control of horizontal transport of Decapod Crustacean larvae. *Advances in Marine Biology*, 47 : 107-214.
- Robertson, A. I. 1986. Leaf-burying crabs: their influence on energy flow and export from mixed mangrove forests (*Rhizophora* spp.) in northeastern Australia. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 102: 237-248.
- Salmon, M., Seiple, W. H. & Morgan, S. G. 1986. Hatching rhythms of fiddler crabs and associated species at Beaufort, North Carolina. *Journal of Crustacean Biology*, 6: 24-36.
- Sandifer, P. A. 1975. The role of pelagic larvae in recruitment to populations of adult decapod crustaceans in the York river estuary and adjacent lower Chesapeake Bay, Virginia. *Estuarine and Coastal Marine Science*, 3: 269-279.
- Schaeffer-Novelli, Y. 1995. *Manguezal, ecossistema entre a terra e o mar*. Caribbean Ecological Research, São Paulo. 64p.
- Scheltema, R. S. 1986. On dispersal and planktonic larvae of benthic invertebrates: an eclectic overview and summary of problems. *Bulletin of Marine Science*, 39 (2): 290-322.

- Silva, S. M. J. 2005. Relação entre o suprimento larval e a taxa de assentamento em caranguejos intertidais da região de Ubatuba (SP). 99p. *Dissertação de mestrado* – Instituto de Biociências de Botucatu – Universidade Estadual Paulista.
- Silva, S. C., Silva, M. O. & Virga, R. H. P. 1994. Determinação da composição de organismos da fauna detritívora que atuam na decomposição vegetal no manguezal. *In: Simpósio de Ecossistemas da Costa Brasileira*, 1: 167-170.
- Smith, T. J., Boto, K. G., Frusher, S. D. & Giddins, R. L. 1991. Keystone species and mangrove forest dynamics: The influence of burrowing by crabs on soil nutrients by crabs on forest productivity. *Estuarine Coastal Shelf Science*, 33: 419-432.
- Smith, T. J. 1987. Seed predation in relation to tree dominance and distribution in tropical tidal forests. *Ecology*, 68: 266-273.
- Thorson, G. 1964. Light as an ecological factor in the dispersal and settlement of larvae of marine bottom invertebrates. *Ophelia* 1: 167-208.

CAPÍTULO 1

Distribuição espacial dos decapoditos de *Brachyura* num estuário tropical do litoral norte paulista

Resumo



Resumo

O início do ciclo de vida dos caranguejos braquiúros possui uma fase planctônica de dispersão que consiste de um número variável de estágios de zoea, seguido por um estágio de decapodito, denominado megalopa. As megalopas passam por um transporte horizontal até os locais de assentamento onde sofrem metamorfose para o primeiro estágio juvenil. Apesar da importância da fase larval na dinâmica das populações de caranguejos estuarinos, existe pouca informação sobre a mesma. Este estudo avalia a distribuição espacial das megalopas ao longo do estuário de Ubatumirim, Ubatuba, SP. As amostragens foram realizadas em épocas de marés de amplitude de quadratura e em marés com amplitude de sizígia, durante os meses de Abril e Novembro de 2005. As megalopas foram capturadas com coletores artificiais passivos, confeccionados a partir de material vegetal, em dez estações de coleta no estuário de Ubatumirim. As estações estavam dispostas a, aproximadamente, 200m de distância um do outro. No laboratório, as larvas coletadas foram identificadas de acordo com a literatura disponível. A distribuição das megalopas próximo às margens e ao centro do canal do rio em cada estação de coleta foi avaliada. A ocorrência dos diferentes táxons de Brachyura registrados em cada estação de coleta foi correlacionada com as variáveis ambientais: temperatura da água, salinidade, velocidade de corrente e profundidade, por meio de uma análise de correlação canônica. O maior número de indivíduos foi registrado nas estações mais próximas ao mar. Dois principais grupos taxonômicos predominaram nas amostras, os sesarmídeos e ocipodídeos. Houve diferença significativa entre a abundância de larvas em períodos de marés de quadratura e sizígia. Entre as famílias Sesarmidae e Ocypodidae não foi verificada nenhuma diferença estatística quanto distribuição das megalopas entre coletores próximos às margens e ao centro do canal do rio. Os principais fatores abióticos relacionados à distribuição espacial das megalopas são temperatura, salinidade e velocidade de corrente. Entretanto, verifica-se que um conjunto de variáveis ambientais controla o padrão de distribuição ao invés de uma única variável. As megalopas de Brachyura exibiram um padrão de distribuição no qual os decapoditos se concentram nas partes mais baixas do estuário, o que indica que estas provém de um desenvolvimento planctônico costeiro. Apesar dos problemas na identificação dos grupos ao nível de espécie, o presente trabalho contribui para um melhor entendimento dos padrões de distribuição espacial das megalopas.

Abstract



Abstract

The early life cycle of brachyuran crabs has a planktonic dispersal phase consisting of a variable number of zoeal larvae followed by the molt to the megalopa stage. Megalopae undergo horizontal transport to the settlement site where they settle out of the water column and metamorphose to the first juvenile stage. In spite of the importance of the larval phase on population dynamics of estuarine crabs, there is little available information of its phase. The goal of the present study was to evaluate the spatial distribution of megalopae throughout the estuary of Ubatumirim river, Ubatuba, SP. Periodic samples were carried out in periods of neap tides and spring tides in April and November 2005. The megalopae of *Brachyura* were collected on passive collectors made from a natural substrate at ten sampling sites within Ubatumirim estuary. The horizontal distance between two sites was approximately 200m. At the laboratory, larvae were identified according to available literature. The lateral distribution of megalopae in each collecting site was evaluated. The occurrence of megalopae of different taxa in each site was correlated with the environmental variables: water temperature, salinity, current velocity and depth by means of a canonical correlation analysis. The greater density of megalopae was registered in the sites near the river mouth. Two main groups predominated in the samples, the sesarmid and ocypodid crabs. There was a significant difference in the abundance of larvae between neap and spring tides. However there was no statistical difference in the lateral distribution of megalopae of the families Sesarmidae and Ocypodidae. The principal abiotic factors that are related to the spatial distribution of megalopae were temperature, salinity and current velocity. However, it seems that a group of variables controls the distribution pattern instead of one single variable in the presence of the others. Megalopae of brachyuran taxa exhibited a pattern of distribution that concentrates the larvae in the lower part of the estuary what indicates that they come from sea, where they have developed planktonically nearby the coastline. In spite of the problems in the taxa identification to the species level, the results of the present work contribute to increase the knowledge about overall trends in larval spatial distributions.

Introdução



Introdução

Ao longo da sua história evolutiva, os crustáceos decápodos conquistaram diversos ambientes, sendo hoje encontrados no meio marinho, estuarino, de água doce e terrestre. Contudo, uma característica comum a todas as espécies, incluindo aquelas consideradas terrestres e semi-terrestres, é a dependência da água marinha para que seu ciclo de vida se complete.

Existem, de acordo com Thorson (1950), basicamente, três modos de desenvolvimento entre os invertebrados marinhos (desenvolvimento direto, desenvolvimento larval lecitotrófico e desenvolvimento larval planctotrófico). Pelo menos 70% das espécies conhecidas deste grupo apresenta em seu ciclo de vida uma fase de desenvolvimento larval planctônico. Em todos os casos estudados, a fase larval desses invertebrados está sujeita a elevadas taxas de mortalidade. Por isso, modestas flutuações na quantidade de larvas perdidas ou mortas refletem em grandes variações no número de recrutas ingressantes nas populações. Assim, a intensidade do recrutamento e a dinâmica das populações adultas dependem diretamente dos fatores que afetam a sobrevivência dos estágios larvais (Queiroga, 1995).

Para caranguejos que ocupam habitats junto à costa, como manguezais e estuários, pode ser vantajoso para as larvas possuírem mecanismos que as retenham próximas aos habitats dos adultos, apesar das adversidades do ambiente como, por exemplo, a alta quantidade de predadores. Evitam, assim, a perda das larvas por advecção ao mar aberto e resolve-se o problema de migrarem de volta às populações adultas (Johnson, 1985). De fato, um certo número de espécies de braquiúros apresenta larvas que possuem mecanismos comportamentais, que favorecem sua retenção no domínio estuarino (Forward *et al.*, 1982). No entanto, há evidências de que a maioria das espécies estuarinas exporta suas larvas para áreas adjacentes, como a plataforma continental (Paula *et al.*, 2004).

Estudos sobre a distribuição dos estágios larvais de espécies estuarinas como *Uca sp.*, segundo Lambert & Epifanio (1982) e *Carcinus maenas* por Queiroga *et al.* (1994), entre outras, indicam um padrão de distribuição das larvas no qual o primeiro estágio de zoea e as megalopas são encontradas próximas ou no interior do estuário enquanto os estágios intermediários são

encontrados apenas em águas adjacentes sob a plataforma continental. A diminuta exposição a predadores, a estabilidade quanto à salinidade e temperatura, a disponibilidade de presas, o aumento na dispersão da espécie (conseguem dessa maneira colonizar estuários adjacentes) e a troca genética entre populações isoladas geograficamente são consideradas como vantagens seletivas para exportar as larvas (Strathmann, 1982).

Alguns autores (Christy & Stancyk, 1982; Paula, 1989; Morgan & Christy, 1994) notaram que muitas espécies de caranguejos estuarinos desenvolveram um meio eficaz de emissão (liberação) das larvas por parte das fêmeas adultas, o qual é precisamente sincronizado com os ciclos ambientais. O momento da liberação larval em espécies estuarinas pode estar, portanto, relacionado com o ciclo lunar, o instante do dia e/ou a fase da maré (Christy, 1978; 1982). Essa ritmicidade na liberação larval é admitida como um fenômeno que afeta fortemente a dispersão e o transporte para mar aberto das larvas de decápodos costeiros (Christy & Stancyk, 1982).

A maior parte das espécies de manguezal libera suas larvas durante a noite e próximo ao horário da maré alta, independente da amplitude da maré (Paula, 1989; Negreiros-Fransozo *et al.* 2002). A liberação a noite minimiza a predação visual das fêmeas adultas e também das larvas (Christy, 1982; Forward *et al.*, 1982; Forward, 1987). Por outro lado, a liberação próxima ao horário da maré alta previne que as larvas atinjam as partes mais superiores do estuário, onde combinações letais de baixa salinidade e alta temperatura podem afetar a sobrevivência das larvas (Paula, 1989). As espécies que apresentam a estratégia de exportar suas larvas, ainda, utilizam o transporte seletivo por corrente de maré, que é um mecanismo pelo qual as larvas usam as diferenças verticais de corrente para promover um transporte para as direções e locais apropriados para seu desenvolvimento (Queiroga *et al.*, 1997). A sincronização na emissão larval não tem apenas uma influência direta na mortalidade das larvas, mas afeta também, em última instância, o recrutamento das megalopas ou juvenis às populações parentais (Queiroga *et al.*, 1994).

As megalopas representam o último estágio da fase larval dos caranguejos com desenvolvimento indireto e, por possuírem elevada capacidade natatória, as megalopas são aptas a nadar ativamente na coluna

d'água (Tankerley & Forward, 1994). Essa característica é de extrema importância para o retorno das larvas às áreas parentais. Conforme Boylan & Wenner (1993), há vários mecanismos de transporte que possibilitam um retorno das megalopas às populações adultas, como o transporte devido à ação dos ventos, o transporte facilitado por ondas internas, natação ativa orientada na coluna d'água, entre outros. Quando dentro do estuário, sabe-se que as megalopas nadam para o fundo durante as vazantes, evitando, assim, serem arrastadas para longe dos locais de assentamento, e nadam em direção à superfície no momento da enchente, deste modo utilizando as correntes de enchente para progredir mais rapidamente até os locais onde habitam as populações parentais (Queiroga & Blanton, 2005).

Durante a fase dispersiva no plâncton, as larvas de decápodos estão expostas a diferentes combinações e magnitudes dos processos físicos envolvidos na dispersão (Queiroga & Blanton, 2005). Por exemplo, os estágios intermediários das larvas que passam o desenvolvimento sob a plataforma continental estão sujeitas a determinadas características ambientais, enquanto os estágios mais avançados, como as megalopas, encontram outras características, específicas do sistema estuarino, diferentes daquelas do mar aberto. Assim, para localizar com sucesso as áreas apropriadas para o assentamento, as larvas necessitam de um grande repertório de respostas comportamentais aos estímulos do ambiente (Queiroga & Blanton, 2005).

Durante o período larval de decapodito identificam-se duas fases distintas: uma fase denominada pré-competente, quando as larvas não estão aptas a assentar e sofrer metamorfose e seu metabolismo visa crescimento e dispersão no plâncton; e uma fase competente, na qual as larvas estão fisiologicamente preparadas para responder a estímulos que levam a metamorfose (Silva, 2005). Esse momento de transição entre a vida pelágica e bentônica é um dos períodos mais críticos do ciclo de vida de muitos invertebrados marinhos meroplanctônicos (Gebauer *et al.*, 2003). Há evidências de que o momento da muda metamórfica é fortemente controlado por características do ambiente. Em *Uca pugilator*, a muda para o primeiro estágio juvenil pode ser consideravelmente atrasada na ausência de estímulos adequados, como a disponibilidade de sedimento proveniente do habitat parental (Christy, 1989) ou a presença de adultos conspecíficos (Jensen,

1989). A metamorfose em megalopas de *Callinectes sapidus* é induzida quando as larvas são expostas a águas provenientes do ambiente estuarino ou quando em contato com a vegetação própria do estuário (Forward *et al.*, 1994). A resposta tigmotática (capacidade da larva em se agarrar a um substrato) é também reconhecida como uma propriedade de larvas competentes (Goodrich *et al.*, 1989).

Os caranguejos braquiúros são invertebrados dominantes na maioria dos ecossistemas de manguezal (Jones, 1984; Lee, 1998) e, deste modo, são considerados objetos adequados para modelos de assentamento devido, principalmente, a sua elevada abundância (Paula *et al.*, 2003). Porém, as informações sobre padrões de assentamento das megalopas em manguezais são bastante limitadas. Wehrtmann & Dittel (1990) reportaram a capacidade de resposta tigmotática das larvas de crustáceos a materiais vegetais do manguezal como maneira de transporte horizontal; Dittel & Epifanio (1990) e Dittel *et al.* (1991) estudaram padrões sazonais de abundância larval em um manguezal da Costa Rica; ainda, Paula *et al.* (2001) avaliaram o papel dos fatores ambientais na determinação dos padrões temporais e espaciais de assentamento em um sistema estuarino africano; enquanto, Silva (2005) estudou a relação da abundância de megalopas no plâncton com a taxa efetiva de assentamento.

O modo pelo qual os padrões de zonação dos organismos são estabelecidos ao longo da área de manguezal ainda está longe de ser entendido (Olmi *et al.*, 1990). O ecossistema manguezal muitas vezes apresenta uma clara estratificação quanto aos habitats oferecidos e os organismos encontram-se distribuídos de acordo com a tolerância aos fatores ambientais (Paula *et al.*, 2003).

Uma metodologia usual de determinação das taxas de assentamento larval de muitas espécies de caranguejos e lagostas é a utilização de coletores passivos os quais fornecem substrato artificial para o assentamento (Boylan & Wenner, 1993). Os coletores artificiais têm sido ferramentas efetivas para elucidar a dinâmica do assentamento e fornecer informações sobre o comportamento dos organismos durante essa fase transicional considerada de extrema importância na história de vida das espécies de decápodos (Beninger *et al.*, 1986).

Dessa forma, a distribuição de coletores artificiais ao longo de um estuário pode ser uma maneira eficaz de se determinar padrões de distribuição espacial das megalopas. Assim, este estudo visou buscar alternativas de se encontrar padrões de distribuição espacial do último estágio larval de caranguejos estuarinos em um manguezal tropical.

Objetivos



Objetivos

Este trabalho teve por objetivo estudar a distribuição espacial do último estágio larval de braquiúros (megalopas) ao longo de um estuário da região de Ubatuba, Estado de São Paulo, durante os períodos de maior índice anual de assentamento e recrutamento juvenil. Para tanto se efetuou:

- Comparação entre a entrada das larvas em épocas de marés de grande amplitude (marés de sizígia) e pequena amplitude (marés de quadratura);
- Análise da abundância das megalopas em diferentes estações de coleta ao longo do rio Ubatumirim;
- Correlação da abundância larval em cada um dos pontos estabelecidos com algumas variáveis ambientais (Temperatura da água, salinidade, velocidade de corrente e profundidade).

Material e Métodos



Material e Métodos

Local de amostragem

O local de amostragem localiza-se na região de Ubatuba, litoral norte do Estado de São Paulo. A porção norte do Estado de São Paulo é caracterizada por uma linha muito recortada, com várias enseadas. Fisiograficamente, essa porção é marcada pela presença da Serra do Mar, que se projeta sobre o Oceano Atlântico limitando a extensão das planícies costeiras, as quais são formadas, na parte externa, por depósitos marinhos e na parte interna, por depósitos continentais. Portanto, o estuário de Ubatumirim (23^o 20' S; 44^o 53' W) pode ser considerado, de acordo com a classificação de Pritchard (1967), um estuário de planície costeira. A circulação do Rio Ubatumirim é dominada pela ação das marés. O regime de marés da região é caracterizado por marés semidiurnas com amplitude raramente ultrapassando 1,5 metros. Quanto à salinidade, pode ser considerado um estuário verticalmente homogêneo. O manguezal situa-se na praia de Ubatumirim e é composto pelas espécies halófitas lenhosas *Rhizophora mangle* L. e *Laguncularia racemosa* (L.). Além destas, *Avicennia shaueriana* Stapf & Leechman pode ser encontrada, porém em menor frequência. Outras espécies vegetais como *Hibiscus tiliaceus* L. e *Spartina* sp., também, são encontradas na área (Negreiros-Fransozo *et al.*, 2000).

Amostragem das larvas

Foram realizadas amostragens periódicas durante os meses de Abril e Novembro de 2005, meses com a maior taxa de recrutamento juvenil anual na região de Ubatuba (Leme, 2002; Chacur, 2003; Silva, 2005). Em cada mês foram realizadas quatro coletas, sendo duas durante dias de marés de sizígia (por volta da lua cheia ou nova) e duas em dias de marés de quadratura (próximo da lua minguante ou crescente), com o intuito de avaliar a influência da amplitude de maré na distribuição das megalopas.

Coletores artificiais passivos foram utilizados para amostragem das megalopas (figura 1). Estes, a cada dia de coleta, permaneceram no rio desde um período de maré baixa até o dia seguinte durante o mesmo período (24 horas). Os coletores foram confeccionados a partir de tubos de PVC (40 cm de comprimento e 10 cm de diâmetro) revestidos com esponja de fibra vegetal seca (*Luffa cylindrica* L.).

Disposição das estações de amostragem

Ao longo do rio foram estabelecidas 10 estações fixas para a instalação dos coletores. Cada estação estava distante 200 metros uma da outra, a partir da primeira estação (Estação 1) (figura 2), local este localizado na desembocadura do rio, bem próximo ao mar. Portanto, os coletores artificiais estavam dispostos ao longo de 2Km rio acima, em locais sujeitos a ação da maré.

Em cada estação havia duas seqüências, com cinco coletores em cada seqüência, totalizando 10 coletores suspensos por estação (total de 100 coletores por dia de coleta). Sempre a fileira com 5 coletores mais próxima ao mar era chamada seqüência 1 e a outra, seqüência 2.

Caracterização das áreas de coleta

Devido ao baixo número de repetições em cada estação de coleta, os dados ambientais foram analisados considerando áreas compostas por duas estações de coleta. As áreas foram definidas da seguinte forma: a área 1 era composta pelas estações 1 e 2, estas bem próximas ao mar; a área 2 era composta pelas estações 3 e 4, estas localizadas em locais mais protegidos da ação da maré; a área 3 situava-se em local mais extremo e era composta pelas estações 5 e 6. Já a área 4 compreendia as estações 7 e 8 e situava-se em local semelhante à área 2. À área 5 pertenciam as estações 9 e 10, localizadas também em local extremo, assim como a área 3.



Figura 1: Foto de um coletor artificial passivo confeccionado com fibra vegetal (40cm de comprimento x 10cm de diâmetro).

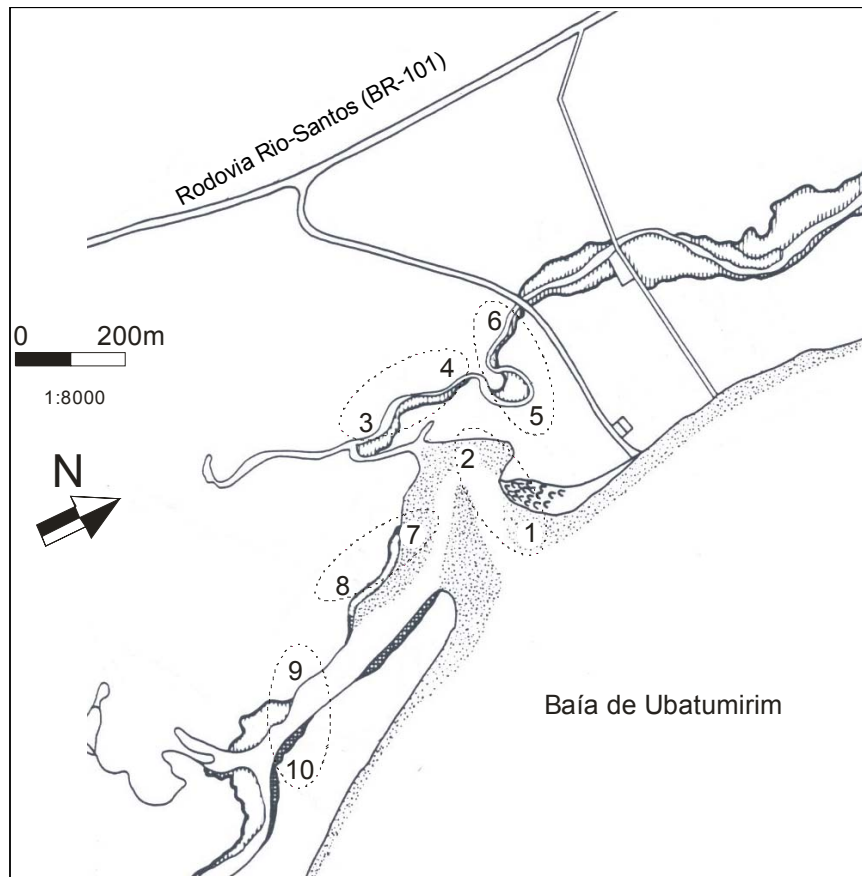


Figura 2: Localização das estações de coleta ao longo do manguezal de Ubatumirim. Linhas pontilhadas indicam áreas de coleta (mapa modificado de Herz, 1991).

Distribuição das megalopas próximo às margens e ao centro do canal do rio

Os coletores também eram identificados. O coletor da primeira seqüência que estava mais próximo da margem esquerda do rio foi chamado de A1 e o mais perto da margem direita, E1(figura 3). Isso porque tínhamos como objetivo avaliar também a distribuição lateral das larvas em relação ao meio do rio, ou seja, se havia diferenças na quantidade de megalopas coletadas ao centro do canal e próximo às margens.

Processamento do material biológico

A abundância de megalopas nos coletores foi estimada como o número de larvas (N) por estação de coleta. Todo o material foi removido dos coletores pela aspersão de água doce, sendo o conteúdo retido em uma peneira de malha 0,063mm. Posteriormente, as larvas foram conservadas em álcool 70% e rotuladas de acordo com o número do coletor e data.

A separação do material foi feita por meio da observação da morfologia externa das larvas, principalmente, da morfologia e ornamentação da carapaça, dos apêndices locomotores e das projeções sobre o esterno. Para identificar as formas observadas utilizou-se um Atlas de identificação de larvas (Pohle *et al.*, 1999) e as descrições originais dos estágios larvais de espécies descritas anteriormente para a região do litoral paulista (Costlow & Bookhout, 1968; Díaz & Ewald, 1968; Warner, 1968; Díaz & Bevilacqua, 1986; Fransozo & Hebling, 1986; Rodrigues & Hebling, 1989; Rieger, 1996; Rieger, 1997; Rieger, 1998; Cuesta & Anger, 2001), bem como por comparação com material da coleção científica (larvas obtidas em laboratório, provenientes de fêmeas ovígeras) do Nebecc, Departamento de Zoologia do Instituto de Biociências, Unesp, Botucatu.

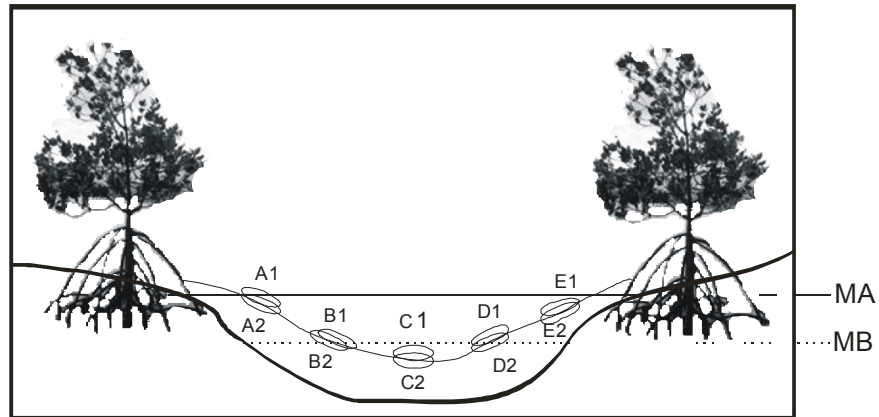


Figura 3: Esquema ilustrativo da disposição dos coletores artificiais em um ponto de coleta (A, B, C, D e E = coletores; MA=maré alta; MB=maré baixa)

Coleta dos fatores abióticos

Em cada uma das estações de coleta foram tomadas medidas de algumas variáveis ambientais. Essas mensurações foram feitas duas horas após o horário da maré baixa, ou seja, durante o período de enchente. Basicamente, foram tomadas medidas de temperatura e salinidade a uma profundidade relativa à, aproximadamente, metade da coluna d'água, em todas as estações, onde havia coletores artificiais. A temperatura ($^{\circ}\text{C}$) foi registrada utilizando-se termômetro de coluna de mercúrio. A salinidade da água foi medida com um refratômetro óptico específico.

A velocidade de corrente (cm/s) foi estimada em cada estação com o uso do tubo de Pitot (Brower & Zar, 1984), conexão sob a forma de "L" de tubos de acrílico graduada em milímetros, na porção vertical. A cada mensuração sua base (porção horizontal) foi posicionada no rio de forma que a entrada do tubo ficasse voltada contra a corrente e seu braço vertical ficasse posicionado perpendicularmente a superfície da água. A pressão exercida pela corrente levou a água a subir pelo tubo. A altura da coluna d'água na porção vertical do tubo acima da superfície do rio foi registrada e, posteriormente, relacionada a velocidade da corrente seguindo a equação:

$$V=0,977.\sqrt{2.g.h}$$

sendo, "V"= velocidade da corrente (cm/s); "g"= constante gravitacional (981cm/s^2) e "h"=altura da coluna d'água (cm) no tubo.

O fator profundidade foi mensurado no centro de cada uma das estações de coleta com o uso de uma fita métrica aderida a uma haste de madeira.

Análise dos dados

A homogeneidade de variância dos dados foi verificada baseando-se no teste de Levene e a normalidade pelo teste de Shapiro-Wilks (Zar, 1999). A comparação dos fatores ambientais amostrados entre as áreas exploradas foi realizada mediante a análise de variância (ANOVA), complementada com o teste de comparações múltiplas de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade. As

amostras que obtiveram resultados negativos, quanto à sua natureza paramétrica foram testadas utilizando-se testes não paramétricos (várias amostras e 1 variável – Kruskal-Wallis; 2 amostras e 1 variável – Mann-Whitney) (Zar, 1999).

A comparação da intensidade de entrada de megalopas entre as marés no estuário foi feita por um teste “t” (Zar, 1996). Comparou-se a quantidade de larvas das famílias mais representativas nas 5 áreas de coleta por meio de uma análise de variância (ANOVA)(Zar, 1996).

A exploração das similaridades das 10 estações de coleta de larvas observadas em função da distribuição de abundância das espécies foi efetuada pela análise de agrupamento (Oksanen, 2004).

Para obter um modelo relacionando abundância de megalopas de diferentes táxons encontrados nas dez estações de coleta com as variáveis independentes (fatores ambientais) que teriam maior influência na distribuição espacial das megalopas, foi desenvolvida uma análise multivariada do tipo análise de correlação canônica (Oksanen, 2004).

Resultados



Resultados

Ao longo dos dois meses de coleta foi registrado um total de 1225 megalopas nas dez estações amostradas, sendo Abril o mês de maior frequência (889 larvas); em Novembro foram registradas 336 megalopas. O maior número de larvas foi registrado na estação 1, porém a frequência de cada táxon variou entre as estações de coleta (tabela I). Os sesarmídeos corresponderam a 82,13% dos indivíduos coletados, enquanto os Ocipodídeos representaram 16,24%. Os grupos restantes totalizaram 1,63% de todas as megalopas capturadas.

Tabela I: Frequência absoluta dos grupos taxonômicos dentro da infra-ordem Brachyura amostrados nos meses de Abril e Novembro de 2005 no estuário de Ubatumirim nas 10 estações de coleta.

Grupos taxonômicos	Estações de coleta										Total
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
<i>A. rubripes</i>	355	72	13	7	6	2	63	8	3	8	537
Sesarmidae spp.	269	84	8	12	5	4	50	13	8	16	469
Ocypodidae spp.	108	61	2	2	0	1	17	6	1	1	199
Portunoidea spp.	4	1	0	0	0	2	2	0	0	0	9
Grapsidae spp.	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1
Xanthoidea spp.	7	0	1	0	0	0	0	1	1	0	10
Total	743	218	25	21	11	9	132	28	13	25	1225

Fatores abióticos

De acordo com os dados obtidos, o maior valor médio de temperatura foi observado na estação 1 (26,1°C)(tabela II). Houve diferença significativa entre os valores de temperatura medidos durante as marés de quadratura e de sizígia (Mann-Whitney, $p=0,0029$), sendo que nas coletas em marés de sizígia foram registrados os maiores valores (figura 4). As temperaturas médias entre as áreas de coleta foram significativamente diferentes durante as coletas em períodos de sizígia (ANOVA, g.l.= 4, $F=3,66$ e $p=0,0143$).

Os valores de salinidade registrados durante as amostragens em períodos de quadratura foram todos iguais a 0 (zero), enquanto que os valores da salinidade média em períodos de sizígia, nas cinco áreas estão apresentados na tabela III. Houve diferença significativa entre as áreas de coleta, quando considerados apenas os valores medianos da salinidade em marés de sizígia (Kruskall Wallis, g.l.=4, $H=16,2$, $p=0,0028$).

Semelhante ao fator salinidade, o fator velocidade de corrente apresentou o valor 0 (zero) em quase todas as coletas em períodos de quadratura, sendo maior que zero apenas na área 1 (Velocidade de corrente média da área 1 em épocas de quadratura = $28,87 \pm 19,6$ cm/s). As coletas durante as marés de sizígia apresentaram diferença significativa entre as áreas (ANOVA, g.l.=4, $F=8,61$, $p=0,0000603$)(figura 5).

As mensurações realizadas quanto à profundidade mostraram diferença significativa entre sizígia e quadratura (Mann-Whitney, $T= 1394$, $p=0,03$). A figura 6 apresenta os valores médios de profundidade nas duas marés.

Tabela II: **Fatores abióticos** – Valores médios dos parâmetros ambientais mensurados nas estações de coleta durante o período de amostragem (média \pm desvio padrão).

Área	Estação	Parâmetros			
		Temperatura (°C)	Salinidade	Velocidade de corrente (cm/s)	Profundidade (m)
1	1	26,12 \pm 2,18	12,65 \pm 14,44	37,14 \pm 15,58	0,64 \pm 0,06
	2	25,94 \pm 2,17	7,75 \pm 11,44	23,36 \pm 19,82	0,67 \pm 0,08
2	3	25,21 \pm 1,91	6,12 \pm 10,64	17,01 \pm 19,79	0,57 \pm 0,09
	4	25 \pm 1,67	5 \pm 9,54	13,18 \pm 16,01	0,55 \pm 0,07
3	5	24,76 \pm 1,56	4,12 \pm 8,62	12,08 \pm 15,31	0,52 \pm 0,11
	6	24,31 \pm 1,13	2,37 \pm 4,40	11,03 \pm 13,48	0,48 \pm 0,07
4	7	25,87 \pm 1,94	1,87 \pm 2,64	13,63 \pm 14,68	0,37 \pm 0,14
	8	23,93 \pm 1,34	4,5 \pm 7,01	14,45 \pm 17,21	0,59 \pm 0,08
5	9	23,62 \pm 1,53	0,5 \pm 1,07	11,37 \pm 13,36	0,52 \pm 0,09
	10	23,18 \pm 1,53	0,25 \pm 0,70	10,66 \pm 12,81	0,61 \pm 0,10

Tabela III. **Fator salinidade:** Valores da estatística descritiva para o fator salinidade nos períodos de sizígia.

Estatística descritiva	Áreas				
	1	2	3	4	5
Valor mínimo	0	0	0	0	0
Valor máximo	33	30	24	16	3
Média	10,18	5,56	3,25	3,18	0,38
Desvio padrão	12,83	9,78	6,67	5,29	0,88

Valores com ao menos uma letra minúscula em comum na linha não apresentam diferenças estatísticas (ANOVA, $\alpha=5\%$).

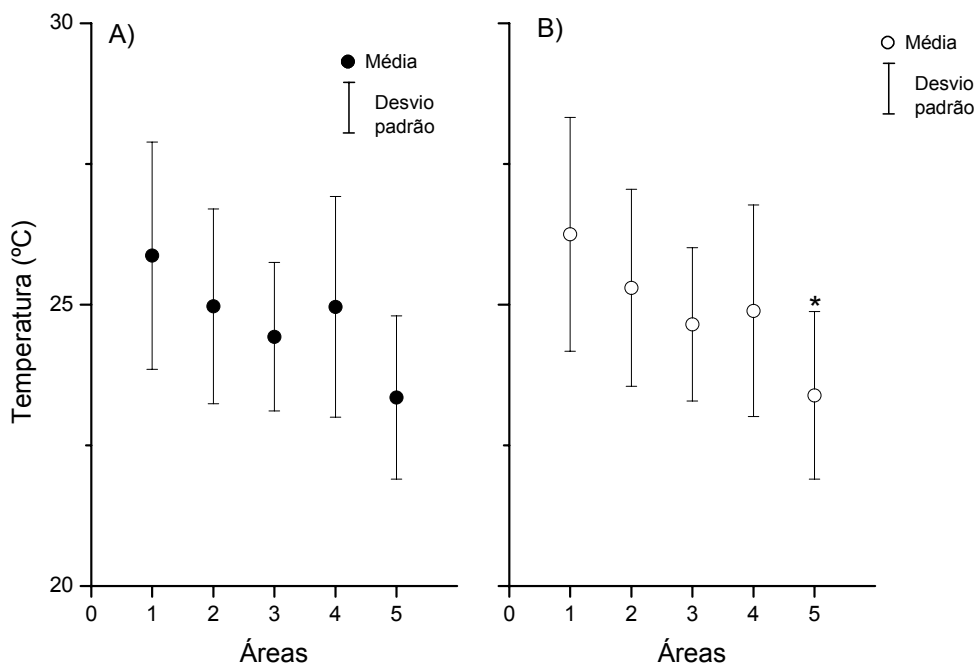


Figura 4: Valores de temperatura observados em cada área de coleta. A) Gráfico para períodos de quadratura. B) Gráfico para períodos de sizígia. Os valores indicados referem-se a médias e respectivos desvios padrão. * Indica diferença estatística (ANOVA, $\alpha=5\%$).

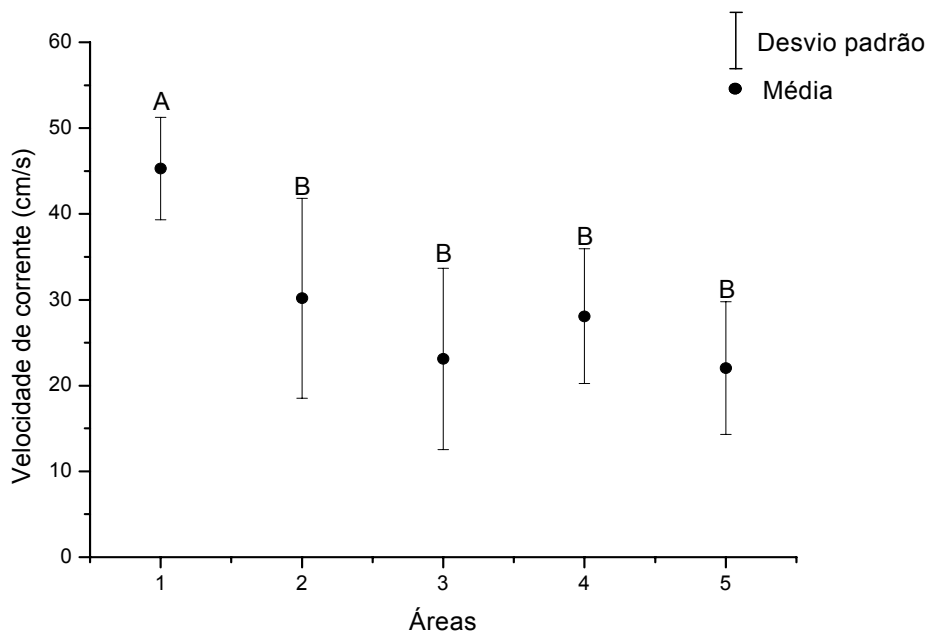


Figura 5: Valores de velocidade de corrente observados em cada área de coleta. Os valores indicados referem-se a médias e respectivos desvios padrão. Áreas com ao menos uma letra em comum não apresentam diferenças estatísticas (ANOVA $\alpha=5\%$).

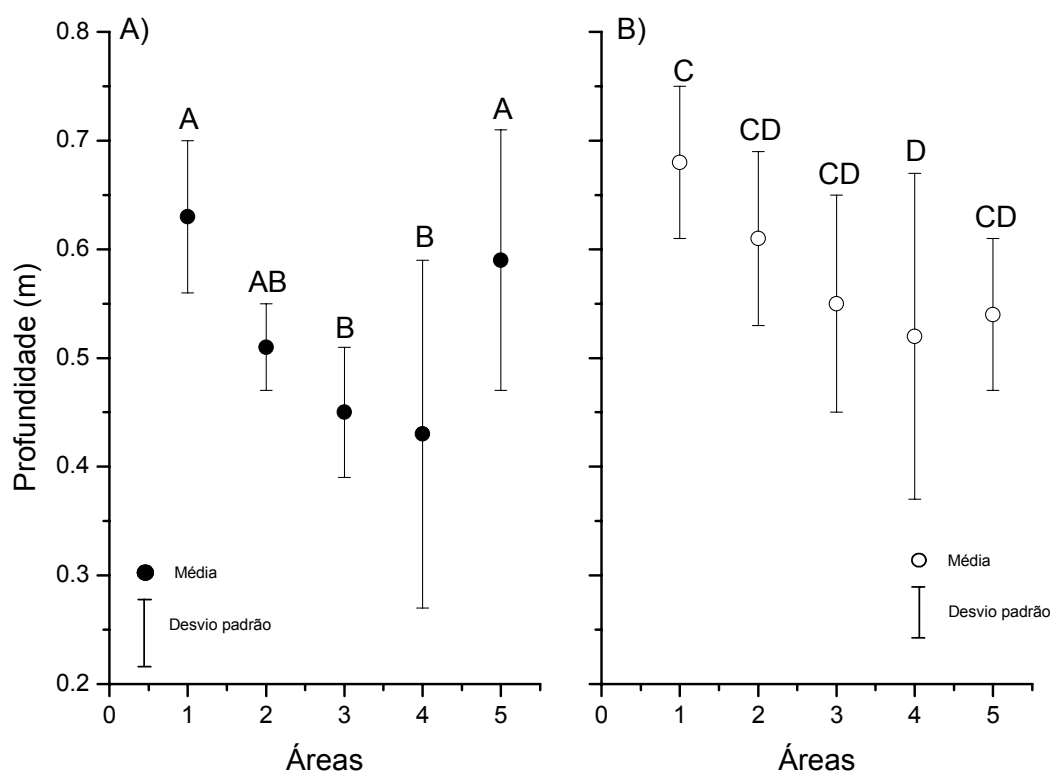


Figura 6: Valores de profundidade observados em cada área de coleta. A) Gráfico para períodos de quadratura. B) Gráfico para períodos de sizígia. Os valores indicados referem-se a médias e respectivos desvios padrão. Pontos com ao menos uma letra em comum não apresentam diferenças estatísticas (ANOVA $\alpha=5\%$).

Distribuição espacial das megalopas

A entrada das larvas de *Brachyura* no estuário diferiu significativamente entre os períodos de quadratura e sizígia ($p < 0,0001$). Enquanto a média de larvas coletadas nas amostragens de quadratura foi de 82 megalopas por dia, a média nos períodos de sizígia foi de 224 megalopas/dia.

A abundância de megalopas para as famílias *Sesarmidae* e *Ocypodidae* (figura 7) nas áreas de coleta diferiu estatisticamente entre as áreas de amostragem. Essas duas famílias comportaram-se de maneira semelhante quanto à abundância das larvas nas distintas áreas. A maior abundância de megalopas ocorreu na área 1, seguida pela área 4, enquanto as demais não diferiram entre si ($p < 0,00001$). A abundância das megalopas seguiu o mesmo padrão para os dois tipos de marés estudados.

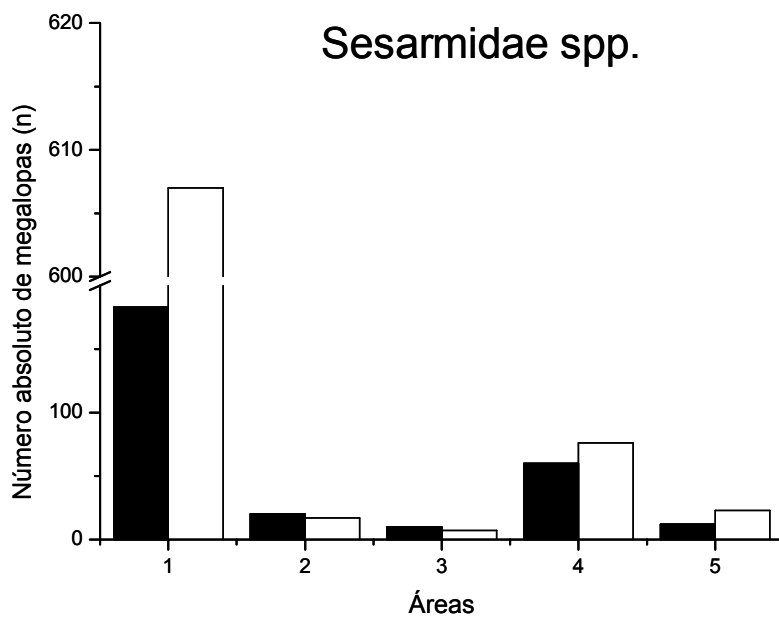
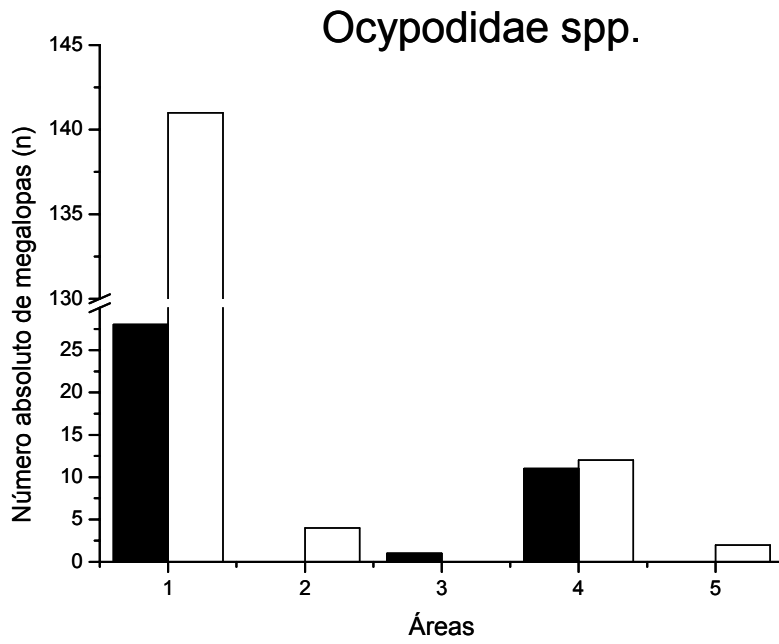
Quanto à distribuição das megalopas em relação a abundância de larvas nos coletores próximos às margens e nos coletores posicionados ao centro, não foi verificada nenhuma diferença significativa entre os coletores (A, B, C, D e E), quando consideradas, separadamente, as famílias mais representativas, no caso, *Sesarmidae* ($p = 0,0935$) e *Ocypodidae* ($p = 0,0942$).

Baseado na análise de agrupamento observou-se no estuário de Ubatumirim dois grupamentos bem distintos, sendo um grupo formado por *Xanthidae* e *Portunoidea* e o outro grupo formado por *Armases rubripes*, demais *Sesarmidae* e *Ocypodidae*. Este último grupo se subdividia em outros dois subgrupos, um formado por *Ocypodidae* e o outro formado por *Armases rubripes* e demais *Sesarmidae* (figura 8).

A correlação canônica entre a abundância das megalopas e as variáveis ambientais analisadas permitiu a obtenção de um par de variáveis canônicas para a região de estudo. As participações de cada variável biótica (táxons) e abiótica (fatores ambientais) encontram-se listadas na figura 9.

A representação gráfica do par canônico VC1 (Variável canônica1) vs. VC2 (Variável canônica2) obtido possibilitou a observação de que a maioria das estações mais próximas à desembocadura do rio encontram-se do lado direito do eixo 1 e as demais estão no lado esquerdo, lado negativo. Observa-se também que os fatores ambientais salinidade, velocidade de corrente e temperatura formam um grupo à parte, enquanto o fator profundidade encontra-

se um pouco afastado dos demais, porém todos do lado positivo do eixo 1, apresentando correlação positiva com os grupos taxonômicos Xanthidae spp., Portunoidea, Ocypodidae spp. e *Armases rubripes* e correlação negativa com Sesarmidae spp. Quanto aos grupos taxonômicos, observa-se que Xanthidae spp., Portunoidea, Ocypodidae spp. e *Armases rubripes* formaram um conjunto do lado positivo do eixo 1 e Sesarmidae spp. encontra-se do lado negativo.



Maré de quadratura
 Maré de sizígia

Figura 7. Abundância de megalopas pertencentes às duas famílias mais representativas em cada área de coleta.

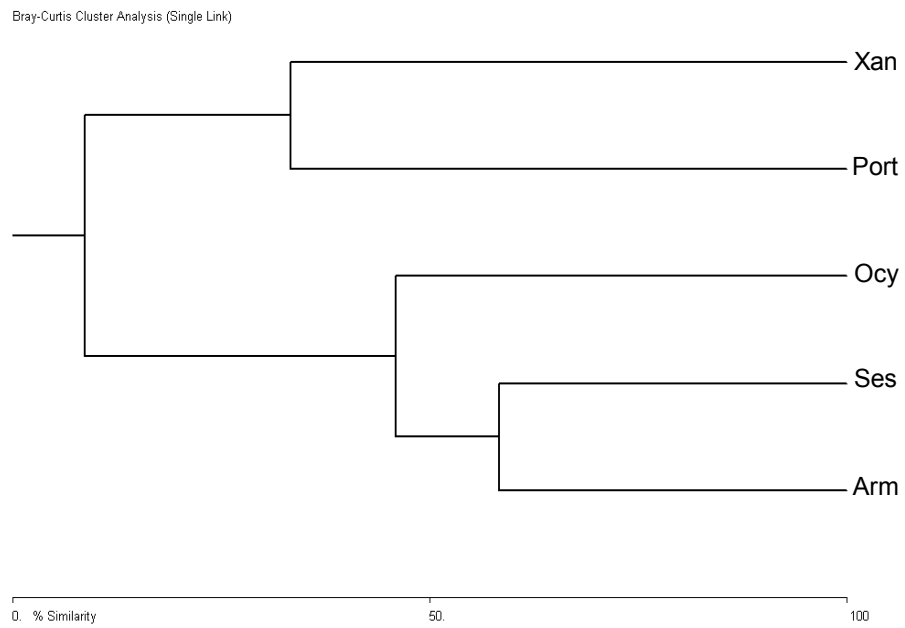


Figura 8. Análise de agrupamento da abundância dos táxons coletados durante o período de estudo (Arm= *Armases rubripes*; Ses= *Sesarmidae* spp.; Port= *Portunoidea* spp.; Ocy= *Ocypodidae* spp. e *Xanthidae* spp.).

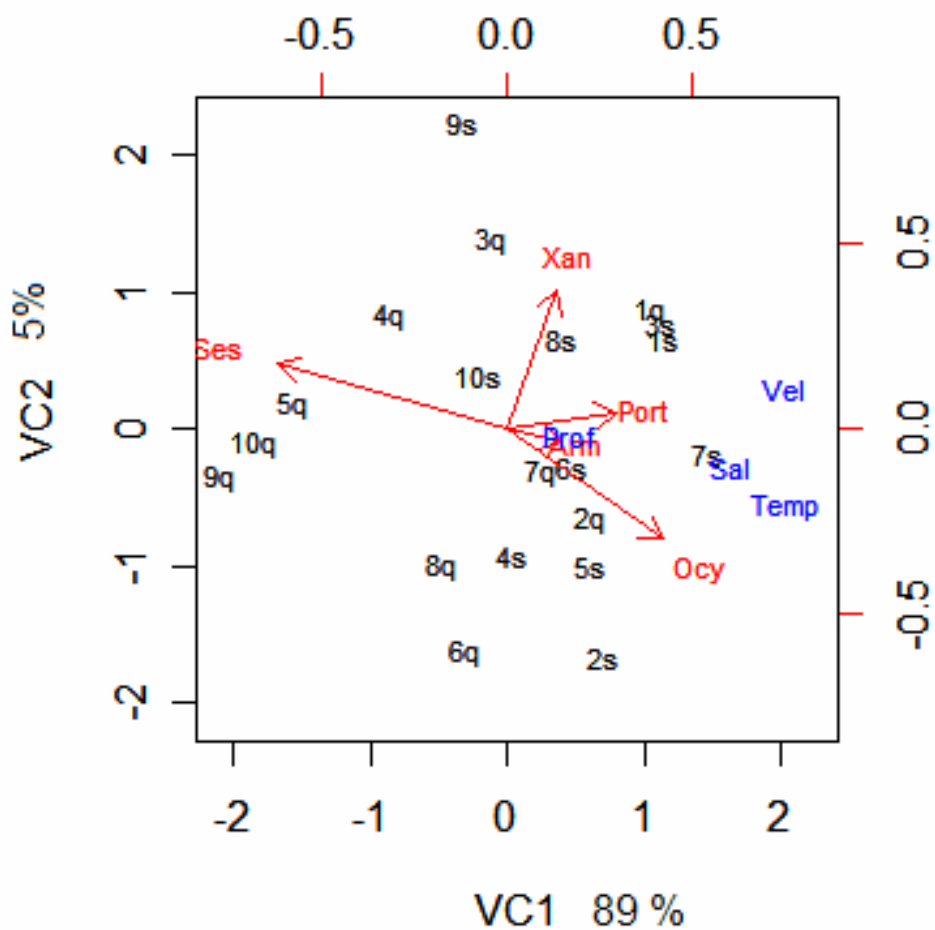


Figura 9: Relações entre as variáveis bióticas (*Armases rubripes* (Arm), Portunoidea spp. (Port), Sesarmidae spp. (Ses), Ocypodidae spp. (Ocy), Xanthoidea spp. (Xan)) e abióticas (temperatura (temp), salinidade (Sal), Velocidade de corrente (Vel) e profundidade (prof)) com as variáveis VC1 e VC2 para o estuário do rio Ubatumirim, Ubatuba, SP. Os números indicam estações de coleta; s= maré de sizígia e q= maré quadratura.

Discussão



Discussão

Dentre os grupos taxonômicos coletados no presente trabalho os sesarmídeos e ocipodídeos foram os que apresentaram maior abundância de decapoditos durante os períodos de amostragem, o que também já foi observado por outros autores em diversos manguezais (Branch & Grindley, 1979; Melo, 1985; Macintosh, 1988; Moser & Macintosh, 2001; Silva, 2005). É oportuno enfatizar que, praticamente, todas as superfamílias de caranguejos braquiúros características da região de estudo foram registradas nos coletores artificiais, confirmando a relativa eficiência do equipamento de amostragem para a pesquisa em assentamento de caranguejos estuarinos.

Apesar de o substrato oferecido (fibras vegetais secas da espécie *Luffa cylindrica*) não ser uma espécie típica do ecossistema manguezal, este se comportou como um eficaz coletor de larvas, pois além de larvas de caranguejos e siris, outros táxons presentes na coluna d'água como Isopoda, Copepoda e, também, pós larvas de camarões peneídeos e carídeos foram amostrados, com sucesso, pelos coletores artificiais. Assim, a captura dos decapoditos provenientes da coluna d'água nos coletores artificiais, posicionados nos locais berçários, pode ser considerada um bom estimador do assentamento natural que ocorre no manguezal.

Coletores artificiais passivos, que proporcionam uma resposta tigmotática das megalopas, são considerados, geralmente, como selecionadores de larvas competentes a efetuar metamorfose para o primeiro estágio juvenil (Flores, 2001). Kenyon *et al.* (1999) obtiveram resultados satisfatórios quando examinaram o assentamento de pós-larvas de crustáceos em regiões costeiras da Austrália. Esses autores notaram que a maior vantagem dos coletores artificiais era a facilidade em se retirar os organismos dos coletores em um tempo relativamente curto e por ser um método não-destrutivo. Uma outra vantagem dos coletores artificiais utilizados aqui é que estes apresentam certa heterogeneidade e complexidade de substrato, características que, segundo Pech *et al.* (2002), possuem um importante efeito na escolha das larvas durante o processo de assentamento. Alguns estudos anteriores mostram que a abundância de larvas em coletores artificiais em um determinado local, provavelmente, depende: do número de larvas competentes

presentes na coluna d'água; das características da água no local imediato em que se encontram os coletores e da atratividade do substrato (Pech *et al.* 2002).

Uma questão que surge como consequência da técnica adotada é se a maioria das megalopas obtidas em um dia (24h) de amostragem são provenientes de apenas um evento de assentamento, ou seja, assentaram durante a maré alta noturna, ou se estas provêm das duas marés altas a que as larvas foram sujeitas, sendo assim, resultado de dois eventos de assentamento. A regra geral diz que as megalopas de caranguejos intertidais são mais abundantes em águas estuarinas durante marés de enchente noturnas em dias próximos às luas nova ou cheia (Paula *et al.*, 2000). Christy & Morgan (1998) demonstraram que a proporção de megalopas de caranguejos encontradas durante as enchentes em um ciclo de marés aumenta conforme a proporção de enchentes durante a noite. Segundo Morgan (1990), peixes planctívoros não se alimentam de larvas de Decapoda durante a noite, razão que pode ser levada em conta. As considerações citadas acima são, provavelmente, de pouco interesse para interpretar resultados que consideram a distribuição espacial do assentamento, desde que as diferentes espécies possuem diferentes características para encontrar e reconhecer substratos apropriados para assentar. Como o objetivo principal do estudo era avaliar a distribuição espacial das megalopas, esta questão não será abordada.

Espécies das superfamílias Portunoidea e Xanthoidea não foram tão freqüentes nos coletores, quanto os sesarmídeos e ocipodídeos e isso, talvez, se deva ao fato de estas não possuírem uma afinidade pela estrutura e composição dos coletores artificiais oferecidos, isto é, o comportamento dessas larvas não é compatível ao local de assentamento oferecido. A época em que o estudo foi realizado pode ser outra razão pela qual Portunoidea e Xanthoidea foram escassos nas amostras. Outro motivo seria a influência direta dos fatores bióticos e abióticos na distribuição das megalopas. Segundo McConaughy (1988), são múltiplos os fatores que influenciam nos padrões de assentamento das megalopas da espécie *Callinectes sapidus*, tais como a disponibilidade de plâncton no local e a hidrodinâmica do estuário.

Dentre os fatores abióticos mensurados, o fator temperatura da água apresentou-se de maneira semelhante nas cinco áreas, durante os períodos de

marés com amplitude de quadratura e de forma estatisticamente diferente na área 5, durante as amostragens em épocas de marés com amplitude de sizígia, em relação às outras quatro áreas. A área 5 corresponde à área com a maior influência fluvial, pois situa-se na porção de rio com maior aporte de água doce, esta, normalmente, com temperaturas inferiores às águas próximas ao meio marinho. Porém, no geral, as flutuações nos valores de temperatura no decorrer do período de estudo foram pequenas quando consideradas separadamente as amplitudes de quadratura e sizígia, sendo outros fatores, ao invés do ciclo de marés, que influenciam na variação da temperatura. Isto reflete certa homogeneidade nas características físicas das massas de água, que governam a dinâmica no estuário de Ubatumirim.

A salinidade se apresentou de maneira semelhante nas cinco áreas de coleta em períodos de maré com amplitude de quadratura, a qual apresentou diferenças significativas entre áreas, em períodos com marés de grande amplitude, (área 1 com os maiores valores e a área 5, os menores). Quando a concentração total de sais da água é muito baixa (<5‰), a composição iônica também se modifica significativamente, com um aumento na proporção de íons Ca^{2+} e K^+ e um decréscimo na proporção de Na^+ (Anger, 2003). Considerando que a maioria dos processos metabólicos e fisiológicos requer um meio iônico e osmótico estável, a salinidade é, geralmente, considerada um fator ecológico chave em zonas costeiras e estuarinas (Anger, 2003). Além dos efeitos individuais da variação da salinidade, efeitos combinados com outras variáveis (por exemplo, temperatura) podem restringir a distribuição ecológica e geográfica de determinadas espécies e assim, selecionar adaptações especiais. Cada espécie possui uma salinidade ideal para sua sobrevivência e desenvolvimento larval, a qual é relacionada com sua ecologia (Anger, 2003). No presente estudo, larvas de espécies encontradas em todas as estações como, por exemplo, *Armases rubripes* mostram-se extremamente eurihalinas. Porém aquelas espécies escassas (Xanthidae; Grapsidae) nas estações mais distantes da entrada do estuário podem ter a salinidade como um fator limitante para sua distribuição. Durante a re-invasão do estuário pelas megalopas de *Uca* spp., uma posterior separação das espécies nos seus respectivos habitats parentais é, pelo menos em parte, dependente dos gradientes de salinidade no interior do estuário (O'Connor & Epifanio, 1985; Little & Epifanio, 1991).

Em períodos de maré de quadratura observou-se que a velocidade de corrente, excetuando a área 1, assim como o fator salinidade, foi nula em todas as áreas, o que leva a concluir que a velocidade de corrente tem forte influência na entrada de megalopas no estuário e em sua posterior distribuição, pois o número de megalopas obtidas em coletas desse tipo foi bastante inferior ao número de larvas em marés de grande amplitude. Em períodos de sizígia, observa-se que apenas a área 1 difere das demais, fato que, provavelmente, se deve à localização da área, mais exposta às forças da maré. As diferenças de velocidade de corrente entre as marés de sizígia e quadratura, comuns em muitos estuários como consequência da assimetria da onda de maré, resultam em diferenças na quantidade de larvas de *Brachyura* e outros organismos planctônicos entre as fases da maré. A re-suspensão das partículas causada pela difusão turbulenta durante períodos de velocidades mais altas seria o mecanismo responsável por essas diferenças (Queiroga *et al.*, 1997).

A profundidade em cada área variou entre as amplitudes de maré, assim como os demais parâmetros mensurados, com as maiores profundidades em épocas de sizígia, de um modo geral. Esse resultado era esperado visto que há um maior fluxo de água salgada em épocas de sizígia. Um segundo fator que influencia na variação da profundidade de cada área é a quantidade de chuvas que ocorreram no local ou na cabeceira do rio, porém, tal medida não foi tomada.

Hipoteticamente, o transporte larval pode ser ajudado pelas diferenças de velocidade da corrente no plano horizontal (Queiroga & Blanton, 2005). As correntes são, teoricamente, mais fracas junto às margens do canal e mais fortes nas partes mais ao centro do canal, geralmente mais profundas. Esperava-se encontrar um maior número de megalopas junto às margens, pois são locais mais rasos e próximos aos locais naturais de assentamento, porém, não foi o que ocorreu. Acredita-se que isso se deva ao fato de o canal do rio ser bastante raso como um todo, não havendo, assim, preferência das larvas por locais mais rasos ou mais profundos. No entanto, o efeito da distribuição lateral de megalopas precisa ser mais profundamente investigado.

No total, houve um maior fluxo de megalopas em marés de grande amplitude e os maiores registros foram verificados nas estações 1, 2 e 7, respectivamente. Estas estações situam-se em locais próximos ao mar aberto,

onde há um intenso hidrodinamismo e onde se presume (especula-se, pois não foram mensuradas as velocidades de corrente no fundo e superfície ao longo do estuário o qual é considerado verticalmente homogêneo) que seja o início da zona em que não há diferenças consideráveis na velocidade de corrente quanto à superfície e fundo. É possível que haja um mecanismo de migração vertical das megalopas até bem próximo à entrada do estuário, onde a profundidade é bem maior em relação à profundidade nas estações de coleta. A partir da entrada do estuário, como o local apresenta fortes correntes de maré e baixa profundidade, há uma mistura vertical da coluna d'água o que pode mascarar algum padrão de movimento vertical larval (González-Gordillo *et al.* 2003). Especialmente para as espécies que passam a fase zoeal no oceano aberto é esperado que o elevado hidrodinamismo em marés de grande amplitude facilite o transporte seletivo das megalopas, por onda de maré, para o estuário, nas regiões mais profundas da baía adjacente, o que leva à uma aproximação das larvas ao estuário (Epifanio *et al.*, 1984; González-Gordillo *et al.* 2003).

Se as larvas entram em contato com um substrato adequado para o assentamento, estas podem detectar estímulos físicos e químicos presentes no sedimento e escolherem se deslocar rio acima ou permanecer neste local até o momento da metamorfose (O'Connor, 1993). Experimentos realizados anteriormente mostram que megalopas das espécies *Uca* spp., *Sesarma curacaoense* e *Chasmagnathus granulata* (estudadas respectivamente por Christy, 1989 e O'Connor, 1991; Gebauer *et al.*, 1998; Gebauer *et al.*, 2002) são capazes de avançar até a metamorfose na presença de estímulos químicos de adultos conspecíficos ou provenientes do próprio ambiente estuarino e de retardar a metamorfose na ausência destes estímulos. Nossos resultados indicam que as estações de coleta 1, 2 e 7 apresentam certas características físico-químicas que estimulam o assentamento das megalopas de diversos táxons.

Como 89% das megalopas coletadas se encontravam nas estações mais próximas ao oceano, a hipótese de que as megalopas assentam nas partes mais baixas do estuário e executam uma posterior migração juvenil para as partes mais altas do manguezal não pode ser descartada, o que explicaria a escassez de larvas nas estações mais distantes da entrada do estuário. Paula

et al. (2001) observaram uma maior magnitude no assentamento de megalopas em locais mais baixos em um estuário da Ilha de Inhaca, Moçambique, em relação às partes mais altas do manguezal. Segundo esses autores, há uma preferência das megalopas em assentar em locais mais próximos ao mar e a colonização das partes mais altas da zona intertidal se dá pelos juvenis.

O elevado número de megalopas encontradas nas estações mais próximas ao oceano nos leva a crer que a maioria das espécies de caranguejos que ocorrem no manguezal de Ubatumirim é de origem marinha, isto é, tem o comportamento de retornar ao habitat parental após terem se desenvolvido no meio marinho, ou pelo menos, necessita migrar para as enseadas para completar o desenvolvimento. Estas larvas não apresentam adaptações de distribuição para permanecerem no interior do estuário durante todo o desenvolvimento larval. Sabe-se que muitas espécies pertencentes à família Portunidae exportam suas larvas para o oceano aberto e algumas espécies da família Xanthidae retêm suas larvas dentro do estuário (Sandifer, 1975; Forward *et al.*, 1982; Ingles & Braum, 1989; Little & Epifanio, 1991; Queiroga *et al.*, 1997). Para responder à pergunta se as espécies de Xanthidae que ocorrem no manguezal em questão são retidas ou exportadas do estuário são necessárias sucessivas amostras em locais adjacentes ao estuário e em várias épocas do ano para verificar tal fato, visto que o número de megalopas deste grupo obtidas nos coletores foi diminuto comparado com os sesarmídeos e ocipodídeos. Negreiros-Fransozo *et al.* (2002) sugerem que espécies que apresentam uma ampla tolerância à salinidade para completar a metamorfose como o xantídeo *Eurytium limosum* podem apresentar o comportamento de retenção das larvas no estuário, pois suas larvas atingem o primeiro estágio juvenil em altas taxas de sobrevivência em diferentes salinidades. No entanto, estudos mais detalhados sobre os braquiúros estuarinos zooplanctônicos de áreas tropicais e subtropicais são, ainda, necessários para uma melhor compreensão dos mecanismos de dispersão que existem nas diferentes espécies que ocorrem nestes locais.

Os resultados aqui obtidos indicam que os fatores temperatura da água, salinidade e velocidade de corrente apresentam uma forte influência na distribuição das megalopas, não existindo uma única variável que controle as preferências ambientais das larvas e sim, um complexo conjunto de fatores

ambientais relevantes na distribuição das megalopas. Ye *et al.* (1999) estudando camarões, observaram o mesmo padrão, não havendo uma variável predominante e sim, um conjunto delas influenciando na distribuição dos organismos. Entretanto, em um estudo sobre a biologia reprodutiva e ecologia larval de *Portunus pelagicus*, Ingles & Braum (1989) concluíram que as correntes tiveram a maior influência no padrão de distribuição horizontal das larvas desta espécie, ou seja, a circulação de água nas áreas adjacentes ao estuário.

Não pode deixar de ser citado aqui a influência que os ventos exercem na movimentação das massas de água e, conseqüentemente, na dinâmica larval. Diversos estudos confirmam que eventos de mudança na direção dos ventos exercem um importante papel no recrutamento das megalopas de muitas espécies (Goodrich *et al.*, 1989; Johnson & Hester, 1989; Little & Epifanio, 1991). Além do regime estocástico de ventos, o pH, as quantidades de substâncias orgânicas e de nutrientes inorgânicos são outros fatores que exercem papel importante na distribuição de organismos estuarinos (Cronin & Forward, 1979) e que não foram mensurados no presente trabalho.

A falta de identificação ao nível de espécie dos grupos taxonômicos das diferentes formas de megalopa encontradas foi, com certeza, uma limitação para esta investigação. Esta limitação obrigou a considerar as megalopas pertencentes as diferentes famílias como um todo e, assim, os padrões específicos ficaram mascarados por tendências gerais.

Embora o presente estudo mostre algumas limitações, é possível ilustrar um padrão geral de assentamento das megalopas das famílias coletadas. Os resultados obtidos sugerem que uma série de processos influencia no assentamento diferencial das larvas. As variáveis mensuradas apresentaram uma correlação positiva com a abundância de megalopas nos coletores, porém outras variáveis devem operar, assim como os ventos, a composição química da água ou o efeito de predação dentro do mangue, onde deve existir uma elevada densidade de predadores potenciais. Embora haja muito trabalho a ser feito para esclarecer a ecologia das megalopas do estuário de Ubatimirim, este trabalho apresenta informações fundamentais sobre a interação dos fatores ambientais e a distribuição espacial das larvas.

Referências



Referências

- Anger, K. 2003. Salinity as a key parameter in the larval biology of decapod crustaceans. *Invertebrate Reproduction and Development*, 43(1): 29-45.
- Beninger, P. G., Chiasson, L., Elner, R. W. 1986. The utility of artificial collectors as a technique to study benthic settlement and early juvenile growth of the rocky crab, *Cancer irroratus*. *Fisheries Research*, 4: 317-329.
- Boylan, J. M. & Wenner, E. L. 1993. Settlement of brachyuran megalopae in a South Carolina, USA, estuary. *Marine Ecology Progress Series*, 97(3): 237-246.
- Branch, G.M. & Grindley, J.R. 1979. Ecology of southern African estuaries. Part XI. Mngazana: a mangrove estuary in Transkei. *South African Journal of Zoology* 14 (3): 150-170.
- Brower, J. E. & Zar, J. H. 1984. Analysis of aquatic habitats. *In: Field & Laboratory methods for general ecology*. 2nd ed. Wm. C. Brown Publishers, Dubuque, Iowa, 49 p.
- Chacur, M. M. 2003. Biologia populacional comparativa do caranguejo *Sesarma rectum* Randall, 1840 (Crustacea, Decapoda, Grapsidae) em manguezais do litoral norte paulista. 103p. *Tese de Doutorado*. Instituto de Biociências, Universidade Estadual Paulista.
- Christy, J. H. & Morgan, S. G. 1998. Estuarine immigration by crab postlarvae: mechanisms, reability and adaptive significance. *Marine Ecology Progress Series*, 174: 51-65.
- Christy, J. H. & Stancyk, S. E. 1982. Movement of larvae from North Inlet estuary, S. C. with special reference to crab zoea. *In: Estuarine Comparisons*, V. S. Kenedy, Academic Press, New York, 489-501.
- Christy, J. H. 1978. Adaptative significance of reproductive cycles in the fiddler crab *Uca pugilator*: a hypothesis. *Science*, 199: 453-455.
- Christy, J. H. 1982. Adaptive significance of semilunar cycles of larval release in the fiddler crabs (genus *Uca*): test of a hypothesis. *Biology Bulletin*, 163: 251-263.
- Christy, J. H. 1989. Rapid development of magalopae of the fiddler crab *Uca pugilator* reared over sediment: implications for models of larval recruitment. *Marine Ecology Progress Series*, 57: 259-265.
- Costlow, Jr. J. D. & Bookhout, C. G. 1968. The complete larval development of the land-crab *Cardisoma guanhumi* Latreille (Brachyura: Gecarcinidae) in the laboratory. *Crustaceana*, 2: 259-270.
- Cronin, T. W. & Forward, Jr. R. B. 1979. Tidal vertical migration: an endogenous rhythm in estuarine crab larvae. *Science*, 205: 1020-1022.

- Cuesta, J.A. & Anger, K. 2001. Larval morphology of the sesarimid crab *Armases angustipes* Dana, 1852 (Decapoda, Brachyura, Grapsoidea). *Journal of Crustacean Biology*, Kansas, 21 (3): 821-838.
- Díaz, H. & Ewald, J.J. 1968. A comparison of the larval development of *Metasearma rubripes* (Rathbun) and *Sesarma ricordi* H. Milne Edwards (Brachyura, Grapsidae) Reared under similar laboratory conditions. *Crustaceana*, Leyden, (Suppl. 2): 225-248.
- Díaz, H. & Bevilacqua, M. 1986. Larval development of *Aratus pisonii* (Milne-Edwards) (Brachyura, Grapsidae) from marine and estuarine environments reared under different salinity conditions. *Journal of Coastal Research*, 2: 43-49.
- Dittel, A. I. & Epifanio, C. E. 1990. Seasonal and tidal abundance of crab larvae in a tropical mangrove system, Gulf of Nicoya, Costa Rica. *Marine Ecology Progress Series* 65: 25-34.
- Dittel, A. I., Epifanio, C. E. & Lizano, O. 1991. Flux of crab larvae in a mangrove creek in the gulf of Nicoya, Costa Rica. *Estuarine, Coastal Shelf Science*, 32: 129-140.
- Epifanio, C. E., Valenti, C. C. & Pemboke, A. E. 1984. Dispersal and recruitment of blue crab larvae in Delaware Bay, USA. *Estuarine, Coastal Shelf Science*, 18: 1-12.
- Flores, A. A. V. 2001. Ciclos de vida e reprodução de caranguejos litorais (Crustacea: Brachyura): aspectos comparativos numa costa rochosa temperada e num mangal tropical. 245p. Tese de Doutorado – Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa, Portugal.
- Forward, R. B. Jr. 1987. Larval release rhythms: an overview. *Bulletin Marine Science*, 41: 165-176.
- Forward, R. B. Jr., Lohmann, K. & Cronin, T. W. 1982 Rhythms in larval release by an estuarine crab (*Rhithropanopeus harrisi*). *Bulletin of Marine Biology*, 163: 287-300.
- Forward, Jr. R. B., Frankel, D. A. Z. & Rittschoff, D. 1994. Molting of megalopae from the blue crab *Callinectes sapidus*: effects of offshore and estuarine cues. *Marine Ecology Progress Series*, 113: 55-59.
- Fransozo, A. & Hebling, N. J. 1986. Desenvolvimento larval de *Sesarma (Holometopus) rectum* Randall, 1840 (Decapoda, Grapsidae), em laboratório. *Revista Brasileira de Biologia*, 46: 353-364.
- Gebauer, P., Walter, I. & Anger, K. 1998. Effects of substratum and conspecific adults on the metamorphosis of *Chasmagnathus granulata* (Dana) (Decapoda: Grapsidae) megalopae. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 223: 185-198.

- Gebauer, P., Paschke, K. & Anger, K. 2002. Metamorphosis in a semiterrestrial crab, *sesarma curacaoense* intra- and interspecific settlement cues from adult odors. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 268: 1-12.
- Gebauer, P., Paschke, K. & Anger, K. 2003. Delayed metamorphosis in decapod crustaceans: evidence and consequences. *Revista Chilena Historia Natural*, 76 (2): 169-175.
- González-Gordillo, J. I., Arias, A. M., Rodríguez, A. & Drake, P. 2003. Recruitment patterns of decapod crustacean megalopae in a shallow inlet (SW Spain) related to life history strategies. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 56: 593-607.
- Goodrich, M. D., van Montfrans, J. & Orth, R. J. 1989. Blue crab megalopal influx to Chesapeake Bay: evidence for a wind-driven mechanism. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 29: 247-260.
- Herz, R. 1991. Manguezais do Brasil. Instituto Oceanográfico, CIRM, Edusp. 233p.
- Ingles, J. A. & Braum, E. 1989. Reproduction and larval ecology of the blue swimming crab *Portunus pelagicus* in Ragay Gulf, Philippines. *International Review of Hydrobiology*, 74: 471-490.
- Jensen, G. C. 1989. Gregarious settlement by megalopae of the porcelain crabs *Petrolisthes cinctipes* (Randall) and *P. eriomerus* Stimpson. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 131: 223-231.
- Johnson, D. R. & Hester, B. S. 1989. Larval transport and its association with recruitment of blue crabs to Chesapeake Bay. *Estuarine Coastal Shelf Science*, 28(5): 459-472.
- Johnson, D. F. 1985. The distribution of brachyuran crustacean megalopae in the waters of the York river, Lower Chesapeake bay and adjacent shelf: implications for recruitment. *Estuarine Coastal Shelf Science*, 57(3): 726-738.
- Jones, D. A. 1984. Crabs of the mangal ecosystem p.89-109. *In: POR & DOR. Hidrobiologia of the Mangal*. W. Junk Publishers Boston, ix + 260p.
- Kenyon, R. A., Haywood, M. D. E., Heales, D. S., Loneragan, N. R., Pendrey, R. C. & Vance, D. J. 1999. Abundance of fish and crustacean postlarvae on portable artificial seagrass units: daily sampling provides quantitative estimates of the settlement of new recruits. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 232: 197-216.
- Lambert, R. & Epifanio, C. E. 1982. A comparison of dispersal strategies in two genera of brachyuran crab in a secondary estuary. *Estuaries*, 5: 182-188.
- Lee, S.Y. 1998. Ecological role of grapsidae crabs in mangrove ecosystem: a review. *Marine Freshwater Research*, 49:335-343.

- Leme, M. H. A. 2002. A comparative analysis of the population biology of the mangrove crab *Aratus pisonii* and *Sesarma rectum* (Brachyura, Grapsidae) from the North coast of São Paulo State, Brazil. *Journal of Crustacean Biology*, 22 (3): 553 – 557.
- Little, K. T. & Epifanio, C. E. 1991. Mechanism for the reinvasion of an estuary by two species of brachyuran megalopae. *Marine Ecology Progress Series*, 68: 235-242.
- Macintosh, D. J. 1988. The ecology and physiology of decapods of mangrove swamps. *Symposium of the Zoological Society of London*, 59:315-341.
- McConaughy, J. R. 1988. Export and reinvasion of larvae as regulators of estuarine decapod populations. *American Fisheries Society Symposium*, 3: 793-806.
- Melo, G. A. S. 1985. Taxonomia e padrões distribucionais ecológicos dos Brachyura (Crustacea, Decapoda) do litoral sudeste do Brasil. 215p. São Paulo: USP, Tese (Doutorado em Ciências) – Museu de Zoologia, Universidade de São Paulo.
- Morgan, S. G. & Christy, J. H. 1994. Adaptive significance of the timing of larval release by crabs. *The American Naturalist*, 145 (3): 457-479.
- Morgan, S. G. (1990) .Impact of planktivorous fishes on dispersal, hatching and morphology of estuarine crab larvae. *Ecology*, 71: 1639-1652.
- Moser, S. M. & Macintosh, D. J. 2001. Diurnal and lunar patterns of larval recruitment of Brachyura into a mangrove estuary system in Ranong Province, Thailand. *Marine Biology*, 138: 827-841.
- Negreiros-Fransozo, M. L., Fransozo, A., Gonzalez-Gordillo, J. I. & Bertini, G. 2002. First appraisal on releasing and reinvasion of decapod larvae in a subtropical estuary from Brazil. *Acta Limnologica Brasiliensia*, 14(3): 87-94.
- Negreiros-Fransozo, M. L., Chacur, M. M., Campo, C. M. G. O., Reigada, A. D., Colpo, K. D. & Guimarães, F. J. 2000. Ecological characterization of six mangrove areas in the southeastern Brazilian coast as a support for studies on brachyuran crabs population. *Proceedings of the international Society of mangrove ecosystem Meeting, Recife*, 1-10.
- O'Connor N. C. & Epifanio, C. E. 1985. The effect of salinity on the dispersal and recruitment of fiddler crab larvae. *Journal of Crustacean Biology*, 5(1): 137-145.
- O'Connor N. C. 1991. Flexibility in timing of the metamorphic molt by fiddler crab megalopae *Uca pugilator* *Marine Ecology Progress Series*, 68: 243-247.
- O'Connor, N. J. 1993. Settlement and recruitment of the fiddler crabs *Uca pugnax* and *Uca pugilator* in a North Carolina, USA, salt marsh. *Marine Ecology Progress Series*, 93: 227-234.
- Oksanen, J. 2004. *Multivariate analysis in Ecology – Lectures notes*. Department of Biology, University of Oulu. 128p.

- Olmi III, J. E., van Montfrans, J., Lipcius, R. N., Orth, R. J. & Sadler, P. W. 1990. Variation in planktonic availability and settlement of blue crab megalopae in the York River, Virginia. *Bulletin of Marine science*, 46(1): 230-243.
- Paula, J., Dray, T. & Queiroga, H. 2001. Offshore and inshore processes controlling settlement of brachyuran megalopae at Saco Mangrove Creek, Inhaca Island (south Mozambique). *Marine Ecology Progress Series*, 215: 251-260.
- Paula, J., Dray, T. & Flores, A. 2000. Newly-hatched stages of brachyuran crabs from the mangroves of East África. *In: Vannini, M. (ed.), Macrobenthos of eastern African mangroves: life cycles and reproductive biology of exploited species, final report ERBIC 18-CT96-0127, Part B, Florence, pp. 33-65.*
- Paula, J., Dornelas, M. & Flores, A. 2003. Stratified settlement and moulting competency of brachyuran megalopae in Ponta Rasa mangrove swamp, Inhaca Island (Mozambique). *Estuarine Coastal Shelf Science*, 56: 325-337.
- Paula, J., Bartilotti, C., Dray, T., Macia, A. & Queiroga, H. 2004. Patterns of temporal occurrence of brachyuran crab larvae at Saco mangrove creek, Inhaca Island (south Mozambique): implications for flux and recruitment. *Journal of Plankton Research*, 26: 1163-1174.
- Paula, J. 1989. Rhythms of larval release of decapod crustaceans in the Mira Estuary, Portugal. *Marine Biology*, 100: 309-312.
- Pech, D., Ardisson, P. L. & Bourget, E. 2002. Settlement of tropical marine epibenthic assemblage on artificial panels: influence of substratum heterogeneity and complexity scales. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 55: 743-750.
- Pohle, G., Mantelatto, F. L. M, Negreiros-Fransozo, M. L. & Fransozo, A. 1999. Larval Decapoda (Brachyura). *In: South Atlantic Zooplankton vol. 2, Backhuys Publishers, Leiden, 1281-1351.*
- Pritchard, D. W. 1967. What is an estuary, physical viewpoint. *In: G. H. Lauf (editor): Estuaries. American Association for the Advancement of Science, Washington D.C., publ. no. 83.*
- Queiroga, H. & Blanton, J. 2005. Interactions between behavior and physical forcing in the control of horizontal transport of Decapod Crustacean larvae. *Advances in Marine Biology*, 47 : 107-214.
- Queiroga, H., Costlow, J. D. & Moreira, M. H. 1994. Larval abundance patterns of *Carcinus maenas* (Decapoda, Brachyura) in Canal de Mira (Ria de Aveiro, Portugal). *Marine Ecology Progress Series*, 111: 63-72.
- Queiroga, H., Costlow, J. D. & Moreira, M. H. 1997. Vertical migration of the crab *Carcinus maenas* first zoea in an estuary: implications for tidal stream transport. *Marine Ecology Progress Series*, 149:121-132.

- Queiroga, H. 1995. Processo de dispersão e recrutamento das larvas do caranguejo *Carcinus maenas* (L.) na Ria de Aveiro. 268p Tese apresentada à Universidade de Aveiro, Portugal.
- Rieger, P. J. 1996. Desenvolvimento larval de *Uca (Celuca) uruguayensis* Nobili, 1901 (Crustacea, Decapoda, Ocypodidae) em laboratório. *Nauplius*, 4:73-103.
- Rieger, P. J. 1997. Desenvolvimento larval de *Uca (Minuca) mordax* (Smith, 1870) (Crustacea, Decapoda, Ocypodidae) em laboratório. *Trabalhos Oceanográficos Universidade Federal de Pernambuco*, 25:227-267.
- Rieger, P. J. 1998. Desenvolvimento larval de *Uca (Minuca) burgersi* Holthuis (Crustacea, Decapoda, Ocypodidae) em laboratório. *Revista Brasileira de Zoologia*, 15: 727-756.
- Rodrigues, M. D. & Hebling, N. J. 1989. *Ucides cordatus cordatus* (Linnaeus 1763) (Crustacea, Decapoda) Complete larval development under laboratory conditions and its systematic position. *Revista Brasileira de Zoologia*, 6: 147-166.
- Sandifer, P. A. 1975. The role of pelagic larvae in recruitment to populations of adult decapod crustaceans in the York river estuary and adjacent lower Chesapeake Bay, Virginia. *Estuarine and Coastal Marine Science*, 3: 269-279.
- Silva, S. M. J. 2005. Relação entre o suprimento larval e a taxa de assentamento em caranguejos intertidais da região de Ubatuba (SP). 99p. *Dissertação de mestrado* – Instituto de Biociências de Botucatu – Universidade Estadual Paulista.
- Strathmann, R. R. 1982. Selection for retention or export of larvae in estuaries. *In*: Kennedy, V. S. (ed) *Estuarine comparisons*. Academic Press, New York, 521-536.
- Tankersley, R. A. & Forward, R. B. 1994. Endogenous swimming rhythms in estuarine crab megalopae implications for flood tide transport. *Marine Biology*, 118: 415-423.
- Thorson, G. 1950. Reproductive and larval ecology of marine bottom invertebrates. *Biological Research.*, 25: 1-45.
- Warner, G. F. 1968. The larval development of the mangrove tree crab *Aratus pisonii* (H.Milne Edwards) reared in the laboratory (Brachyura, Grapsidae). *Crustaceana*, 2: 249-248.
- Wehrmann, I. S. & Dittel, A. I. 1990. Utilization of floating mangrove leaves as a transport mechanism of estuarine organisms, with emphasis on decapod Crustacea. *Marine Ecology Progress Series*, 60: 67-73.
- Ye, Y., Mohammed, H. M. A. & Bishop, J. M. 1999. Depth, temperature and salinity preferences of newly recruited shrimps in Kuwait waters. *Fisheries Oceanography*, 8(2): 128-138.
- Zar, J. H., 1996. *Biostatistical Analysis*. 3ª edição. Prentice-Hall, 915 pp.
- Zar, J. H., 1999. *Biostatistical Analysis*. Fourth edition. Prentice-Hall, 663 pp.

CAPÍTULO 2

**Distribuição espacial das populações de
caranguejos juvenis do manguezal de Ubatumirim,
Ubatuba, SP.**

Resumo



Resumo

Os padrões de abundância e distribuição de espécies de invertebrados marinhos bentônicos, que apresentam um desenvolvimento larval planctônico são mais bem entendidos quando o estudo da fase juvenil é realizado. Trabalhos sobre a ecologia da fase juvenil dos caranguejos podem explicar padrões existentes de distribuição e abundância das populações. O objetivo do presente estudo foi avaliar a distribuição espacial dos caranguejos juvenis em diferentes locais dentro do manguezal de Ubatimirim, litoral norte paulista. Foram realizadas amostragens periódicas, durante os meses de Abril e Novembro de 2005, em períodos de maré baixa, nos locais onde havia a presença de juvenis. Para tanto, três quadrados (12,5cm x12,5cm) foram lançados ao acaso em cada um dos três estratos estabelecidos em oito áreas de coleta, totalizando 72 unidades amostrais por dia de coleta. A localização e remoção dos indivíduos, dentro de cada quadrado, durou aproximadamente cinco minutos. Das oito áreas, quatro delas foram escolhidas onde a vegetação predominante era composta por espécies típicas de manguezal e as outras quatro áreas, localizadas em lugares onde a espécie *Hibiscus tiliaceus* predominava. Cada tipo de vegetação foi dividido em dois tipos de local quanto à dimensão da área (estreito e largo) em que cada vegetação cobria. No laboratório, os caranguejos foram mensurados quanto à largura do cefalotórax (LC) e identificados sob estereomicroscópio, provido de câmara clara. Os juvenis das famílias mais representativas (Ocypodidae spp. e Sesarmidae spp.) foram agrupados em classes de tamanho de 0,5mm. Desse modo, separaram-se os juvenis em duas categorias demográficas, recrutas recentes (menores que 2,0mm de LC) e juvenis avançados (indivíduos maiores que 2,0mm de LC). A frequência relativa de recrutas recentes e juvenis avançados diferiu quanto ao tipo, quanto à dimensão da área e conforme a família analisada. Os ocipodídeos não apresentaram diferenças na abundância entre áreas, enquanto diferenças foram encontradas para os sesarmídeos. Os juvenis ocipodídeos e sesarmídeos mais avançados estiveram presentes em maior número nos estratos mais afastados da margem, em áreas largas; enquanto que em áreas estreitas, independente do tipo de vegetação, não houve diferença significativa quanto ao tamanho médio dos juvenis nos diferentes estratos para ambas as famílias. A abundância de sesarmídeos e ocipodídeos teve correlação positiva com o teor de matéria orgânica do sedimento, mas apenas os sesarmídeos correlacionaram-se positivamente com o tamanho das partículas do solo. Os resultados aqui obtidos indicam que ocorre uma migração dos juvenis após o assentamento em áreas próximas à margem, onde a quantidade de raízes e refúgios é relativamente maior. Outros fatores ambientais além dos aqui mensurados devem atuar no padrão de distribuição espacial encontrado. Estudos futuros no campo da ecologia experimental com as espécies que ocorrem na costa brasileira são necessários para tornar viável a identificação de padrões específicos de distribuição espacial.

Abstract



Abstract

The patterns of abundance and distribution of benthic invertebrate species with larval development are better understood when coupled with the study of the juvenile phase. Studies on the supply-side ecology of mangrove crabs can explain patterns of abundance and distribution that exist in the populations. The aim of this work was to evaluate the spatial distribution of juvenile crabs in different areas inside the Ubatumirim mangrove. Periodic samples were carried out during April and November 2005, during low tide, in those sites where juvenile crabs could be found. Three quadrats (12.5cm x12.5cm) were haphazardly thrown over a 1-m wide in each one of three layers fixed in each one of the eight sampling sites. Juveniles were visually spotted inside each sampling unit during five minutes. The eight sites were divided into two categories: four sites with typical mangrove vegetation and four sites where the species *Hibiscus tiliaceus* was the most abundant species. Each site of different categories (mangrove trees and *Hibiscus* sp.) was grouped in wide areas and narrow areas. At the laboratory, the crabs were measured (CW= carapace width) and identified under a stereomicroscope provided with a *camera lucida*. The crabs of the most representative taxa, namely Ocypodidae spp. and Sesarmidae spp., were grouped in 0.5mm size-classes. From this, two major demographic categories were identified and referred to as early recruits (smaller than 2.0mm CW) and late juveniles (larger than 2.0mm CW). The relative frequency of early recruits and late juveniles was significantly different in relation to the vegetation type, dimension of area and by families. The ocypodids did not present differences in their abundance between areas, while differences were found for sesarmids. The late juveniles ocypodids and sesarmids were more abundant in the layers far off the river margin in wide areas, while in the narrow areas the differences were not found in relation to the mean juvenile size in the different layers for both families. The abundance of sesarmids and ocypodids was positively correlated with the values of organic matter contents in sediment, but only the sesarmids had a positive correlation with the size of substratum particles. The results obtained here indicate that a migration of juveniles occurs after the settlement in areas next the river margin, where there is a greater quantity of shelters. Other abiotic factors, add to that, can influence in the spatial distribution pattern verified. Further studies on the field of experimental ecology, with the species that occurs in the Brazilian coast, are necessary to identify possible specific patterns of spatial distribution.

Introdução



Introdução

O assentamento e posterior recrutamento juvenil às populações adultas são os processos que mais influenciam na dinâmica populacional de espécies de invertebrados marinhos, que apresentam desenvolvimento larval meroplanctônico (Flores, 2001). Ambos os processos são períodos críticos para os indivíduos, quando as larvas devem sofrer metamorfose para, assim, adquirir uma vida bentônica e, também, é quando os juvenis estão sujeitos a um enorme risco de mortalidade (Silva, 2005).

O recrutamento em populações de invertebrados marinhos bentônicos com ciclos de vida complexos é definido como a adição de novos indivíduos às populações locais, que sobrevivem até um tamanho, idade e estágio ontogenético específico após o assentamento (Butler *et al.* 1997). Estes processos são, por sua vez, afetados pelos diversos fatores físicos e biológicos aos quais as larvas pelágicas estão expostas, bem como, pelas condições que os estágios subseqüentes estão sujeitos (Luppi *et al.*, 2002). Dessa forma, o entendimento dos processos que influenciam o recrutamento de tais espécies requer informações sobre as fases pré e pós-assentamento, tais como: a disponibilidade de larvas no plâncton; a taxa efetiva de assentamento larval; as mudanças na ocupação de habitats, conforme as necessidades do estágio ontogenético; mudanças na disponibilidade e estrutura dos habitats dos juvenis, entre outros fatores que podem alterar a sobrevivência e o crescimento dos recrutas (Butler *et al.*, 1997). Informações detalhadas sobre os fatores que regulam o período de transição da vida pelágica para a vida bentônica irão, certamente, contribuir para esclarecer determinadas características adaptativas relacionadas a estratégias reprodutivas.

Entre espécies de braquiúros intertidais, a predação é uma das maiores fontes de mortalidade, durante os estágios iniciais da história de vida dos organismos (Dittel *et al.*, 1996). No ambiente intertidal é comum a segregação espacial entre juvenis e adultos, estando os recrutas recentes geralmente concentrados em locais específicos, que oferecem uma complexidade estrutural adequada a abrigar a população juvenil (Flores & Negreiros-Fransozo, 1999). Quando a disponibilidade de microhabitats é relativamente reduzida, a predação sobre os caranguejos juvenis pode ser determinante

(Dittel *et al.*, 1996), principalmente, quando a densidade de predadores potenciais é alta (Banks & Dinnel, 2000). De fato, estudos recentes demonstram que a disponibilidade e distribuição de refúgios na amplitude de tamanho equivalente à encontrada pelas espécies intertidais podem em grande parte moldar a estrutura das populações, afetando diretamente não só os recrutas recentes, como também, indivíduos adultos, dependendo do tipo e da quantidade de abrigo disponível (Kuhlmann & Walker, 1999). Na disponibilidade de refúgios de diferentes tamanhos, os indivíduos tendem a escolher aqueles que se ajustam ao seu tamanho corpóreo e na ausência de abrigos adequados, o crescimento e a sobrevivência podem diminuir consideravelmente (Beck, 1995).

Sabe-se que o processo de recrutamento varia espaço-temporalmente, de acordo com determinadas variáveis (Acosta *et al.*, 1997). O comportamento larval em relação a essas variáveis (tais como a migração vertical na coluna d'água; as respostas larvais a modificações na pressão hidrostática e a influência da maré e dos ventos sobre o influxo para locais de assentamento) é responsável direto pelo sucesso ou não do recrutamento (McConaughy *et al.*, 1981). Com relação ao fluxo larval, Mense *et al.* (1995) sugerem que em estuários menores o principal fator que afeta o fluxo de larvas é o regime de marés, enquanto em estuários de larga escala, o vento exerce o papel fundamental.

Devido à interação entre os diversos fatores que influenciam o recrutamento, prever sobre a variabilidade interanual do recrutamento constitui-se em uma tarefa difícil, pois requer uma coleção de dados em longo prazo (dezenas de anos) e uma integração das informações ambientais que afetam o recrutamento (Acosta *et al.*, 1997).

As áreas costeiras, como os manguezais, são consideradas, há tempos, como locais “berçários” para um grande número de espécies de vertebrados e invertebrados marinhos. Tradicionalmente, habitats “berçários” são definidos como áreas onde os juvenis ocorrem em altas densidades, evitam a demasiada predação com sucesso e crescem mais rapidamente do que em outros locais (Beck *et al.*, 2001). Estes locais são ambientes estruturalmente complexos onde um elevado número de fatores bióticos e abióticos (tais como predação e distúrbios físicos, respectivamente) determina a qualidade do habitat e gera

diferentes níveis de estresse, que, por sua vez, determinam a estrutura e dinâmica das populações e das comunidades (Ingle, 1996). Os organismos bentônicos têm a capacidade de selecionar seu habitat com a intenção de procurar as áreas com os menores níveis de stress.

O processo de seleção de habitat pode ocorrer em duas fases do ciclo de vida. Primeiramente, a maioria dos invertebrados bentônicos pode apresentar um grau de seleção ativa de habitat durante o assentamento larval e ao longo dos primeiros estágios juvenis (Paula *et al.*, 2001). Esta seleção ativa, provavelmente, visa evitar elevados níveis de mortalidade associados a esse momento crítico do ciclo de vida. Em um segundo momento, a mortalidade diferencial entre os habitats também contribui na distribuição final dos juvenis (Robinson & Tully, 2000).

Apesar de que, há algum tempo já se sabe que o conhecimento sobre a porção juvenil da população é de extrema importância (Thorson, 1950), somente nas últimas décadas é que as investigações têm voltado sua atenção para os processos que determinam o suprimento de novos indivíduos às populações parentais. Tais estudos ajudam a esclarecer os padrões encontrados de dinâmica das comunidades costeiras bentônicas (Underwood & Fairweather, 1989). Apesar disso, pouco se sabe sobre padrões de distribuição da população juvenil, principalmente, em populações tropicais.

Os crustáceos decápodos constituem-se um grupo modelo para estudos sobre processos relacionados ao recrutamento devido, principalmente, à sua mobilidade, ciclos de vida complexos e dinâmicas populacionais (Ingle, 1996). Tais organismos exercem um papel ecológico relevante na dinâmica dos ecossistemas costeiros devido a sua alta abundância nesses locais e, também, porque apresentam uma elevada diversidade trófica e taxonômica (Ingle, 1996). Dentre a fauna dos manguezais, os braquiúros destacam-se, tanto em abundância quanto em biomassa, principalmente, os caranguejos pertencentes às famílias Ocypodidae e Sesarmidae (Jones, 1984; Silva, 2005).

A maioria das espécies da família Ocypodidae, que ocorrem na América do Sul pertence ao gênero *Uca* Leach, 1814, cujos representantes são conhecidos como caranguejos chama-maré ou violinistas (Crane, 1975). No entanto, o ocipodídeo *Ucides cordatus* ou caranguejo uçá é a espécie com maior valor econômico dentro da família. Essas espécies alimentam-se da

matéria orgânica encontrada no sedimento e participam do processo de remineralização do ambiente ao escavar constantemente o substrato em busca de alimento (Botto & Iribarne, 2000). Os sesarmídeos são conhecidos como espécies importantes no manguezal e suas atividades influenciam fortemente o ecossistema (Frusher *et al.*, 1994). A alimentação desses organismos contribui com o aumento da velocidade de decomposição do material vegetal e, também, facilita na reciclagem dos nutrientes para o manguezal (Guerrero-Ocampo, 2003).

Visto que a maioria dos trabalhos realizados sobre comunidades de *Brachyura* em manguezais tropicais trata somente de aspectos das populações adultas e há uma falta de conhecimento sobre aspectos básicos da biologia da fase juvenil, em especial sobre como ocorre sua distribuição, este estudo visou identificar padrões de distribuição espacial da parcela juvenil das espécies de caranguejos estuarinos do litoral norte paulista, na tentativa de esclarecer alguns processos que regulam os estoques parentais.

Objetivos



Objetivos

A intenção deste estudo foi avaliar os padrões de distribuição espacial de populações juvenis dos grupos mais representativos de Brachyura em uma área de manguezal do litoral norte paulista (Estuário de Ubatimirim) quanto aos seguintes aspectos:

- padrões de distribuição espacial dos juvenis em dois diferentes tipos de habitat quanto à vegetação;
- diferenças de tamanho dos indivíduos juvenis quanto à utilização dos estratos inferior, médio e superior do manguezal em relação à linha d'água;
- variabilidade da densidade juvenil em diferentes escalas espaciais.

Material e Métodos



Material e Métodos

Os locais de amostragem situam-se na região de Ubatuba, litoral norte do Estado de São Paulo. A área de manguezal onde este estudo foi realizado é pouco explorada, quanto à vegetação nativa.

Visando o objetivo inicial proposto de análise da distribuição espacial dos caranguejos juvenis, procurou-se comparar a distribuição das populações de juvenis em locais diferentes quanto à vegetação. As amostragens foram feitas em locais onde as plantas dominantes pertencem ao gênero *Hibiscus* sp. e, em locais, onde a vegetação dominante era composta por espécies vegetais típicas de manguezal, como por exemplo, *Laguncularia racemosa*.

Cada local, com determinado tipo de vegetação, foi subdividido em áreas largas e estreitas. Áreas largas foram definidas como aquelas em que a vegetação característica ocorria em mais de 10 metros em relação à linha da água até o limite do manguezal, ou seja, a área entre-marés. As áreas estreitas eram aquelas em que o limite entre a linha da água e a ocorrência da vegetação em questão com as espécies vegetais de transição entre o manguezal e o ecossistema adjacente era inferior a 5 metros (figura 1). Portanto, os sítios de coleta foram classificados da seguinte forma:

AE (árvore estreito) = Local com vegetação típica de manguezal (*Laguncularia racemosa*, por exemplo) em uma área estreita, ou seja, com menos de 5 metros de extensão;

AL (árvore largo) = Local com vegetação típica de manguezal em uma área larga, ampla, com mais de 10 metros de extensão;

HE (*Hibiscus* estreito) = Local em que a vegetação predominante era composta pela espécie *Hibiscus tiliaceus* em uma área estreita, restrita, com menos de 5 metros de extensão.

HL (*Hibiscus* largo) = Local em que a vegetação predominante era composta pela Malvaceae *Hibiscus tiliaceus* em uma área ampla, larga, com mais de 10 metros de extensão em relação à linha d'água.

As coletas foram realizadas durante os meses de Abril e Novembro de 2005. Cada local de coleta (*Hibiscus* sp. e vegetação de manguezal) foi amostrado 4 vezes (2 amostras em áreas largas e 2 em áreas estreitas, áreas estas que apresentavam as mesmas características fisiográficas) por dia de

coleta, totalizando 8 repetições em cada tipo de vegetação ao final de cada coleta. Portanto, os pontos 1 e 2 correspondem a áreas de AE; os pontos 3 e 4 eram áreas de AL; pontos 5 e 6 áreas de HE e os pontos 7 e 8 áreas de HL. Foram realizadas duas coletas durante o mês de Abril de 2005 e duas coletas durante o mês de Novembro de 2005 (figura 2, 3 e 4).

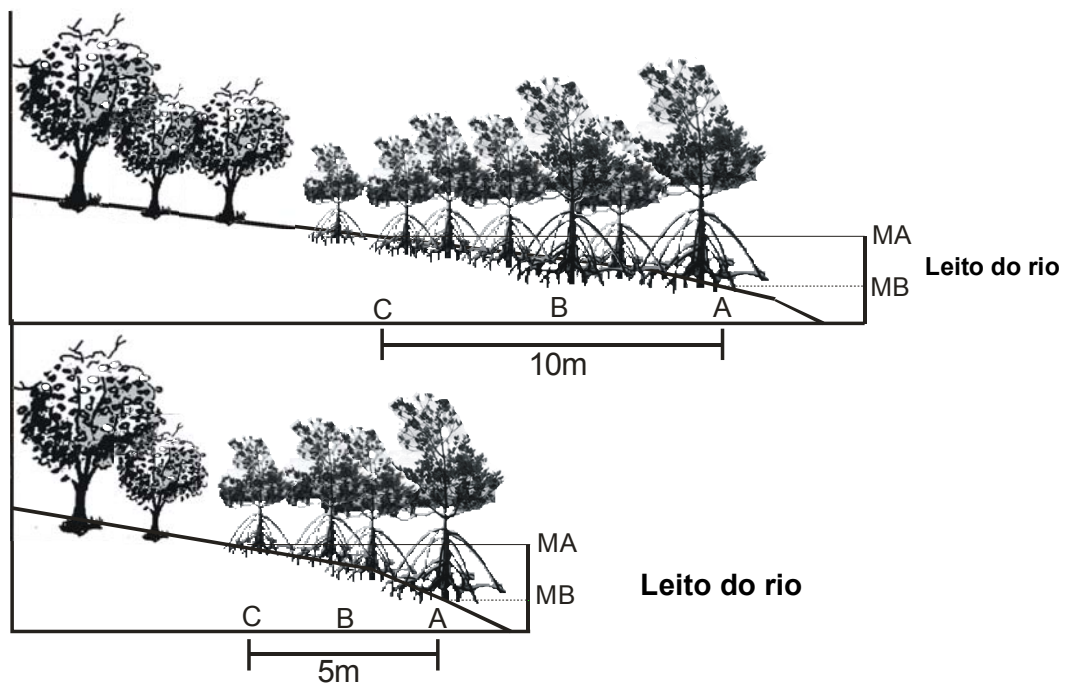


Figura 1. Esquema ilustrativo das áreas de coleta de juvenis. Superior: área larga; Inferior: área estreita. MA = maré alta; MB = maré baixa.

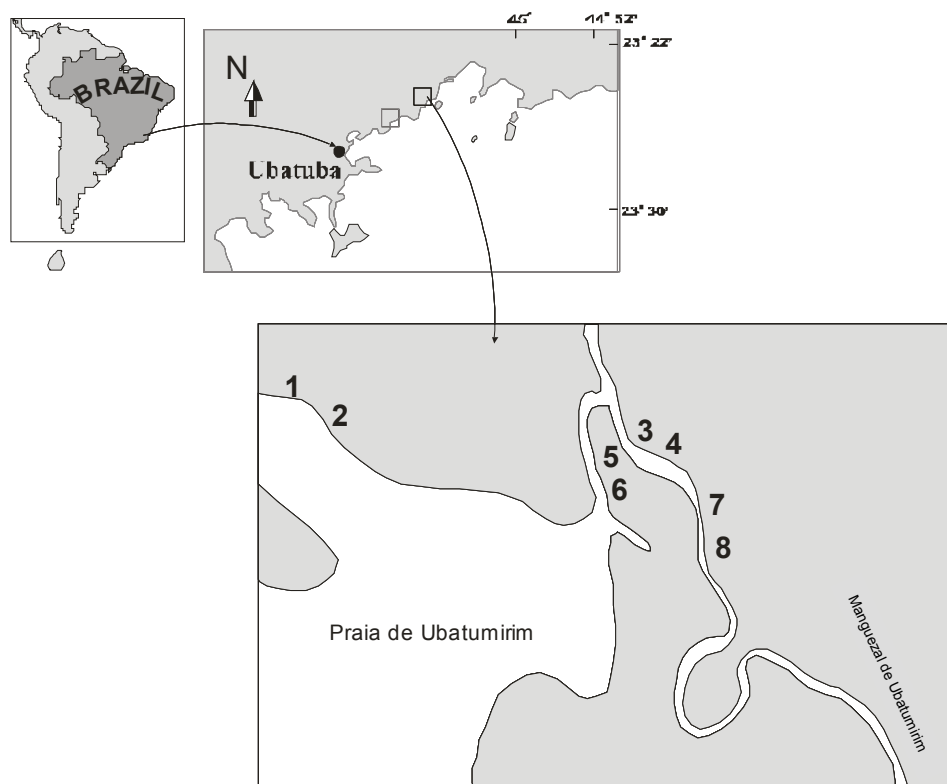


Figura 2: Localização dos pontos de coleta (AE= pontos 1 e 2; AL=pontos 3 e 4; HE= pontos 5 e 6; HL=pontos 7 e 8). Os pontos representados nos detalhes não foram georeferenciados, sendo estes esquemas dos locais onde as coletas foram realizadas.

Ponto 1



Ponto 2



Ponto 3



Ponto 4

Figura 3: Vista dos pontos de coleta de juvenis em locais com vegetação típica de mangue no manguezal de Ubatumirim (Pontos 1 e 2 = Árvore estreito; Pontos 3 e 4 = Árvore largo).

Ponto 5



Ponto 6

Ponto 7



Ponto 8

Figura 4: Vista dos pontos de coleta de juvenis em locais em que a espécie *Hibiscus tiliaceus* é predominante no manguezal de Ubatumirim (Pontos 5 e 6 = *Hibiscus* sp. estreito; Pontos 7 e 8 = *Hibiscus* sp. largo).

A metodologia de amostragem foi a mesma utilizada por Flores *et al.* (2002), a qual utiliza quadrados (12,5cm X 12,5cm) feitos de ferro galvanizado, com altura de 5cm que previnem a fuga dos juvenis durante o processamento das unidades amostrais. Em cada ponto foram estabelecidos 3 estratos (figura 1) sendo o primeiro estrato localizado na parte mais inferior, bem próximo ao rio (a), um estrato intermediário (b) e o último em um estrato mais superior em relação à linha da água (c), perpendicularmente dispostos à margem do rio e em cada estrato foram lançados 3 quadrados sobre o substrato, mantendo uma distância de aproximadamente 1m entre eles. Os estratos estavam espaçados de maneira uniforme. A remoção dos caranguejos do quadrado tomou um tempo de aproximadamente 5 minutos.

Os caranguejos juvenis foram fixados em álcool 70% e separados de acordo com o ponto e a área de coleta. No laboratório, os juvenis foram medidos quanto a LC (largura do cefalotórax) e identificados de acordo com as descrições originais disponíveis na literatura (Hebling *et al.* 1982; Fransozo, 1987; Fransozo & Negreiros-Fransozo, 1987; Rieger & Nakagawa, 1995; Flores *et al.*, 1998; Guimarães & Negreiros-Fransozo, 2005). Em muitos casos, apenas o nível taxonômico de família (Sesarmidae, Xanthidae, Ocypodidae e Grapsidae) pôde ser determinado.

Análise do sedimento

Para a caracterização da composição granulométrica e dos teores de matéria orgânica do sedimento, uma amostra de sedimento foi obtida aleatoriamente em cada estrato, em todos os pontos de coleta de juvenis. A amostra foi congelada até o momento da análise. No laboratório, as amostras foram mantidas em estufa a 90^oC até a perda completa da água.

Para análise do teor de matéria orgânica, aproximadamente 10 gramas do sedimento seco de cada estrato, por ponto, foram mantidos a 500^oC, durante três horas em uma mufla. A seguir, o material foi pesado novamente e pela diferença de peso, obteve-se o valor de matéria orgânica total. Os valores obtidos (em gramas) foram transformados em porcentagens e comparados

entre os estratos por Análise de Variância, ao nível de significância de 5% (Zar, 1996).

Para a análise granulométrica, aproximadamente 50 gramas de cada amostra de cada um dos três estratos por ponto foram misturadas a 250ml da solução 0,2N de hidróxido de sódio (NaOH) e mantido sob agitação intensa. As amostras foram lavadas em água corrente utilizando-se uma peneira de 0,063mm de malha para que o silte e a argila fossem descartados. O restante foi colocado em uma estufa (90⁰C) até a obtenção de peso constante e após, submetido à técnica de peneiramento diferencial (escala americana de Wentworth, 1922). A média de tendência central foi calculada (fi), determinando a fração granulométrica mais freqüente, conforme Suguio (1973). Para determinar a tendência central média da granulometria do sedimento de cada local de coleta foi utilizada a fórmula:

$$\Phi = -\log_2 d$$

onde, d é o diâmetro do grão em milímetros, conforme Suguio (1973); seguindo a escala: cascalho -2 [-- -1; areia muito grossa -1 [-- 0; areia grossa 0 [-- 1; areia média 1 [-- 2; areia fina 2 [-- 3; areia muito fina 3 [-- 4; silte e argila 4 [-- 5.

Análise dos dados

Foram utilizadas análises de variância para comparar a abundância de indivíduos pertencentes às famílias Ocypodidae e Sesarmidae, quanto ao tipo de área (*Hybiscus* sp. estreito e largo e vegetação de manguezal estreita e larga) e quanto aos estratos dentro de cada área (a, b e c), complementadas por testes *a posteriori* de Student-Newman-Keuls (Sokal & Rohlf, 1995).

Para analisar a composição demográfica da população juvenil das famílias mais representativas (Ocypodidae e Sesarmidae), utilizou-se a distribuição de freqüência dos juvenis de cada família agrupados em classes de tamanho de 0,5mm em cada estrato de cada local e área de coleta. Os juvenis das duas famílias foram classificados em dois grupos demográficos: recrutas recentes (menores que 2,0mm de LC) e juvenis avançados (maiores que 2,0mm de LC). A presente classificação baseou-se no trabalho de Luppi *et al.*

(2001), no qual denominaram os primeiros estágios dos grapsídeos *Chasmagnathus granulata* e *Cyrtograpsus angulatus*, compreendendo os indivíduos de até 2,2 e 2,4mm LC como recrutas recentes. Os trabalhos realizados por Fransozo (1987), Negreiros-Fransozo & Fransozo (1991) e Negreiros-Fransozo & Silva (in. prep.) demonstram que as espécies: *Sesarma rectum*, *Euyipanopeus abbreviatus*, *Eriphia gonagra* e *Armases rubripes*, respectivamente, ao atingirem o tamanho de, aproximadamente, 2,0mm (LC) estão no quarto estágio juvenil, considerados ainda recrutas recentes. Flores *et al.* (2002), também, sugeriram que os recrutas recentes de *Perisesarma guttatum*, uma vez assentados, crescem até aproximadamente 2,0mm no período de um mês, a partir deste tamanho de LC, são chamados juvenis avançados.

Como o objetivo principal da análise espacial foi comparar a densidade dos grupos demográficos nos diferentes pontos de coleta, utilizou-se o teste do Qui-quadrado (χ^2), com nível de significância de 5% (Zar, 1996) para comparar a proporção de recrutas recentes e juvenis avançados, em cada estrato de cada local de coleta.

O tamanho médio dos juvenis coletados nas diferentes áreas foi comparado entre estratos (a, b e c) por análise de variância, complementada com o teste *a posteriori* de Student-Newman-Keuls (Sokal & Rohlf, 1995).

Para melhor entender o padrão de distribuição dos táxons estudados, o teor de matéria orgânica do sedimento juntamente com a medida de tendência central (ϕ) de cada amostra foi correlacionado com a abundância e tamanho dos indivíduos juvenis coletados (Correlação de Spearman, $\alpha=5\%$).

Os valores medianos de matéria orgânica e granulometria entre os estratos dentro de cada local de coleta foram comparados pelo teste de Kruskal Wallis, complementado pelo teste *a posteriori* de Student-Newman-Keuls ($\alpha=5\%$).

Resultados



Resultados

Obteve-se um total de 1054 juvenis ao longo do período de coleta, dos quais 567 foram coletados no mês de Abril e 487, durante o mês de Novembro. Os táxons com maior número de representantes foram Ocypodidae spp. e Sesarmidae spp., em todos os locais de coleta. Os outros grupos taxonômicos representaram 9% do total obtido (tabela I).

As análises de variância realizadas demonstraram que existe diferença entre as quatro áreas de coleta para a família Sesarmidae (Kruskal Wallis, $p=0,0003$), porém essa diferença não foi observada para a família Ocypodidae (Kruskal Wallis, $p=0,2491$) (figura 5). É interessante enfatizar que, a densidade de, aproximadamente, 2,2 indivíduos da família Ocypodidae, por quadrado, observada na área estreita de vegetação de manguezal corresponde a uma média de 137 indivíduos por m^2 .

Diferenças na densidade de juvenis entre os estratos, dentro de cada área, foram detectadas para a família Sesarmidae spp. nas áreas de *Hibiscus* sp., mas não nas áreas com vegetação típica de manguezal (figura 6). Já para a família Ocypodidae spp., houve diferença entre estratos em três das quatro áreas analisadas, ou seja, apenas em AE (árvore estreito) não existe diferença entre os estratos, quanto à densidade de indivíduos (figura 7). É importante salientar que para a família Sesarmidae a densidade no estrato A, sempre foi similar ou mais elevada que nos outros estratos.

As figuras 8, 9, 10 e 11 representam as distribuições de frequência obtidas dos juvenis de diferentes grupos demográficos (recrutas recentes e juvenis avançados), em classes de tamanho, para os indivíduos coletados da família Sesarmidae. As figuras 12, 13, 14 e 15 apresentam as distribuições de frequência dos juvenis para a família Ocypodidae.

A distribuição de frequência absoluta de Sesarmidae spp. e Ocypodidae spp. diferiu notoriamente em alguns aspectos e em outros se comportou de maneira semelhante. Por exemplo, as áreas de vegetação de manguezal apresentaram padrões semelhantes para ambas as famílias, com a maioria dos estratos composta por recrutas recentes e uma baixa quantidade de juvenis avançados. Nas áreas de *Hibiscus* sp. havia um número elevado de juvenis avançados, principalmente da família Ocypodidae, enquanto que para a família

Sesarmidae, existia um maior número de recrutas recentes (figs. 8,9,10,11,12,13,14 e 15) .

A proporção entre os dois grupos demográficos aqui analisados variou bastante entre famílias e entre áreas. Para a família Sesarmidae, considerando apenas o estrato "A" de todas as áreas, observou-se um número significativamente maior de recrutas recentes em relação aos juvenis avançados ($p < 0,05$) (figura 16), o mesmo observado para a família Ocypodidae (figura 17). O teste do qui-quadrado revelou que para a família Sesarmidae a maior proporção de recrutas recentes foi estatisticamente significativa ($p < 0,05$) em cada um dos três estratos em áreas de vegetação de manguezal largo (AL), nos estratos A e C para locais de *Hibiscus* sp.(HE e HL) e nos estratos A e B para áreas de manguezal estreito (AE), sendo de igual proporção dentro dos demais estratos (figura 16). Já para a família Ocypodidae, a maior proporção de recrutas recentes foi verificada em cada um dos três estratos em áreas de vegetação de manguezal estreito (AE), enquanto que para áreas do mesmo tipo de vegetação, porém largas, essa proporção foi maior apenas dentro dos estratos A e B. Em locais de *Hibiscus* sp. os ocipodídeos recrutas recentes foram mais abundantes significativamente apenas nos estratos mais próximos à margem (A), sendo igual ou voltada para os juvenis avançados nos demais estratos (figura 17).

Os valores médios de largura do cefalotórax dos juvenis das famílias Sesarmidae e Ocypodidae, em cada estrato, para cada área de coleta estão apresentados nas figuras 18 e 19. Para os sesarmídeos, o tamanho médio dos indivíduos nas áreas de manguezal estreito e *Hibiscus* sp. estreito não diferiu entre os três estratos ($p = 0,24$ e $p = 0,45$, respectivamente), enquanto que, em áreas largas, houve diferença significativa (AL – $p = 0,01$ e HL- $p = 0,03$) (figura 18). Para a família Ocypodidae, verificou-se o mesmo padrão da família Sesarmidae, com nenhuma diferença entre estratos em áreas estreitas (AE- $p = 0,19$ e HE- $p = 0,053$) e com diferenças significativas em áreas largas (AL- $p < 0,001$ e HL- $p < 0,001$).

Analisando-se os fatores ambientais dos estratos de cada área de coleta, observou-se que em áreas de vegetação de manguezal o sedimento é composto, principalmente, por areia muito fina, enquanto que áreas de *Hibiscus* sp. eram compostas, principalmente, por areia fina (tabelas II). Quanto à

granulometria, os três estratos das quatro áreas de coleta apresentaram-se homogêneos quanto ao tamanho médio dos grãos de sedimento. Porém houve diferenças, quanto ao teor de matéria orgânica, entre estratos, dentro de áreas largas (tabela II).

A análise de correlação de Spearman realizada entre os fatores ambientais mensurados e a abundância de juvenis das famílias mais representativas está apresentada na tabela III. O fi não apresentou correlação com a abundância de ocipodídeos, enquanto que o teor de matéria orgânica apresentou correlação positiva com a abundância de indivíduos (tabela III).

Tabela I: Freqüência absoluta e relativa (%) dos grupos taxonômicos de Brachyura obtidos nos locais de coleta durante o período amostral.

Locais	Grupos taxonômicos	Freqüência absoluta	Freqüência relativa(%)
	<i>Armases</i> sp.	6	1,9
	Sesarmidae spp.	112	34,8
ÁRVORE ESTREITO	Gecarcinidae spp.	1	0,3
	Ocypodidae spp.	171	53,1
	Grapsidae spp.	32	9,9
Subtotal		322	100
	<i>Armases</i> sp.	5	1,6
	Sesarmidae spp.	103	32,8
ÁRVORE LARGO	Gecarcinidae spp.	1	0,3
	Ocypodidae spp.	178	56,7
	Grapsidae spp.	27	8,6
Subtotal		314	100
	<i>Armases</i> sp.	13	5,5
	Sesarmidae spp.	65	27,5
HIBISCUS ESTREITO	Ocypodidae spp.	136	57,6
	Grapsidae spp.	21	9
	Xanthidae spp.	1	0,4
Subtotal		236	100
	<i>Armases</i> sp.	4	2,2
	Sesarmidae spp.	57	31,4
HIBISCUS LARGO	Ocypodidae spp.	108	59,3
	Grapsidae spp.	13	7,1
Subtotal		182	100
Total geral		1054	100

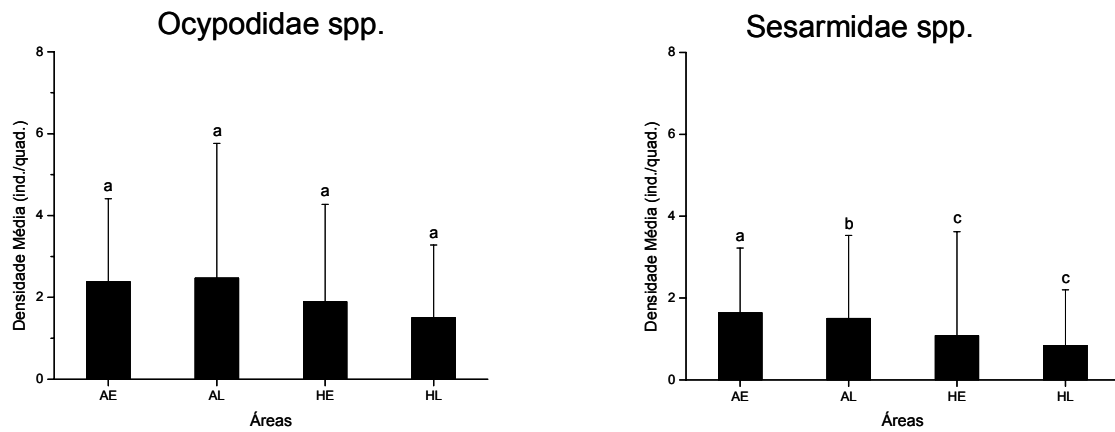


Figura 5. Variação na densidade média de juvenis das famílias mais representativas (Ocypodidae spp. e Sesarmidae spp.), entre as áreas de coleta. Áreas que apresentam pelo menos uma letra em comum sobre a barra, não diferem estatisticamente entre si (Teste de Student-Newman-Keuls, $p > 0,05$) (AE= árvore estreito; AL= árvore largo; HE=*Hibiscus* estreito; HL=*Hibiscus* largo).

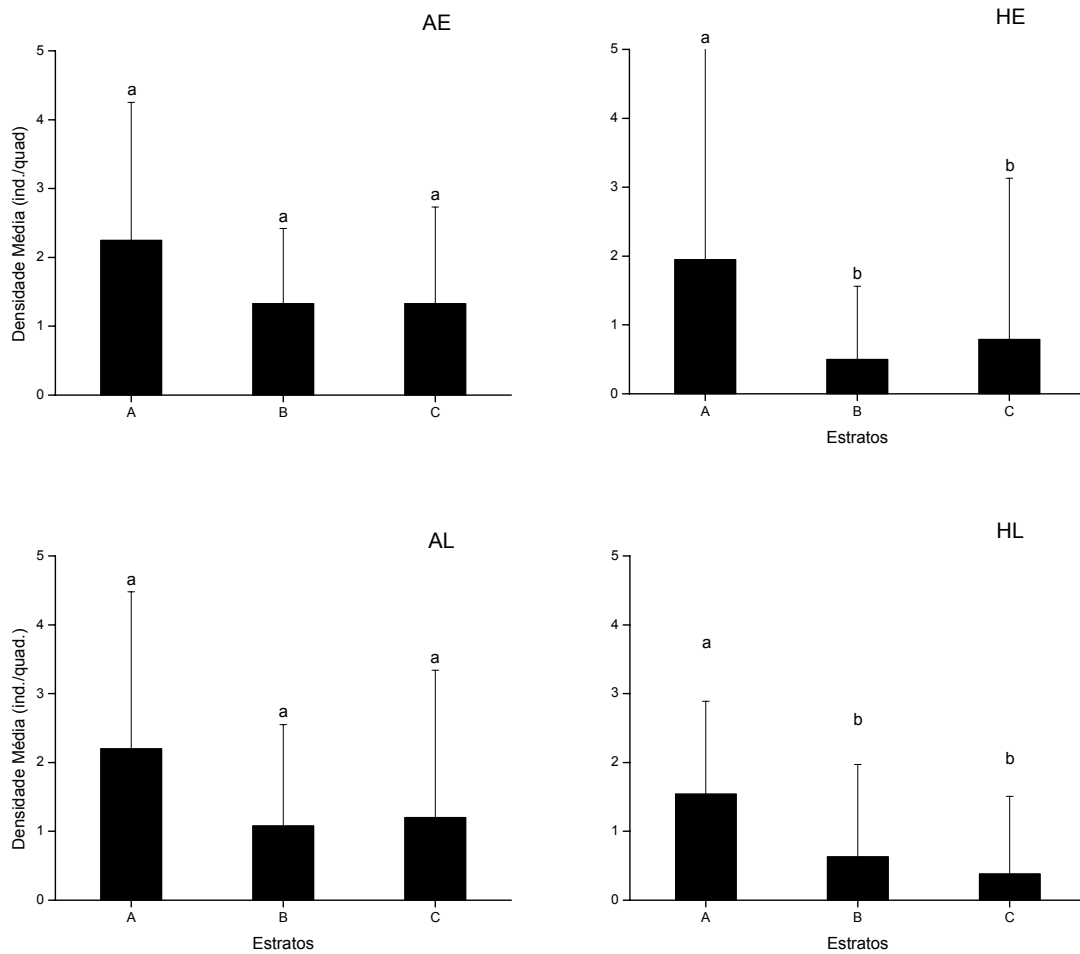


Figura 6. Variação na densidade média de juvenis da família Sesarmidae spp., entre estratos, dentro de cada área de coleta. Estratos que apresentam pelo menos uma letra em comum não diferem estatisticamente entre si (Teste de Student-Newman-Keuls, $p > 0,05$). AE= árvore estreito; AL= árvore largo; HE= *Hibiscus* estreito e HL= *Hibiscus* largo.

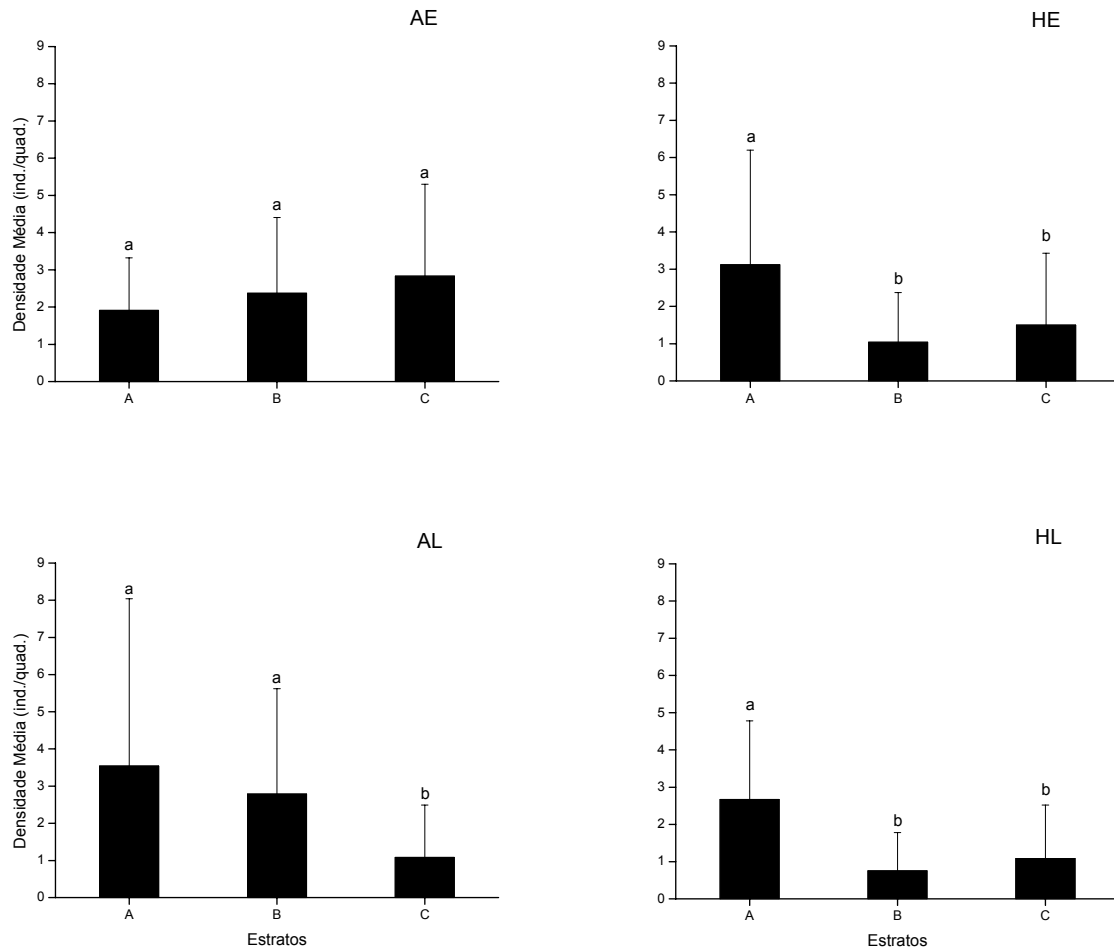


Figura 7. Variação na densidade média de juvenis da família Ocypodidae spp., entre estratos, dentro de cada área de coleta. Estratos que apresentam pelo menos uma letra em comum não diferem estatisticamente entre si (Teste de Student-Newman-Keuls, $p > 0,05$). AE= árvore estreito; AL= árvore largo; HE= *Hibiscus* estreito e HL= *Hibiscus* largo.

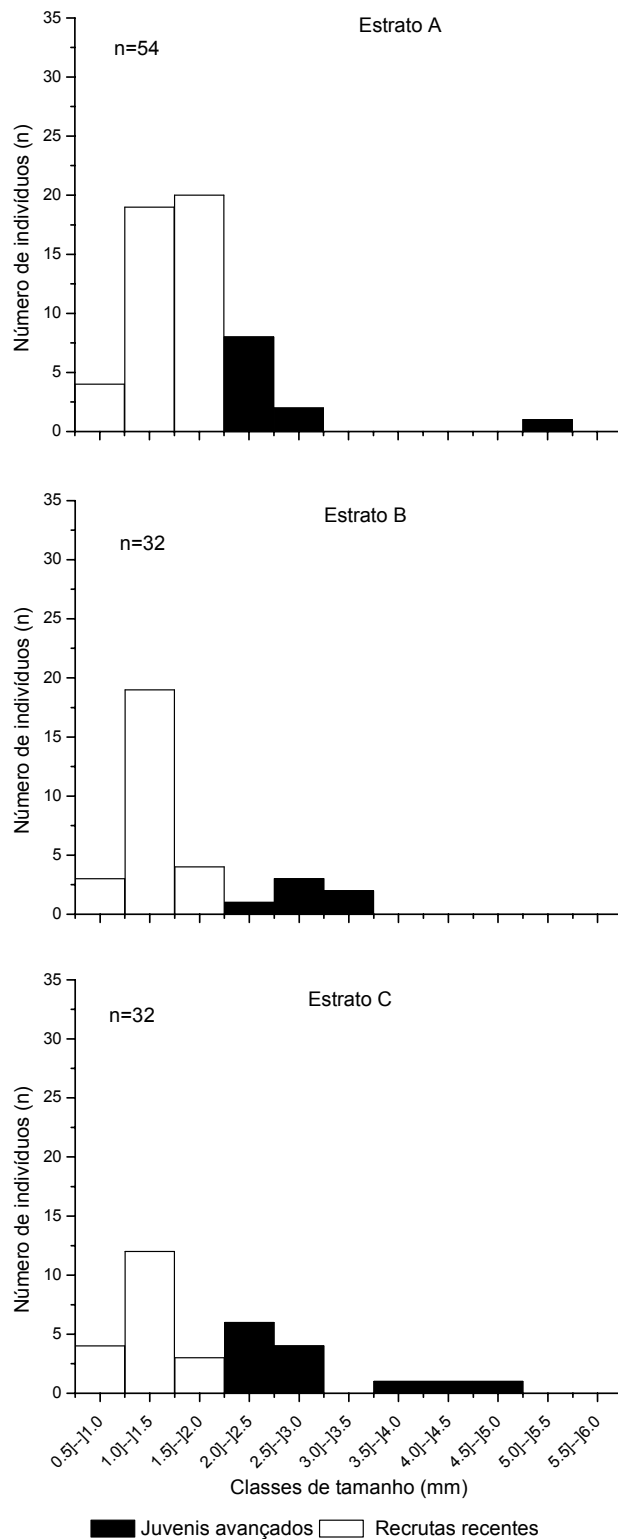


Figura 8. Família **Sesarmidae**, **Árvore estreito**: Distribuição dos grupos demográficos de juvenis em classes de tamanho. Eixo X= valores da largura do cefalotórax em milímetros.

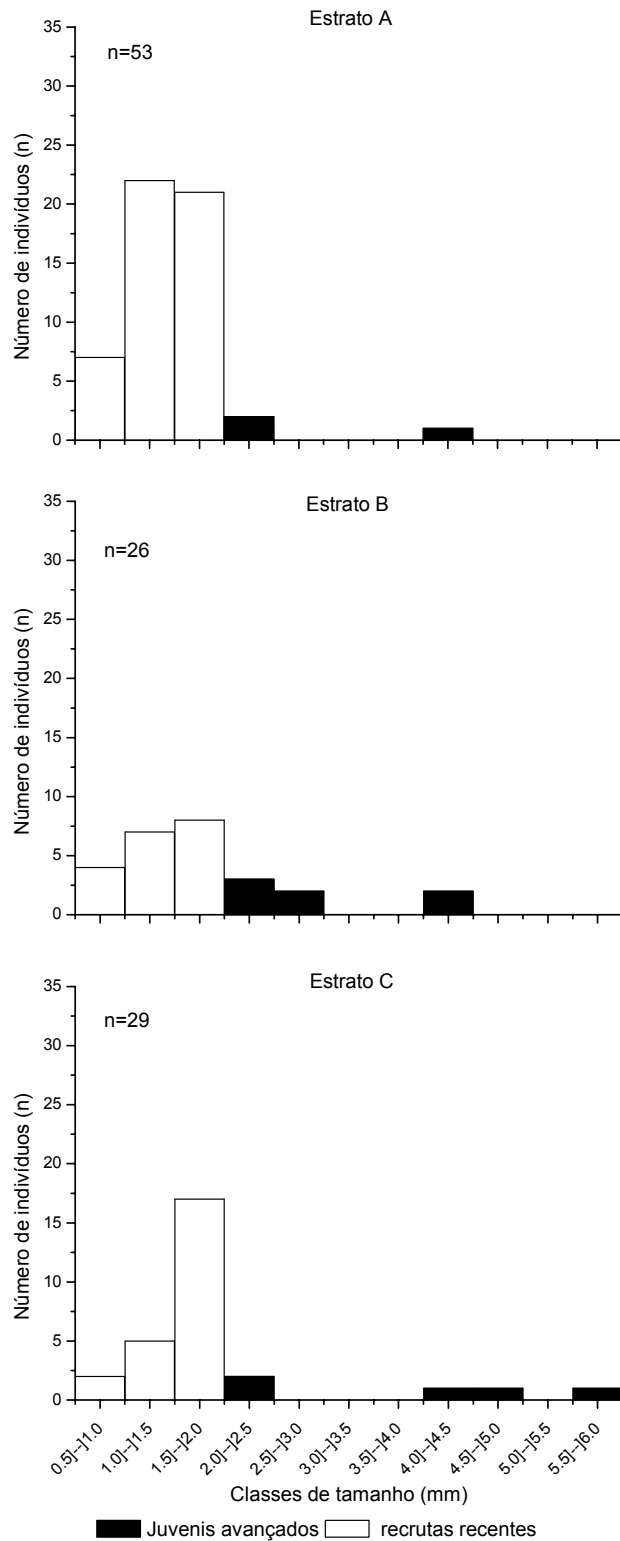


Figura 9. **Família Sesarmidae, Árvore largo:** Distribuição dos grupos demográficos de juvenis em classes de tamanho. Eixo X=valores da largura do cefalotórax em milímetros.

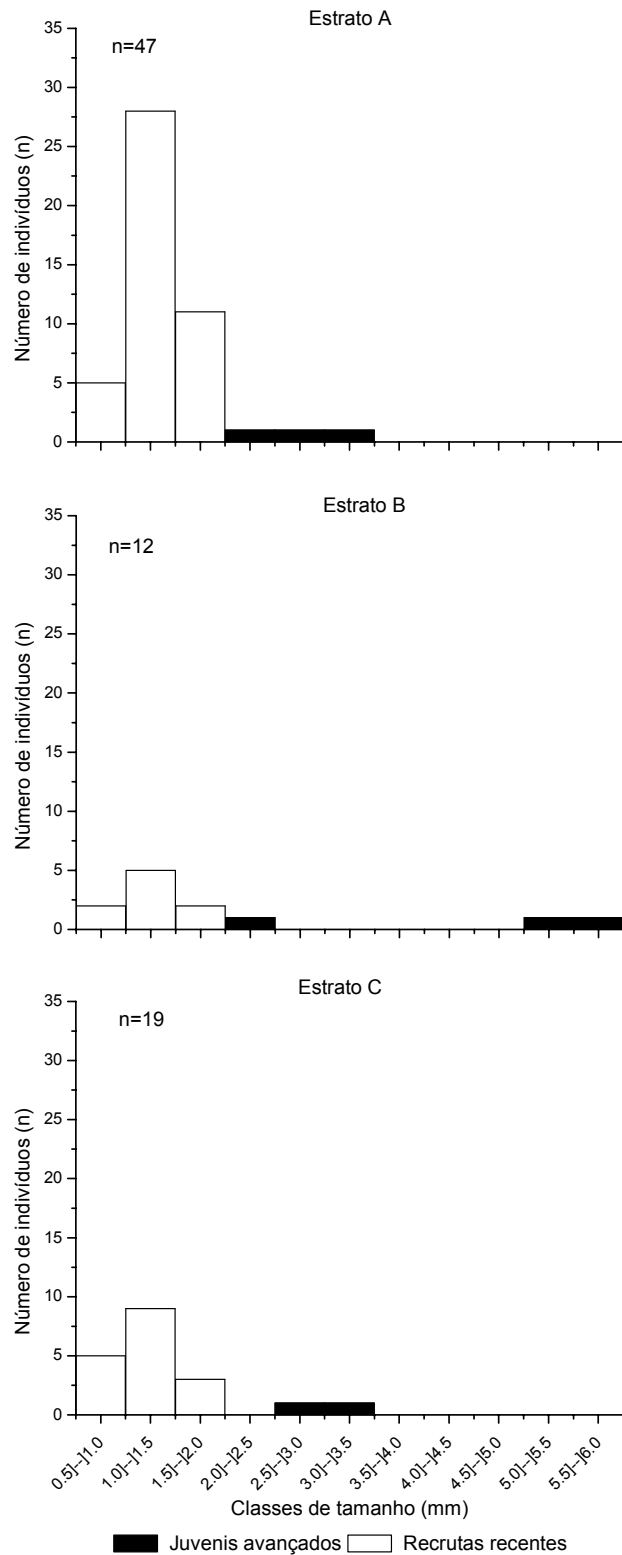


Figura 10. **Família Sesarmidae, *Hibiscus* sp. estreito:** Distribuição dos grupos demográficos de juvenis em classes de tamanho. Eixo X= valores da largura do cefalotórax em milímetros.

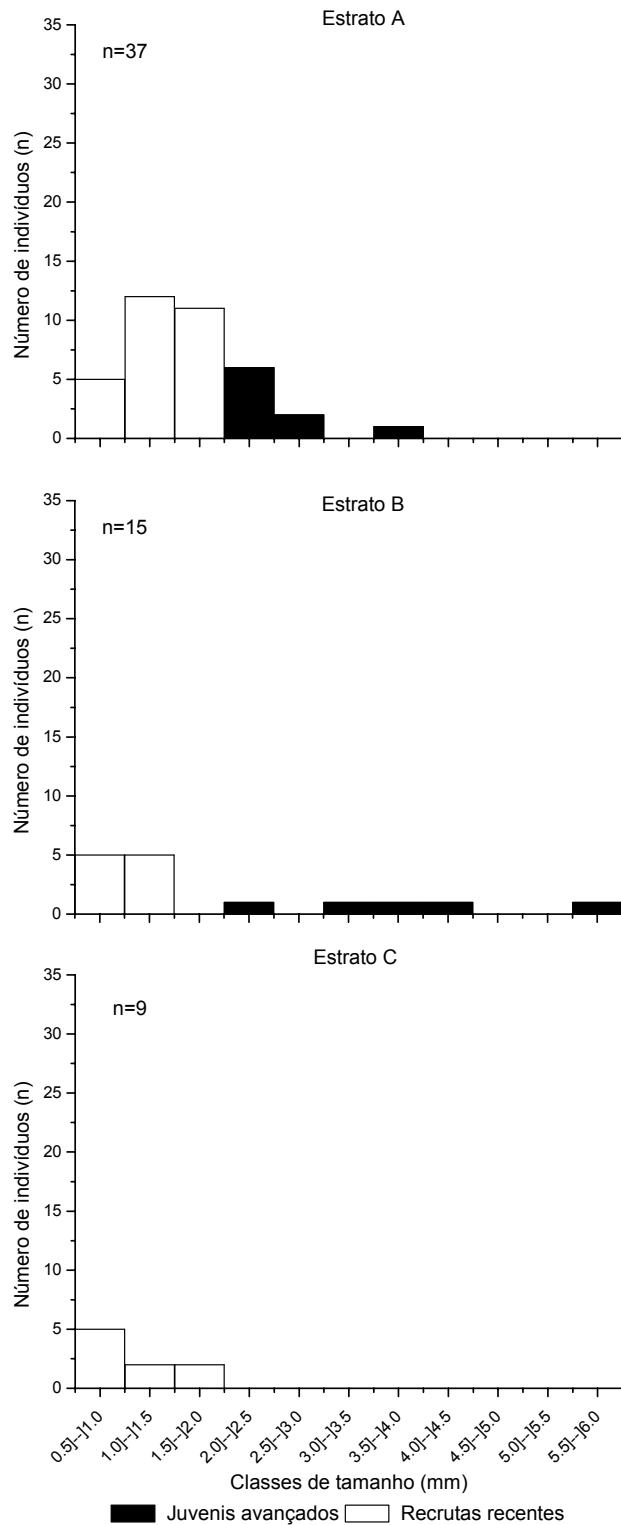


Figura 11. Família **Sesarmidae**, **Hibiscus sp. largo**: Distribuição dos grupos demográficos de juvenis em classes de tamanho. Eixo X= valores da largura do cefalotórax em milímetros.

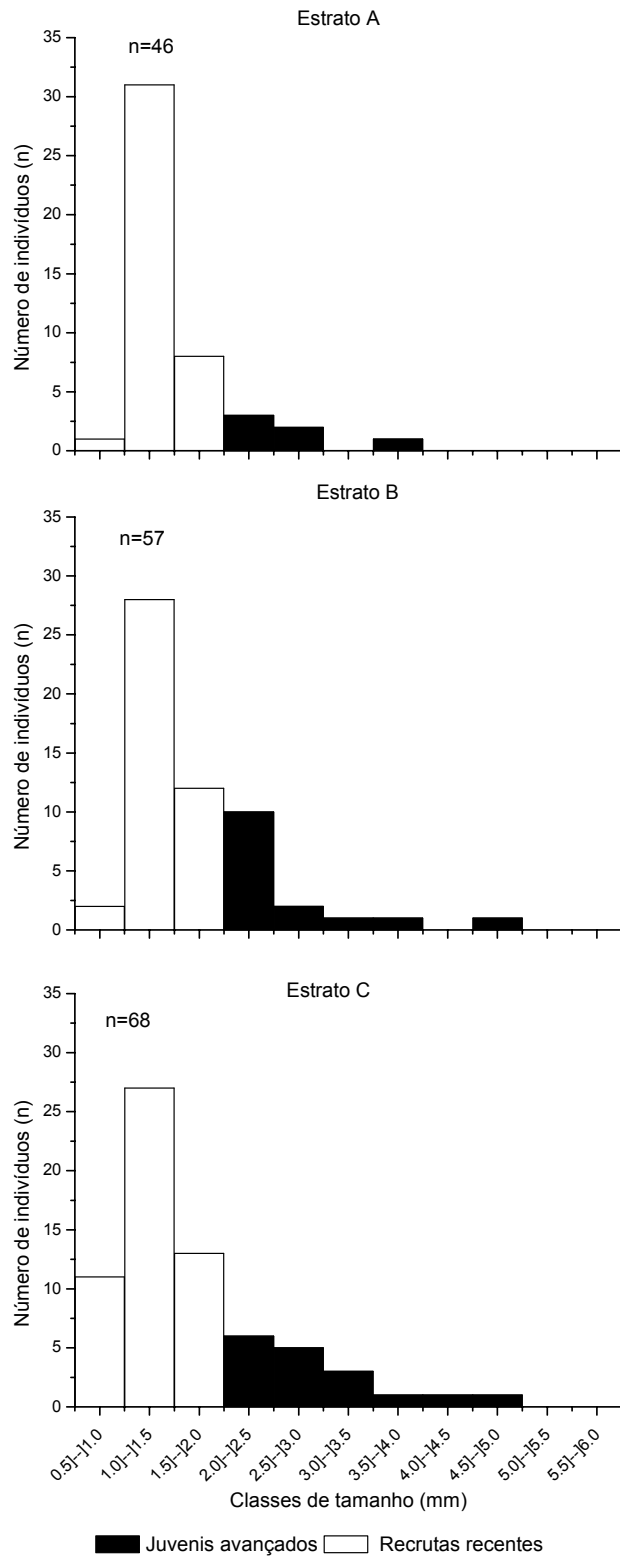


Figura 12. **Família Ocypodidae, Árvore estreito:** Distribuição dos grupos demográficos de juvenis em classes de tamanho. Eixo X=valores da largura do cefalotórax em milímetros.

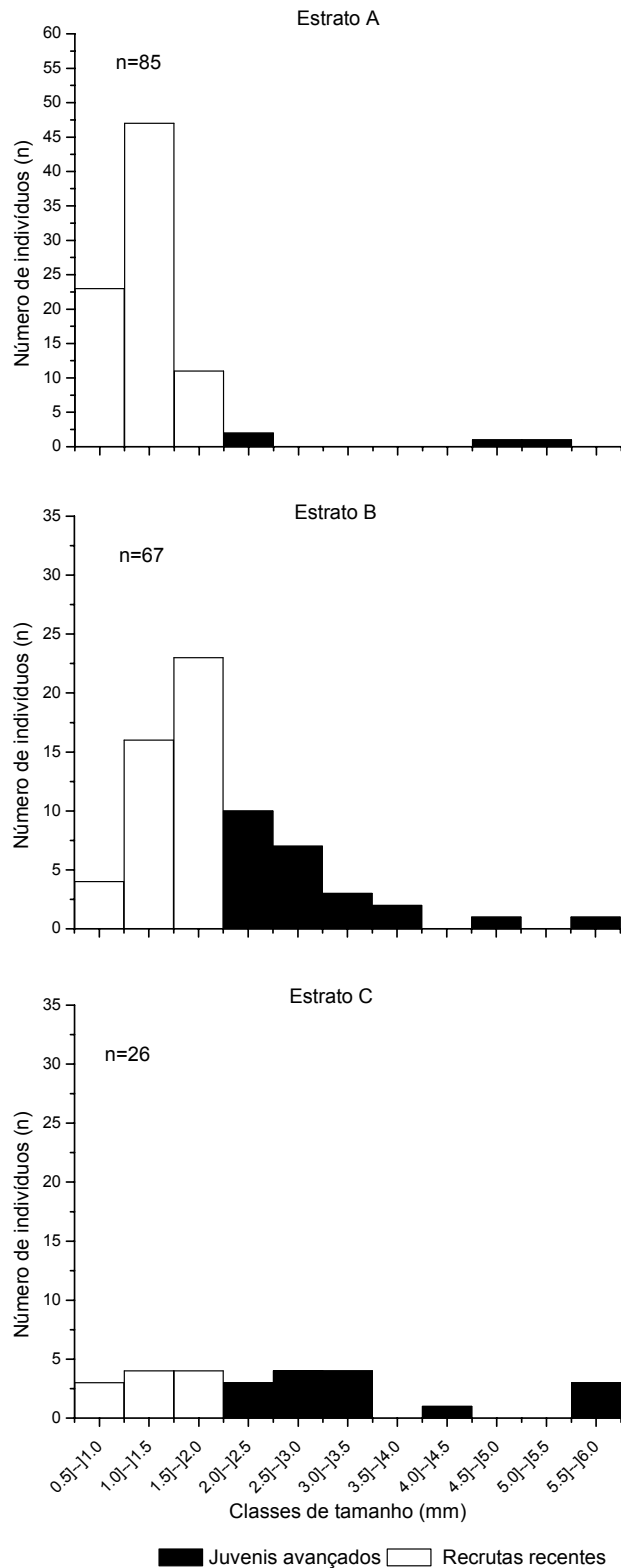


Figura 13. **Família Ocypodidae, Árvore largo:** Distribuição dos grupos demográficos de juvenis em classes de tamanho. Eixo X=valores da largura do cefalotórax em milímetros.

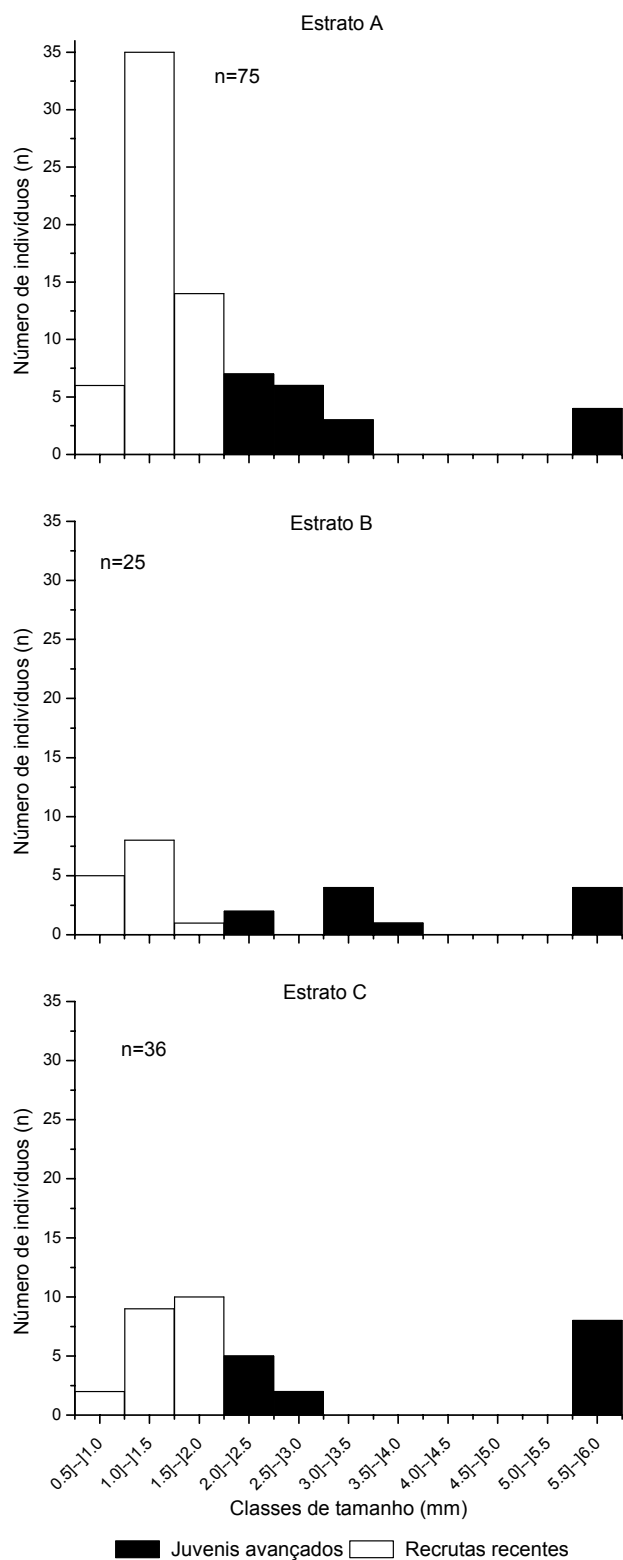


Figura 14. **Família Ocypodidae, *Hibiscus* sp. estreito:** Distribuição dos grupos demográficos de juvenis em classes de tamanho. Eixo X=valores da largura do cefalotórax em milímetros.

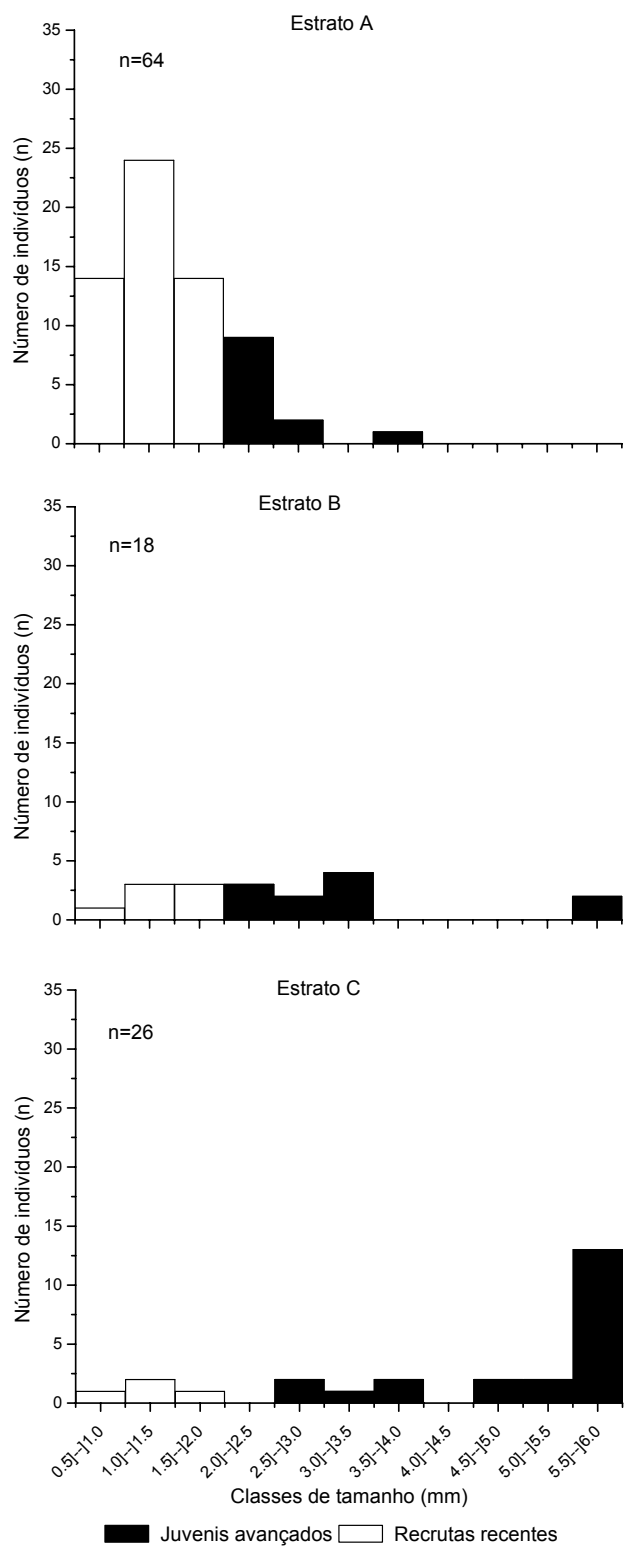


Figura 15. **Família Ocypodidae, *Hibiscus sp. largo***: Distribuição dos grupos demográficos de juvenis em classes de tamanho. Eixo X=valores da largura do cefalotórax em milímetros.

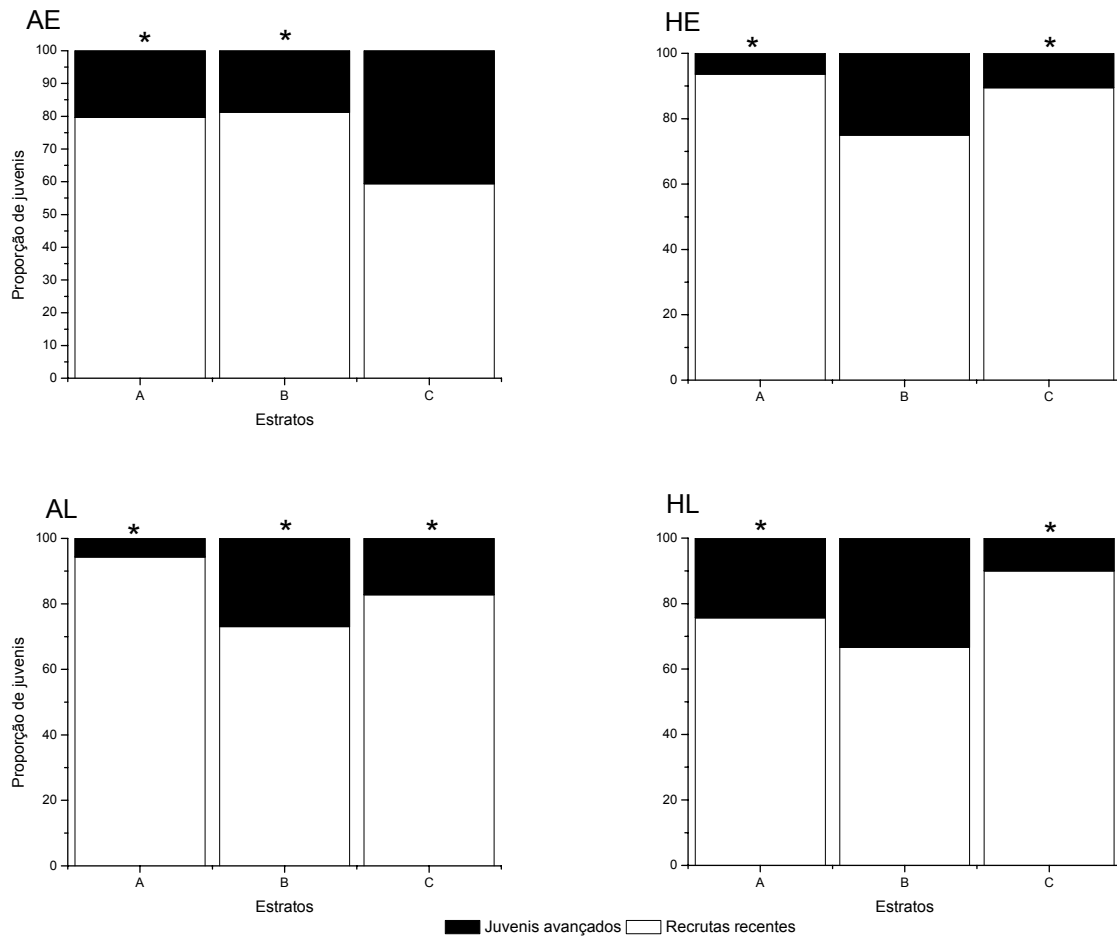


Figura 16. Família **Sesarmidae**: Proporção entre recrutas recentes e juvenis avançados, em cada estrato, de cada área de amostragem. O * indica diferença estatística (χ^2 , $p < 0,05$).

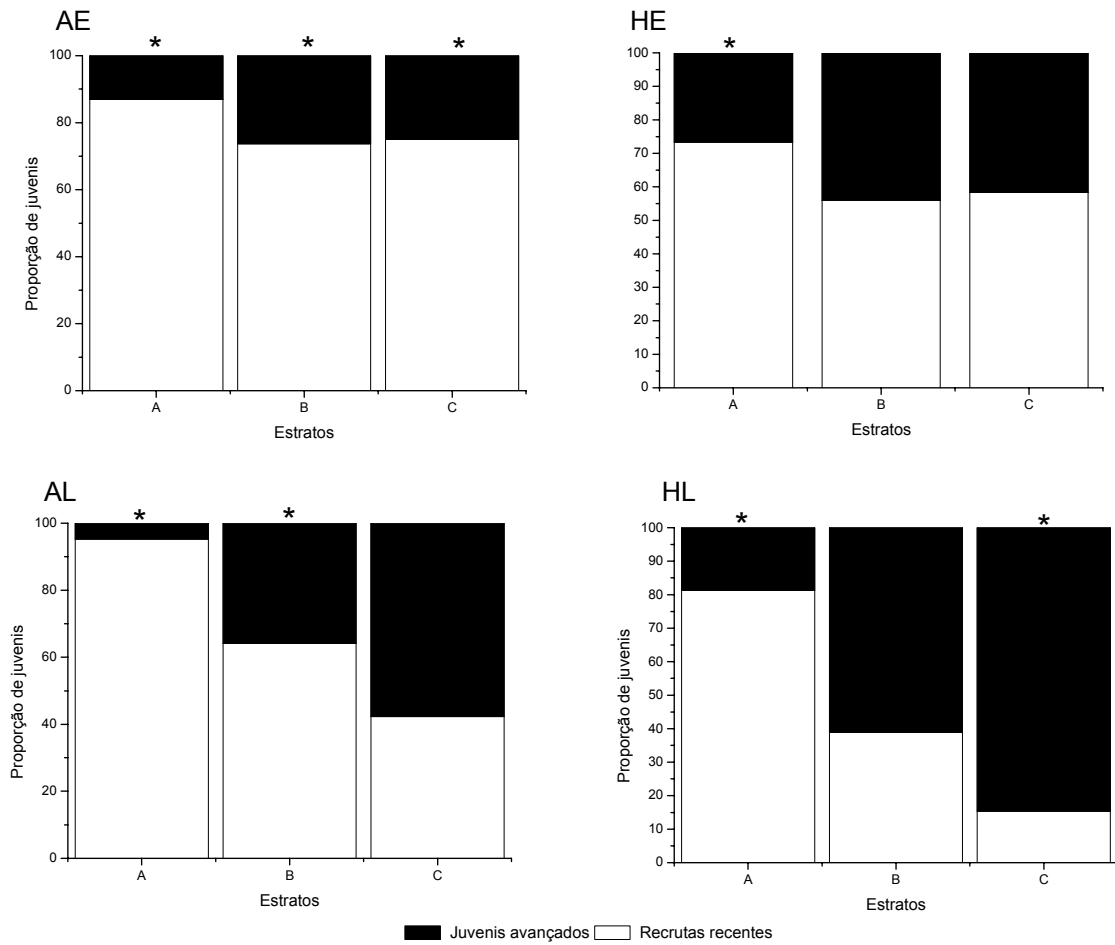


Figura 17. **Família Ocypodidae**: Proporção entre recrutas recentes e juvenis avançados, em cada estrato, de cada área de amostragem. O * indica diferença estatística (χ^2 , $p < 0,05$).

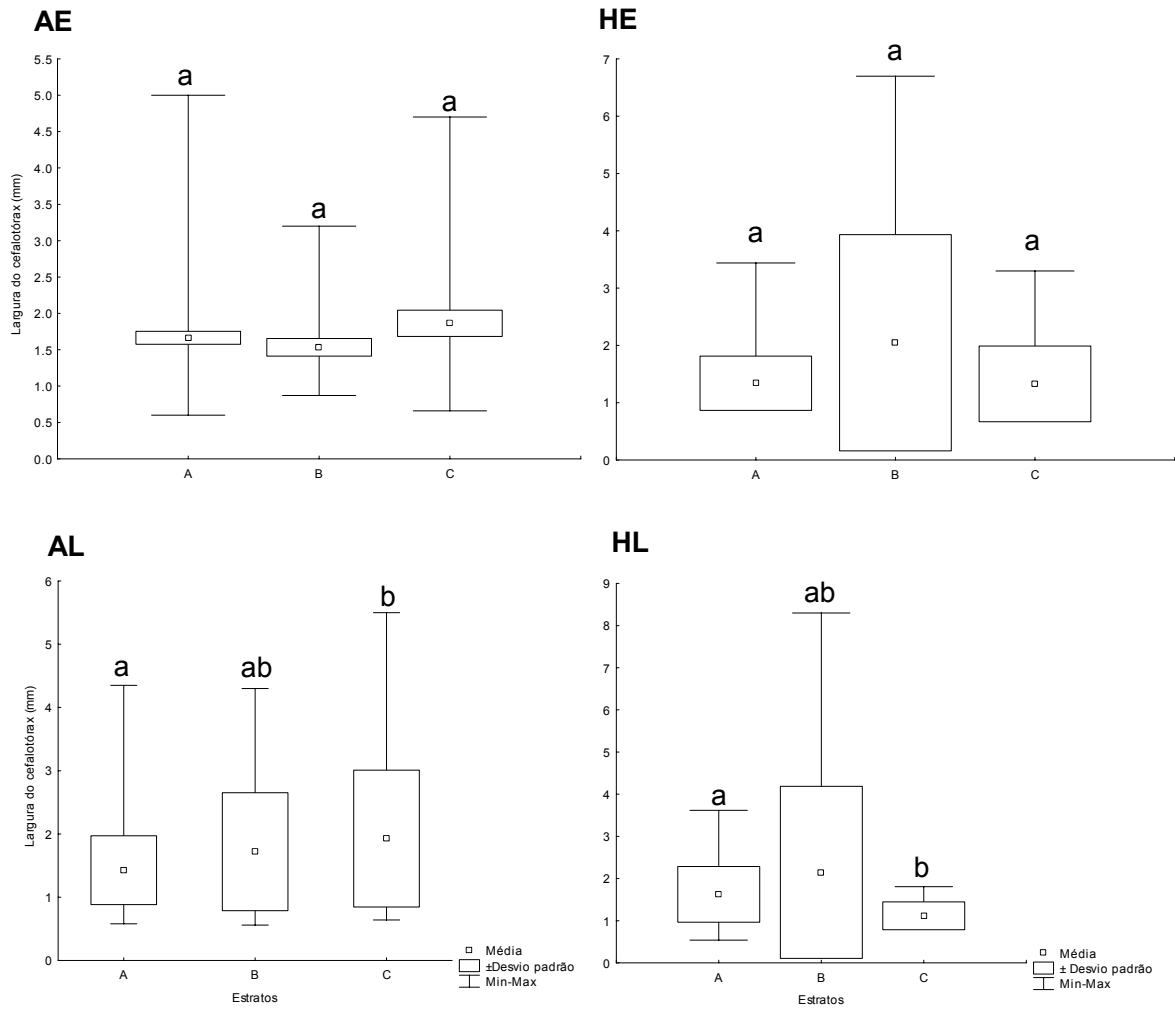


Figura 18. **Família Sesarmidae**: Variação do tamanho médio (LC mm) para os juvenis obtidos, em cada estrato, para cada área de coleta. Caixas gráficas com pelo menos uma letra em comum não diferem estatisticamente entre si (Kruskal Wallis, $\alpha=5\%$).

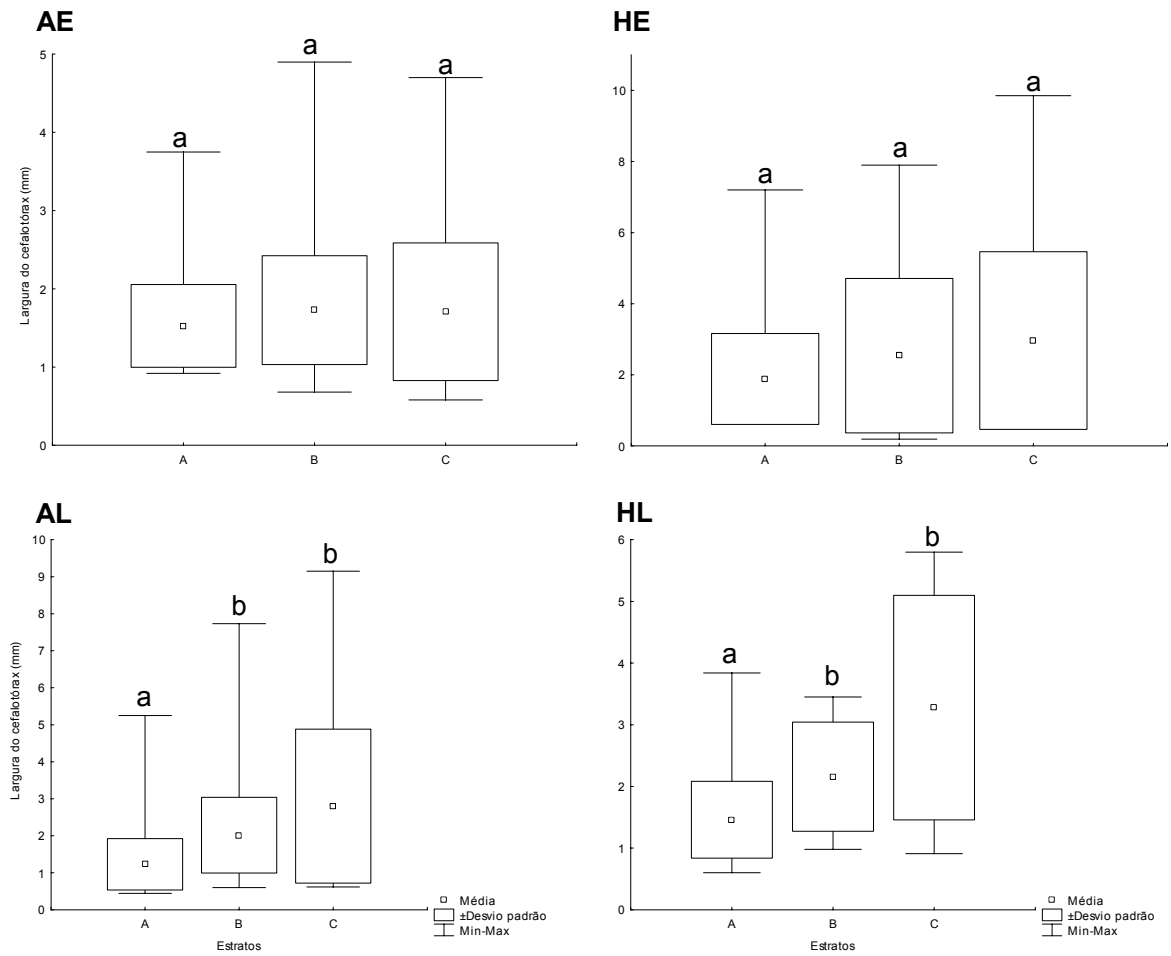


Figura 19. **Família Ocypodidae**: Variação do tamanho médio (LC mm) para os juvenis obtidos, em cada estrato, para cada área de coleta. Caixas gráficas com pelo menos uma letra em comum não diferem estatisticamente entre si (Kruskal Wallis, $\alpha=5\%$).

Tabela II. Estatística descritiva para cada fator ambiental analisado (AE=árvore estreito; AL=árvore largo; HE=*Hibiscus* sp. estreito; HL=*Hibiscus* sp. largo).

Áreas de coleta	Estratos	Granulometria (fi)		% de Matéria Orgânica	
		Mediana	Média ± dp	Mediana	Média ± dp
AE	A	3,39	3,03 ± 0,72	4,15	6,67 ± 4,68
	B	3,33	2,85 ± 0,9	3,55	4,46 ± 2,87
	C	3	2,87 ± 0,55	4,25	5,52 ± 2,51
AL	A	3,30	3,14 ± 0,55	7,35*	9,21 ± 6,27
	B	3,11	2,98 ± 0,75	3,45	4,96 ± 4,82
	C	3,02	2,94 ± 0,38	3,15	2,97 ± 0,89
HE	A	2,17	2,11 ± 0,57	4,35	4,17 ± 1,39
	B	2,20	2,16 ± 0,66	3,90	3,74 ± 0,91
	C	2,40	2,37 ± 0,83	3,35	3,55 ± 1,38
HL	A	2,35	2,51 ± 0,72	3*	3,41 ± 1,17
	B	2,67	2,66 ± 0,73	2,5*	2,6 ± 0,53
	C	2,27	2,26 ± 1,07	1,95*	2,16 ± 0,67

* = diferença estatística (Student Newman Keuls, $\alpha = 5\%$).

Tabela III. Resultados obtidos na análise de correlação de Spearman entre os fatores ambientais e a abundância das famílias mais representativas coletadas no manguezal de Ubatumirim.

	R	T(N-2)	P
MO vs. Sesarmidae spp.	0,32	3,35	0,001
MO vs. Ocypodidae spp.	0,21	2,07	0,04
fi vs. Sesarmidae spp.	0,26	2,64	0,009
fi vs. Ocypodidae spp.	0,12	1,24	0,21

MO= % de matéria orgânica;

fi = Tendência central da análise granulométrica (textura do sedimento)

Discussão



Discussão

Os grupos taxonômicos de Brachyura encontrados neste trabalho, a exemplo do capítulo anterior, são compostos por caranguejos de duas famílias dominantes, Ocypodidae spp. e Sesarmidae spp., além de outros grupos menos abundantes. No interior dos manguezais, os caranguejos braquiúros, principalmente os ocipodídeos e sesarmídeos, são os mais representativos (Macintosh, 1988). Melo (1985), ao fazer um levantamento da carcinofauna do litoral sudeste brasileiro, verificou que nos manguezais, os caranguejos pertencentes às famílias Ocypodidae e Sesarmidae correspondem aos táxons mais representativos. Em termos de abundância, esses dois grupos representaram, aproximadamente, 91% dos grupos obtidos nos diferentes locais de coleta. Silva (2005), também, encontrou que, do total de juvenis coletado em três manguezais do litoral norte paulista, 90% dos indivíduos pertenciam a estas mesmas famílias. Membros da família Ocypodidae se alimentam, principalmente, de depósitos de matéria orgânica presentes na superfície do substrato; o sedimento é escavado e parte da matéria orgânica contida no sedimento é ingerida com a ajuda dos quelípodos e das partes bucais (Miller, 1961; Colpo, 2005). Os caranguejos da família Sesarmidae e Ocypodidae são considerados verdadeiros bioturbadores do sedimento estuarino e sua habilidade de construir galerias favorece a renovação das camadas inferiores do substrato, bem como reciclam nutrientes (Macintosh, 1988).

Esses caranguejos são, portanto, detritívoros e apresentam adaptações morfológicas e ecológicas para a alimentação em sedimentos com uma variedade de tamanho de partículas. A interação desses grupos com seu habitat pode ter favorecido a estabilidade das populações e a manutenção do ambiente no qual os caranguejos destes dois grupos estão inseridos. A interação das espécies com o ambiente, talvez, tenha levado à predominância desses grupos nos manguezais (Silva, 2005).

Não foi observada nenhuma diferença na abundância entre os diferentes tipos de vegetação quanto aos ocipodídeos, o que indica não haver preferência por determinado tipo de vegetação por parte dos representantes deste grupo. Os sesarmídeos foram mais abundantes em locais em que a vegetação típica

de manguezal era predominante. Isso mostra certa preferência deste grupo por determinado tipo de vegetação. Abele (1974) observou que o número de substratos em um determinado habitat é o fator mais importante na determinação da diversidade de crustáceos decápodos no ambiente marinho. Contudo, no manguezal o número de substratos disponíveis não seria tão variável quanto no meio marinho, propriamente dito, e diferenças na diversidade seriam dependentes do tamanho da área que cada tipo de substrato ocupa (Flores, 2001). De acordo com Roy (1989), a estratificação ou zonação da vegetação presente nos manguezais seria consequência do grau de exposição à variação da maré, o que influenciaria a distribuição dos caranguejos neste ambiente. No entanto, no manguezal de Ubatimirim, pode haver uma sobreposição de nichos das populações de sesarmídeos e ocipodídeos.

Na região intertidal, as espécies apresentam um padrão de distribuição espacial de acordo com suas adaptações que permitem tolerar variações de temperatura, salinidade e dessecação; parâmetros que elevam a severidade do ambiente estuarino para estas espécies (Silva, 2005). Na verdade, a maioria dos sesarmídeos de um manguezal africano habita substratos estruturalmente complexos, mesmo quando constroem tocas, no interior de raízes e outros vegetais daquele ecossistema (Paula *et al.*, 2003). A maioria dos ocipodídeos daquele local, ao contrário, constrói suas tocas tanto em áreas estruturalmente complexas quanto em áreas abertas e homogêneas, o que permite que esses organismos adaptem-se a assentar na ausência de refúgios (Paula *et al.*, 2003). O uso dos refúgios por parte dos caranguejos juvenis é determinado, em parte, por suas habilidades fisiológicas para tanto evitar, quanto tolerar o estresse da dessecação sob condições de altas temperaturas e diminuta umidade relativa da superfície do sedimento (Wilson, 1989).

Os resultados aqui obtidos indicam que em áreas de vegetação de manguezal, a densidade média de sesarmídeos, não variou significativamente entre os estratos, o que demonstra a existência de substrato favorável ao assentamento dos juvenis nos três estratos dentro do limite entre-marés. Em locais onde o *Hibiscus* sp. era predominante, a quantidade de juvenis da família Sesamidae foi mais elevada nos estratos mais próximos à margem do rio, o que indica haver mais abrigos, ou maior oferta de alimento, ou, ainda, uma

umidade relativa mais elevada nos locais próximos à água. Esse mesmo padrão foi observado para os ocipodídeos, exceto em áreas de vegetação de manguezal largas, indicando, neste caso, uma certa dependência à quantidade de refúgios nos locais de assentamento para os representantes dessa família. O estabelecimento das megalopas nos locais habitados pelos adultos é dependente da estrutura dos habitats disponíveis que apresentam refúgio aos primeiros estágios juvenis (Silva, 2005). Acredita-se que a estratificação observada nas populações adultas pode ser definida já na escolha do habitat pelas megalopas, durante o processo de assentamento (Paula *et al.*, 2003). A presença de recrutas em um habitat particular e não em outros disponíveis pode ser explicada por ambos ou um dos processos: seleção ativa de habitat pelas megalopas e mortalidade diferencial entre habitats (Luppi *et al.*, 2002). A mortalidade diferencial devido à predação é considerada por muitos autores como o fator pós-assentamento mais importante no processo de recrutamento de decápodos (Olmi *et al.* 1990; Moksnes, 1999; Luppi *et al.*, 2002).

Em áreas amplas de vegetação de manguezal observa-se uma menor concentração de recrutas recentes da família Ocypodidae nos estratos mais afastados da margem, em relação aos outros estratos. Nesses locais, provavelmente, há uma menor oferta de abrigo para os juvenis e onde são encontrados muitos indivíduos adultos. No presente estudo havia um maior número de indivíduos adultos nos estratos mais afastados da margem do rio (observação pessoal), nos dois tipos de vegetação. Portanto, as margens parecem ser preferencialmente locais de assentamento e subsequente recrutamento juvenil. O que talvez ocorra é uma mudança gradual no tamanho da população juvenil em áreas largas, tanto de vegetação de manguezal quanto de *Hibiscus* sp. Em um estudo realizado num estuário no Japão, com seis espécies de caranguejos intertidais, Fukui & Wada (1986) observaram que para quatro delas não havia separação entre locais de ocupação de juvenis e adultos e, em duas delas, havia uma clara separação dos locais que juvenis e adultos ocupavam. No presente trabalho parece que essa separação se dá de maneira gradual no espaço em relação à linha d'água, devido à utilização diferencial dos recursos pelos diferentes grupos demográficos.

A estrutura das populações amostradas difere significativamente entre os táxons Sesamidae spp. e Ocypodidae spp. e entre as áreas de coleta.

Porém, para ambos os táxons o número de recrutas recentes nos estratos “A” (mais próximos às margens) foi significativamente mais elevado independente da largura da área em questão. As marés são um importante mecanismo de transporte de larvas visto que essas, periodicamente, movem grandes quantidades de água para dentro e para fora do manguezal. O efeito das marés no assentamento das megalopas é, particularmente, evidente no manguezal de Ubatumirim, pois as marés de sizígia permitem que megalopas assentem em partes mais altas do manguezal. Como a quantidade de juvenis nos estratos “C” de áreas largas foi relativamente elevada, acredita-se que a maré tenha um papel fundamental na distribuição espacial dos recrutas recentes de ambas as famílias (Sesarmidae e Ocypodidae), nos locais mais afastados da margem.

De acordo com Bezerra *et al.* (2006), a salinidade e as características do substrato são os fatores mais importantes na distribuição espacial de um grande número de espécies de caranguejos de manguezal. Em um manguezal da costa mexicana o tamanho do grão do sedimento é o principal fator que afeta a distribuição espacial de caranguejos chama-maré, com as espécies *Uca leptodactyla* e *U. rapax* apresentando uma estreita relação por sedimento mais grosseiro, enquanto *U. thayeri* apresenta uma alta afinidade por sedimento lodoso (Thurman II, 1987). Os resultados obtidos por Costa (2000) comprovam esta teoria, pois a distribuição espacial das espécies de *Uca* analisadas em seu estudo está intimamente relacionada ao tipo de substrato no qual escavam suas tocas. No manguezal em estudo os juvenis das espécies da família Ocypodidae não apresentaram uma correlação significativa com o tamanho das partículas do sedimento, o que indica que apenas as características físicas do substrato não explicam por completo a distribuição juvenil observada e outros agentes podem estar atuando. Frusher *et al.* (1994) observou o mesmo para espécies do gênero *Sesarma*, no qual apenas as características do sedimento não eram suficientes para explicar a distribuição dos sesarmídeos.

Os sesarmídeos apresentaram uma correlação positiva com o tipo de sedimento e com a quantidade de matéria orgânica no sedimento, demonstrando a forte influência da disponibilidade de recursos na distribuição espacial das populações juvenis dessa família e, também, da família Ocypodidae, visto que os ocipodídeos juvenis também apresentaram uma correlação positiva com o teor de matéria orgânica no solo. O sedimento em

locais de vegetação típica de manguezal era composto, principalmente, por areia muito fina, enquanto que em locais de *Hibiscus* sp. este era composto especialmente por areia fina, uma fração um pouco mais grosseira. Portanto, a correlação positiva dos sesarmídeos com um tipo de sedimento mais fino indica a preferência desse grupo por um substrato com predominância de partículas menores. Conforme Robinson & Tully (2000), a especificidade de substrato, ao assentar, desenvolvida por algumas espécies subtidais como, *Cancer pagurus* e *Pisidia longicornis* é variável e pode estar relacionada à estratégia reprodutiva da espécie (Palma *et al.*, 1998) ou ao comportamento gregário apresentado (Jensen, 1991). Como não existe relato de que sesarmídeos e ocipodídeos apresentem comportamento de se agregar, preferências por diferentes tipos de sedimento por determinadas populações, podem ser interpretadas como estratégia para maximizar ou, ao menos, realizar a reprodução efetiva.

Apenas foram observadas diferenças quanto ao teor de matéria orgânica entre estratos em áreas largas independente do tipo de vegetação. Quanto ao tamanho médio dos juvenis de ambas as famílias mais representativas, também, só se observou diferenças em áreas largas tanto em vegetação típica de manguezal quanto em vegetação de *Hibiscus* sp. Áreas estreitas parecem concentrar a quantidade de refúgios e constituem-se em áreas homogêneas quanto ao teor de matéria orgânica no solo. Os juvenis parecem se distribuir de maneira uniforme nestes locais, não havendo diferenças quanto ao tamanho médio. Entretanto, em áreas largas, os juvenis, depois de estabelecidos, devem iniciar as migrações percorrendo certas distâncias para os locais preferenciais de adultos e, durante este processo, os predadores podem afetar a estrutura da população. Outros processos envolvidos na regulação do tamanho das populações juvenis podem ser: canibalismo, escassez de alimentos, comportamento territorial e deterioração do habitat local (Reise, 1985).

Apenas em áreas largas de vegetação de manguezal para as duas famílias e, em áreas largas, com vegetação predominante de *Hibiscus* sp. para a família Ocypodidae é que se observou um aumento no tamanho médio dos indivíduos coletados. Nota-se que o local de assentamento é influenciado por fatores físicos como o regime de circulação de águas dentro do estuário.

Os padrões de distribuição espacial das populações juvenis encontrados constituem-se num retrato dos organismos durante os períodos em que estes foram coletados. No entanto, mudanças sazonais que ocorram no ambiente podem levar os caranguejos juvenis a se deslocar para diferentes áreas (Wilson, 1989). O risco de predação durante as épocas do ano pode variar conforme os locais em que se encontram as populações juvenis. Algumas aves migratórias, que se alimentam de caranguejos em manguezais, apenas visitam esse ambiente em determinadas épocas do ano, o que pode causar um êxodo das populações juvenis de seus locais de refúgio (Kushlan & Kushlan, 1975). Ainda, a pressão de predação pode ser diferenciada quando espécies de siris invadem locais mais altos dos manguezais durante períodos de marés de grande amplitude, o que pode induzir uma locomoção por parte dos juvenis para outros locais mais abrigados (Harper & Williams, 1985). Enfim, mudanças sazonais na densidade de predadores são fatores chave na determinação da relativa influência da predação e dos fatores físicos na distribuição espacial das populações juvenis no ecossistema manguezal (Wilson, 1989).

Embora não tenham sido mensurados fatores ambientais como salinidade, temperatura do sedimento, composição química do solo, umidade relativa do solo, luminosidade, entre outros, sabe-se que estes parâmetros abióticos podem influenciar na distribuição espacial, temporal e na mortalidade de invertebrados juvenis (Jones, 1976; Gosselin & Qian, 1997). A importância desses fatores como pressão seletiva é suportada por estudos que indicam uma íntima associação de recrutas recentes com microhabitats estruturalmente complexos (Wahle & Steneck, 1991; Smith & Herrnkind, 1992), os quais são considerados refúgios de fatores extremos (Gosselin & Chia, 1995).

Apesar de faltar no presente trabalho, os experimentos de campo relacionados à quantidade e composição de refúgios disponíveis para os juvenis de *Brachyura*, estes são necessários para verificar e quantificar o real efeito dos abrigos na dinâmica das populações dos caranguejos juvenis. Os resultados de tamanho médio dos juvenis nos dois tipos de vegetação, aqui obtidos, indicam que em áreas largas, o tamanho dos ocipodídeos tende a aumentar do nível mais próximo à linha d'água em direção aos locais mais elevados no interior do manguezal. Caranguejos maiores desta família devem utilizar os abrigos e fontes de alimento de áreas mais altas, considerando que

indivíduos maiores são, provavelmente, mais tolerantes à dessecação (Pellegrino, 1984). Quando a dessecação não é fator limitante para a distribuição dos caranguejos, a migração para outras áreas diferentes daquela do assentamento, pode ser causada devido à competição intra e interespecífica, para evitar predação e para maximizar a eficiência na alimentação (Hill *et al.*, 1982; Flores & Paula, 2002). Robinson & Tully (2000) sugerem que pode ocorrer migração dos juvenis algum tempo após o assentamento. Segundo esses mesmos autores, espécies como *Câncer pagurus* e *Necora puber* são capazes de migrar de locais menos favoráveis. Assim, a escolha das megalopas e a variabilidade entre diferentes locais com diferentes vegetações e composições, as quais são determinadas pela natureza do substrato, determinam diferenças na estrutura da comunidade (Robinson & Tully, 2000).

Dessa maneira, as diferenças encontradas entre a abundância e tamanho dos juvenis sob os diferentes tipos de vegetação, sedimento e nos estratos de coleta estão relacionadas com a variabilidade espacial encontrada, o que, conseqüentemente, afeta a estrutura da comunidade. Para um melhor entendimento dos processos de seleção larval do substrato para o assentamento e de outros fatores determinantes na distribuição espacial das populações juvenis de caranguejos estuarinos, são necessários mais esforços no campo da ecologia experimental com as espécies que ocorrem na costa brasileira e, assim, talvez seja possível identificar padrões específicos de distribuição espacial.

Referências



Referências

- Abele, L. G. 1974. Species diversity of decapod crustaceans in marine habitats. *Ecology*, 55:156-161.
- Acosta, C. A., Mathews, T. R. & Butler IV, M. J. 1997. Temporal patterns and transport processes in recruitment of spiny lobster (*Panulirus argus*) postlarvae to south Florida. *Marine Biology*, 129:79-85.
- Banks, J. & Dinnel, P. 2000. Settlement behavior of dungeness crab (*Cancer magister*, Dana, 1852) megalopae in the presence of the shore crab, *Hemigrapsus* (Decapoda, Brachyura). *Crustaceana*, 73: 223-234.
- Beck, M. W., Heck, K. L., Able, K. W. Childers, D. L. & 9 others 2001. The identification, conservation and management of estuarine and marine nurseries for fish and invertebrates. *Bioscience*, 51: 633-641.
- Beck, M. W. 1995. Size-specific shelter limitation in stone crabs: a test of the demographic bottleneck hypothesis. *Ecology*, 76: 968-980.
- Bezerra, L. E. A., Dias, C. B., Santana, G. X. & Matthews-Cascon, H. 2006. Spatial distribution of fiddler crabs (genus *Uca*) in a tropical mangrove. *Scientia Marina*, 70(4): 1-8.
- Botto, F. & O. Iribarne 2000. Contrasting effects of two burrowing crabs (*Chasmagnathus granulata* and *Uca uruguayensis*) on sediment composition and transport in estuarine environments. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 51: 141 – 151.
- Butler IV, M. J., Herrnkind, W. F. & Hunt, J. H. 1997. Factors affecting the recruitment of juvenile Caribbean spiny lobsters dwelling in macroalgae. *Bulletin of Marine Science*, 61(1): 3-19.
- Colpo, K. D. 2005. Morfologia de apêndices alimentares de caranguejos do gênero *Uca* Leach, 1814 (Crustacea: Ocypodidae) e sua implicação na extração de alimentos a partir de substratos distintos. 152 p. Tese de doutorado, Instituto de Biociências, Universidade Estadual Paulista – Botucatu, SP.
- Costa, T. M. 2000. Ecologia de caranguejos semiterrestres do gênero *Uca* (Crustacea, Decapoda, Ocypodidae) de uma área de manguezal, em Ubatuba (SP). 121p .Tese de Doutorado. Instituto de Biociências, Universidade Estadual Paulista.

- Crane, J. 1975. Fiddler crabs of the world. Ocypodidae: genus *Uca*. New Jersey: Princeton University Press, 736p.
- Dittel, A., Epifanio, C. E. & Natunewicz, C. 1996. Predation on mud crab megalopae, *Panopeus herbstii* H. Milne Edwards: effect of habitat complexity, predator species and postlarval densities. *Journal of Experimental Marine Ecology*, 198: 191-202.
- Flores, A. A. V. & Negreiros-Fransozo, M. L. 1999. On the population biology of the mottled shore crab *Pachygrapsus transversus* (Gibbes, 1850) (Brachyura, Grapsidae) in a subtropical area. *Bulletin of Marine Science, Miami*, 65(1):59-73.
- Flores, A. A. V. & Paula, J. 2002. Population dynamics of the shore crab *Pachygrapsus marmoratus* (Brachyura: Grapsidae) in the central Portuguese coast. *Journal of Marine Biological Association of the United Kingdom*, 82: 229-241.
- Flores, A. A. V., J. Saraiva & J. Paula 2002. Sexual maturity, reproductive cycles and juvenile recruitment of *Perisesarma guttatum* (Brachyura, Sesarmidae) at Ponta Rasa mangrove swamp, Inhaca Island, Mozambique. *Journal of Crustacean Biology*, 22 (1): 143 – 156.
- Flores, A. A. V., Negreiros–Fransozo, M. L. & Fransozo, A., 1998. The megalopa and juvenile development of *Pachygrapsus transversus* (Gibbes, 1850) (Decapoda, Brachyura) Compared with other grapsid crabs. *Crustaceana*, 71: 197-222.
- Flores, A. A. V. 2001. Ciclos de vida e reprodução de caranguejos litorais (Crustacea: Brachyura): aspectos comparativos numa costa rochosa temperada e num mangal tropical. 245p. Tese de Doutorado – Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa, Portugal.
- Fransozo, A., 1987. Desenvolvimento dos estágios juvenis de *Sesarma (Holometopus) rectum* Randall, 1840 (Decapoda, Grapsidae) obtidos em laboratório. *Naturalia*, 11/12: 77-87.
- Fransozo, A. & Negreiros-Fransozo, M. L. 1987. Morfologia dos primeiros estágios juvenis de *Eriphia gonagra* (Fabricius, 1781) e *Eurypanopeus abbreviatus* (Stimpson, 1860) (Crustacea, Decapoda, Xanthidae), obtidos em laboratório. *Papéis Avulsos de Zoologia*, 36(22): 257-277.
- Frusher, S. D., Giddins, R. L. & Smith, T. J. 1994. Distribution and abundance of grapsid crabs (Grapsidae) in a mangrove estuary: effects of sediment

- characteristics, salinity tolerances and osmorregulatory ability. *Estuaries*, 17: 647-654.
- Fukui, Y. & K. Wada 1986. Distribution and reproduction of four intertidal crabs (Crustacea, Brachyura) in the Tonda River estuary, Japan. *Marine Ecology Progress Series*, 30: 229 – 241.
- Gosselin, L. A. & Chia, F. S. 1995. Distribution and dispersal of early juvenile snails: effectiveness of intertidal microhabitats as refuges and food sources. *Marine Ecology Progress Series*, 128: 213-223.
- Gosselin, L. A. & Qian, P. Y. 1997. Juvenile mortality in benthic marine invertebrates. *Marine Ecology Progress Series*, 146: 265-282.
- Guerrero-Ocampo, C. M. 2003. Hábito alimentar em caranguejos grapsídeos de manguezais. 148 p. Tese de Doutorado. Unesp – Botucatu, São Paulo.
- Guimarães, F. J. & Negreiros-Fransozo, M. L. 2005. Juvenile development and growth patterns in the mud crab *Eurymedusa limosum* (Say, 1818) (Decapoda, Brachyura, Xanthidae) under laboratory conditions. *Journal of Natural History*, 39(23): 2145-2161.
- Harper, W. B. & Williams, A. H. 1985. Field and laboratory observations of climbing behavior of *Uca longisignalis*. *Journal of Alabama Academy of Science*, 56(1): 22-31.
- Hebling, N. J., Fransozo, A. & Negreiros-Fransozo, M. L. 1982. Desenvolvimento dos primeiros estágios juvenis de *Panopeus herbstii*, H. Milne-edwards, 1834 (Crustacea, Decapoda, Xanthidae) criados em laboratório. *Naturalia*, 7: 177-188.
- Hill, B. J., Williams, M. J. & Dutton P. 1982. Distribution of juvenile, subadult and adult *Scylla serrata* (Crustacea: Portunidae) on tidal flats in Australia. *Marine Biology*, 69: 117-120.
- Ingle, R. W. 1996. Shallow-water crabs. *In*: Barnes, R. S. K., Crothers J. H. (eds). *Synopses of the British Fauna*. No. 25. London, The Linnean Society of London and The Estuarine and Coastal Sciences Association.
- Jensen, G. C. 1991. Competency, settling behavior and postsettlement aggregation by porcelain megalopae (Anomura: Porcellanidae). *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 153: 49-61.

- Jones, M. B. 1976. Limiting factors in the distribution of intertidal crabs (Crustacea: Decapoda) in the Avon-Heathcote estuary, Christchurch. New Zealand Marine Freshwater Research, 10: 577-587.
- Jones, D. A. 1984. Crabs of the mangal ecosystem p.89-109. *In*: POR & DOR. Hidrobiologia of the Mangal. W. Junk Publishers Boston, ix + 260p.
- Kuhlmann, M. L. & Walker II, R. E. 1999. Geographic variation in size structure and size at maturity in the crab *Pilumnus sayi* (Crustacea: Decapoda: Xanthidae) in the Northern Gulf of Mexico. Bulletin of Marine Science, 64: 535-541.
- Kushlan, J. A. & Kushlan, M. S. 1975. Food of the white ibis in southern Florida. Florida Naturalist, 3: 33-41.
- Luppi, T., Spivak, E. & Anger, K. 2001. Experimental studies on predation and cannibalism of the settlers of *Chasmagnathus granulata* and *Cyrtograpsus angulatus* (Brachyura, Grapsidae). Journal of Experimental Marine Biology and Ecology, 265: 29-48.
- Luppi, T., Spivak, E. & Anger, K. 2002. Patterns and processes of *Chasmagnathus granulata* and *Cyrtograpsus angulatus* (Brachyura, Grapsidae) recruitment in Mar Chiquita Lagoon, Argentina. Estuarine Coastal Shelf Science, 55: 287-297.
- Macintosh, D. J. 1988. The ecology and physiology of decapods of mangrove swamps. Symposium of the Zoological Society of London, 59:315-341.
- McConaughy, J. R., Provenzano, A. J., Johnson, D. F., Clark, J. & Sadler, P. 1981. Offshore displacement and reinvasion of *Callinectes sapidus* larvae in Chesapeake Bay. Estuaries, 4: 277-278.
- Melo, G. A. S. 1985. Taxonomia e padrões distribucionais ecológicos dos Brachyura (Crustacea, Decapoda) do litoral sudeste do Brasil. 215p. São Paulo: USP, Tese (Doutorado em Ciências) – Museu de Zoologia, Universidade de São Paulo.
- Mense, D. J., Posey, M. H., West, T. & Kincheloe, K. 1995. Settlement of brachyuran postlarvae along the North Carolina coast. Bulletin of Marine Science, 57: 793-806.
- Miller, D. C. 1961. The feeding mechanisms of fiddler crabs with ecological considerations of feeding adaptations. Zoologica, 46: 189-200.

- Mosknes, P. O. 1999. Recruitment regulation in juvenile shore crabs *Carcinus maenas*: importance of intraspecific interactions in space limited refuge habitats. Phd thesis, Goteborg University.
- Negreiros-Fransozo, M. L. & Fransozo, A. 1991. Growth and age determination of three juvenile crab species (Crustacea, Decapoda, Brachyura). Papéis Avulsos de Zoologia, 37(18): 277-283.
- Negreiros-Fransozo, M. L. & Silva, S. M. J. (in. prep.) Desenvolvimento juvenil de *Armases rubripes* (Rathbun, 1897) (Brachyura, Sesarmidae).
- Olmi III, J. E., van Montfrans, J., Lipcius, R. N., Orth, R. J. & Sadler, P. W. 1990. Variation in planktonic availability and settlement of blue crab megalopae in the York River, Virginia. Bulletin of Marine science, 46(1): 230-243.
- Palma, A. T., Wahle, R. A. & Steneck, R. S. 1998. Different early post-settlement strategies between American lobsters *Homarus americanus* and rock crabs *Cancer irroratus* in the Gulf of Maine. Marine Ecology Progress Series, 162: 215-225.
- Paula, J., Dray, T. & Queiroga, H. 2001. Offshore and inshore processes controlling settlement of brachyuran megalopae at Saco Mangrove Creek, Inhaca Island (south Mozambique). Marine Ecology Progress Series, 215: 251-260.
- Paula, J., Dornelas, M. & Flores, A. 2003. Stratified settlement and moulting competency of brachyuran megalopae in Ponta Rasa mangrove swamp, Inhaca Island (Mozambique). Estuarine Coastal Shelf Science, 56: 325-337.
- Pellegrino, C. R. 1984. The role of desiccation pressures and surface area/volume relationships on seasonal zonation and size distribution of four intertidal decapod Crustacea from New Zealand: implications for adaptation to land. Crustaceana, 47: 251-268.
- Reise, K. 1985. Tidal Flat Ecology. Springer-Verlag, Berlin.
- Rieger, P. J. & Nakagawa, C. 1995. Desenvolvimento juvenil de *Chasmagnathus granulata* Dana, 1851 (Decapoda, Grapsidae), em laboratório. Nauplius, 3: 59-74.
- Robinson, M. & Tully, O. 2000. Spatial variability in decapod community structure and recruitment in subtidal habitats. Marine Ecology Progress Series, 194: 133-141.

- Roy, P. S. 1989. Mangrove vegetation stratification using Salyut 7 Photographs. *Geocarto International*, 3: 31-47.
- Silva, S. M. J. 2005. Relação entre o suprimento larval e a taxa de assentamento em caranguejos intertidais da região de Ubatuba (SP). 99p. *Dissertação de mestrado* – Instituto de Biociências de Botucatu – Universidade Estadual Paulista.
- Smith, K. N. & Herrnkind, 1992. Predation on early juvenile spiny lobsters *Panulirus argus* (Latreille): influence of size and shelter. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 157: 3-18.
- Sokal, R. R. & Rohlf, F. J. 1995. *Biometry: the principles and practice of statistic in biological research* (3rd ed.): 1-887. (W. H. Freeman and Company., New York).
- Suguio, K. 1973. *Introdução à sedimentologia*. Edgard Blücher/Editora da Universidade de São Paulo (EDUSP). 317p.
- Thorson, G. 1950. Reproductive and larval ecology of marine bottom invertebrates. *Biological Research.*, 25: 1-45.
- Thurman II, C. L. 1987. Fiddler crabs (genus *Uca*) of eastern Mexico (Decapoda, Brachyura, Ocypodidae). *Crustaceana*, 53: 95-105.
- Underwood, A. J. & Fairweather, P. G. 1989. Supply-side ecology and benthic marine assemblages. *Trends in Ecology and Evolution*, 4: 16-20.
- Wahle, R. A. & Steneck, R. S. 1991. Recruitment habitats and nursery grounds of the American lobster *Homarus americanus*: a demographic bottleneck. *Marine Ecology Progress Series*, 69: 231-243.
- Wentworth, C. K. 1922. A scale of grade and grade and class terms for clastic sediments. *Journal of Geology*, 30: 377-392.
- Wilson, K. A. 1989. Ecology of mangrove crabs: predation, physical factors and refuges. *Bulletin of Marine Science*, 44(1): 263-273.
- Zar, J. H., 1996. *Biostatistical Analysis*. 3^a edição. Prentice-Hall, 915 pp.

Considerações finais



Considerações finais

Do mesmo modo que muitos outros invertebrados que habitam a região costeira, os caranguejos estuarinos dependem do ambiente marinho para que seu ciclo de vida se complete. A fase larval dos caranguejos de manguezais pode ocorrer nas regiões costeiras, bem próximas aos estuários de onde foram liberadas, ou ocorrer em regiões mais afastadas da costa, sob a plataforma continental, dependendo da estratégia de exportação de cada espécie. O último estágio larval, denominado megalopa, é responsável pelo retorno dos indivíduos aos locais onde habitam as populações parentais. Este retorno é dependente de mecanismos de transporte relacionados com os ciclos de marés e com diversos outros fatores ambientais. Quando se aproximam do ambiente estuarino, as megalopas percebem os estímulos do manguezal e são dependentes destes estímulos para efetuar o assentamento e posterior metamorfose para o primeiro estágio juvenil. O local em que as megalopas assentam nem sempre é o local preferencial da população bentônica. Desse modo, os juvenis devem migrar de locais berçários para áreas onde os adultos são predominantes. No momento da migração, os juvenis se tornam susceptíveis a predação.

Apesar da importância das fases iniciais do ciclo de vida dos caranguejos de manguezal poucos são os trabalhos existentes na literatura, quando comparados à quantidade de estudos sobre populações adultas.

No decorrer deste trabalho analisaram-se alguns aspectos da distribuição espacial das megalopas e juvenis presentes no manguezal de Ubatumirim. Os objetivos foram atingidos em grau variável. Enquanto que alguns aspectos dos temas estudados foram conclusivos, outros não foram tão bem explicados. De modo a contribuir para o conhecimento da distribuição espacial dos estágios iniciais do ciclo de vida de caranguejos estuarinos, o presente estudo visou, no primeiro capítulo, analisar a distribuição espacial das megalopas dos grupos taxonômicos que ocorrem no manguezal de Ubatumirim e no segundo capítulo, avaliar a distribuição espacial das populações de juvenis das famílias mais representativas de *Brachyura* em diferentes áreas de coleta.

Considerando a diversidade de grupos taxonômicos obtidos nos coletores artificiais passivos conclui-se que o equipamento de amostragem se comportou de maneira eficaz. As famílias mais abundantes obtidas nos coletores foram as mesmas obtidas no segundo capítulo, porém, as quantidades de cada uma delas se mostrou inversa. Essa diferença na quantidade de larvas das famílias Sesarmidae spp. e Ocypodidae spp. obtidas nos coletores e de juvenis nos quadrados pode estar relacionada à metodologia de amostragem entre outros fatores.

Observou-se que a abundância das megalopas que chegam ao manguezal em períodos de sizígia é significativamente maior do que em períodos de quadratura. Os fatores velocidade de corrente, salinidade e temperatura devem atuar de forma semelhante no transporte e distribuição das megalopas, enquanto que a profundidade dos pontos de coleta exerce menor influência.

Outro resultado importante aqui obtido foi a maior concentração de megalopas em áreas próximas ao oceano aberto. Tal fato indica que as espécies pertencentes às famílias coletadas necessitam de um ambiente com salinidades elevadas, e que não apresente uma marcante oscilação, para que seu desenvolvimento larval ocorra com sucesso. Porém, representantes da família Xanthidae foram escassos e sabe-se que algumas espécies dessa família retêm suas larvas no interior do estuário. Para esclarecer tal questão serão necessárias sucessivas coletas em áreas próximas à baía adjacente e em áreas mais altas do manguezal, com o intuito de quantificar quais estágios larvais estão dentro e fora do estuário.

Uma limitação deste primeiro capítulo foi a identificação das larvas. Há uma enorme necessidade de uma chave de identificação de megalopas que ocorrem na costa sudeste brasileira, o que facilitaria bastante o estudo do zooplâncton marinho. Quando não se chega ao nível de espécie em um estudo desse tipo, apenas é possível encontrar padrões gerais, o que mascara padrões específicos.

Em estudos futuros sobre a ecologia larval de caranguejos estuarinos sugere-se que vários fatores sejam mensurados como, por exemplo, a intensidade dos ventos nos locais adjacentes aos estuários. Aparentemente,

um complexo conjunto de variáveis bióticas e bióticas determina os padrões encontrados de distribuição espacial das megalopas.

Na segunda parte do trabalho, para a determinação da distribuição dos juvenis foram utilizados quadrados para amostrar os indivíduos em diferentes locais. Na análise de distribuição espacial, comparou-se a abundância e o tamanho dos indivíduos pertencentes às famílias mais representativas. As diferenças encontradas entre a abundância de indivíduos das famílias Sesamidae e Ocypodidae em diferentes locais de coleta deve estar relacionada às características intrínsecas de cada táxon. Os ocipodídeos talvez assentem em diversos tipos de sedimento, enquanto os sesarmídeos assentam preferencialmente em locais com uma maior disponibilidade de recursos.

Quanto ao tamanho médio dos juvenis observou-se que em áreas largas, independente do tipo de vegetação, há uma diferença marcante no tamanho médio dos indivíduos para ambas as famílias, em relação aos estratos próximos à margem do rio, o que não acontece em áreas estreitas. Os caranguejos maiores devem ser mais tolerantes a áreas mais altas e ocorrem com maior frequência em locais mais afastados da margem do rio.

As características do sedimento também exercem forte influência na distribuição espacial dos juvenis de ambas as famílias. O teor de matéria orgânica no sedimento correlacionou-se positivamente com a abundância de indivíduos das duas famílias. Os sesarmídeos devem ocupar, preferencialmente, áreas em que o sedimento é mais fino, enquanto que os ocipodídeos ocupam também, áreas com um sedimento mais grosseiro. Alguns autores relacionam a estratégia de reprodução de cada espécie à posição que cada espécie ocupa dentro do manguezal, no entanto, no presente trabalho observa-se claramente uma sobreposição de nichos nos grupos analisados. Porém, outros fatores ambientais que não foram tomados no presente trabalho, além das características do sedimento exercem influência na distribuição espacial das populações de juvenis.

A maior frequência de recrutas recentes nos estratos mais próximos à margem deve estar também relacionada com a maior oferta de substratos favoráveis ao assentamento das megalopas. Estas, por apresentarem a capacidade de selecionar ativamente o substrato, reconhecem as estruturas das raízes (refúgios) e ali assentam.

A descrição de padrões é de fundamental importância em Ecologia. Independente da natureza do estudo, frequentemente, ecólogos se deparam com o problema de estabelecer e quantificar padrões na natureza. Os padrões observados constituem os alicerces para a formulação de modelos e hipóteses, tanto sobre os próprios padrões observados quanto sobre os processos que governam determinados padrões. Informação sobre a abundância e distribuição espacial dos organismos é, geralmente, a base para se tomar decisões sobre o manejo dos ecossistemas. A precisa descrição de um padrão é, dessa forma, essencial para esclarecer muitos aspectos ecológicos.

Os crustáceos decápodos, tanto na sua fase adulta quanto em sua fase larval pelágica, são componentes típicos dos estuários e das zonas costeiras. A elevada biomassa que suas populações apresentam concede-lhes um importante papel na dinâmica energética desses ecossistemas, ao mesmo tempo em que sustenta muitas vezes as atividades pesqueiras. Espera-se que os resultados obtidos no presente trabalho contribuam para o conhecimento da ecologia dos Brachyura e dos ecossistemas em que estes estão inseridos e que tenham utilidade na gestão dos recursos do manguezal de Ubatumirim.