

Carvalho Batista, A. 2013

Pós-Graduação em Ciências Biológicas - AC: Zoologia

MESTRADO

Dinâmica populacional e análise da variação genética do
camarão barba-ruça *Artemesia longinaris* Spence Bate, 1888
(Crustacea Penaeidae)

Abner Carvalho Batista

Orientador: Prof. Dr. Rogério Caetano da Costa

Dissertação apresentada ao Curso de Pós-Graduação do Instituto de Biociências da Universidade Estadual Paulista – UNESP - Campus de Botucatu, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Ciências Biológicas - Área de Concentração: Zoologia.

Botucatu

2013

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA SEÇÃO TÉC. AQUIS. TRATAMENTO DA INFORM.

DIVISÃO DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - CAMPUS DE BOTUCATU - UNESP

BIBLIOTECÁRIA RESPONSÁVEL: **ROSEMEIRE APARECIDA VICENTE**

Carvalho-Batista, Abner.

Dinâmica populacional e análise da variação genética do camarão barba-
ruça *Artemesia longinaris* Spence Bate, 1888 (Crustacea Penaeidae) / Abner
Carvalho-Batista. – Botucatu : [s.n.], 2013

Dissertação (mestrado) – Universidade Estadual Paulista, Instituto de
Biotecnologia de Botucatu

Orientador: Rogério Caetano da Costa

Capes: 20400004

1. Camarão – Ecologia. 2. Genética de populações. 3. Crustáceo –
Distribuição geográfica. 4. Ressurgência (Oceanografia). 5. Biologia do
desenvolvimento.

Palavras-chave: Biologia reprodutiva; Crescimento; Efeito latitudinal; Fluxo
gênico; Metapopulação, Ressurgência.

A utopia está lá no horizonte. Me aproximo dois passos, ela se afasta dois passos. Caminho dez passos e o horizonte corre dez passos. Por mais que eu caminhe, jamais alcançarei. Para que serve a utopia? Serve para isso: para que eu não deixe de caminhar.

Eduardo Galeano

Dedico esta dissertação a meus pais Carlos e Durcineia e a meu irmão Eriko, por sempre estarem ao meu lado desde o início da caminhada.

Agradecimentos

Agradeço ao Prof. Dr. Rogério Caetano da Costa por todos esses anos de oportunidades e aprendizado, por ter sido um grande orientador desde meu primeiro ano de graduação. Também pelas condições oferecidas para a realização desta dissertação e por todas as sugestões fundamentais. Além disso, pela grande amizade, confiança e incentivo, presentes em todas as fases de minha carreira científica. Assim fica o compromisso de retribuir tudo o que fez e continua fazendo por mim.

Ao CNPQ (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico), pela bolsa de estudos contida (#130655/2011-2) e Bolsa Produtividade PQ2 (#304784/2011-7).

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP), pelos recursos financeiros concedidos ao Prof. Dr. Rogério Caetano da Costa, e que propiciaram as coletas de dados para este projeto (AR: #2009/54672-4). Também aos demais auxílios laboratoriais, sendo estes recursos adquiridos por meio dos projetos de pesquisa (JP: #2004/07309-8) e BIOTA Temático (#2010/50188-8), este último sob a responsabilidade do Prof. Dr. Fernando Luis Medina Mantelatto, e no qual está inserida esta dissertação como projeto vinculado.

Ao Prof. Dr. Alexandre de Azevedo pela colaboração no projeto e recepção em Macaé; e ao Núcleo em Ecologia e Desenvolvimento Sócio-Ambiental de Macaé - NUPEM/UFRJ - por ceder suas dependências para a realização das atividades laboratoriais.

Aos Profs. Titulares Adilson Fransozo e Maria Lúcia Negreiros Fransozo, coordenadores do NEBECC (Núcleo de Estudos em Biologia, Ecologia e Cultivo de Crustáceos) de Botucatu, pelo grande exemplo de profissionalismo e dedicação na área da pesquisa, e por sempre estarem de portas abertas nos auxiliando em qualquer atividade. Além disso, agradecemos ao Prof. Dr. Adilson Fransozo por disponibilizar infraestrutura e recursos, coordenando as coletas realizadas na região de Ubatuba, possibilitando assim a realização deste trabalho.

Ao ministério do Meio Ambiente - IBAMA - (Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais e Renováveis) por conceder a licença para coletar o material biológico nas áreas estudadas.

Ao curso de Pós-Graduação em Ciências Biológicas; ao Departamento de Zoologia e Instituto de Biociências de Botucatu (IBB – UNESP), pelas facilidades oferecidas durante a realização deste trabalho.

Ao Departamento de Ciências Biológicas da Faculdade de Ciências (FC) da Universidade Estadual Paulista (UNESP), Campus de Bauru, pela estrutura fornecida para a realização deste trabalho.

Aos pescadores Antônio José da Silva Riscado (Báu) de Macaé e Djalma Rosa (Passarinho) de Ubatuba, não apenas por realizarem com muita competência e

profissionalismo o trabalho amostral, mas também pela amizade, extrema educação que sempre nos trataram e inúmeros ensinamentos sobre a pesca e a vida no mar.

À equipe que realizou as coletas na região de Macaé, os amigos: João Alberto Pantaleão, Daphine Herrera, Gustavo Sancinetti e Thiago Davanso. Sempre dispostos e animados para realizar a tarefa que a nós foi confiada. Em especial agradeço ao Gustavo Sancinetti por ter nos acolhido com tanta boa vontade em sua casa em Macaé, além de nos auxiliar de uma maneira fundamental.

A Sarah Teodoro pela ajuda com as correções de português e pela tradução do resumo para o inglês.

A Dra. Sabrina Morilhas Simões pelas correções no primeiro capítulo desta dissertação.

A Dra. Fernanda Antunes Alves da Costa pela ajuda com correções no segundo capítulo.

A todos os demais amigos do LABCAM: Gabriel (Woody), Filipe Natan (Fi), Ana Paula, Regis, Helena, Jordi, Cintia pela ajuda fundamental na realização de diversas fases do projeto (análise do sedimento, estatística, qualificação...).

Ao amigo Rafael Gregatti por receber a mim e a meus colegas de laboratório em sua casa em Botucatu, oferecendo hospedagem durante o período em que cursávamos as disciplinas exigidas para o mestrado.

Às amigas, Mariana (Magrela), Daniela (Valderrama) e Aline por também me hospedarem em sua casa durante o período de algumas disciplinas.

Ao professor Dr. Fernando Luis Medina Mantelatto, por ter me recebido em seu laboratório e disponibilizado toda a estrutura necessária para realização do segundo capítulo desta dissertação, e por tudo o que aprendi nos meses em que estive lá.

Ao professor Dr. Antônio Leão Castilho por fornecer espécimes utilizados nas análises do segundo capítulo da dissertação.

A Mariana Negri (Kana) por ter sido minha “professora” no laboratório de biologia molecular e por ter gasto muitas horas de seu tempo para me ajudar e me ensinar o que fosse preciso para realização deste trabalho.

Ao Dr. Leonardo Pileggi por ter me auxiliado na elaboração do segundo capítulo.

A Dra. Mariana Terossi por ter me ensinado a utilizar nos programas computacionais necessários às análises moleculares e ter disponibilizando todos os reagentes necessários a realização deste trabalho.

Carvalho Batista, A. 2013

Ao Dr. Rafael Robles por todos os ensinamentos de biologia molecular. Pelas discussões questionamentos que me fizeram pensar muito mais sobre meu trabalho.

A todos os demais companheiros do LBSC, Ana Francisca (Kelps), Natalia Rossi, Isabela (Isa), Fabrício, Edvanda, Raquel, Tatiana, Lucas, Natalia (Ligeira), Camila, Nicole, Mateus, Gabriela, Douglas, Barbara, Juliana e Caio, pela amizade e por todos os momentos divertidos, bolos de aniversário e por toda a ajuda que me deram.

Aos amigos de graduação Tiago (Bradok), Janaina (Jana), Patricia (Paty), Michelle (Mi Sabrina), Fabio (Falco) pelos anos de amizade e tudo de divertido que passamos juntos nesse tempo.

Ao meu irmão Eriko por todo que ele me ajudou nos últimos anos, e pela grande amizade durante a vida inteira.

E por fim, aos meus pais Carlos e Durcineia, por estarem sempre ao meu lado, me apoiando e me incentivando, desde o início.

Sumário

Resumo	9
Abstract	11
Caracterização da espécie e apresentação do estudo	13
Capítulo 1 - Dinâmica Populacional do Camarão “barba-ruça” <i>Artemesia longinaris</i> Spence Bate, 1888 (Crustacea, Penaeidae) em Duas Localidades do Sudeste Brasileiro	18
Resumo	19
2. Introdução	20
3. Material e métodos	24
3.1. Caracterização das áreas de coleta.....	24
3.2. Amostragens dos camarões e dos fatores ambientais.....	25
3.3. Abundância, estrutura da população e comparações de tamanho entre as localidades	28
3.4. Proporção sexual.....	28
3.5. Maturidade sexual.....	28
3.6. Período reprodutivo e recrutamento juvenil.....	29
3.7. Crescimento dos indivíduos e longevidade.....	30
4. Resultados	32
4.1. Fatores ambientais.....	32
4.2. Abundância, estrutura da população e comparações de tamanho entre as localidades.....	36
4.3. Proporção sexual.....	39
4.4. Maturidade sexual.....	40
4.5. Período reprodutivo e recrutamento juvenil.....	41
4.6. Crescimento e longevidade.....	48
5. Discussão	51
6. Referências	61

Capítulo 2 - Análises moleculares comparativas entre populações de <i>Artemesia longinaris</i> Spence Bate, 1888 (Decapoda: Penaeidae) ao longo de sua distribuição geográfica.....	68
1. Resumo.....	69
2. Introdução.....	70
3. Material e métodos.....	73
3.1. Obtenção dos animais.....	73
3.2. Extração do DNA.....	74
3.3. Amplificação do DNA.....	75
3.4. Purificação dos produtos de PCR.....	76
3.5. Sequenciamento do DNA.....	76
3.6. Edição das sequências.....	77
3.7. Análises de distância genética.....	78
3.8. Análise filogenética.....	79
3.9. Análises de variação genética.....	79
4. Resultados.....	79
4.1. Análises de distância genética.....	80
4.2. Análise filogenética.....	82
4.3. Análises de variação genética.....	84
5. Discussão.....	89
6. Referências.....	94

Resumo

O presente trabalho averiguou os efeitos da ressurgência de Cabo Frio sobre a dinâmica e a estrutura genética populacional do camarão *Artemesia longinaris* Spence Bate, 1888. As coletas foram realizadas em duas regiões do sudeste brasileiro, sendo uma localizada ao norte da ressurgência de Cabo Frio (Macaé – RJ) e outra ao sul (Ubatuba – SP). Os objetivos foram comparar a abundância, o tamanho médio dos indivíduos, a proporção sexual, o tamanho da maturidade sexual (CL_{50}), o período reprodutivo, o recrutamento juvenil, o crescimento e a longevidade em ambas as áreas. Foram capturados 51221 indivíduos em Macaé e 757 em Ubatuba. Apenas para as fêmeas foi constatada diferença significativa no tamanho médio dos indivíduos entre as duas regiões, com o maior tamanho sendo verificado em Macaé ($15,9 \pm 3,10$ mm) e contrapondo Ubatuba, com $14,2 \pm 2,55$ mm. Em ambas as regiões, a proporção sexual foi desviada em favor das fêmeas. Os valores de CC_{50} foram de 12,2 mm para os machos e 15,7 mm para as fêmeas em Macaé, e 12,0 mm para os machos e 13,8 mm para as fêmeas em Ubatuba. Em ambas as áreas a reprodução contínua foi constatada, porém dois picos foram verificados, sendo em Macaé um no inverno e no verão e, em Ubatuba, um na primavera e outro no verão. O recrutamento juvenil também foi contínuo com dois picos para as duas regiões, sendo um na primavera e outro no final do verão em Macaé, e um na primavera e outro no início do outono em Ubatuba. As estimativas dos parâmetros de crescimento em Macaé foram de $CC_{\infty} = 20,07$ mm; $k = 0,01/\text{dia}$; $t_0 = 0,403$ para os machos e de $CC_{\infty} = 26,93$ mm; $k = 0,007/\text{dia}$; $t_0 = 0,338$ para as fêmeas. Já para Ubatuba, as estimativas foram de $CC_{\infty} = 16,57$ mm; $k = 0,016/\text{dia}$; $t_0 = 0,44$ para os machos e $CC_{\infty} = 20,59$ mm; $k = 0,012/\text{dia}$; $t_0 = 0,116$ para as fêmeas. A longevidade estimada foi de 457 dias (1,25 anos) para os machos e 643 dias (1,76 anos) para as fêmeas em Macaé, e 294 dias (0,81 anos) para os machos e 400 dias (1,09 anos) para as

fêmeas em Ubatuba. Adicionalmente, o gene mitocondrial Citocromo C Oxidase I foi utilizado para verificar se as populações entre as duas regiões de estudo bem como em todo o restante de sua área de distribuição geográfica estão passando por algum processo de diferenciação, e se todas elas são realmente pertencentes a mesma espécie. Assim, foram obtidas sequências de 63 indivíduos de sete localidades, sendo elas Macaé-RJ (n=10); Ubatuba-SP (n=13); Santos-SP (n=2); Cananeia-SP (n=5); São Francisco do Sul-SC (n=10); Rio Grande-RS (n=10), Mar del Plata-AR (n=13). Os indivíduos de *A. longinaria* oriundos dessas localidades apresentaram baixa distância genética entre si, $1,4 \pm 0,02\%$ em média, e não houve a formação de agrupamentos por região. Os resultados da AMOVA indicaram que a variação genética ocorre dentro das populações. As condições locais verificadas em Macaé, influenciadas pela zona de ressurgência de Cabo Frio, caracterizada por águas mais frias e produtivas quando comparadas com Ubatuba, influenciaram nos aspectos populacionais aqui estudados. O padrão latitudinal esperado, ou seja, conforme a latitude diminui, observa-se uma tendência das populações crescerem menos, além de atingirem a maturidade sexual em menores tamanhos e terem menores longevidades, não foi aplicado. Contudo, nenhuma das análises revelou diferenciação entre as populações para o gene estudado, indicando que *A. longinaria* se trata de um único táxon, sem evidências de especiação e que, ao longo de toda distribuição geográfica da espécie, não existem barreiras capazes de impedir o fluxo gênico entre essas populações. Desse modo, sugere-se que as variações ambientais são responsáveis pela variação fenotípica observada entre as populações da espécie. *Artemesia longinaria* parece constituir uma metapopulação, sendo que as subpopulações localizadas nas extremidades da distribuição geográfica da espécie podem ser consideradas fontes, e as da parte central drenos.

Palavras chave: Biologia reprodutiva; Crescimento; Efeito latitudinal; Fluxo gênico; Metapopulação, Ressurgência.

ABSTRACT

The present work investigated the effects of upwelling from Cabo Frio on the dynamics and on the population genetic structure of the shrimp *Artemesia longinaris* Spence Bate, 1888. Samples were performed in two Brazilian Southeast regions, one of them located at north of Cabo Frio upwelling (Macaé – RJ) and the other at south (Ubatuba – SP). The aims of this work were to compare abundance, size, average size of individuals, sex ratio, size at sexual maturity (CL_{50}), reproductive period, juvenile recruitment and longevity in both areas. A total of 51,221 individuals were captured at Macaé and, at Ubatuba, 757 individuals were caught. A significant difference on the average size between the two regions was observed only in females, with the greatest size found at Macaé ($15,9 \pm 3,10$ mm), whereas average size at Ubatuba was $14,2 \pm 2,55$ mm. At both regions, sex ratio was in favor of females. The values for CL_{50} were estimated as 12.2 mm in males and 15.7 mm in females at Macaé and, at Ubatuba, as 12.0 mm and 13.8 mm, in males and females, respectively. A continuous reproduction was verified at both regions, but two peaks were observed: spring and autumn, for Macaé, and spring and summer, for Ubatuba. Juvenile recruitment also was continuous, with two peaks for both regions: spring and late summer, for Macaé, and spring and early autumn, for Ubatuba. Growth parameters in Macaé were estimated as $CL_{\infty} = 20,07$ mm; $k = 0,01$ /day; $t_0 = 0,403$ in males and estimated as $CL_{\infty} = 26,93$ mm; $k = 0,007$ /day; $t_0 = 0,338$ in females. In Ubatuba, values were estimated as $CL_{\infty} = 16,57$ mm; $k = 0,016$ /day; $t_0 = 0,44$ in males and $CL_{\infty} = 20,59$ mm; $k = 0,012$ /day; $t_0 = 0,116$ in females. Longevity was estimated as 457 days (1.25 years) in males and 643 days (1.76 years) in females of Macaé, and 294 days (0.81 years) in males and 400 days (1.09 years) in

females of Ubatuba. Additionally, the mitochondrial gene Cytochrome C Oxidase I was used to check if populations between the two sample regions as well as their remaining geographic distribution are suffering some differentiation process, and if all of them belong to the same species. In this way, sequences of 63 individuals from 7 localities were obtained, being these regions Macaé-RJ (n=10); Ubatuba-SP (n=13); Santos-SP (n=2); Cananeia-SP (n=5); São Francisco do Sul-SC (n=10); Rio Grande-RS (n=10), Mar del Plata-AR (n=13). Individuals of *A. longinaris* from these areas showed low genetic distance among them, $1,4 \pm 0,02\%$ on average, and there was no cluster formation per region. Results from AMOVA indicated that genetic variation occurs inside populations. Local conditions observed at Macaé, which is influenced by the upwelling region at Cabo Frio and characterized by colder and more productive waters when compared to Ubatuba, had influenced on the population parameters here analysed. The expected latitudinal pattern, i.e., as latitude decreases, there is a tendency for populations present a lower growth, besides reaching sexual maturity in smaller sizes and showing lower longevities, it was not applied. Nevertheless, none of the analyzes showed differentiation among populations for the studied gen, which indicates that *A. longinaris* belongs to only one taxon, with no evidence of especiation and, throughout all geographic distribution of the species, there are no barriers capable of preventing gene flow among these populations. In this way, it can be suggested that environmental changes are responsible for the phenotypic variation observed among the populations of this species. *Artemesia longinaris* seems to be part of a metapopulation, where subpopulations located at the ends of its geographic distribution can be considered as sources and the subpopulations at the center, sinks.

Key words : Gene flow; Growth; Latitudinal effect; Metapopulation; Reproductive biology, Upwelling.

Caracterização da espécie e apresentação do estudo

A espécie alvo do presente estudo, o camarão *Artemesia longinaris* Spence Bate, 1888 pertence ao subfilo Crustacea. Esse grupo possui uma grande diversidade morfológica e apresenta atualmente mais 67000 espécies descritas. Os Crustacea estão divididos em cinco classes, sendo elas: Remipedia, Cephalocarida, Branchiopoda, Maxillopoda e Malacostraca. Nessa última classe encontra-se a ordem Decapoda a qual é bem conhecida e mais estudada não só por seus integrantes apresentarem grande importância econômica, como também por sua grande diversidade adaptativa (Martin e Davis, 2001).

Os Decapoda subdividem-se em duas subordens: Dendrobranchiata e Pleocyemata (Martin e Davies, 2001). Os integrantes do primeiro grupo diferenciam do segundo por apresentarem apresentam brânquias do tipo dendrobrânquias (com ramificações bisseriadas) e os três primeiros pares de pereiópodos quelados. Neste grupo as fêmeas liberam os ovos na coluna d'água sem incubá-los no abdome e as larvas eclodem na forma de náuplio (Pérez-Farfante e Kensley, 1997).

A subordem Dendrobranchiata subdivide-se em duas subfamílias: Sergestoidea (composta pelas famílias Sergestidae e Luciferidae) e Penaeoidea (composta pelas famílias: Aristeidae, Benthesicymidae, Penaeidae, Sicyoniidae e Solenoceridae) e compreende um total de 533 espécies, divididas em 68 gêneros (De Grave e Fransen, 2011).

Artemesia longinaris (Figura 1) conhecida popularmente como camarão barba-ruça ou pintadinho está inserida na família Penaeidae, sendo a única espécie do gênero *Artemesia* Spence Bate, 1888. Sua distribuição é restrita ao Atlântico Sul Ocidental,

ocorrendo desde a Atafona, Rio de Janeiro até a província de Chubut, Argentina (D’Incao, 1995 e Costa et al., 2003).



Figura 1 - Vista lateral de um exemplar adulto de *Artemesia longinaris*. Foto retirada de Costa (2002).

A espécie caracteriza-se por apresentar o corpo glabro, rostro longo somente com dentes dorsais reunidos em crista proximal e espinho epigástrico presente. Carena ad-rostral fraca ou ausente. Carena pós-rostral presente estendendo-se até cerca de dois terços da carapaça. Suturas longitudinal e transversal ausentes. Sulco cervical definido. Sulcos órbito-altenal e hepático mal definidos. Espinhos hepático e antenal presentes. Ângulo pterigostomial arredondado. Carenas laterais da carapaça e abdome ausentes. Abdome com carena dorsal nos somitos 5 e 6. Télson com um par de espinhos fixos e 2 ou 3 pares de espinhos laterais móveis. Pedúnculo ocular sem espinho dorsal no primeiro segmento. Flagelo antenular externo maior do que a carapaça. Primeiro segmento antenular sem espinho no bordo disto-mediano ventral. Base desarmada em todos os pereiópodes. Quelas dos pereiópodes normais. Pereiópodes com tamanhos normais. Petasma simples tubular, com dois pares de ganchos digitais. Télico simples e

fechado; receptáculo seminal incluso em duas cristas laterais que divergem posteriormente. Somito torácico 7 com uma pleurobrânquia e um par de artrobrânquias. Epipoditos bifurcados nos somitos torácicos 4 a 6 (D’Incao, 1995).

Dentre a distribuição geográfica da espécie encontram-se algumas barreiras, entre elas a ressurgência de Cabo Frio/RJ, a qual promove um incremento na produtividade primária marinha local, alterando o estado oligotrófico em que se encontra a maior parte da costa brasileira. Este fenômeno pode influenciar na sobrevivência e o crescimento dos organismos (Franchito et al., 2007) e, conseqüentemente, na produtividade pesqueira (Scheltema, 1986; Morgan, 2001).

Além disso, boa parte da distribuição de *A. longinaris* ocorre em uma área de transição entre duas províncias biogeográficas (Boschi, 2000), sendo a região central da costa brasileira (entre 20° e 23° S) considerada uma zona onde separaria a fauna dessas províncias (Boltovskoy et al., 1999). Ademais, alguns trabalhos mostraram diferenças em características populacionais, como nos tamanhos corporais e da maturidade da espécie ao longo de sua distribuição (Castilho et al., 2007a; Christiansen e Scelzo, 1971; Petriella e Bridi, 1992; Castilho et al., 2007b). No entanto, acima da área de ressurgência são escassos os estudos sobre a espécie (Sancinetti, 2011) e a considerar que esse fenômeno forma uma possível barreira entre os estoques, pela primeira vez, de forma comparativa amostraram-se ao mesmo tempo áreas acima (Macaé) e abaixo (Ubatuba) de Cabo Frio, a fim de verificar se os aspectos populacionais e a estrutura genética populacional se diferenciam.

Assim, o presente trabalho foi dividido em dois capítulos e os seguintes objetivos foram propostos para responder as questões acima. O primeiro teve como objetivo comparar a dinâmica populacional da espécie enfocando na abundância e

tamanho médio dos indivíduos, maturidade e proporção sexual, período reprodutivo e recrutamento juvenil, crescimento dos indivíduos e longevidade nas duas áreas de estudo (Macaé e Ubatuba).

No segundo capítulo foram realizadas análises moleculares visando investigar se populações entre as duas regiões de estudo bem como em toda sua área de distribuição são realmente pertencentes a mesma espécie. Com este estudo, será possível também se caso forem observadas diferenças populacionais entre as áreas, acima e abaixo da ressurgência, verificar se essas são devido a um isolamento reprodutivo entre as populações ou aos efeitos das condições ambientais locais sobre cada uma delas.

Referências

- BOLTOVSKOY, D. **South Atlantic Zooplankton**. Backhuys Publisher, v. 1, 1999, 869 pp.
- BOSCHI, E. E. 2000. Species of decapods crustaceans and their distribution in the American marine zoogeographic provinces. *Revista de Investigación y Desarrollo Pesquero*, v. 13, p. 1 - 64.
- CASTILHO, A. L.; GAVIO, M. A.; COSTA, R. C.; BOSCHI, E. E.; BAUER, R. T.; FRANSOZO, A. 2007a. Latitudinal variation in population structure and reproductive pattern of the endemic south american shrimp *Artemesia longinaris* (Decapoda: Penaeoidea). *Journal of Crustacean Biology*, v. 27, p. 548 – 552.
- CASTILHO, A. L.; FRANSOZO, A.; COSTA, R. C.; BOSCHI, E. E. 2007b. Reproductive biology of the shrimp *Artemesia longinaris* Bate, 1888 (Crustácea, Decapoda, Penaeidae) in the northern Coast of São Paulo State, Brazil. *Revista de Biologia Tropical*, v. 55, p. 39 – 48.
- CHRISTIANSEN, H. E.; SCELZO, M. A. 1971. Ciclo de maduración sexual y observaciones sobre la morfología del aparato genital del camarón *Artemesia longinaris* Bate. *Carpas*, n. 16, p. 1 - 22.
- COSTA, R. C. 2002. **Biologia e Distribuição Ecológica das Espécies de Camarões Dendrobranchiata (Crustacea: Decapoda) na Região de Ubatuba (SP)**. Tese de Doutorado. Instituto de Biociências, Botucatu, SP, UNESP. 186 pp.
- COSTA, R. C.; FRANSOZO, A.; MELO, G. A. S.; FREIRE, F. A. M. 2003. An illustrated key for Dendrobranchiata shrimps from the northern coast of São Paulo state, Brazil. *Biota Neotropica*, v. 3, n. 1, p. 1 - 12.

- DE GRAVE, S.; FRANSEN, C. H. J. M. 2011. Carideorum catalogus: the recent species of the dendrobranchiate, stenopodidean, procarididean and caridean shrimps (Crustacea: Decapoda). *Zoologische Mededelingen, Leiden*, v. 89, n. 5, p.195 – 589.
- D'INCAO, F. 1995. **Taxonomia, padrões distribucionais e ecológicos dos Dendrobranchiata (Crustacea: Decapoda) do litoral brasileiro**. Tese de Doutorado, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, UFPR, 365 pp.
- FRANCHITO, S. H.; ODA, T. O.; RAO, V. B.; KAYANO, M. T. 2008. Interaction between coastal upwelling and local winds at Cabo Frio, Brazil: an observational study. *Journal of Applied Meteorology and Climatology*, v. 47, n. 6, p. 1590 – 598.
- MARTIN, J.; DAVIS, G. E. **An updated classification of the recent Crustacea**. Science Series. Natural History Museum of Los Angeles County, 2001, 124 pp.
- MORGAN, S. G. **The larval ecology of marine communities**, In: BERTNESS M. D.; GAINES; S. D.; HAY, M. E. (eds.) *Marine Community Ecology*, p. 159 – 181. Sinauer Associates, Ins., Sunderland, M. A. 2001.
- PÉREZ-FARFANTE, I.; KENSLEY, B. **Penaeoid and Segestoid Shrimps and Prawns of theWorld. Keys and diagnoses for the families and genera**. Éditions du Muséum national d'Histoire naturelle, Paris. 1997, 233 pp.
- PETRIELLA, A. M.; BRIDI, R. J. 1992. Variaciones estacionales del ciclo de muda y la maduración ovárica del camarón (*Artemesia longinaris*). *Frente Marítimo*, v.11, n. 85 - 92.
- SANCINETTI, G. S. 2001. **Distribuição espaço-temporal e estrutura populacional do camarão *Artemesia longinaris* Bate, 1888 (Crustacea: Decapoda: Penaeidae) no Litoral de Macaé, RJ**. Dissertação de Mestrado. Instituto de Biociências, Botucatu, SP, UNESP, 113 pp.
- SCHELTEMA, R. S. 1986. On dispersal and planktonic larvae of benthic invertebrates: an eclectic over view and summary of problems. *Bulletin of Marine Science*, v. 39, n. 2, p. 290 - 322.

Capítulo 1

Dinâmica Populacional do Camarão “barba-ruça”
Artemesia longinaris Spence Bate, 1888 (Crustacea,
Penaeidae) em
Duas Localidades do Sudeste Brasileiro

1. Resumo

O presente estudo teve como objetivo comparar a dinâmica populacional do camarão *Artemesia longinaris* Spence Bate, 1888, em duas regiões do sudeste brasileiro, uma localizada ao norte da ressurgência de Cabo Frio (Macaé – RJ) e outra ao sul (Ubatuba – SP), enfocando na abundância, o tamanho médio dos indivíduos, proporção sexual, tamanho da maturidade sexual (L_{50}), período reprodutivo (baseado na porcentagem de fêmeas em condição reprodutiva), recrutamento juvenil, crescimento e longevidade. Foram realizadas coletas mensais de julho de 2010 a junho de 2011 em três pontos em cada região. Foram monitorados durante as amostragens a temperatura e a salinidade da água de fundo, conteúdo de matéria orgânica do sedimento, concentração de clorofila-*a* na água. As coletas foram realizadas com um barco camaroneiro equipado com redes de arrasto de fundo do tipo “Double rig” durante uma hora em cada ponto. Foram capturados 51221 indivíduos em Macaé e 757 em Ubatuba. Apenas para as fêmeas foi constatada diferença significativa no tamanho médio entre as duas regiões, sendo o maior tamanho verificado em Macaé, $15,9 \pm 3,10$ mm, enquanto em Ubatuba foi de $14,2 \pm 2,55$ mm. Em ambas as regiões, a proporção sexual foi desviada em favor das fêmeas. Os valores de L_{50} (CC_{50}) foram de 12,2 mm para os machos e 15,7 mm para as fêmeas em Macaé, e 12,0 mm para os machos e 13,8 mm para as fêmeas em Ubatuba. Em ambas as áreas foi verificada uma reprodução contínua, com dois picos sendo um inverno e outro no verão em Macaé e um na primavera e outro no verão em Ubatuba. O recrutamento juvenil também foi contínuo com dois picos em ambas as regiões, sendo um na primavera e outro no final verão em Macaé e um na primavera e outro no início do outono em Ubatuba. As estimativas dos parâmetros de crescimento em Macaé foram de $CC_{\infty} = 20,07$ mm; $k = 0,01/\text{dia}$; $t_0 = 0,403$ para os machos e $CC_{\infty} = 26,93$ mm; $k = 0,007/\text{dia}$; $t_0 = 0,338$ para as fêmeas, e em Ubatuba CC_{∞}

= 16,57 mm; $k = 0,016/\text{dia}$; $t_0 = 0,44$ para os machos e $CC_\infty = 20,59$ mm; $k = 0,012/\text{dia}$; $t_0 = 0,116$ para as fêmeas. A longevidade estimada foi de 457 dias (1,25 anos) para os machos e 643 dias (1,76 anos) para as fêmeas em Macaé e 294 dias (0,81 anos) para os machos e 400 dias (1,09 anos) para as fêmeas em Ubatuba. As condições locais verificadas em Macaé, influenciadas pela zona de ressurgência de Cabo Frio, caracterizada por águas mais frias e produtivas (clorofila-*a*) quando comparadas com Ubatuba, influenciando nos aspectos populacionais aqui estudados. O padrão latitudinal esperado, o qual conforme diminui a latitude se observa uma tendência das populações crescerem menos, atingirem a maturidade sexual em menores tamanhos e terem menores longevidades não foi aplicado.

2. Introdução

O forte aumento nas capturas do pescado brasileiro na década de 80 e 90 ocasionou um declínio vertiginoso nos estoques comercialmente exploráveis (Hilsdorf e Moreira, 2004). Os principais causadores da diminuição dos estoques naturais das espécies mais rentáveis, como os camarões-rosa *Farfantepenaeus brasiliensis* (Latreille, 1817) e *Farfantepenaeus paulensis* (Perez-Farfante, 1967), o camarão-branco *Litopenaeus schmitti* (Burkenroad, 1936) e o camarão sete-barbas *Xiphopenaeus kroyeri* (Heller, 1862), foram o aumento da frota pesqueira acrescida da grande exploração comercial.

O declínio desses estoques tem provocado um aumento da procura das espécies que não eram tão atrativas comercialmente, como *Artemesia longinaris* Spence Bate, 1888 e *Pleoticus muelleri* (Spence Bate, 1888) (Costa, 2002; Castilho et al., 2008a). *Artemesia longinaris* trata-se de um importante integrante da cadeia trófica marinha, que serve de alimento para diversas espécies de peixes demersais e cefalópodes,

enquanto que, suas larvas são predadas principalmente por espécies de invertebrados e peixes juvenis da família Sciaenidae (Ruffino, 1991).

A distribuição da espécie aponta para uma forte afinidade pelo tipo de substrato, areia fina e muito fina e por águas com temperaturas abaixo dos 20 °C (Costa et al., 2005). A temperatura é considerada um dos parâmetros determinantes na distribuição temporal dos organismos, principalmente para os camarões peneídeos (Dall et al., 1990; Costa e Fransozo, 2004). Variações na abundância desta espécie na região de Ubatuba foram relatadas com significativo incremento, durante a primavera e o verão, provavelmente devido a maior penetração da ACAS (Água Central do Atlântico Sul) em regiões mais próximas à costa (Castilho et al., 2007a, Costa et al., 2005)

A circulação oceanográfica do atlântico sul tem como principais fluxos de água, duas correntes. Uma proveniente do norte (corrente do Brasil), a qual transporta águas tropicais (AT; $T > 20\text{ °C}$, $S > 36$) caracterizadas por alta salinidade e temperatura e outra proveniente do sul (Malvinas = Falkland), caracterizada por apresentar baixa salinidade e temperatura (ASA; $T < 15\text{ °C}$, $S < 34$) (Castro-Filho e Miranda, 1998). Entre as latitudes de 25° S e 45° S, ocorre a confluência das águas tropicais (corrente do Brasil) com águas sub-antárticas (corrente das Malvinas), representando parte da convergência subtropical, e dando origem a uma massa de água chamada de Água Central do Atlântico Sul (ACAS; $T < 18\text{ °C}$, $S < 36$), que durante determinadas épocas do ano, dependendo da intensidade e da influência tanto das correntes, como dos ventos (Castro-Filho et al., 1987), podem promover modificações horizontais, verticais e um processo sazonal de mistura entre as diferentes massas de água nas regiões costeiras (Odebrecht e Castello, 2001).

A maior parte da costa Brasileira (de 5 a 30° S) é influenciada principalmente pela corrente do Brasil, a qual mantém um estado oligotrófico, com baixos níveis de

nutrientes (N e P), apresentando de forma geral, uma baixa produtividade primária (Boltovskoy et al., 1999). Este estado oligotrófico, somente é modificado em algumas áreas restritas, como por exemplo, na região de Cabo Frio (23° S). Esta região é caracterizada pela ocorrência de uma ressurgência costeira, de forma que uma forte anomalia da temperatura superficial (baixas temperaturas) pode ser encontrada durante a maior parte do ano (Valentin, 1984). A ressurgência nesta localidade se torna mais forte durante as estações de primavera e verão (Stech et al., 1995), de forma que esta sazonalidade na intensidade da ressurgência está relacionada com a penetração das Água Central do Atlântico Sul (ACAS) na região costeira.

A ressurgência na região de Cabo Frio não é um caso comum. A maioria das regiões costeiras de ressurgência no mundo está localizada na costa leste dos oceanos: Peru, Equador, Califórnia e Oregon na costa do Pacífico, e noroeste da África e Sul de Bengala no Oceano Atlântico. Entretanto, a ressurgência de Cabo Frio ocorre sobre a costa oeste do Oceano Atlântico, sendo de grande importância para o enriquecimento biológico, e conseqüentemente para a atividade pesqueira desta região (Franchito et al., 2007). De forma geral, processos físicos podem afetar a produtividade primária em escala de tempo e espaço, causando variações na disponibilidade de alimento, afetando o crescimento e a sobrevivência dos organismos (Scheltema, 1986; Morgan, 2001).

Tais características oceanográficas tornam a região central (costeira) do Brasil, localizada entre 20° e 23° de latitude Sul, uma área de descontinuidade, relacionada aos esquemas de biogeografia propostos, sendo geralmente interpretada como uma fronteira do domínio tropical e subtropical. Esta quebra sugerida há quase 150 anos atrás, vem sendo confirmada com base em dados de flora e fauna (Boltovskoy et al., 1999).

Um propósito para se estudar a dinâmica populacional de invertebrados bentônicos, seria a elaboração de testes relacionados ao efeito da variação latitudinal no padrão reprodutivo, recrutamento juvenil, crescimento e longevidade populacional.

Vários autores propõem a ação do “paradigma do efeito latitudinal” para os camarões *Penaeoidea* (Bauer, 1992; Bauer e Rivera-Vega, 1992; Boschi, 1997; Gavio e Boschi, 2004; Costa e Fransozo, 2004; Castilho et al., 2007b), ou seja, a dinâmica populacional tende a variar conforme a localização latitudinal das espécies. Tal paradigma é usualmente utilizado para gerar hipóteses sobre estímulos ambientais específicos como, temperatura, salinidade, sedimento (fatores proximais) e pressões seletivas, como disponibilidade de alimento (fatores finais) que agiriam no comportamento reprodutivo e no crescimento. Assim, é possível avaliar se as flutuações reprodutivas, o crescimento e a longevidade das populações seriam respostas as alterações ambientais em cada gradiente latitudinal ou ocorreriam por ações antrópicas.

Desta forma o presente trabalho averiguará a dinâmica populacional do camarão *Artemesia longinaris* em duas localidades do Sudeste brasileiro, uma acima (Macaé, RJ) e outra abaixo (Ubatuba, SP) da ressurgência de Cabo Frio, e os seguintes objetivos específicos serão comparados durante um ciclo anual:

- a abundância e o tamanho médio dos indivíduos de *A. longinaris* nas duas regiões de coleta;
- maturidade e proporção sexual nas duas regiões ao longo do período de estudo;
- o período reprodutivo e recrutamento juvenil de *A. longinaris* nas duas regiões de estudo e sua correlação com os fatores ambientais amostrados;
- o crescimento dos indivíduos e a longevidade para ambos os sexos de *A. longinaris* em ambas as localidades.

3. Material e Métodos

3.1 Caracterização das áreas de coleta

As coletas foram realizadas em duas regiões do Sudeste da costa brasileira (Macaé-RJ, 22°37' S e 41°78' W e Ubatuba, 23°27' S e 45°02' W).

A região de Macaé está localizada no litoral norte do estado do Rio de Janeiro, próxima a área de ressurgência de Cabo Frio, em seu entorno encontra-se o Arquipélago de Santana composto pelas Ilhas de Santana, do Francês, Ponta das Cavalas, Ilhote Sul e diversos rochedos e lajes (Radam, 1983).

O Vento Nordeste (NE) é dominante durante o verão, e dada à orientação particular do litoral fluminense, o mesmo afasta a água costeira em direção ao alto mar favorecendo a aproximação e afloramento da Água Central do Atlântico Sul (ACAS), a qual possui baixas temperaturas (< 20 °C) e altas concentrações de nutrientes. Durante o inverno, os ventos de Sudoeste dominam e as águas costeiras assumem sua posição usual por sobre a plataforma continental (Emilsson, 1961; Moreira da Silva, 1977; Gonzalez-Rodriguez et al., 1992).

A região de Ubatuba apresenta um litoral constituído de minúsculos maciços isolados e promontórios dos esporões terminais da Serra do Mar, cujas características conferem um aspecto intensamente recortado (Ab'Saber, 1955). Esse tipo de topografia possibilita a formação de inúmeras praias e enseadas que proporcionam a formação de microambientes, com limites internos muito irregulares, propícios ao estabelecimento e desenvolvimento biótico marinho (Negreiros-Fransozo et al., 1991). Essa região é influenciada por três massas de águas que, quando comparadas entre si, possuem características peculiares e modelos distintos de distribuição no verão e inverno: Água

Costeira (AC), com alta temperatura e baixa salinidade ($t > 20\text{ }^{\circ}\text{C}$ e $s < 36$); Água Tropical (AT), que apresenta altas temperatura e salinidade ($t > 20\text{ }^{\circ}\text{C}$ e $s > 36$) e Água Central do Atlântico Sul (ACAS), tanto a temperatura como a salinidade são baixas ($t < 18\text{ }^{\circ}\text{C}$ e $s < 36$) (Castro-Filho et al., 1987).

3.2 Amostragens dos camarões e dos fatores ambientais

Para cada região de estudo três diferentes áreas foram amostradas até os 20 metros de profundidade, evitando-se assim o enviesamento das análises pelas variações locais. As localizações das regiões e das áreas de coleta estão representadas na figura 1.

As coletas foram realizadas mensalmente em ambas as regiões de forma sincronizada, durante o período de julho de 2010 a junho de 2011. Em cada região, um arrasto de 60 minutos foi percorrido no sentido dos 5 aos 20 metros de profundidade em cada ponto de coleta. Os pontos de coleta em cada área foram marcados com um GPS (Global positioning system).

Todo o trabalho de campo foi efetuado com a utilização de um barco de pesca comercial possuindo 2 redes de arrasto de fundo do tipo “otter-trawl”. Os tamanhos das embarcações utilizadas foram de 10 metros de comprimento, com redes de arrasto com abertura entre portas de 5 metros. As distâncias dos entrenós na panagem e no saco foram, respectivamente, de 20 e 18 mm.

Após o término de cada arrasto, as redes foram recolhidas ao convés e o material biológico passou por uma triagem preliminar, em seguida, os camarões foram colocados em sacos plásticos etiquetados e acondicionados em caixas térmicas com gelo picado. No laboratório, todos os camarões foram identificados de acordo com Costa et al. (2003). Em seguida, por meio de paquímetros (0.1mm), os indivíduos foram mensurados quanto ao tamanho da carapaça, obtendo-se a medida da distância linear do

ângulo pós-orbital até a margem posterior da carapaça (CC mm) e identificados quanto ao sexo com base na presença do petasma, para os machos e do telico, para as fêmeas.

A biomassa total foi obtida pelo peso úmido dos camarões, utilizando-se uma balança digital (precisão 0,01 g). Em seguida, subamostras equivalentes a 150 g foram retiradas aleatoriamente e o número de indivíduos contados e mensurados. Assim com os dados da subamostra e de acordo com a biomassa total, foi possível estimar o número total de indivíduos dessa espécie para cada amostragem, como proposto por Costa (2002). Quando a biomassa total da amostra não ultrapassou 150 g todos os indivíduos foram contados e mensurados.

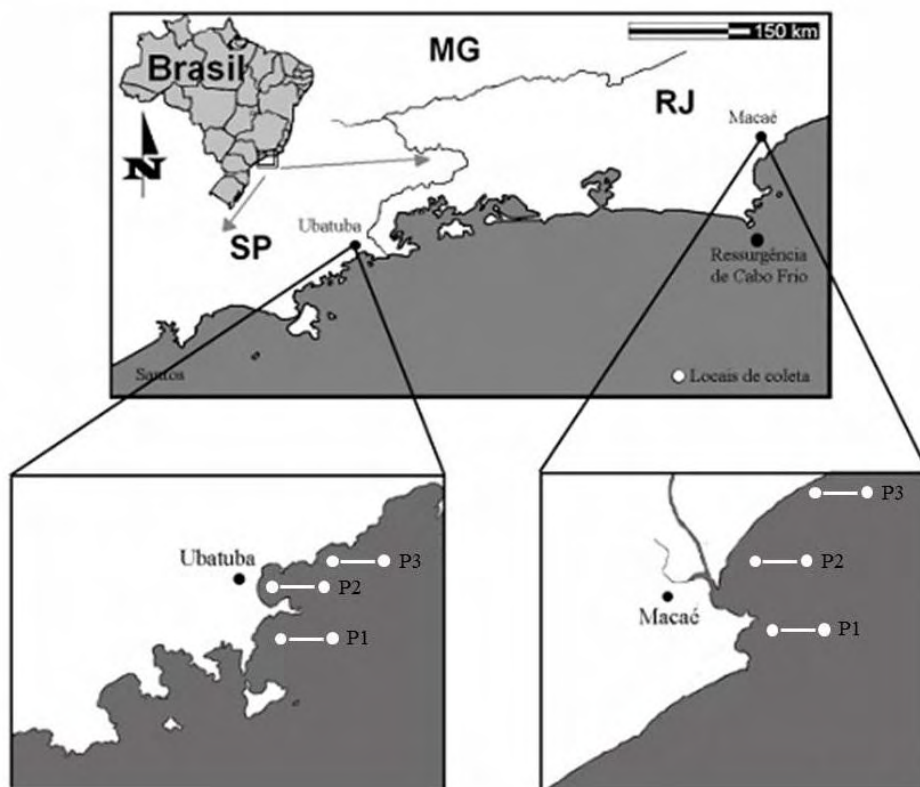


Figura 1- Mapa das regiões de estudo evidenciando as áreas e seus pontos de coleta em Macaé e Ubatuba.

As amostras de água de fundo foram obtidas utilizando-se de uma garrafa de Van Dorn e efetuadas as medidas de temperatura (termômetro de mercúrio - °C) e salinidade (refratômetro óptico específico).

Também foram obtidas amostras de água da região superficial (zona eufótica) para a determinação da concentração de clorofila-*a*. A mensuração da concentração de clorofila-*a* na água ($\mu\text{g.l}^{-1}$) foi realizada segundo Golterman et al. (1978). Determinado volume de água (1,5 l), foi filtrado em filtro Millipore (AP40). O filtro contendo o material foi conservado em laboratório a uma temperatura de -20 °C, até a posterior determinação através da extração. A clorofila-*a* foi extraída em um volume de 10 ml de acetona (90 %) a frio, por meio de maceração. Os extratos em 10 ml foram transferidos para tubos de ensaio e colocados em um refrigerador por aproximadamente 12 horas, protegidos de luz. Após este período, as amostras foram centrifugadas por 10 minutos a 4900 rpm. A seguir, foram medidas as absorbâncias a 663 e 750 nm, utilizando um espectrofotômetro Femto 600plus.

O sedimento foi amostrado por meio de um coletor de sedimento do tipo Van Veen (área de 0,06 m²) nas quatro estações do ano, durante o período estudado. Cada amostra foi acondicionada em sacos plásticos e demarcada pelo ponto de coleta e mês de origem para ser congelada até a análise de matéria orgânica.

O procedimento adotado para a análise do sedimento utilizou como referência os trabalhos de Hakanson & Jansson (1983) e Tucker (1988). No laboratório, cada amostra de sedimento foi submetida a 70 °C numa estufa de secagem e esterilização durante 24 horas. Em seguida, foram separadas duas subamostras de 10 gramas para análise do teor de matéria orgânica. Em caso de resultados não similares entre as duas amostras separadas uma terceira era realizada, e posteriormente uma média calculada.

Cada subamostra foi acondicionada em cadinhos numerados e pesados inicialmente. Os cadinhos foram colocados numa mufla a 500 °C e, após 3 horas, foram retirados para a medição do peso final. A diferença entre o peso inicial e peso final foi o teor de matéria orgânica observado em cada transecto sendo, em seguida, convertido em porcentagem.

3.3 Abundância, estrutura da população e comparações de tamanho entre as localidades

Diferenças na abundância geral entre as populações foram averiguadas por meio do teste Kruskal-Walis.

Todos os espécimes mensurados foram divididos em classes tamanho de 1 mm e gráficos de barras (histogramas) foram construídos com o objetivo de comparar visualmente a frequência da distribuição dos indivíduos nas classes. Teste de Mann-Whitney foi usado para comparar o tamanho dos indivíduos de cada sexo entre as regiões amostradas a um nível de probabilidade de cinco por cento (Zar, 1999).

3.4 Proporção Sexual

A proporção sexual foi definida como a razão entre o número de fêmeas pelo número de machos da população (número de fêmeas /número de machos) coletados mensalmente em cada região. Diferenças significativas entre o número de indivíduos de cada sexo foram averiguadas mensalmente através do teste qui-quadrado (χ^2). Quando a população apresentava menos de 20 indivíduos o teste não foi aplicado (Vieira,1991).

3.5 Maturidade Sexual

A condição reprodutiva das fêmeas foi averiguada com base na observação macroscópica das gônadas. Quatro estágios de desenvolvimento foram identificados, sendo eles: IM = imaturo, RU = rudimentar (adultos com gônadas não maduras), ED =

em desenvolvimento e DE = desenvolvido. As fêmeas nos estágios ED + DE foram agrupadas em fêmeas reprodutivas (Castilho et al., 2007a).

Para os machos, foi seguido o padrão proposto por Boschi e Scelzo (1977) e Costa & Fransozo (2004), ou seja, pela fusão do petasma (endopodito do primeiro apêndice abdominal), foram separados os exemplares imaturos (IM) (petasma não fusionado), dos adultos (petasma fusionado). Adicionalmente, os machos adultos foram classificados em desenvolvidos (DE) quando apresentaram ampola terminal completamente cheia, e rudimentares (RU) quando essa não se encontrava totalmente cheia (Nakagaki & Negreiros-Fransozo, 1998).

Visando facilitar a comparação com os demais trabalhos disponíveis na literatura e devido a importância pesqueira da espécie, para a determinação da maturidade sexual foi utilizado o método L_{50} , ou seja, estimou-se o tamanho em que 50 % dos indivíduos da população em estudo estavam com suas gônadas em condição reprodutiva (ED + DE). O conhecimento do tamanho da maturidade da população (L_{50}) é essencial para determinar o tamanho mínimo de captura para espécies de importância pesqueira (King, 1997).

Este método consiste na distribuição (%) dos indivíduos em classes de tamanho, utilizando como variável independente o comprimento da carapaça (CC) e como variável dependente as frequências relativas de indivíduos reprodutivos (ED + DE). Posteriormente, os dados foram ajustados a uma equação logística ($y = 1 / (1 + e^{r(CC - CC_{50})})$) pelo método de mínimos quadrados (Vazzoler, 1996), definindo o valor da maturidade (CC_{50}) por interpolação (50%).

3.6 Período reprodutivo e recrutamento juvenil

O período reprodutivo em cada população foi estimado pela porcentagem de fêmeas reprodutivas (ED + DE) em cada mês ou estação do ano (Castilho et al., 2007a).

O recrutamento foi verificado com base na porcentagem de indivíduos juvenis (machos + fêmeas) em cada mês e estação do ano. Foram considerados como recrutas juvenis os espécimes amostrados pertencentes aos 25% iniciais do total de classes de tamanho possíveis (Bauer & Riveira-Vega, 1992), independentemente de sua condição reprodutiva.

A análise de variância (ANOVA) foi utilizada para verificar a ocorrência de diferenças significativas no tamanho e no número de fêmeas reprodutivas e recrutas juvenis entre os meses e estações do ano. Quando os dados não se enquadravam na distribuição normal foi utilizado o teste não paramétrico correspondente (Kruskal-Wallis). A correlação de Spearman foi utilizada para testar a hipótese de associação entre a frequência de fêmeas reprodutivas e recrutas e os fatores ambientais (temperatura, salinidade, concentração de clorofila-*a*, % matéria orgânica no sedimento). Para os recrutas também foi testada a correlação com o número de fêmeas reprodutivas, todos os testes foram realizados com adotando-se nível de significância de 5 % (Zar, 1999).

3.7 Crescimento dos indivíduos e longevidade

A análise de crescimento foi realizada separando-se machos e fêmeas. Em cada região e mês de coleta, as frequências dos comprimentos (CC mm) foram calculadas em classes de tamanho de 0,5 mm. As modas foram calculadas com software “PeakFit” 4.0 que ajusta as frequências observadas às curvas normais, de modo que os valores da média e da moda ajustadas sejam os mesmos (Heckler, 2010).

De acordo com Freire (2005) esse software, ignora o número de indivíduos e, assim, identifica os picos modais mais extremos, constituídos de um número amostral muito pequeno os quais são de suma importância para a determinação do crescimento. Ou seja, na análise de crescimento estas modas foram interpretadas como grupos

etérios, que seguidos ao longo do tempo, produziram a informação necessária para a construção da curva de crescimento. As modas sobrepostas foram eliminadas, pois não foram interpretadas como grupos etários verdadeiros, e sim como resíduos de dois grupos adjacentes.

As modas encontradas foram plotadas em um gráfico de dispersão de idade (em dia) versus comprimento da carapaça (mm), para que assim fosse possível determinar as coortes (progressões modais) por tentativa e erro.

Os parâmetros de crescimento foram calculados para as diferentes coortes por meio da ferramenta “Solver” que, a partir de valores semente”, minimiza a soma dos resíduos entre os comprimentos observados em campo e os calculados pelo modelo de Bertalanffy (1938), variando os parâmetros da equação (k , t_0 e CC_∞). Para avaliarmos se o valor de CC_∞ (comprimento assintótico) correspondeu aos valores verificados para a espécie, utilizamos o método escolhido por Piccinini (2005), onde foram comparados os valores calculados com os maiores valores de comprimento de carapaça encontrados nas amostras e na literatura para a mesma região. Foram selecionadas as coortes que apresentaram um ritmo de crescimento biologicamente coerente no que diz respeito à longevidade, coeficiente de crescimento e comprimento assintótico. O coeficiente de determinação (r^2) também foi considerado para a escolha dos pontos.

Depois de selecionadas as modas, foram feitas as correções das idades em dias, baseadas nos intervalos de tempo entre as coletas e no valor de t_0 encontrado. Os comprimentos modais e as idades corrigidas foram utilizados para o cálculo de uma curva de crescimento média, através da equação de Bertalanffy (1938) que é dada por:

$$CC_t = CC_\infty [1 - e^{-k(t-t_0)}]$$

sendo que, o comprimento da carapaça calculado (CC_t) é o tamanho que se estima ter o indivíduo na idade t ; o comprimento assintótico (CC_∞) representa o tamanho máximo

teórico que a espécie atingiria se crescesse indefinidamente; o coeficiente de crescimento (k) consiste em uma medida da taxa com que o comprimento assintótico é alcançado; o parâmetro de ajuste (t_0) equivale à idade teórica que o organismo teria no tamanho igual a zero.

As curvas médias obtidas para machos e fêmeas foram comparadas utilizando um teste de hipótese do tipo F, com significância igual a 0,05, de acordo com Cerrato (1990). A longevidade ($T_{m\acute{a}x}$) foi obtida através da equação inversa de Bertalanffy com uma adaptação sugerida por D’Incao & Fonseca (1999):

$$T_{m\acute{a}x} = (0 - (1/k) \text{Ln} (1 - CC_t/CC_{inf}))$$

considerando-se o parâmetro $t_0 = 0$ e o comprimento esperado (CC_t) como sendo 99% do comprimento assintótico ($CC_t/CC_{\infty} = 0,99$).

4. Resultados

4.1 Fatores Ambientais

No geral, na região de Macaé verificou os menores valores de temperatura de água de fundo quando comparada à Ubatuba. Em Macaé, o valor médio da temperatura foi de $20,8 \pm 1,80$ °C, com amplitudes de 18,00 a 24,50 °C ao longo do ano, em contrapartida, em Ubatuba o valor médio deste fator ambiental foi de $23,70 \pm 2,85$ °C, variando de 19,50 a 31,00 °C (Figura 2).

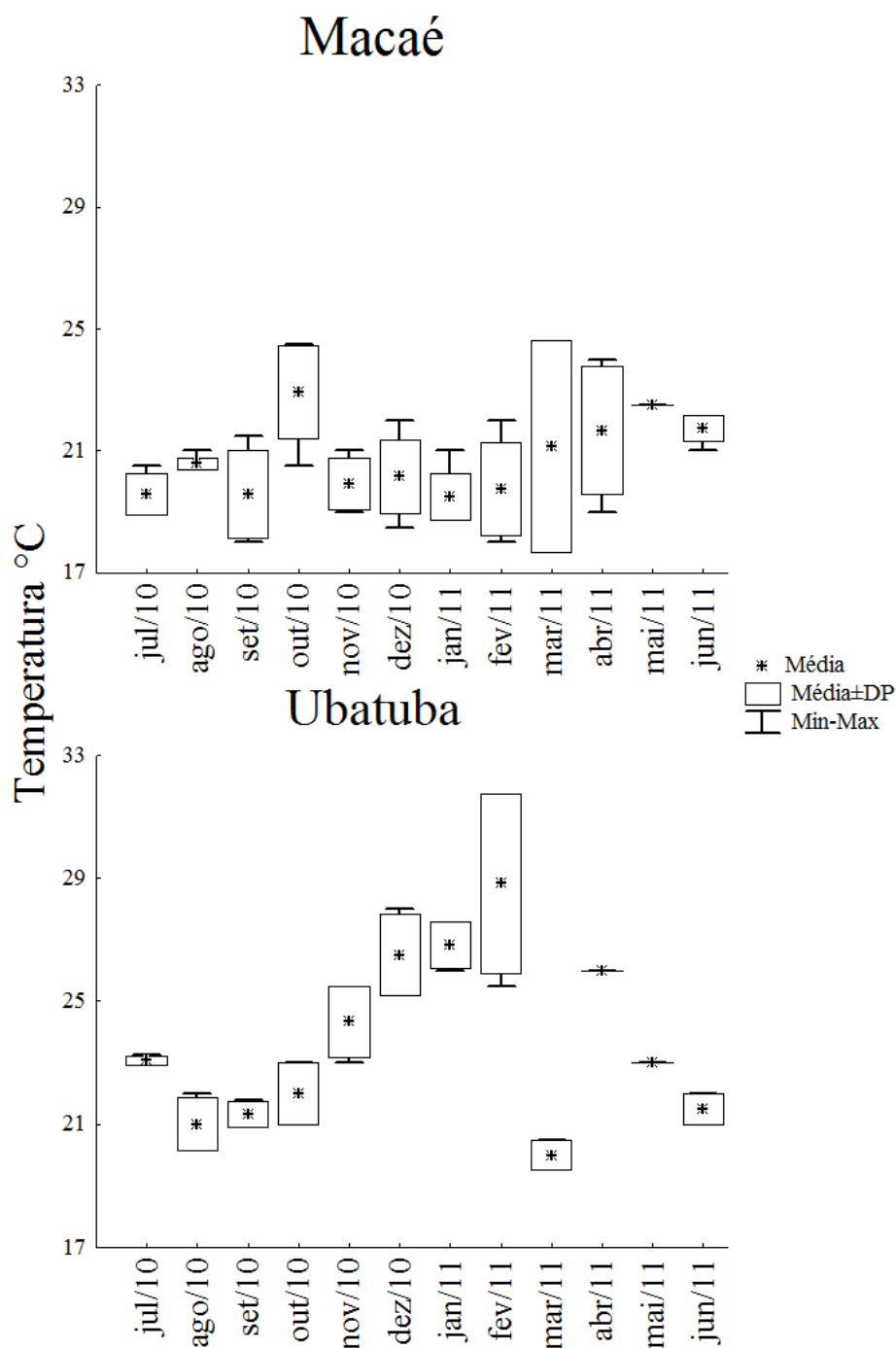


Figura 2- Valores médios mensais, desvio padrão e valores mínimos e máximos de temperatura da água de fundo nas regiões de: A - Macaé e B – Ubatuba, no período de julho de 2010 a junho de 2011.

Em relação à salinidade, a região de Macaé notificou os maiores valores salinidades de fundo com média de $36,9 \pm 0,78$, a variação durante o ano foi pequena com amplitudes entre 35 e 39. Por outro lado, em Ubatuba, uma maior amplitude foi averiguada (29 a 36) com uma média de $33,5 \pm 1,81$ (Figura 3).

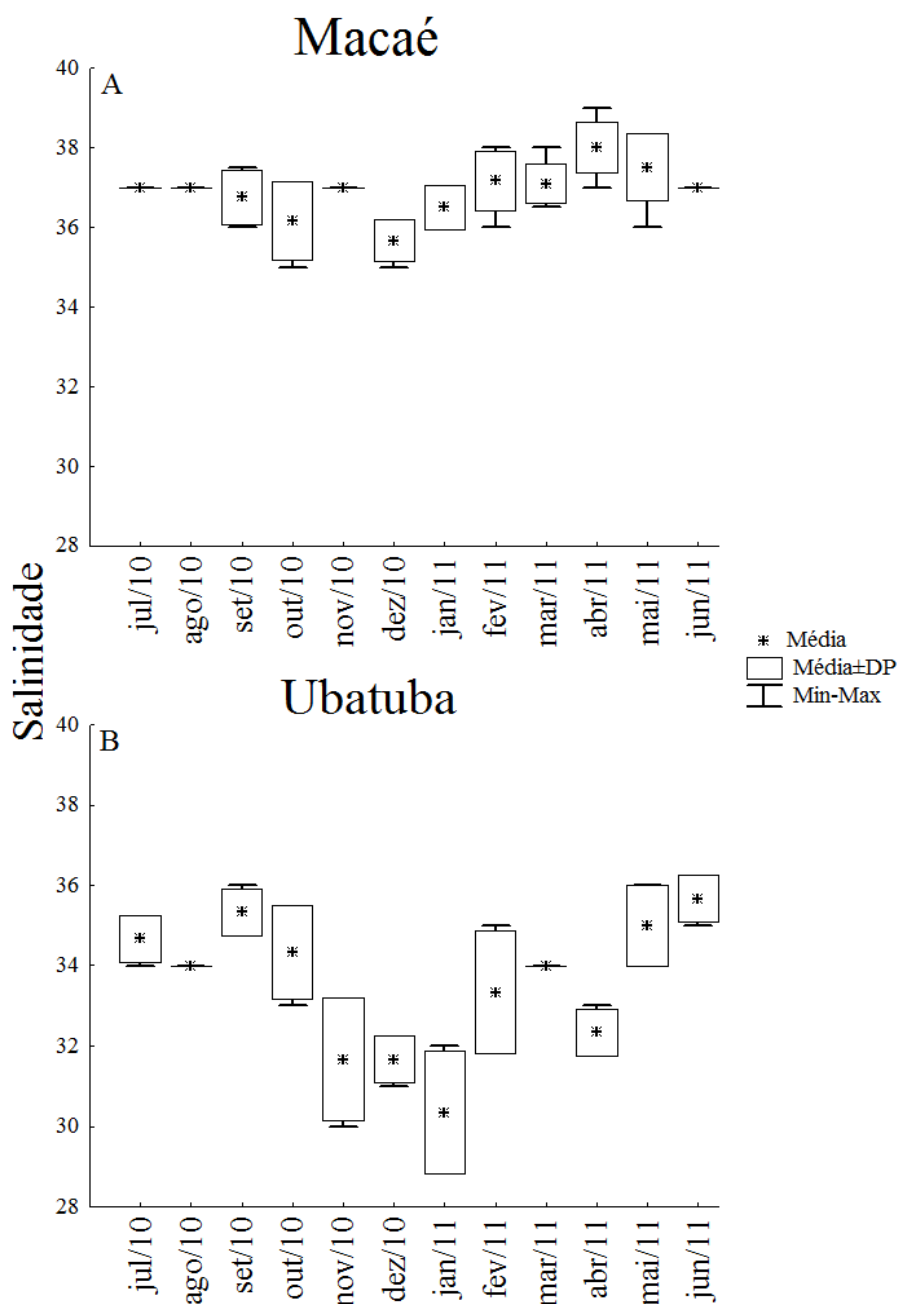


Figura 3 - Valores médios mensais, desvio padrão e valores mínimos e máximos de salinidade da água de fundo nas regiões de: A - Macaé e B – Ubatuba no período de julho de 2010 a junho de 2011.

A concentração média de clorofila-*a* em Macaé foi de $2,25 \pm 2,67 \mu\text{g/L}$ variando de 0,32 a $14,8 \mu\text{g/L}$ ao longo do ano. Em contraste, a região de Ubatuba apresentou valores bem menores ao longo de todo ano com uma concentração média de $0,63 \pm 0,56 \mu\text{g/L}$ variando entre 0,03 e $2,03 \mu\text{g/L}$ (Figura 4).

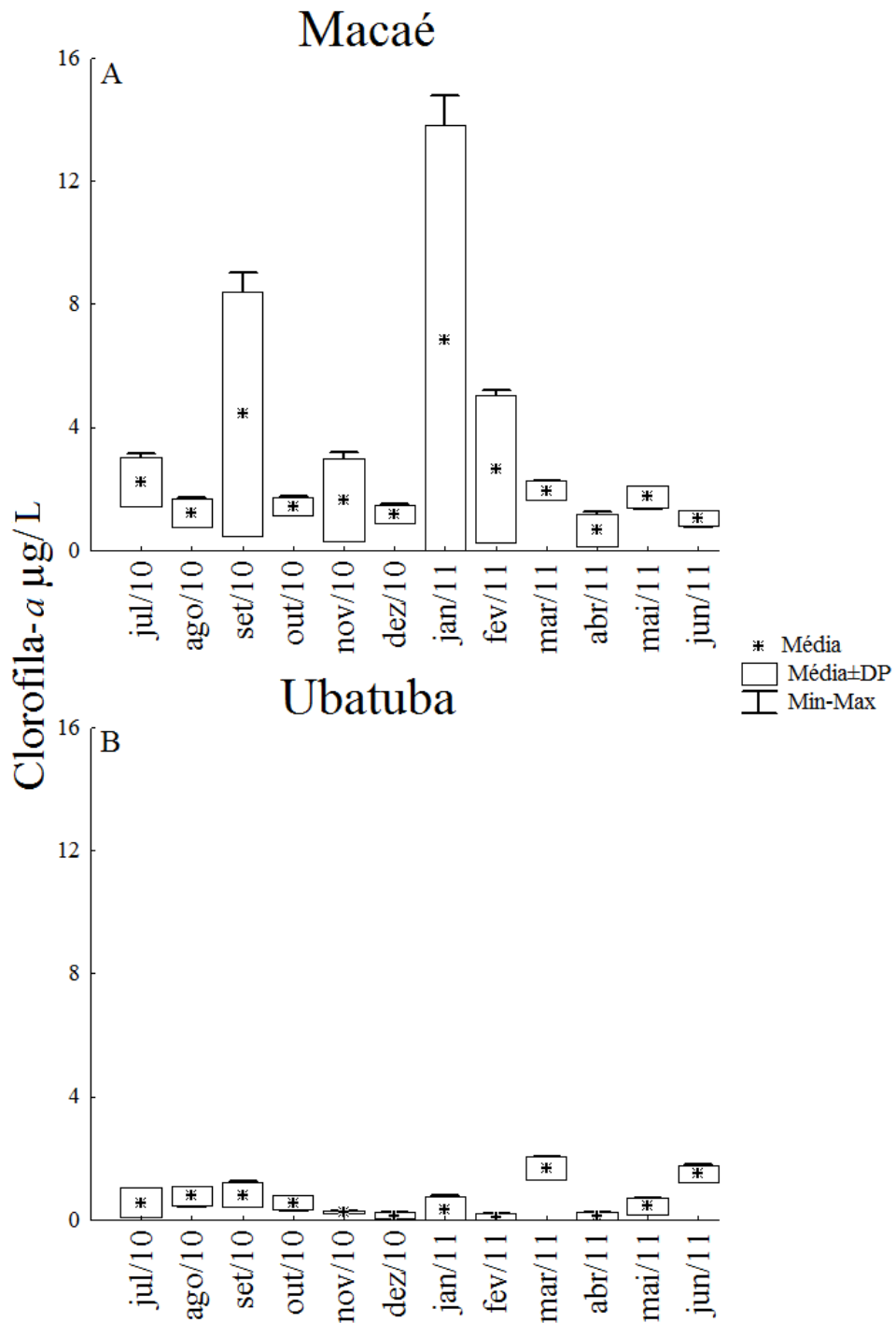


Figura 4 - Valores médios, desvio padrão e valores mínimos e máximos da concentração de clorofila-*a* na água nas regiões de: A - Macaé e B- Ubatuba no período de julho de 2010 a junho de 2011.

O teor médio de matéria orgânica no sedimento em Macaé foi de $9,04 \pm 3,49 \%$, variando de 2,53 a 14,63 %. Já em Ubatuba, por sua vez, os menores valores deste fator ambiental foi encontrado com média de $2,81 \pm 3,16 \%$ variação entre 0,74 e 11 % (Figura 5).

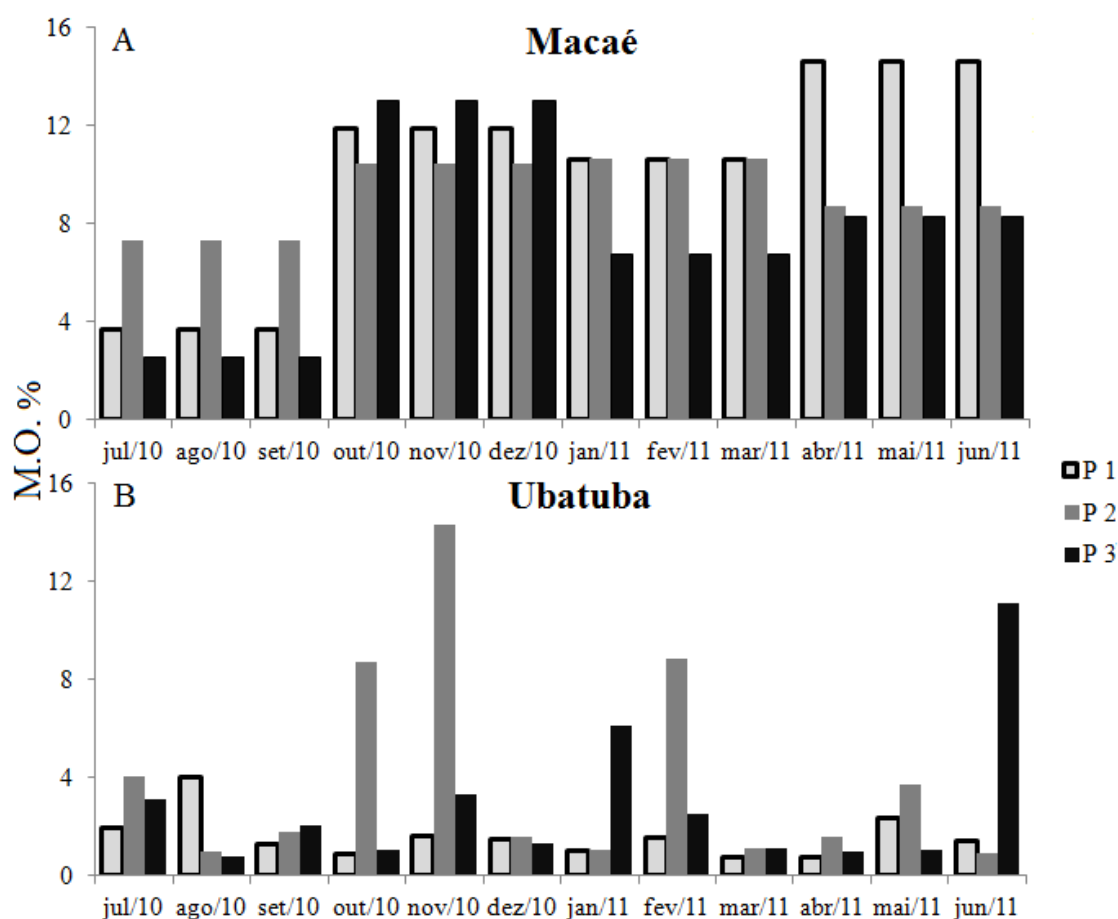


Figura 5 – Valores mensais de teor de matéria orgânica (M.O.%) do sedimento, em cada ponto de coleta nas regiões de: A - Macaé e B – Ubatuba, no período de julho de 2010 a junho de 2011.

4.2 Abundância, estrutura da população e comparações de tamanho entre as localidades

Foram coletados um total de 51221 indivíduos em Macaé e 757 em Ubatuba, a abundância na primeira região foi significativamente maior (Kruskal-Wallis, $p < 0,05$). As maiores abundâncias em Macaé ocorreram nos meses de maio de 2011 e novembro

de 2010, com 10235 e 8695 espécimes, respectivamente. Em contrapartida, em Ubatuba as maiores abundâncias foram verificadas em junho de 2011 e novembro de 2010 com 157 e 122 indivíduos coletados respectivamente. Os valores da abundância mensal de *A. longinaria* em cada região podem ser verificados na tabela I.

O comprimento da carapaça dos machos amostrados em Macaé variou de 6,6 a 21,1 mm e aqueles capturados em Ubatuba apresentaram uma amplitude, de 7,3 a 22,8 mm. Não houve diferenças significativas no tamanho (CC mm) médio dos machos entre as duas regiões (Mann-Whitney, $p > 0,05$), O tamanho desse sexo foi ligeiramente maior em Macaé $12,7 \pm 3,10$ mm em relação ao obtido em Ubatuba foi de $12,4 \pm 2,55$ mm (Tabela II).

No entanto entre as fêmeas, o comprimento da carapaça variou de 5,5 a 28,4 mm em Macaé e de 8,2 a 21,7 mm em Ubatuba. O tamanho médio das fêmeas de Macaé foi significativamente maior ($15,9 \pm 3,10$ mm) do que o das de Ubatuba ($14,2 \pm 2,55$ mm) (Mann-Whitney, $p < 0,05$).

Tabela I - Abundância mensal de *Artemesia longinaria* por ponto de coleta em Macaé e Ubatuba no período entre julho de 2010 e junho de 2011.

Meses	Macaé				Ubatuba			
	P1	P2	P3	Total	P1	P2	P3	Total
jul/10	583	167	359	1109	1	9	1	11
ago/10	423	466	535	1424	1	8	2	11
set/10	1143	597	747	2487	6	54	5	65
out/10	1378	1126	880	3384	2	59	6	67
nov/10	5885	1377	1433	8695	6	80	36	122
dez/10	1097	2624	309	4030	4	17	92	113
jan/11	1581	1095	50	2726	12	1	6	19
fev/11	1419	1737	60	3216	1	3	0	4
mar/11	2667	2554	1962	7183	0	11	3	14
abr/11	1163	595	1670	3428	18	63	14	95
mai/11	5519	3696	1020	10235	0	70	9	79
jun/11	1011	1464	829	3304	99	21	37	157
Total	23869	17498	9854	51221	150	396	211	757

Tabela II - Resultados do teste Mann-Whitney comparando o tamanho de machos e fêmeas de *Artemesia longinaris* das regiões de Macaé e Ubatuba.

Sexo	Área	Comprimento da carapaça			Valor P
		Mín.	Máx.	Media \pm DP	
Fêmeas	Macaé	5,5	28,4	15,87 \pm 3,10	< 0,001
	Ubatuba	8,2	21,7	14,17 \pm 2,55	
Machos	Macaé	6,6	26,6	12,70 \pm 3,10	0,05
	Ubatuba	7,3	22,8	12,40 \pm 2,55	

Em Macaé, observou-se uma maior frequência de captura de fêmeas nas classes de comprimento de carapaça entre 15,5 e 18,5 mm, enquanto que para Ubatuba, a maior frequência de captura ocorreu nas classes entre 12,5 e 14,5 mm. Para os machos em ambas as localidades, as maiores frequências de captura ocorreram nas classes entre 12,5 e 13,5 mm (Figura 6).

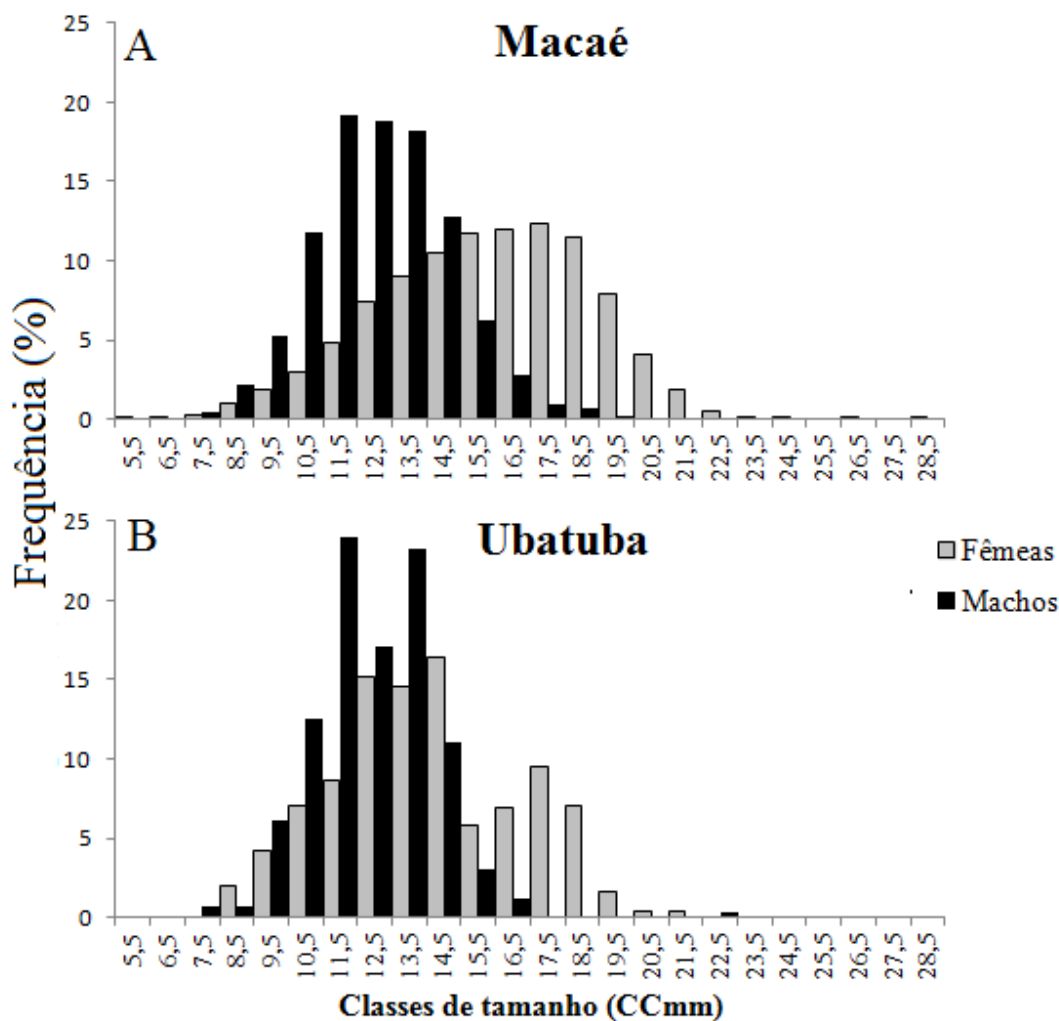


Figura 6 - Distribuição de frequência das classes de tamanho (CC mm) de machos e fêmeas de *Artemesia longinaris* de: A - Macaé e B - Ubatuba no período de estudo de julho de 2010 a junho de 2011.

4.3 Proporção Sexual

O número de fêmeas em relação aos machos capturadas em Macaé foi significativamente maior em todos os meses (χ^2 , $p < 0,05$) (Tabela III). Já em Ubatuba, o maior número de fêmeas coletadas foi maior durante quase todos os meses com exceção apenas a julho de 2010. Contudo, devido ao baixo número de indivíduos amostrado não foi possível aplicar o teste estatístico nesse mês e em agosto de 2010 e de janeiro a março de 2011 (Tabela IV).

Tabela III - Número de machos, fêmeas e total de indivíduos capturados em Macaé evidenciando a proporção sexual com o do teste qui-quadrado (χ^2) em cada mês de coleta.

	Machos	Fêmeas	Total	Proporção	χ^2	p
Jul/10	414	695	1109	1 : 1,68	71,20018	<0,0000001
Ago/10	393	1031	1424	1 : 2,62	285,8455	<0,0000001
Set/10	867	1620	2487	1 : 1,87	1191,698	<0,0000001
Out/10	1268	2116	3384	1 : 1,67	212,5012	<0,0000001
Nov/10	4173	4522	8695	1 : 1,08	14,00817	0,000182
Dez/10	950	3080	4030	1 : 3,24	1125,782	<0,0000001
Jan/11	924	1802	2726	1 : 1,95	282,7894	<0,0000001
Fev/11	1339	1877	3216	1 : 1,40	90,00124	<0,0000001
Mar/11	2189	4994	7183	1 : 2,28	1095,368	<0,0000001
Abr/11	893	2535	3428	1 : 2,84	786,2832	<0,0000001
Mai/11	2737	7496	10233	1 : 2,74	2213,24	<0,0000001
Jun/11	1038	2266	3304	1 : 2,18	331,9564	<0,0000001

Tabela IV - Número de machos, fêmeas e total de indivíduos capturados em Ubatuba, proporção sexual, valor do teste qui-quadrado (χ^2) e valor de p em cada mês de coleta.

	Machos	Fêmeas	Total	Proporção	χ^2	p
Jul/10	6	5	11	1 : 0,83	-	-
Ago/10	5	6	11	1 : 1,20	-	-
Set/10	27	38	65	1 : 1,41	1,861538	0,172448
Out/10	18	49	67	1 : 2,72	14,34328	0,000152
Nov/10	47	75	122	1 : 1,60	6,426230	0,011245
Dez/10	38	75	113	1 : 1,97	12,11504	0,000500
Jan/11	3	16	19	1 : 5,33	-	-
Fev/11	1	3	4	1 : 3,00	-	-
Mar/11	1	13	14	1 : 13,0	-	-
Abr/11	22	73	95	1 : 3,32	27,37895	<0,0000001
Mai/11	35	44	79	1 : 1,26	1,025316	0,311262
Jun/11	60	97	157	1 : 1,62	8,719745	0,003148

4.4 Maturidade Sexual

A menor fêmea reprodutiva (ED + DE) coletada em Macaé foi de 10,2 mm e em Ubatuba de 10,8 mm. Enquanto que, o menor macho reprodutivo (ampola terminal cheia) foi de 8,7 em ambas as regiões.

As fêmeas apresentaram maiores valores CC_{50} do que os machos nas duas localidades. Os valores de CC_{50} estimados foram de 12,2 mm para os machos e 15,7 mm

para as fêmeas em Macaé, e 12,0 mm para os machos e 13,8 mm para as fêmeas em Ubatuba (Figura 7).

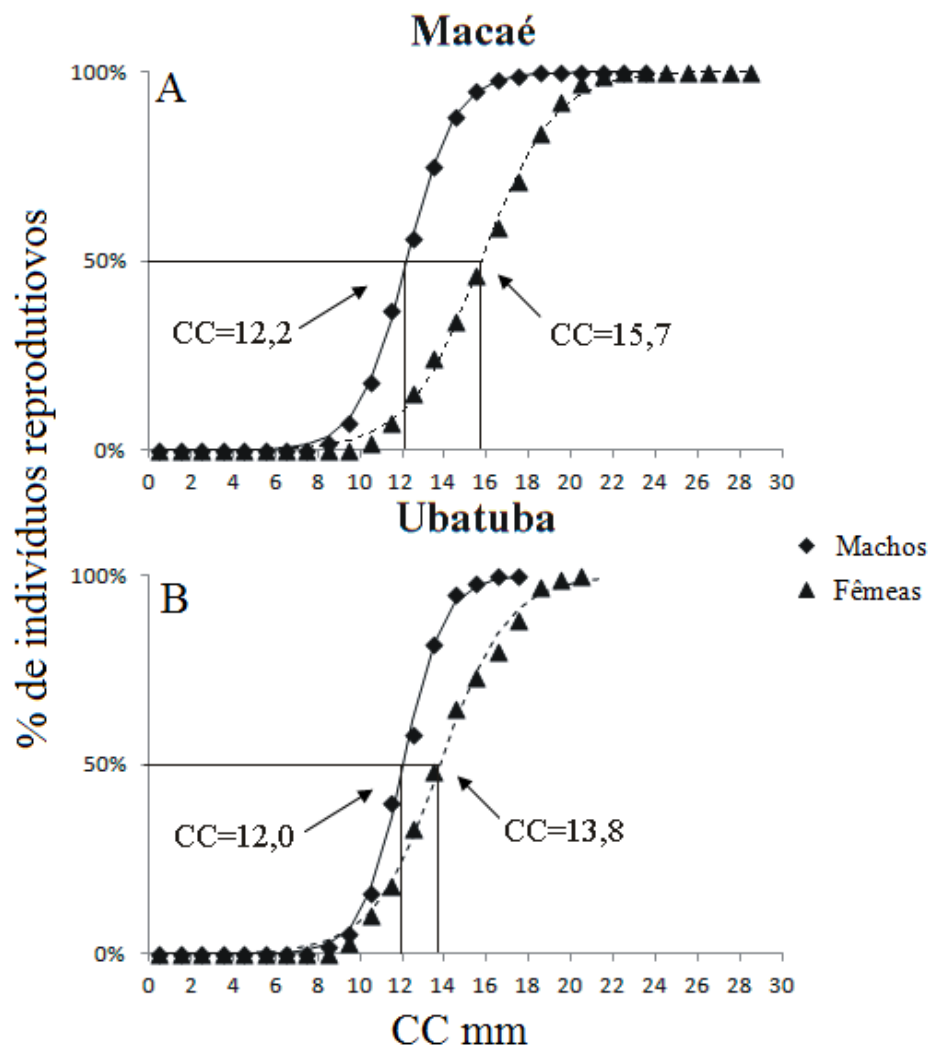


Figura 7- Maturidade sexual de acordo com o método do CC₅₀ para machos e fêmeas de *Artemesia longinaris* coletados em: A - Macaé e B - Ubatuba no período de estudo.

4.5 Período reprodutivo e recrutamento juvenil

Foram capturadas 7606 fêmeas reprodutivas em Macaé e 185 em Ubatuba. Nas duas regiões foram capturadas fêmeas reprodutivas durante todo o período de estudo (com exceção do mês de janeiro em Ubatuba) (Figuras 8 e 9).

As amplitudes de tamanho alcançadas para as fêmeas reprodutivas variaram de 10,20 a 27 mm ($17,08 \pm 3,10$ mm) em Macaé e de 10,80 a 21,70 mm ($14,98 \pm 2,56$ mm) em Ubatuba. Em Macaé foi registrada a maior média de tamanho ($18,31 \pm 3,07$ mm) em abril de 2011, contudo observa-se que de julho a setembro de 2010 foram os meses em que essas fêmeas alcançaram os maiores tamanhos (Figura 8). Em Ubatuba, a maior média mensal ocorreu em junho de 2011 ($17,45 \pm 2,37$ mm) sendo neste mês também capturada as maiores fêmeas reprodutivas.

No outono foi observado o maior tamanho médio das fêmeas reprodutivas nas duas regiões sendo $18,18 \pm 2,74$ mm em Macaé e $16,31 \pm 2,85$ em Ubatuba. Diferenças significativas (ANOVA, $p < 0,05$) no tamanho das fêmeas reprodutivas capturadas entre as estações foram observadas nas duas localidades (Figura 8).

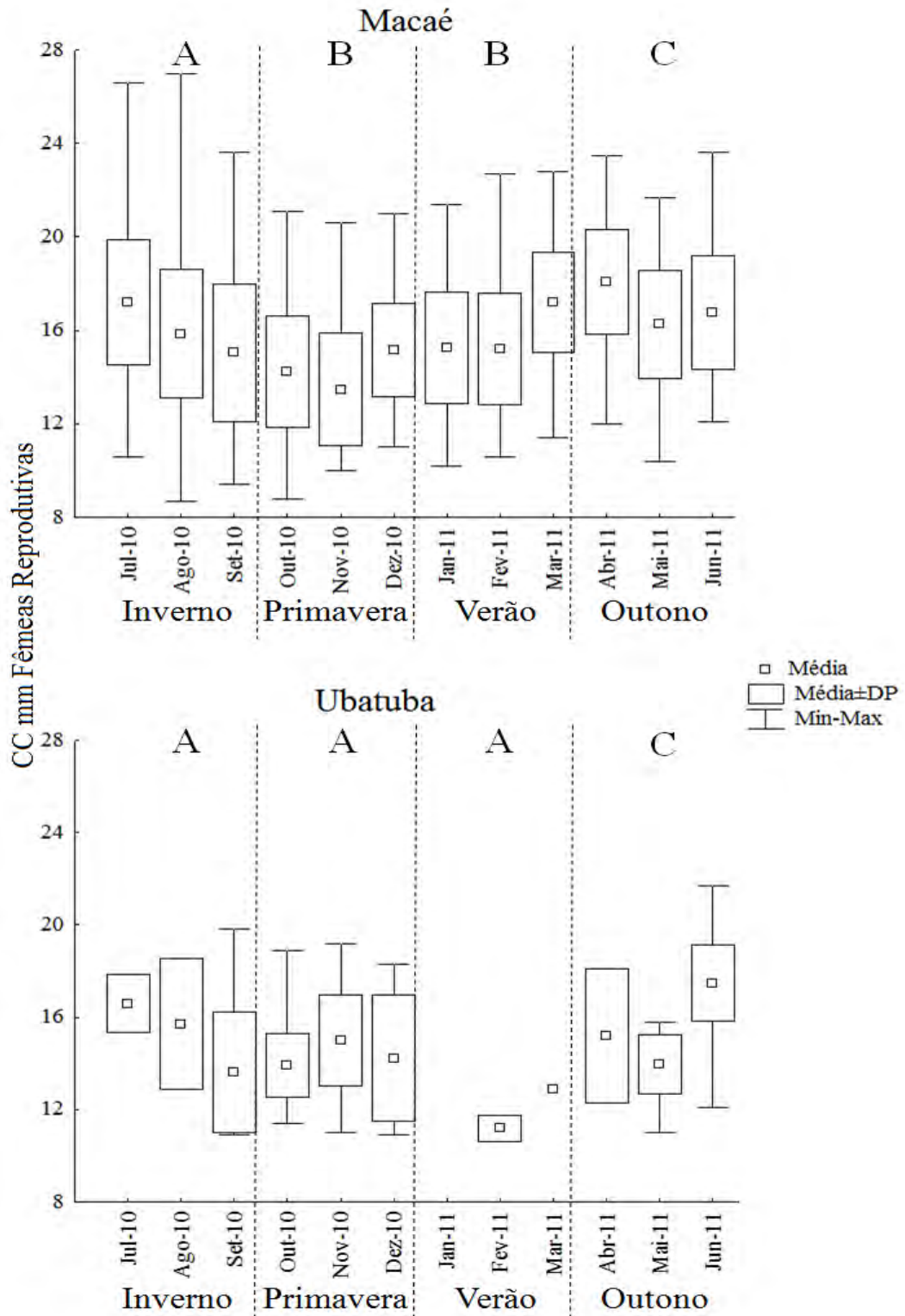


Figura 8 – Variação mensal e sazonal do tamanho médio, desvio padrão e tamanhos mínimos e máximos das fêmeas reprodutivas de *Artemesia longinaris* de Macaé e Ubatuba. Letras diferentes indicam diferenças significativas (ANOVA, $p < 0,05$).

Em Macaé a porcentagem de fêmeas reprodutivas capturadas diferiu significativamente apenas em julho de 2010 e novembro de 2010 (Kruskal-Wallis, $p < 0,05$) (Figura 9). Essa classe demográfica apresentou correlação significativa (Spearman, $p < 0,05$) positiva com os fatores ambientais salinidade, conteúdo de matéria orgânica do sedimento, e negativa com concentração de clorofila-*a* (Tabela V).

Tabela V - Resultados do teste de correlação de Spearman entre a abundância de fêmeas reprodutivas de *Artemesia longinaris* e os valores dos fatores ambientais: salinidade e temperatura da água de fundo, porcentagem de matéria orgânica no sedimento (M.O), concentração de clorofila-*a* na água em Macaé e Ubatuba.

Macaé				
Fatores ambientais	Salinidade	Temperatura	M.O.	Clorofila- <i>a</i>
Valor do teste	0,213	-0,143	0,401	-0,305
Valor de P	0,0105	0,0865	0,000000756	0,000214
Ubatuba				
Fatores ambientais	Salinidade	Temperatura	M.O.	Clorofila- <i>a</i>
Valor do teste	0,241	-0,187	0,229	-0,0168
Valor de P	0,0416	0,115	0,0531	0,888

Em Ubatuba foram observadas diferenças significativas sazonais e mensais (Kruskal-Wallis $p < 0,05$) entre as porcentagens de fêmeas reprodutivas. As maiores taxas de captura ocorreram durante a primavera, nos meses de outubro e novembro (Figura 9). As fêmeas reprodutivas apresentaram correlação significativa positiva apenas com a salinidade (Tabela V).

Os recrutas foram definidos como os indivíduos menores que 11 mm, estes foram capturados durante todo o período de estudo em ambas as regiões, sendo um total de 5961 coletados em Macaé e 119 em Ubatuba.

Em Macaé os maiores picos de recrutas ocorreram em de novembro de 2010 e março de 2011, embora não tenham sido verificadas diferenças significativas entre os

meses ou estações do ano (Kruskal-Wallis, $p > 0,05$) (Figura 10). A abundância de recrutas apresentou sincronia com o pico de fêmeas reprodutivas e correlação significativa (Spearman, $p < 0,05$) positiva com os fatores ambientais salinidade, conteúdo de matéria orgânica do sedimento, e negativa com a temperatura (Tabela VI).

Em Ubatuba os picos de recrutamento juvenil ocorreram em dezembro de 2010 e abril de 2011, sendo esse último o único mês a diferir significativamente dos demais (Kruskal-Wallis, $p < 0,05$) (Figura 10). A abundância de recrutas juvenis apresentou correlação significativa positiva com a salinidade e porcentagem de fêmeas reprodutivas e negativa com concentração de clorofila-*a* (Tabela VI).

Tabela VI - Resultados do teste de correlação de Spearman entre a abundância de recrutas juvenis de *Artemesia longinaris* e os valores dos fatores ambientais: salinidade e temperatura da água de fundo, porcentagem de matéria orgânica no sedimento (M.O.), concentração de clorofila-*a* na água e porcentagem de fêmeas reprodutivas em Macaé e Ubatuba.

Macaé					
Fatores ambientais	Salinidade	Temperatura	M.O.	Clorofila-a	Fêmeas reprodutivas
Valor do teste	0,167	-0,364	0,578	-0,119	0,627
Valor de P	0,0451	0,00000815	0,0000002	0,154	0,0000002
Ubatuba					
Fatores ambientais	Salinidade	Temperatura	M.O.	Clorofila-a	Fêmeas reprodutivas
Valor do teste	-0,241	0,201	0,105	-0,351	0,351
Valor de P	0,0419	0,0909	0,377	0,00264	0,0026

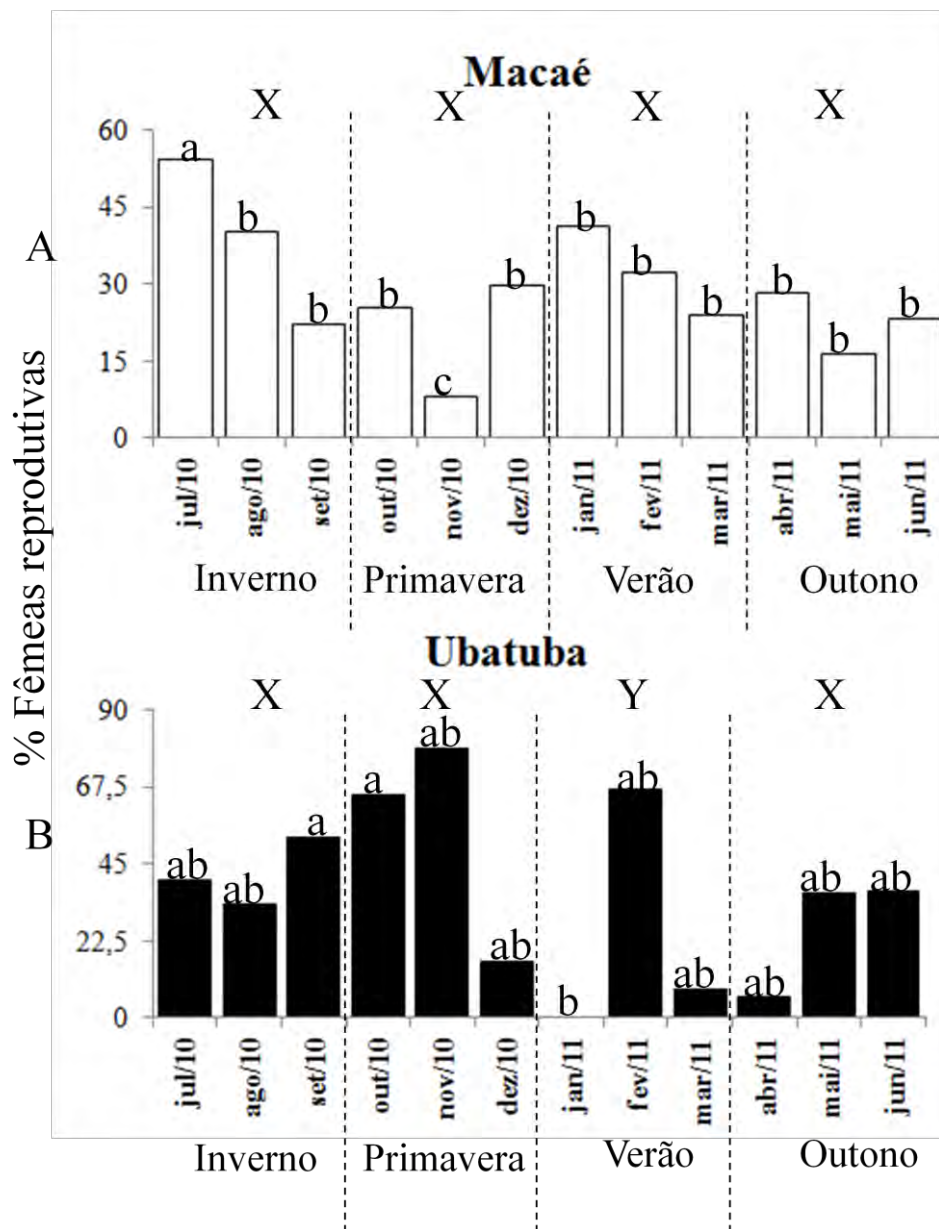


Figura 9 – Variação na porcentagem de fêmeas reprodutivas por mês e por estação do ano em: A - Macaé e B - Ubatuba. Letras diferentes indicam diferenças significativas (Kruskal-Wallis, $p < 0,05$), as letras abc referem-se aos meses, as letras XY referem-se às estações do ano.

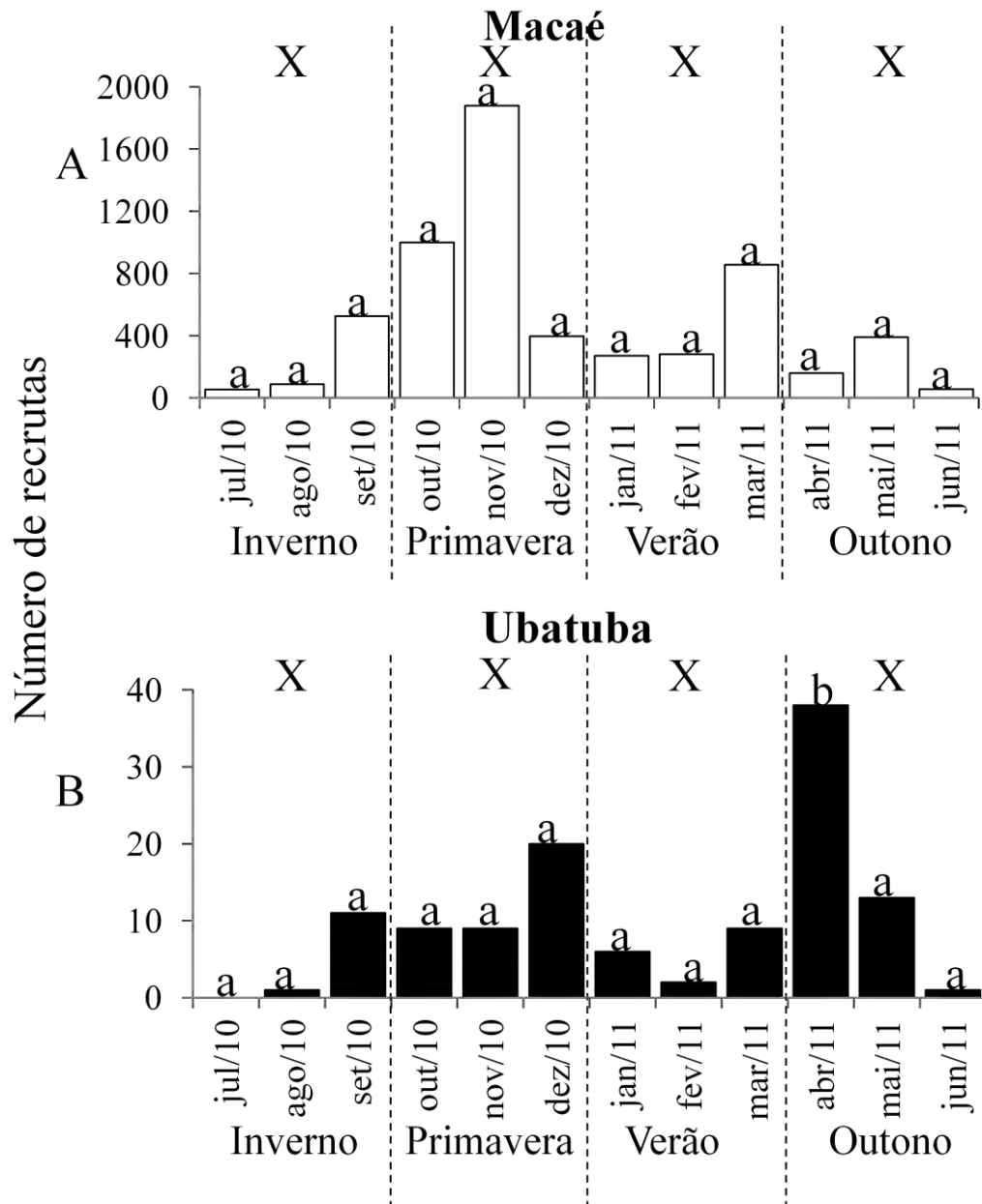


Figura 10 – Variação no número de recurtas juvenis por mês e por estação do ano em: A - Macaé e B - Ubatuba. Letras diferentes indicam diferenças significativas (Kruskal-Wallis, $p < 0,05$), as letras abc referem-se aos meses, as letras XY referem-se as estações do ano.

4.6 Crescimento e longevidade

Foram selecionadas oito coortes para os machos e nove para as fêmeas em Macaé e, quatro para os machos e cinco para as fêmeas em Ubatuba (Figura 11). As curvas de crescimento médias agrupando as curvas de crescimento das coortes para cada sexo resultaram para Macaé uma estimativa de $CC_{\infty} = 20,07$ mm, $k = 0,01/\text{dia}$, $T_0 = -0,403$ para os machos e $CC_{\infty} = 26,93$ mm, $k = 0,007/\text{dia}$, $T_0 = -0,338$ para as fêmeas e para Ubatuba uma estimativa de $CC_t = 16,57$ mm, $k = 0,016/\text{dia}$, $T_0 = -0,044$ para os machos e $CC_{\infty} = 20,59$ mm, $k = 0,012/\text{dia}$, $T_0 = -0,116$ para as fêmeas (Figura 12).

A longevidade máxima para Macaé foi estimada em 457 dias (1,25 anos) para os machos e 643 dias (1,76 anos) para as fêmeas e para Ubatuba em 294 dias (0,81 anos) para os machos e 400 dias (1,09 anos) para as fêmeas. O teste F para as curvas estimadas para machos e fêmeas demonstrou diferenças significativas tanto para Macaé ($F_{\text{calc}} = 41,88 > F_{\text{crít}} = 2,71$) quanto para Ubatuba ($F_{\text{calc}} = 48,59 > F_{\text{crít}} = 2,72$).

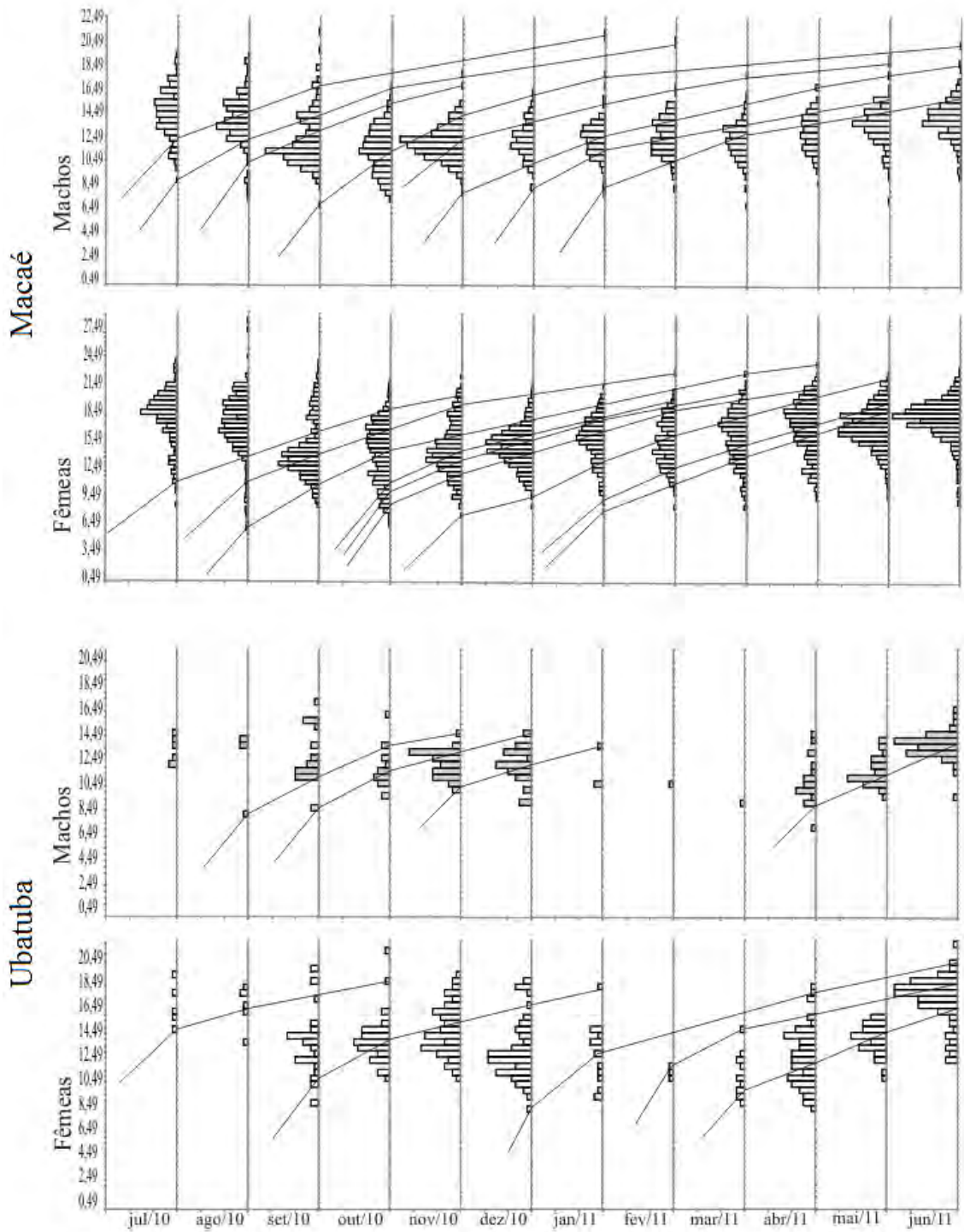


Figura 11- Curvas de crescimento de machos e fêmeas de *Artemesia longinaris* de Macaé e Ubatuba, sobrepostas aos histogramas mensais de abundância das classes tamanho.

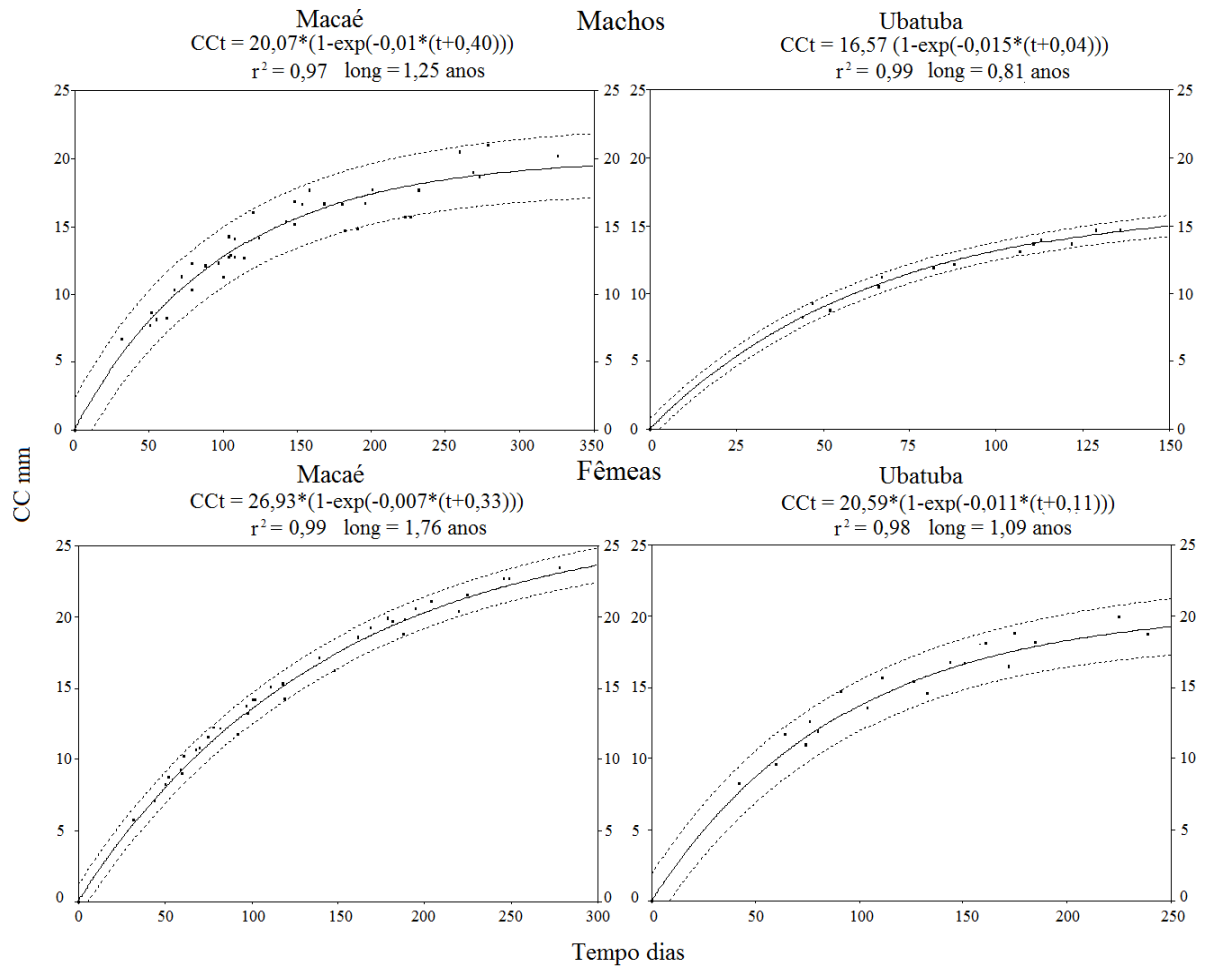


Figura 12- Curvas médias de crescimento em comprimento da carapaça (linhas sólidas) e intervalo de predição (linha pontilhada) segundo Von Bertalanffy, de machos e fêmeas de *Artemesia longinaris* de Macaé e Ubatuba.

5. Discussão

Ao longo do período de estudo observou-se diferenças claras entre as condições ambientais das duas áreas de estudo, sendo que em Macaé verificou-se os menores valores de temperatura, mesmo situando-se em menor latitude, e salinidade mais elevada. A área de estudo também encontra sob forte influência dos eventos de ressurgência, tanto induzidos pelos ventos, quanto pelo relevo da costa (Valentin, 1974; Gonzalez-Rodriguez et al., 1992; Acha et al., 2004). Além de baixas temperaturas, a ressurgência contribui para um incremento na produtividade primária local, por trazer a zona eufótica nutrientes como P e N (Valentin, 1984), os quais são responsáveis pelos maiores valores de concentração de clorofila-*a* em relação à Ubatuba. Em seus picos de produtividade as concentrações de clorofila-*a* já atingiram até 21 µg/L em Macaé (Coelho-Souza et al., 2012). Em contrapartida, nesse estudo os valores chegaram até 14,8 µg/L, valor já elevado quando comparado ao máximo observado em Ubatuba 2,03 µg/L.

A região de Ubatuba, por sua vez, é fortemente influenciada pelas massas de água quentes com temperatura > 20 °C. A Água Costeira (AC) tem como característica salinidade menor que 34 e Água tropical (AT) com alta salinidade (> 34). Por outro lado, nessa região ocorre a intrusão da ACAS, geralmente nos meses de primavera e verão, responsável pela modificação dessas características, trazendo águas de baixas temperaturas (< 20 °C) e baixas salinidades (< 34) (Castro-Filho et al., 1987). As características da ACAS foram pouco evidentes durante o ano de estudo em Ubatuba, indicando fraca penetração desta massa de água na região e tal fato interferiu para a baixa quantidade de indivíduos da espécie em estudo. Em anos anteriores, Pires-Vanin et al. (1993) observaram diferenças na intensidade da penetração da ACAS entre os verões de 1986 e 1988 com uma intensidade menor no primeiro ano e Costa (2002)

verificou valores próximos dos 17°C na primavera e início de verão entre os anos de 1998 e 2000. Neste último estudo, a intrusão dessa massa foi por quase toda primavera e a espécie foi capturada em grande número chegando em torno de 11000 indivíduos no ano de 1999.

Tais características ambientais exibidas pela região de Macaé favoreceram a ocorrência de *A. longinaria* em grandes abundâncias durante o ano todo, em contraste à Ubatuba, onde durante parte do ano, as condições principalmente de temperatura foram desfavoráveis à espécie, a qual tem preferência por valores abaixo dos 20 °C (Costa et al., 2005). No litoral do estado de São Paulo *A. longinaria* pode ser considerada uma espécie indicadora da intrusão da massa de água fria ACAS (Fransozo et al., 2004; Costa et al., 2005; Carvalho-Batista et al., 2011).

Em ambas as regiões estudadas as fêmeas alcançaram maiores tamanhos do que os machos. O dimorfismo sexual por tamanho, com fêmeas maiores do que os machos tem sido reportado como uma regra geral entre os Penaeidae (Boschi, 1969a) e inclusive para *A. longinaria* (Boschi, 1997; Castilho et al., 2007a). O maior tamanho do comprimento da carapaça alcançado pelas fêmeas seria uma adaptação a maior produção de ovos (Gab-Alla et al., 1990; Costa e Fransozo, 2004).

O presente trabalho mostrou indícios de que o tamanho das fêmeas da espécie apresenta uma variação maior entre os locais do que o dos machos. Rensch (1950) propuseram, como regra geral para o reino animal, que o tamanho dos machos tende a ser mais variável do que o das fêmeas, sendo que em espécies nas quais os machos são maiores, o dimorfismo sexual por tamanho tende a aumentar com o incremento no tamanho dos indivíduos da população, enquanto que, quando as fêmeas são maiores, o dimorfismo tenderia a diminuir com esse aumento de tamanho. No entanto,

Blanckenhorn et al. (2006) testaram a regra de Rensch contra o gradiente latitudinal para 98 espécies de diferentes táxons (60 vertebrados e 38 invertebrados) e mostraram que para dois terços das espécies analisadas, independentemente do grupo taxonômico, o tamanho dos machos apresenta maior variação latitudinal, indicando que esse seja um padrão comum, porém não aplicável a todas as espécies. Os resultados aqui apresentados para *A. longinaris* indicaram que a espécie tenha um padrão contrário, com maior variação no tamanho das fêmeas e com o dimorfismo aumentando à medida que há o aumento do tamanho dos indivíduos entre as populações. O desenvolvimento de futuros estudos sobre o tema é sugerido, para confirmar a hipótese, uma vez que, os trabalhos citados acima não incluíram nenhuma espécie de Decapoda.

A proporção sexual desviada em favor das fêmeas em ambas as regiões amostradas, tem sido observada em diversos estudos envolvendo peneídeos (Ruffino, 1991; Cha et al., 2002). Diversas hipóteses tem sido apresentadas como possíveis explicações para tal fato, entre elas a reversão sexual (Castilho et al., 2008b), as fêmeas serem mais vulneráveis a captura pela malha da rede por alcançarem maiores tamanhos, ou ainda, os machos apresentam maior mortalidade (Boschi, 1969b). A proporção sexual pode estar relacionada ao sistema de cópula (Pianka, 1983), sendo esta desviada para fêmeas um indicativo de que a espécie apresenta fêmeas poliandricas ou ainda como proposto por Costa et al. (2010), ocorra a migração das fêmeas para águas costeiras para desova. Esta última hipótese parece ser a mais plausível para explicar os resultados obtidos nesse estudo, adicionalmente Gavio e Boschi (2004) descrevem essa como a principal causa natural para o desvio da razão sexual em favor das fêmeas na costa Argentina.

Assim como o tamanho médio dos indivíduos, o CC_{50} das fêmeas apresentou maior variação entre as duas localidades do que o dos machos, corroborando a hipótese de maior variação inter-regional do tamanho das fêmeas, aqui proposto.

Embora não haja estudos prévios sobre o tamanho da maturidade de *A. longinarius* especificamente para a Macaé, os valores estimados no presente trabalho mostraram-se próximos, porém um pouco menores, aos obtidos por Semensato e Di Benedetto em Farol de São Tomé, área localizada próxima a Macaé, e também sob influência da ressurgência de Cabo Frio.

Os valores de CC_{50} obtidos para Ubatuba para ambos os sexos foram muito próximos dos obtidos por Castilho et al., (2007b). Tais autores, através da comparação com Mar del Plata, demonstraram a existência de um efeito latitudinal sobre o tamanho da maturidade da espécie, o qual foi corroborado pelos resultados obtidos por Costa et al. (2010) no litoral de Santa Catarina. No entanto, os resultados do presente estudo mostraram um padrão diferente especificamente para a região mais a norte das estudadas anteriores, ou seja, com os indivíduos alcançando a maturidade em maiores tamanhos na área de menor latitude, sendo as características ambientais das áreas em estudo determinantes para inversão deste padrão.

Em ambas as regiões foi observado o padrão reprodutivo esperado para peneídeos de regiões tropicais e sub-tropicais, ou seja, reprodução e recrutamento contínuos com dois picos ao longo do ano (Dall et al., 1990). Os picos de recrutamento juvenil apresentaram correlação positiva com a porcentagem de fêmeas reprodutivas, e quando comparados graficamente, é possível observar os picos de recrutamento ocorrendo geralmente entre dois ou três meses após os picos de fêmeas reprodutivas. Resultados estes semelhantes aos obtidos por Bauer e Riveira-Vega, (1992) para duas

espécies do gênero *Sycionia* H. Milne Edwards, 1830. Segundo tais autores esse seria um o intervalo de tempo aproximado entre a desova e o retorno dos juvenis a população.

A salinidade foi o único fator ambiental amostrado que apresentou correlação positiva significativa com a porcentagem de fêmeas reprodutivas nas duas áreas estudadas e o único a apresentar correlação significativa em Ubatuba. De acordo com Costa et al (2005), a salinidade é um fator chave na distribuição de *A. longinaris*, sendo que as maiores taxas de captura da espécie ocorreriam com salinidades entre 34 -36. Em contrapartida, os baixos valores desse fator combinados a altas temperaturas foram limitantes ao estabelecimento da espécie nas áreas mais rasas na região de Ubatuba. Em Macaé, no presente estudo, as salinidades médias ficaram acima dos 34 durante todo o período de estudo, indicando que apesar de existir a correlação, esse não seja um fator restritivo na região. Já Ubatuba, por sua vez, apresentou vários meses em que a salinidade média de fundo foi inferior ao reportado como ideal para espécie, sendo dessa forma um fator restritivo durante o ano de estudo não só para biologia reprodutiva, como para o estabelecimento em grande número, da espécie na área.

A correlação negativa entre a salinidade e número de recrutas observada em Ubatuba, deveu-se provavelmente, ao fato de que um dos picos de recrutas ter ocorrido no mês de dezembro, o qual apresentou baixos valores de salinidade de fundo. Contudo é mais provável que a intensidade de tal pico deveu-se a outros fatores, como a alta porcentagem de fêmeas reprodutivas na população nos meses anteriores do que a própria redução da salinidade em si. Adicionalmente, *A. longinaris* apresenta ciclo de vida totalmente desvinculado a estuários (D’Incao, 1999, Costa et al., 2005), e os juvenis não apresentam necessidade de baixas salinidades para completarem seu desenvolvimento.

A maior disponibilidade de alimento nos sedimentos amostrados influenciou a abundância tanto de recrutas juvenis quanto de fêmeas maduras em Macaé. Boa parte da alimentação de *A. longinaris* é composta por detritos orgânicos e organismos da meiofauna bentônica, sendo os grãos de sedimento comuns no conteúdo estomacal da espécie (Gavio e Boschi, 2004).

A temperatura tem sido apontada como um importante fator na regulação dos períodos desova de peneídeos (Dall et al., 1990; Castilho, 2004), e estudos envolvendo a biologia reprodutiva de *A. longinaris* mostraram associação entre o aumento no número de fêmeas reprodutivas e a redução das temperaturas de fundo (Castilho et al., 2007a; Sancinetti, 2011).

Embora tenha sido constada correlação negativa entre a abundância de recrutas juvenis e a temperatura em Macaé, a falta de correlação estatística com fêmeas reprodutivas deveu-se, provavelmente, a baixa variação desse fator o qual apresentou valores relativamente constantes ao longo do ano. Em Mar del Plata a desova de *A. longinaris* geralmente concentrou em torno dos meses mais quentes, com temperaturas por volta de 20 °C (Christiansen e Scelzo, 1971; Petriella e Bridi, 1992), valores muito próximos aos observados em Macaé durante todo o ano.

Em Ubatuba, por outro lado, as temperaturas observadas durante a maior parte do período de estudo ficaram acima dos valores em que são observadas as grandes intensidades de desova. Castilho et al. (2007a) reportaram a baixa captura de fêmeas reprodutivas durante os meses em que a temperatura foi muito mais alta do que os 20 °C em Ubatuba, situação esta verificada durante grande parte dos meses de coleta.

Em Macaé foi possível observar graficamente um intervalo de dois meses entre os maiores picos dos valores da concentração de clorofila-*a* na água e os maiores picos

de recrutamento juvenil. Provavelmente, a maior produtividade primária nesses meses, e consequente, maior disponibilidade de alimento, contribuiu para maior sobrevivência das larvas planctônicas o que se refletiu nas maiores quantidades de recrutas nos meses seguintes. A disponibilidade de alimento para as fases larvais é um fator determinante na seleção da estação reprodutiva para invertebrados marinhos (Thorson, 1950; Sastry, 1983; Bauer e Lin, 1994; Koeller et al., 2009).

Segundo Crocos e van der Velde (1995), a fecundidade da população é determinada em função da interação entre o número de fêmeas reprodutivas, da sua proporção na população e do tamanho dessas fêmeas, demonstrando que a desova das maiores coortes de fêmeas, produziriam maiores intensidades de recrutamento nos meses seguintes, quando comparada a desova das fêmeas menores. Em Macaé, o maior tamanho das fêmeas reprodutivas no inverno provavelmente se refletiu no pico de recrutamento da primavera. Houve uma crescente na intensidade de recrutamento juvenil a partir de setembro de 2010 culminando com o maior pico registrado em novembro de 2010, ou seja, meses subsequentes aos meses em que foram registradas as fêmeas reprodutivas de maiores tamanhos e em que a proporção dessas foi maior na população (julho, agosto e setembro). Assim, sugere-se que o sucesso do recrutamento juvenil na região tenha sido determinado pela interação entre a intensidade do esforço reprodutivo da população (% de fêmeas reprodutivas), do tamanho das fêmeas participantes dos eventos reprodutivos e da disponibilidade de alimento para as larvas.

Os meses de maior intensidade reprodutiva e recrutamento juvenil obtidos em Macaé assemelham-se aos observados por Sancinetti (2011) em dois anos de amostragens na mesma localidade. Tal fato, indica que este seja um padrão anual marcante na região. Desta forma, o presente trabalho corrobora a proposição feita por

esse autor de um novo período de defeso para a região, entre novembro e janeiro, o qual englobaria um pico de recrutamento juvenil e ainda um pico de desova.

Em Ubatuba, por sua vez, o crescimento fitoplanctônico é limitado pela baixa concentração de nutrientes, principalmente nitrogênio, tendo a intrusão da ACAS um efeito fertilizante nas águas costeiras dessa região (Teixeira, 1973; Teixeira e Vieira, 1976). Costa e Fransozo (2004) demonstraram a importância desse efeito sobre a reprodução dos camarões penaeideos da região, atribuindo os picos de desova e recrutamento de *Rimapenaeus constrictus* (Stimpson, 1874) a maior disponibilidade de alimento para os estágios larvais durante a intrusão dessa massa de água. Contudo, durante o ano de estudo as características ambientais típicas da intrusão da ACAS parecem ter ocorrido apenas durante o mês de março de 2011 e com menor intensidade se comparada aos anos estudados anteriores refletindo, dessa forma, numa baixa produtividade primária e temperaturas acima das favoráveis à espécie, e consequente, fraca intensidade de recrutamento nessa área.

Os resultados obtidos no presente trabalho, tanto para longevidade quanto para as taxas de crescimento mostram um padrão contrário ao proposto por Bauer (1992). Esse autor observou, em um estudo envolvendo três espécies do gênero *Sicyonia*, o aumento na longevidade e no tamanho em que os indivíduos atingem a maturidade sexual nas espécies de maior latitude.

Em um estudo realizado em Farol de São Tomé, área localizada a menos de 100 km ao norte de Macaé, Semensato e Di Benedetto (2008) obtiveram resultados referentes ao tamanho máximo dos indivíduos semelhantes aos obtidos no presente trabalho. As pequenas diferenças foram provavelmente decorrentes de variações interanuais nas condições ambientais da região.

Excetuando-se os resultados obtidos no presente estudo e os de Semensato e Di Benedetto (2008), ambos realizados em áreas sob influência da ressurgência de Cabo Frio, *A. longinaris* apresenta uma tendência de aumento no tamanho da maturidade sexual (CC_{50}), no tamanho máximo alcançado pelos indivíduos (Figura 13), e na longevidade, com o aumento da latitude (Boschi, 1969a; Ruffino e Castello, 1992; Castilho et al., 2007b; Costa et al., 2010).

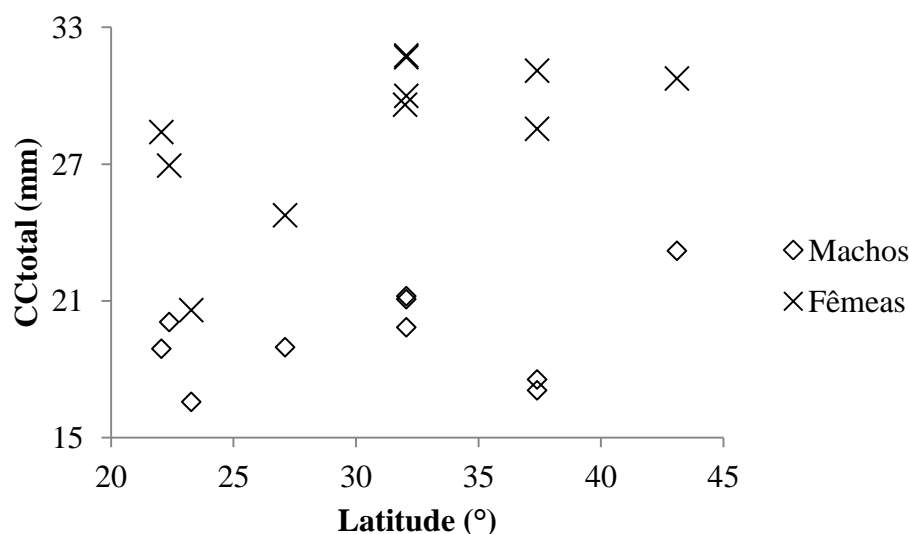


Figura 13 – Variação dos valores de tamanho máximo (CC_t mm) de machos e fêmeas de *Artemesia longinaris* em diferente latitudes, dados obtidos dos trabalhos de Boschi (1969a) (37 – 39° S), Carriquiriborde (1984) (43°10' - 43°23' S), Nascimento et al.(1985) (27°10' – 27°15' S), Ruffino e Castello (1992) (32°05' – 32°15' S), Semensato e Di Benedetto (2008) (22°05' S), Dumont et al. (2011) (32° S)* e do presente trabalho (22°37' S – 23°27' S). * Valor de CC_t mm apenas das fêmeas.

Bergmann (1847) foi o primeiro a propor, originalmente para endotérmicos, que os organismos de locais mais frios, ou seja, maiores latitudes tenderiam a alcançar maiores tamanhos e chegariam à maturidade sexual mais tardiamente. No entanto, outros padrões alternativos têm sido observados, como regra de Bergmann invertida, na qual os indivíduos de maiores latitudes alcançam menores tamanhos em decorrência das reduzidas estações propícias ao crescimento (Blanckenhorn e Demont, 2004). Para várias espécies ainda, tem sido demonstrada a ocorrência dos indivíduos de maiores

tamanhos no centro da distribuição geográfica, onde ocorreria o ótimo das condições ecológicas (Roy e Martien, 2001; Rivadeneira et al., 2010; Verdelhos et al., 2011).

No caso das áreas em estudo, embora o padrão esperado quanto a variação do tamanho em relação à temperatura tenha se mantido (indivíduos maiores na área mais fria), o gradiente latitudinal esperado não foi mantido. Embora latitude e condições climáticas sejam amplamente correlacionadas em larga escala, essa correlação pode apresentar-se mais fraca em fina escala (Blackburn et al., 1999), como no caso das áreas em estudo.

Assim sendo, *A. longinaria* seguiria a regra de Bergmann (indivíduos maiores nas localidades mais frias), porém tendo um padrão latitudinal no qual o tamanho dos indivíduos tende a aumentar em direção aos limites da distribuição geográfica da espécie, principalmente devido às modificações nas condições ambientais promovidas pela ressurgência de Cabo Frio.

Além dos efeitos da temperatura, as zonas de ressurgência também apresentam efeito no crescimento dos indivíduos pela maior disponibilidade de alimento. A alta disponibilidade de nutrientes para o fitoplâncton nas regiões de ressurgência faz com que esses organismos alcancem tamanhos maiores. Isso diminui o número de elos na cadeia até os níveis tróficos mais altos reduzindo a perda de energia até esses níveis. Além disso, a maior densidade de presas faz com que seja gasta menos energia na busca por alimento (Ryther, 1969).

Adicionalmente, Sanford (2002) demonstrou em experimento simulando a redução de temperatura durante os eventos de ressurgência, que invertebrados marinhos expostos a essas condições apresentaram maiores taxas de crescimento por grama de alimento ingerido quando comparados aos indivíduos mantidos em maiores

temperaturas, devido à redução nos gastos metabólicos decorrentes dessa menor temperatura.

Desta forma, as diferenças na dinâmica populacional de *A. longinaris* nas duas regiões em estudo foram moldadas pelas diferenças nas características ambientais entre essas duas áreas, sendo a ressurgência de Cabo Frio o fator chave na determinação dessas diferenças. Embora quanto à biologia reprodutiva em ambas as regiões tenha se mantido o padrão típico para a faixa de latitude, para os demais parâmetros populacionais observou-se uma inversão no padrão latitudinal esperado.

6. Referências

- AB´SABER, A. N. 1955. Contribuição à geomorfologia do litoral paulista. *Revista Brasileira de Geografia*, v. 1, p. 1 - 37.
- ACHA, E. M.; MIANZAN, H. W.; GUERRERO, R. A.; FAVERO, M.; BRAVA, J. 2004. Marine fronts at the continental shelves of austral South America: physical and ecological processes. *Journal of Marine Systems*, v. 44, p. 83 - 105.
- BAUER, R.T. 1992. Testing generalizations about latitudinal variation in reproduction and recruitment patterns with sicyoniid and caridean shrimp species. *Invertebrate Reproduction and Development*, v. 22, p. 193 - 202.
- BAUER, R. T.; RIVERA VEGA, L. W. R. 1992. Pattern of reproduction and recruitment in two sicyoniid shrimp species (Decapoda: Penaeoidea) from a tropical seagrass habitat. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, v. 161, p. 223 - 240.
- BAUER, R. T.; LIN, J. 1994. Temporal patterns of reproduction and recruitment in populations of the penaeid shrimps *Trachypenaeus similis* (Smith) and *T. constrictus* (Stimpson) (Crustacea: Decapoda) from the north-central gulf of Mexico. *Journal Experimental Marine Biology and Ecology*, v. 182, p. 205 - 222.
- BERGMANN, C. 1847. Über die Verhältnisse der Wärmeökonomie der Thiere zu ihrer Grösse. *Göttinger studien*, v. 3, p. 595 – 708.
- BERTALANFFY, L. von. 1938 A quantitative theory of organic growth (Inquiries on growth laws II). *Human Biology*, v. 10, p. 181 - 213.
- BLACKBURN, T. M.; GASTON, K. J.; LODER, N. 1999. Geographic gradients in body size: a clarification of Bergmann’s rule. *Diversity and Distributions*, v. 5, p. 165 – 174.

- BLANCKENHORN, W. U.; DEMONT, M. 2004. Bergmann and con-verse Bergmann latitudinal clines in arthropods: Two ends of a continuum? *Integrative and Comparative Biology*, v. 44, p. 413 – 424.
- BLANCKENHORN, W. U.; STILLWELL, R. G.; YOUNG, K. A.; FOX, C. W.; ASHTON, K. G. 2006. When Rensch meet Bergmann: Does sexual size dimorphism change systematically with latitude? *Evolution*, v. 60, n. 10, p. 2004 - 2011.
- BOLTOVSKOY, D. **South Atlantic Zooplankton**. Backhuys Publisher, v. 1, 1999, 869 pp.
- BOSCHI, E. E. 1969a. Crescimento, migración y ecología del camarón comercial *Artemesia longinaris* Bate, 1888, de Mar del Plata. *FAO Fisheries Report*, v. 57, n. 3, p. 833 - 846.
- BOSCHI, E. E. 1969b. Estudio biológico pesquero del camarón *Artemesia longinaris* Bate, 1888 de Mar del Plata. *Boletim do Instituto de Biologia Marinha*, v. 18, p. 1 – 47.
- BOSCHI, E. E.; SCELZO, M. A. 1977. Desarrollo larval y cultivo del camarón comercial de Argentina *Artemesia longinaris*. *FAO Inf. Pesca*, v. 159, p. 287 - 327.
- BOSCHI, E. E. 1997. Las pesquerías de crustáceos decápodos en el litoral de la República Argentina. *Investigaciones Marinas*, v. 25, p. 19 - 40.
- CARRIQUIRIBORDE, L. E. 1984. **Ecología poblacional camarón del litoral patagonico: Ecología y pesquería del camarón *Artemesia longinaris* Bate, 1888 em Bahía Engaño, Chubut**. Tese de Doutorado. Facultad de Ciencias Naturales. y Museo La Plata, Buenos Aires, Universidade Nacional de La Plata, 92 pp.
- CARVALHO-BATISTA, A.; SIMÕES, S. M.; LOPES, M.; COSTA, R. C. 2011. Ecological distribution of the shrimp *Pleoticus muelleri* (Bate, 1888) and *Artemesia longinaris* Bate, 1888 (Decapoda: Penaeoidea) in the Southeastern Brazilian littoral. *Nauplius*, v. 19, p. 135 - 143.
- CASTILHO, A. L. 2004. **Dinâmica populacional do camarão *Artemesia longinaris* Bate, 1888 (Decapoda, Penaeidae) no litoral norte do estado de São Paulo**. Dissertação de Mestrado. Instituto de Biociências, Botucatu, SP, UNESP, 80 pp.
- CASTILHO, A. L.; FRANSOZO, A.; COSTA, R. C.; BOSCHI, E. E. 2007a. Reproductive biology of the shrimp *Artemesia longinaris* Bate, 1888 (Crustácea, Decapoda, Penaeidae) in the northern Coast of São Paulo State, Brazil. *Revista de Biologia Tropical*, v. 55, p. 39 – 48.
- CASTILHO, A. L.; GAVIO, M. A.; COSTA, R. C.; BOSCHI, E. E.; BAUER, R. T.; FRANSOZO, A. 2007b. Latitudinal variation in population structure and reproductive pattern of the endemic south american shrimp *Artemesia longinaris* (Decapoda: Penaeoidea). *Journal of Crustacean Biology*, v. 27, p. 548 – 552.
- CASTILHO, A. L.; COSTA, R. C.; FRANSOZO, A.; NEGREIROS-FRANSOZO, M. L. 2008a. Reproduction and recruitment of the South American red shrimp, *Pleoticus muelleri* (Crustacea: Solenoceridae), from the southeastern coast of Brazil. *Marine Biology Research*, v. 4, p. 361 – 368.
- CASTILHO, A. L.; FURLAN, M.; COSTA, R. C.; FRANSOZO, V. 2008b. Reproduction biology of the rock shrimp *Sicyonia dorsalis* (Decapoda: Penaeoidea) from the

southeastern coast of Brazil.. *Invertebrate Reproduction & Development*, v. 52, p. 59 - 68.

.CASTRO-FILHO, B. M.; MIRANDA, L. B.; MYAO, S. Y. 1987. Condições hidrográficas na plataforma continental ao largo de Ubatuba: variações sazonais e em média escala. *Boletim do Instituto Oceanográfico*, v. 35, n. 2, p. 135 - 151.

CASTRO-FILHO, B. M.; MIRANDA, L. B. **Physical oceanography of the western Atlantic continental shelf located between 4° N and 34° S coastal segment (4° W)**. In: ROBINSON, A. R.; BRINK, K. H. (eds.). *The sea*, p. 209-251. John Wiley and Sons, New York. 1998.

CHA, H. K.; OH, C. W.; HONG, S. Y.; PARK, K. Y. 2002. Reproduction and population dynamics of *Penaeus chinensis* (Decapoda: Penaeidae) on the western coast of Korea, Yellow Sea. *Fisheries Research*, v. 56, p. 25 – 36.

CHRISTIANSEN, H. E.; SCHELZO, M. A. 1971. Ciclo de maduración sexual y observaciones sobre la morfología del aparato genital del camarón *Artemesia longinaris* Bate. *Carpas*, n. 16, p. 1 - 22.

COELHO-SOUZA, S. A.; LOPEZ, M. S.; GUIMARÃES, J. R. D.; COUTINHO, R.; CANDELLA, R. N. 2012. Biophysical interactions in the Cabo Frio upwelling system, Southeastern Brazil. *Brazilian Journal of Oceanography*, v. 60, n. 3, p 353 - 365.

COSTA, R. C. 2002. **Biologia e Distribuição Ecológica das Espécies de Camarões Dendrobranchiata (Crustacea: Decapoda) na Região de Ubatuba (SP)**. Tese de Doutorado. Instituto de Biociências, Botucatu, SP, UNESP. 186 pp.

COSTA, R. C.; FRANSOZO, A.; MELO, G. A. S.; FREIRE, F. A. M. 2003. An illustrated key for Dendrobranchiata shrimps from the northern coast of São Paulo state, Brazil. *Biota Neotropica*, v. 3, n. 1, p. 1 - 12.

COSTA, R. C.; FRANSOZO, A. 2004. Reproductive biology of the shrimp *Rimapenaeus constrictus* (Stimpson, 1874) (Crustacea, Decapoda, Penaeidae) in Ubatuba region, SP, Brazil. *Journal of Crustacean Biology*, v. 24, n. 2, p. 274 – 281.

COSTA, R.; FRANSOZO, A.; CASTILHO, A. L.; FREIRE, F. A. M. 2005. Annual, seasonal and spatial variation of abundance of the shrimp *Artemesia longinaris* (Decapoda: Penaeoidea) in south-eastern Brazil. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, v. 85, p. 107 - 112.

COSTA, R. C.; BRANCO, J. O.; MACHADO, I. F.; CAMPOS, B. R.; AVILA, M. G. 2010. Population biology of shrimp *Artemesia longinaris* Bate, 1888 (Crustacea, Decapoda, Penaeidae) from the South coast of Brazil. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom (Print)*, v. 90, p. 663 - 669.

CROCOS, P. J.; van der VELDE, T. D. 1995. Seasonal, spatial and interannual variability in the reproductive dynamics of the grooved tiger prawn *Penaeus semisulcatus* in Albatross Bay, Gulf of Carpentaria, Australia: the concept of effective spawning. *Marine Biology*, v. 122, p. 557-570.

DALL, W.; HILL, B. J.; ROTHLSBERG, P. C.; STAPLES, D. J. **The biology of the Penaeidae**. In: BLAXTER, J. H. S; SOUTHWARD, A.J. (Eds). *Advances in Marine Biology*. Academic press, v. 27, 1990. 489 pp.

- D'INCAO, F. **Subordem Dendrobranchiata (camarões marinhos)**. In: BUCKUP, L.; BOND-BUCKUP, G. (Org.). *Os Crustáceos do Rio Grande do Sul*. p. 271 - 299. Editora da Universidade, UFRGS, Porto Alegre 1999.
- D'INCAO, F.; FONSECA, D. B. 1999. Performance of the von Bertalanffy growth curve in penaeid shrimps: A critical approach. **In: Proceedings of the Fourth International Crustacean Congress**, Amsterdam, p. 733-737.
- DUMONT, L. F.; MACHADO, I. F.; D'INCAO, F. 2011. Reproductive pattern, size at first maturity and stock-recruitment relationship of the Argentine Stiletto Shrimp (*Artemesia longinaris*, Decapoda: Penaeidae) in Southern Brazil. *Atlântica, Rio Grande*, v. 33, n. 2, p. 183 – 199.
- EMILSSON, I. 1961. The Shelf and Coastal Waters of Southern Brazil. *Boletim do Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo*, v. 11, n. 2, p. 101 - 112.
- FRANCHITO, S. H.; ODA, T. O.; RAO, V. B.; KAYANO, M. T. 2008. Interaction between coastal upwelling and local winds at Cabo Frio, Brazil: an observational study. *Journal of Applied Meteorology and Climatology*, v. 47, n. 6, p. 1590 – 598.
- FRANSOZO, A.; COSTA, R. C.; CASTILHO, A. L.; MANTELATTO, F. L. 2004. Ecological Distribution of the Shrimp “Camarão Serrinha” *Artemesia longinaris* (Decapoda, Penaeidea) in Fortaleza Bay, Ubatuba, Brazil, in Relation to Abiotic Factors. *Revista de Investigacion.y Desarrollo Pesquero*, v. 16, p. 43 – 50.
- FREIRE, F. A. M. 2005. **Distribuição ecológica e biologia populacional de *Xiphopenaeus kroyeri* (Heller, 1862) (Crustacea, Decapoda, Penaeidae) no litoral do estado de São Paulo**. Tese de Doutorado. Instituto de Biociências, Botucatu, SP, UNESP, 247 pp.
- GAB-ALLA, A. A. F. A.; HARTNOLL, R. G.; GHOBASHY, A. F.; MOHAMMED S. Z. 1990. Biology of penaeid prawns in the Suez Canal lakes. *Marine Biology*, v. 107, p. 417 – 426.
- GAVIO, M. A.; BOSCHI, E. E. 2004. Biology of the shrimp *Artemesia longinaris* Bate, 1888 (Crustacea: Decapoda: Penaeidae) from Mar del Plata coast, Argentina. *Nauplius*, v. 12, p. 83 - 94.
- GOLTERMAN, H. L.; CLYMO, R. S.; OHSTAD, M. A. **Methods for physical & chemical analysis of freshwater**. Oxford: Blackwell Scientific Publications, 2^a ed. 1978, 231pp.
- GONZALES-RODRIGUEZ, E.; VALENTIN, J. L.; ANDRE, D. L.; JACOB, S. A. 1992. Upwelling and pownwelling at Cabo Frio (Brazil): comparision of biomass and primary production responses. *Journal of Plancton Research*, v. 14, n. 2, p. 289 – 306.
- HAKANSON, L.; JANSSON, M. **Principles of lake sedimentology**. Springer-Verlag, 1983, 316 pp
- HECKLER, G. S. 2010. **Distribuição ecológica e dinâmica populacional do camarão sete-barbas *Xiphopenaeus kroyeri* (Heller, 1862) (Crustacea:Decapoda) no complexo Baía/ Estuário de Santos e São Vicente**. Dissertação de Mestrado. Instituto de Biociências, Botucatu, SP, UNESP, 113 pp.
- HILSDORF, A. W. S.; MOREIRA, R. G. 2004. Aqüicultura retoma desafios da revolução verde. *Scientific American Brasil*, v. 2, n. 22, p. 24 – 29.

- KING, M. G. **Fisheries biology, assesment and management**. Fishing news books. Osney Mead, Oxford, England., 1997, 341 pp.
- KOELLER, P.; FUENTES-YACO, C.; PLATT, T.; SATHYENDRANATH, S.; RICHARDS, A.; OUELLET, P.; ORR, D.; SKÚLADÓTTIR, U.; WIELAND, K.; SAVARD, L.; ASCHAN, M. 2009. Basin-scale coherence in phenology of shrimps and phytoplankton in the North Atlantic ocean. *Science*, v. 324, p. 791 - 793.
- MOREIRA DA SILVA, A. D. C. 1977. Upwelling and its biological effects in Southern Brazil. *Publicações do Instituto de Pesquisa Marinha, Rio de Janeiro*, v. 112, p. 1 – 6.
- MORGAN, S. G. **The larval ecology of marine communities**, In: BERTNESS M. D.; GAINES; S. D.; HAY, M. E. (eds.) *Marine Community Ecology*, p. 159 – 181. Sinauer Associates, Ins., Sunderland, M. A. 2001.
- NAKAGAKI, J. M.; NEGREIROS-FRANSOZO, M. L. 1998. Population biology of *Xiphopenaeus kroyeri* (Heller, 1862) (Decapoda: Penaeidae) from Ubatuba bay, São Paulo, Brazil. *Journal of Shellfish Research*, v. 17, n. 4, p. 931 – 935.
- NASCIMENTO, P. A. M.; TREMEL, E.; BAZZO, V. C.; LONGHINOTTI, O. 1985. Equações de crescimento para o camarão “barba-ruça”, *Artemesia longinaris* Bate, 1888 (Crustacea, Decapoda). **Anais do 1º Seminário sobre Ciências do Mar, UFSC**, Florianópolis, p. 46 – 52.
- NEGREIROS-FRANSOZO, M. L.; FRANSOZO, A.; PINHEIRO, M. A. A.; MANTELATTO, F. L. M.; SANTOS, S. 1991. Caracterização física e química da enseada da Fortaleza, Ubatuba, SP. *Revista Brasileira. Geografia.*, v. 21, n. 2, p 114 - 120.
- ODEBRECHT, C.; CASTELLO, J. P. **The convergency ecosystem in the southwest Atlantic**. In: SEELIGER, U.; KJERFVE, B. (eds.) *Ecological Studies. Coastal Marine Ecosystem of Latin America*, Springer – Verlag Berlin Heidelberg. v. 144. 2001.
- PETRIELLA, A. M.; BRIDI, R. J. 1992. Variaciones estacionales del ciclo de muda y la maduración ovárica del camarón (*Artemesia longinaris*). *Frente Marítimo*, v.11, n. 85 - 92.
- PIANKA, E. R. **Evolutionary ecology**. Harper & Row, New York, third edition, 1983, 365 pp.
- PICCININI, C. C. 2005. **Crescimento do camarão sete-barbas, *Xiphopenaeus kroyeri* (Heller, 1862), da pesca artesanal de Boiçucanga, São Sebastião, SP**. Monografia (Oceanologia). Departamento de Oceanografia, Rio Grande, RS, Fundação Universidade do Rio Grande, 35 pp.
- PIRES-VANIN, A. M. S.; ROSSI-WONGTSCHOWSKI, C. L. B.; AIDAR, E.; MESQUITA, S. L.; SOARES, L. S. H.; KATSURAGAWA, M.; MATSUURA, Y. 1993. Estrutura e função do ecossistema de plataforma continental do Atlântico Sul brasileiro: síntese e dos resultados. *Publicação Especial do Instituto. Oceanográfico*, v. 10, p. 217 - 231.
- RADAM BRASIL. Levantamento de Recursos Naturais. Rio de Janeiro, **Ministério das Minas e Energia**, v. 32, p. 775. 1983.
- RENSCH, B. 1950. Die abhängigkeit der relativen sexualdifferenz von der körpergrösse. *Bonner Zoologische Beiträge*, v. 1, p. 58 – 69.

- RIVADENEIRA, M. M.; HERNÁNDEZ, P.; BAEZA, J. A.; BOLTAÑA, S.; CIFUENTES, M.; CORREA, C.; CUEVAS, A.; VALLE, E.; HINOJOSA, I.; ULRICH, N.; VALDIVIA, N.; VÁSQUEZ, N.; ZANDER, A.; THIEL, M. 2010. Testing the abundant-centre hypothesis using intertidal porcelain crabs along the Chilean coast: linking abundance and life-history variation. *Journal of Biogeography*, v. 37, p. 486 – 498.
- ROY, K.; MARTIEN, K. K. 2001. Latitudinal distribution of body size in north-eastern Pacific marine bivalves. *Journal of Biogeography*, v. 28, p. 485 – 493.
- RUFFINO, M. L. 1991. **Dinâmica populacional do camarão *Artemesia longinaris* Bate, 1888 (Decapoda, Penaeidae) do sul do Brasil.** Dissertação de Mestrado. Departamento de Oceanografia, Rio Grande, RS, Fundação Universidade do Rio Grande. 96 pp.
- RUFFINO, M. L.; CASTELLO, J. P. 1992. Dinamica poblacional del camaron (*Artemesia longinaris*) del sur de Brasil. *Frente Maritimo*, v. 12, p. 71 - 81.
- RYTHER, J. H. 1969. Photosynthesis and fish production in the sea. *Science*, v. 166, n. 3901, p. 72 – 76.
- SANCINETTI, G. S. 2001. **Distribuição espaço-temporal e estrutura populacional do camarão *Artemesia longinaris* Bate, 1888 (Crustacea: Decapoda: Penaeidae) no Litoral de Macaé, RJ.** Dissertação de Mestrado. Instituto de Biociências, Botucatu, SP, UNESP, 113 pp.
- SANFORD, E. 2002. The feeding, growth, and energetics of two rocky intertidal predators (*Pisaster ochraceus* and *Nucella canaliculata*) under water temperatures simulating episodic upwelling. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, v. 273, n. 2, p. 199 – 218.
- SASTRY, A. N. **Ecological aspects of reproduction.** In: BLISS, D. E. *The Biology of Crustacea*, v. 8, p. 179-270, 1983.
- SCHELTEMA, R. S. 1986. On dispersal and planktonic larvae of benthic invertebrates: an eclectic overview and summary of problems. *Bulletin of Marine Science*, v. 39, n. 2, p. 290 - 322.
- SEMENSATO, X. E. G.; DI BENEDITTO, A. P. M. 2008. Population dynamic and reproduction of *Artemesia longinaris* (Decapoda, Penaeidae) in Rio de Janeiro State, Southeastern Brazil. *Boletim do Instituto de Pesca*, v. 34, p. 89 – 98.
- STECH, J. L.; LORENZZETTI, J. A.; SILVA, J. R., C. L. 1995. Observações por satellite da ressurgência de Cabo Frio. **Memórias do VII Simpósio Latinoamericano de Percepção Remota**, Puerto Vallarta, p. 269 - 275.
- TEIXEIRA, C. 1973. Preliminary studies of primary production in the Ubatuba region. (Lat. 23°30' S - Long. 45°06' W), Brazil. *Boletim do Instituto Oceanográfico, São Paulo*, v. 22, p. 49 - 58.
- TEIXEIRA, C.; VIEIRA, A. A. H. 1976. Nutrient experiment using *Phaedactylum tricorutum* as an assay organism. *Boletim do Instituto Oceanográfico, São Paulo*, v. 25, n. 1, p. 29 – 42.
- THORSON, G. 1950. Reproductive and larval ecology of marine bottom invertebrates. *Biological Reviews*, v. 25, p. 1 - 45.

- TUCKER, M. **Techniques in sedimentology**. Oxford: Blackwell Scientific Publications, Boston. 1988, 394 pp.
- VALENTIN, J. L. 1974. O plâncton na ressurgência de Cabo Frio (Brazil). II-primeiras observações sobre a estrutura física, química e biológica das águas da estação fixa período 04/02 à 16/04/1973. *Publicações do Instituto de Pesquisas Marinhas, Rio de Janeiro*, v. 83, p. 11.
- VALENTIN, J. L. 1984. Analyses des parameters hydrobiologiques dans la remontée de Cabo Frio (Brésil). *Marine Biology*, v. 82, p. 259 - 276.
- VAZZOLER, A. E. A. M. **Biologia da Reprodução de peixes teleósteos: teorias e prática**. Editora Eduem, Maringá, 1996, 169 pp.
- VERDELHOS, T.; CARDOSO, P. G.; DOLBETH, M.; PARDAL, M. A. 2011. Latitudinal gradients in *Scrobicularia plana* reproduction patterns, population dynamics, growth, and secondary production. *Marine Ecology Progress Series*, v. 442, p. 271 – 283.
- VIEIRA, S. **Introdução a bioestatística**. Campus, Rio de Janeiro, 1991, 203pp.
- ZAR, J. H. **Biostatistical analysis**. Prentice Hall, New Jersey, 1999, 663 pp.

Capítulo 2

Análises moleculares comparativas entre populações de *Artemesia longinaris* Spence Bate, 1888 (Decapoda: Penaeidae) ao longo de sua distribuição geográfica

1. Resumo

O gene mitocondrial Citocromo C Oxidase I foi utilizado para verificar a existência de diferenciação genética e analisar suas relações filogenéticas ou as possíveis especiações existentes entre as diversas populações de *A. longinaris*. Um total de 63 indivíduos foi coletado em sete localidades (Macaé-RJ (n=10); Ubatuba-SP (n=13); Santos-SP (n=2); Cananeia-SP (n=5); São Francisco do Sul-SC (n=10); Rio Grande-RS (n=10), Mar del Plata-AR (n=2)) e posteriormente, sequenciados. Adicionalmente foram obtidas sequências de outros peneídeos, utilizados como grupo externo nas análises. Sequências de 502 pares de bases foram alinhadas com o uso do programa Clustal W e BioEdit 7.1.3.0. Os dados foram submetidos a análises de divergência genética (matrizes de distância, e dendrograma de Neighbor-Joining), análises filogenéticas (máxima verossimilhança), redes de haplótipos (Median-Joining) e de variância molecular (AMOVA). Os indivíduos de *A. longinaris*, oriundos de diversas localidades, apresentaram baixa distância genética entre si, $1,4 \pm 0,02\%$ em média, e não houve a formação de agrupamentos por região. Os resultados da AMOVA indicaram que a variação genética ocorre dentro das populações. Nenhuma das análises revelou diferenciação entre as populações para o gene estudado, indicando que *A. longinaris* se trata de um único táxon, sem evidências de especiação, e que ao longo de toda distribuição geográfica da espécie não existam barreiras capazes de impedir o fluxo gênico entre essas populações. *A. longinaris* parece constituir uma metapopulação, sendo que as subpopulações, localizadas nas extremidades da distribuição geográfica da espécie, podem ser consideradas fontes e as da parte central drenos.

2. Introdução

O gênero *Artemesia* Spence Bate, 1888 é monotípico, compreendendo a espécie *Artemesia longinaris* Spence Bate, 1888 (De Grave e Franssen, 2011), a qual é endêmica das águas costeiras do oceano Atlântico Sul Ocidental e ocorre de Atafona (Rio de Janeiro, Brasil, 21°37' S) até Puerto Rawson (Argentina, 43° S), totalizando uma extensão de aproximadamente 2400 km (D'Incao, 1999). A espécie tem sua ocorrência principal entre o limite superior do infralitoral até a isóbata de 30 metros (Boschi, 1969a), e também, tendo sido observada em profundidades máximas de até 68 metros (Olivier et al., 1968).

Toda distribuição da espécie está restrita à província biogeográfica Argentina, sendo essa uma espécie considerada endêmica dessa província. Entretanto, boa parte desta extensão (23° a 35°S) pode ser considerada uma região de transição, onde ocorre a mistura de massas de água com diferentes características e espécies euri térmicas e euri halinas são encontradas (Boschi, 2000). O limite norte da distribuição da espécie, a região entre Atafona e Cabo Frio, por sua vez, encontra-se sob forte influência de eventos de ressurgência, tanto induzidos pelo vento quanto pelo relevo da costa (Acha et al., 2004).

A distribuição ecológica da espécie aponta para uma forte afinidade pelo tipo de substrato, areia fina e muito fina e por águas com temperaturas abaixo dos 20 graus centígrados (Costa et al., 2005). Variações na abundância da espécie foram relatadas na região de Ubatuba com significativo incremento durante a primavera e o verão devido a diminuição da temperatura de fundo em locais mais próximos à costa, decorrente da penetração de uma massa de água vinda do sul do país, a Água Central do Atlântico Sul (ACAS) (Costa et al., 2005; Castilho et al., 2007a).

Os camarões peneideos são importantes recursos para pesca e aquicultura mundial (Benzie, 2000). No litoral das regiões sul e sudeste do Brasil, mesmo correspondendo a apenas 6% da produção em peso de captura, a pesca desse grupo corresponde a 24 % em termos de valor (Perez et al., 2001). A diminuição dos estoques naturais das espécies originalmente mais rentáveis, como os camarões-rosa *Farfantepenaeus brasiliensis* (Latreille, 1817) e *Farfantepenaeus paulensis* (Perez-Farfante, 1967), o camarão-branco *Litopenaeus schmitti* (Burkenroad, 1936) e o camarão sete-barbas *Xiphopenaeus kroyeri* (Heller, 1862), tem provocado um aumento da procura das espécies que não eram tão atrativas comercialmente, como *Artemesia longinaris* e *Pleoticus muelleri* (Spence Bate, 1888) (Costa, 2002; Castilho et al., 2008)

De acordo com dados do IBAMA (2007), *A. longinaris* foi a espécie de camarão marinho mais explorada naquele ano no estado de Santa Catarina (2920 t), e a segunda do Rio de Janeiro (460 t), atrás apenas de *X. kroyeri* (504 t). Adicionalmente, em termos de faturamento econômico, a pesca direcionada a *A. longinaris* é aquela com maior rendimento por viagem no litoral do Rio Grande do Sul (Perez et al., 2001).

Ao longo da distribuição geográfica de *A. longinaris* diferenças vêm sendo observadas. Entre elas no tamanho dos indivíduos (Boschi et al., 1969b; Ruffino e Castello, 1992; Castilho et al., 2007b), no tamanho da maturidade sexual (Castilho et al., 2007b), em relações morfométricas (Dumont et al., 2011) e no período reprodutivo (Christiansen e Scelzo, 1971; Petriella e Bridi, 1992; Castilho et al., 2007a) das populações estudadas. Tais diferenças levaram Nascimento (1983) a propor que haveria uma separação entre as populações do sul do Brasil e da Argentina. Contudo, tal separação não foi evidenciada no estudo, realizado por Weber et al. (1993), no qual foi utilizada a análise de polimorfismos de isoenzimas.

Quase 20 anos depois ainda são poucos os estudos genéticos publicados sobre *A. longinaris*. Desde então, apenas Dumont et al. (2009) compararam a variabilidade entre três potenciais marcadores mitocondriais da espécie, e Dumont (2008), utilizando como marcador a região controle do DNA mitocondrial, identificou diferenças significativas entre os estoques do norte do Rio de Janeiro e da região sul do Brasil. Contudo, até hoje, nenhum trabalho envolvendo as populações do estado de São Paulo foi realizado.

O entendimento da estruturação genética das populações é um componente importante para o sucesso e a sustentabilidade do manejo, em longo prazo, dos recursos pesqueiros (Hillis et al., 1996). O DNA mitocondrial tem sido uma importante ferramenta nos estudos de genética de populações, tanto para organismos terrestres como para os aquáticos (Avice, 1994). O gene mitocondrial Citocromo C Oxidase Sub Unidade I (COI), tem sido usado com sucesso na detecção de estruturação populacional em diversas espécies de Decapoda (Shubart e Huber, 2006; De Croos e Pálsoon, 2012; Terossi e Mantelatto, 2012; Aoki et al., 2012). Além disso, foi proposta a utilização desse gene para identificação de espécies através da técnica DNA Barcode (Hebert et al., 2003).

Assim, o presente trabalho teve como objetivo principal utilizar uma porção do gene Mitocondrial Citocromo C Oxidase I para verificar a hipótese de existência de diferenciação genética entre as populações de *A. longinaris* e averiguar suas relações genéticas ou possível ocorrência de especiação em alguma dessas populações. Dessa forma, o presente estudo fornecerá importante contribuição para o manejo desse recurso pesqueiro e para entendimento da origem das diferenças fenotípicas observadas ao longo da distribuição dessa espécie.

Adicionalmente, através da comparação das sequências de *A. longinaris* com a de outras espécies de peneideos, pôde-se verificar a eficácia da metodologia do DNA Barcode, contribuindo na separação e identificação de espécies de camarões do litoral brasileiro.

3. Material e Métodos

3.1 Obtenção dos Animais

Os exemplares utilizados no presente estudo foram obtidos em arrastos, realizados em Macaé – RJ (22° 37'S e 41° 78'W), Ubatuba - SP (23°27'S e 45°02'W), Santos – SP (24°01'S e 46°19'W), Cananéia (25°04'S e 47°51'W), São Francisco do Sul – SC (26°10'S e 48°34'W), Rio Grande – RS (32°12'S e 52°06'W) e Mar del Plata (37°58'S e 57°22'W) (Figura 1).

Em todas as localidades amostradas, após a coleta do material os indivíduos foram separados e identificados de acordo com Costa et al. (2003), imediatamente preservados em etanol (80%) e depositados na Coleção de Crustáceos do Departamento de Biologia (CCDB), Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de Ribeirão Preto (FFCLRP), Universidade de São Paulo (USP) com os seguintes números: Macaé - CCDB 3782, Ubatuba – CCDB 3806 e CCDB 3429 , Cananéia – CCDB 3655, São Francisco do Sul – CCDB 3851, Rio Grande – CCDB 3928, Mar del Plata – CCDB 869 e CCDB 3677.

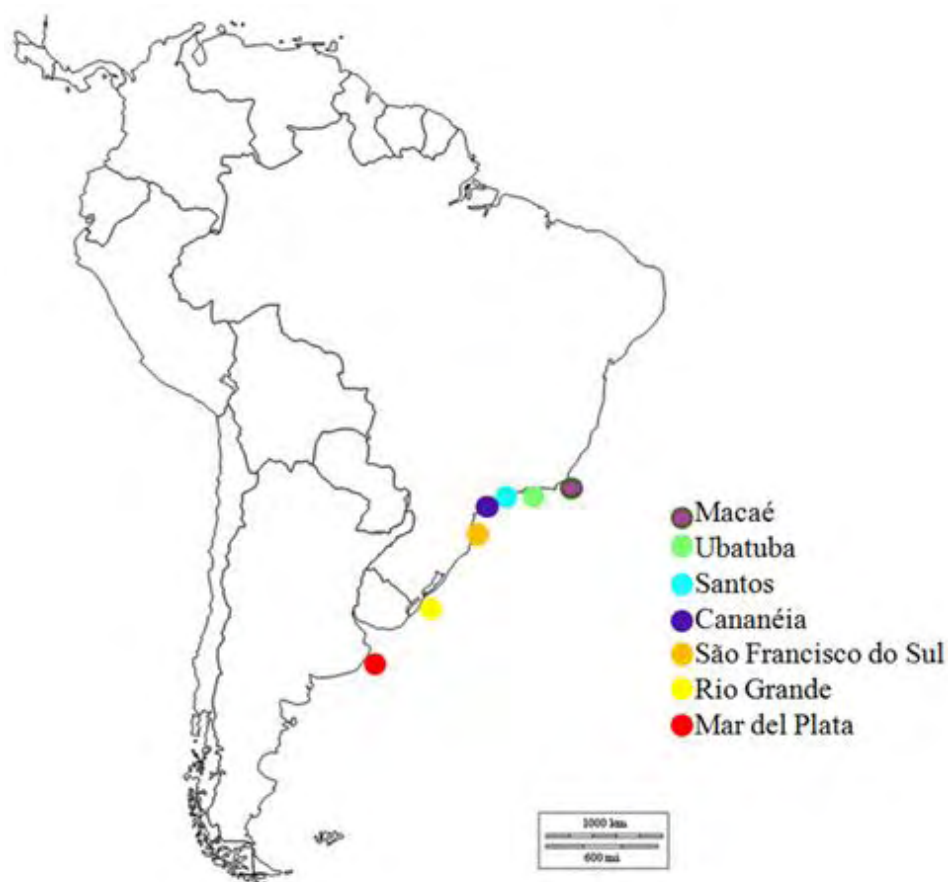


Figura 1 – Mapa com as localidades de procedência dos indivíduos de *Artemesia longinaris* analisados.

3.2 Extração do DNA

A extração do DNA seguiu os protocolos de Mantelatto et al. (2009) e Pileggi e Mantelatto (2010). O DNA genômico foi extraído do tecido muscular do abdome. Os tecidos foram incubados por 24 horas em 600 μ L de tampão de lise a 55°C, juntamente com 200 μ L de proteinase K; as proteínas foram separadas pela adição de 200 μ L de acetato de amônio 7,5M e centrifugadas a 14000 rpm por 10 minutos. O DNA foi precipitado pela adição 600 μ L de isopropanol gelado e então centrifugados a 14000 rpm por 10 minutos; o pellet resultante foi lavado com etanol 70%, secado e resuspendido em 20 μ L de tampão TE.

A concentração de DNA extraído em cada amostra foi quantificada por meio de um espectrofotômetro NanoDrop 2000, a partir da adição de 1,5 µL de tampão TE, no qual foi resuspendida a amostra, para leitura em branco e posterior adição de 1,5 µL de cada amostra.

3.3 Amplificação do DNA

A amplificação de aproximadamente 700 pb dos genes Citocromo Oxidase Subunidade I foi realizada pela reação de PCR (Polymerase Chain Reaction), utilizando oligonucleotídeos iniciadores (primers) HCO1 e LCO1 (Folmer et al, 1994) (Tabela I) e termocicladores AB (Applied Biosystem Life Technologies) e PxE 0.2 Thermal Cycler (Thermo® Scientific).

Cada produto de PCR foi obtido por meio de uma reação de 25 µL, sendo 6,5 µL de H₂O Mili-Q, 5 µL de betaína (5M), 4 µL de dNTPs (10mM), 3 µL de PCR Buffer (10x), 3 µL MgCl₂, 1 µL de primers (10-20 µM), 0,5 µL de Taq DNA Polimerase (Fermentas) (5U/ µL) e 1 µL de DNA (50 ng/µL).

A reação de amplificação do DNA, fragmento do COI, foi caracterizada por uma desnaturação inicial a 94°C por 2 min, seguida de 35 ciclos de desnaturação a 94°C por 30s, anelamento dos primers a 50 - 58 °C por 30s e extensão a 72°C por 1 min (após as amostras foram submetidas a uma extensão final por 2 min a 72°C). Os produtos das PCRs foram submetidos a eletroforese em gel de agarose 1% e fotografados com câmera digital C-7070 da Olympus® em um transiluminador UV Transilluminator M20 da UVP®.

Tabela I – Primer utilizados na amplificação do trecho do gene COI analisado.

Gene	Primer	Sequência
COI	HCO1	HCO2198: 5'-TAAACTTCAGGGTGACCAAAAAATCA-3'
	LCO1	LCO1490: 5'-GGTCAACAAATCATAAAGATATTGG-3'

3.4 Purificação do produto de PCR

A purificação dos produtos de PCR foi feita com o kit SureClean Plus® (Bioline). A adição ao produto de PCR à 3 µL de corante co-precipitante Pink e homogeneização da mistura, foi seguida da adição do mesmo volume do produto de PCR, de SureClean, homogeneização e incubação a temperatura ambiente por 10 min. Após centrifugação por 15 minutos a 14000 rfc e descarte do sobrenadante, foi adicionado etanol 70% duas vezes o volume da amostra e, posteriormente, misturado no vórtex. Foi realizada a centrifugação por 15 minutos a 14000 rcf, sendo o sobrenadante descartado e as amostras secas em um *Concentrator Eppendorf* e resuspendidas em 15 µL de tampão TE.

A concentração de DNA extraído em cada amostra foi quantificada, conforme descrito acima.

3.5 Sequenciamento do DNA

Utilizou-se para a reação de PCR de sequenciamento o kit Big Dye® Terminator Cycle Sequencing, contendo Big Dye® Terminator Sequencing Buffer (2,5x) (Applied Biosystems Life Technologies), água destilada e deionizada, primer (10 pmol) e produto

do PCR previamente purificado. O PCR de sequenciamento foi realizado com o seguinte ciclo termal: desnaturação inicial por 2 min a 96°C; 35 ciclos com desnaturação por 45s a 96°C, anelamento por 30s a 48-50°C e extensão por 4 min a 60°C.

Os produtos das reações de PCR foram precipitados pela adição de isopropanol 75% gelado seguido de leve agitação no vórtex e incubação à temperatura ambiente. Após centrifugação, o sobrenadante foi descartado e secado à temperatura ambiente. O precipitado foi lavado com etanol 70% e centrifugado novamente. Após purificação e precipitação, os produtos das reações de PCR foram sequenciados em sequenciador automático ABI 3100 Genetic Analyzer® (Applied Biosystems Life Technologies), do Departamento de Tecnologia da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias de Jaboticabal, Universidade Estadual Paulista “Julio de Mesquita Filho” (UNESP),

3.6 Edição das sequências

Todas as sequências foram analisadas pelo sequenciamento de ambas as fitas do DNA e comparadas com sequências depositadas no GenBank. A edição das sequências e obtenção das sequências consenso foram realizados no programa computacional BioEdit 7.1.3.0 (Hall, 1999). Para identificação de possíveis similaridades entre as sequências isoladas e sequências previamente descritas para outros organismos, as sequências obtidas foram submetidas a buscas online, utilizando o programa BLASTn (Altschul et al. 1990) através do National Center for Biotechnology Information (NCBI) (USA), “website” (<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/blast/>).

Posteriormente, foram determinadas as sequências de aminoácidos deduzidos para o gene COI, utilizando-se a plataforma on-line EMBOSS Sixpack

(http://www.ebi.ac.uk/Tools/st/emboss_sixpack/), para verificar a presença de códons de parada.

3.7 Análises de distância genética

As sequências obtidas de fragmentos do gene mitocondrial COI de *A. longinaris* foram previamente editadas e alinhadas com auxílio dos programas Clustal W (Thompson et al., 1994) com interface no Bioedit. Também foram incluídas no alinhamento as sequências de três espécies de peneídeos, *Farfantepenaeus paulensis* (Pérez Farfante, 1967), *Farfantepenaeus brasiliensis* (Latreille, 1817) e *Rimapenaeus constrictus* (Stimpson, 1874), as quais foram utilizadas como grupo externo nas análises de distância filogenética.

O modelo de substituição Kimura 2 parâmetro (Kimura, 1980) foi empregado nos cálculos das matrizes de distância por ser o que apresenta melhor desempenho quando as distâncias genética são baixas (Nei e Kumar, 2000; Hebert et al., 2003). Os dados das matrizes foram agrupados pelo método de Neighbor-Joining (NJ) (Saitou & Nei, 1987), com auxílio do programa MEGA versão 5 (Tamura et al., 2011).

3.8 Análise filogenética

A análise filogenética de máxima verossimilhança entre os indivíduos de *A. longinaris* foi realizada utilizando o programa RAxML X-SEDE (Stamatakis, 2006) na plataforma on-line CIPRES (Miller et al., 2010).

O método de máxima verossimilhança tenta inferir a árvore evolutiva por meio da busca da árvore que maximiza a probabilidade de observação dos dados, ou seja, calcula a árvore com maior probabilidade de ocorrência, podendo levar em consideração

parâmetros como a taxa de substituição e frequência de bases, a partir de um modelo evolutivo escolhido (Russo et al., 2010; Hall, 2011).

3.9 Análises da variação genética

As análises de haplótipos e diferenciação genética do gene COI seguiram os métodos utilizados por Vergamini et al. (2011). O número de haplótipos foi calculado no programa DnaSP 4.10.9 (Rozas & Rozas, 1999). Redes de haplótipos foram construídas pelo método de Median-Joining, utilizando o programa Network (Bandelt et al., 1999), com preparação dos dados no programa DnaSP.

Foram calculadas as diversidades haplotípica e nucleotídica utilizando o programa Arlequin 3.1 (Excoffier et al., 2005). A diferenciação genética das populações foi analisada por meio da Análise de Variância Molecular (AMOVA) (Excoffier et al., 1992), considerando a variação em cada sítio nucleotídico separadamente, pelo programa Arlequin.

Esta análise permite estimar o nível de subdivisão genética intra-específica, considerando a variação das frequências gênicas em três níveis hierárquicos: variação (1) entre regiões (Sudeste do Brasil, Sul do Brasil e Argentina) (2) entre populações dentro das regiões e (3) entre indivíduos dentro das populações.

4. Resultados

Foram obtidas 63 sequências do gene COI dos indivíduos coletados nas sete localidades, Macaé (n=10), Ubatuba (n=13), Santos (n=2), Cananéia (n=5), São Francisco do Sul (n=10), Rio Grande (n=10), Mar del Plata (n=13). Um total de 502

pares de bases foi analisado, os quais apresentaram 443 sítios conservados e 59 variáveis, sendo seis (10,17%) na primeira posição e 53 (89,83%) na terceira posição do códon.

A composição nucleotídica média geral foi de 28,2% (A), 30,5% (T), 19,6% (G), 21,7% (C), a composição nucleotídica média de cada população pode ser visualizada na tabela II.

Tabela II – Composição nucleotídica média (% de cada nucleotídeo) de cada uma das sete populações de *Artemesia longinaris* analisadas: Macaé (Mac), Ubatuba (Uba), Santos (San), Cananéia (Can), São Francisco do Sul (SFS), Rio Grande (RGr) e Mar del Plata (MPI).

	Mac	Uba	San	Can	SFS	RGr	MPI
A	28,19	28,23	28,4	28,13	28,17	27,99	28,18
T	30,54	30,48	30,30	30,44	30,36	30,58	30,52
G	19,62	19,58	19,30	19,60	19,60	19,78	19,60
C	21,65	21,71	22	21,83	21,87	21,65	21,70

4.1 Análise de distância genética

As taxas de divergência estimadas pelas matrizes de distância variaram entre 0 e 3,6 % entre os 63 indivíduos das 7 populações de *A. longinaris*. A distância média geral para a espécie foi de $1,4 \pm 0,24$ % e, entre os indivíduos e os grupos externos variou entre 21,1 e 22,9 %. A distância média dentro de cada população variou de $0,98 \pm 0,0031$ % em Cananéia a $1,71 \pm 0,36$ % em Macaé (Tabela III). Entre as populações, as distâncias variaram de $1,1 \pm 0,3$ % entre Mar del Plata e Cananéia a $1,6 + 0,4$ % entre Macaé e Santos e Macaé de São Francisco do Sul. (tabela IV).

A análise das relações genéticas pelo dendrograma Neighbor-Joining mostrou uma clara separação entre o grupamento formado por *A. longinaris* e os grupos externos. No entanto, entre os indivíduos da espécie não foram formados agrupamentos separados por localidades, embora tenham ocorrido alguns ramos com valores de bootstrap acima de 50 %, os quais não apresentaram nenhum padrão geográfico (Figura 2).

Tabela III – Distância média (%) entre os indivíduos \pm desvio padrão dentro de cada população de *Artemesia longinaris*.

População	Distância média(%)	Desvio Padrão(\pm)
Macaé	1,71	0,36
Ubatuba	1,34	0,25
Santos	1,64	0,57
Cananéia	0,98	0,31
São Franc do Sul	1,57	0,33
Rio Grande	1,29	0,26
Mar del Plata	1,16	0,28

Tabela IV – Distância média (%) entre as populações (números pretos) \pm desvio padrão (números azuis).

População	1	2	3	4	5	6	7
1 Macaé		0,3	0,4	0,3	0,3	0,3	0,3
2 Ubatuba	1,5		0,3	0,2	0,3	0,2	0,2
3 Santos	1,6	1,4		0,3	0,3	0,3	0,3
4 Cananéia	1,4	1,2	1,0		0,3	0,3	0,3
5 São Francisco do Sul	1,6	1,4	1,4	1,2		0,3	0,3
6 Rio Grande	1,4	1,3	1,4	1,2	1,4		0,2
7 Mar del Plata	1,4	1,2	1,3	1,1	1,4	1,2	

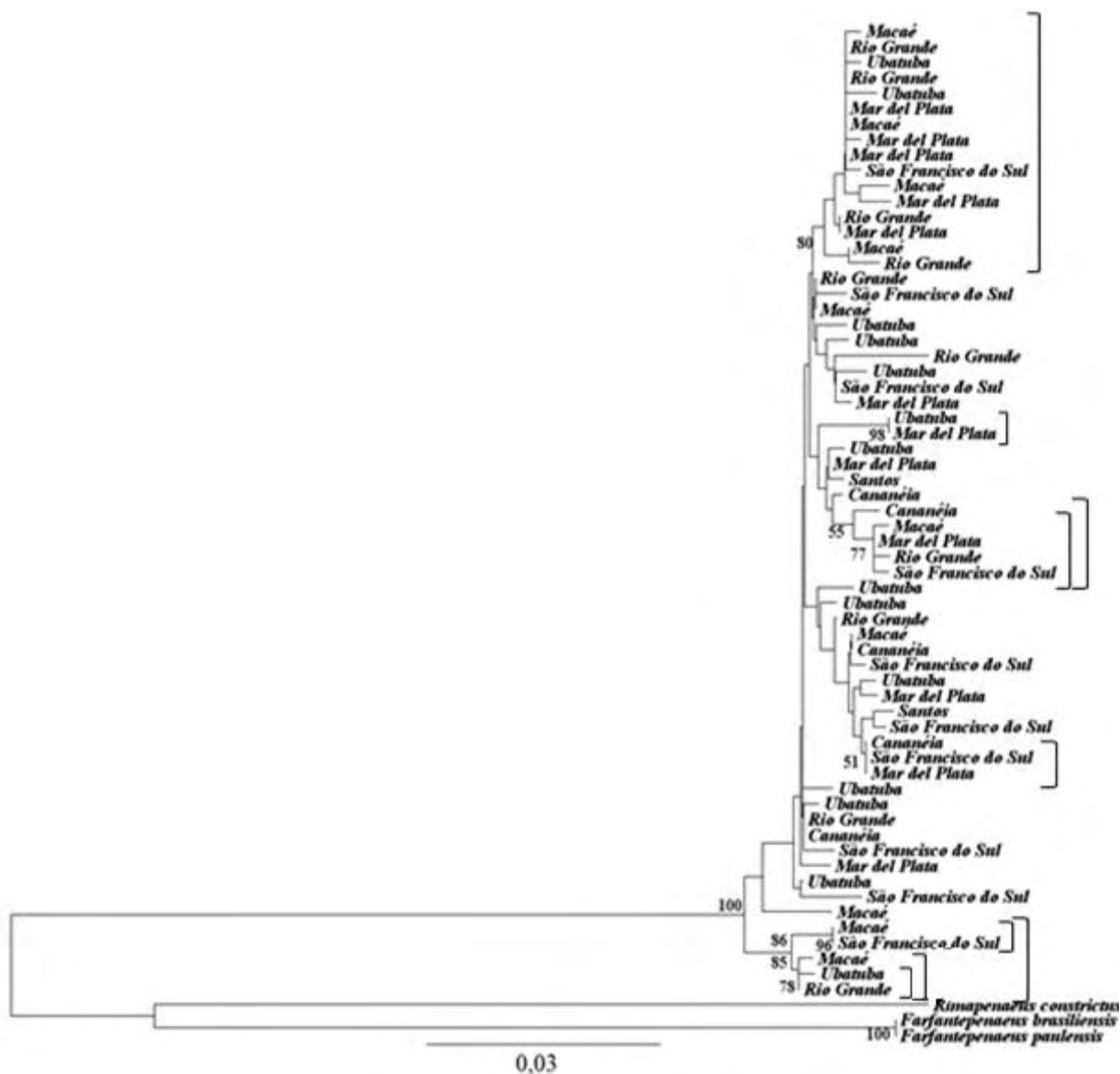


Figura 2 – Dendrograma de análise de cluster baseado em método de distância por meio do algoritmo de Neighbor-Joining das sequências do gene COI dos indivíduos de *Artemesia longinaris*. As localidades representam os espécimes e os números são os valores suporte de Bootstrap; valores abaixo de 50% não foram mostrados.

4.2 Análise filogenética

A análise de máxima verossimilhança mostrou que todos os indivíduos de *A. longinaris* formaram um clado bem definido e separado das demais espécies utilizadas como grupo externo. Porém, altos valores de bootstrap ocorreram em poucos ramos da árvore, indicando que as relações não foram bem resolvidas nos ramos internos, ou seja, entre os indivíduos de *A. longinaris* (Figura 3).

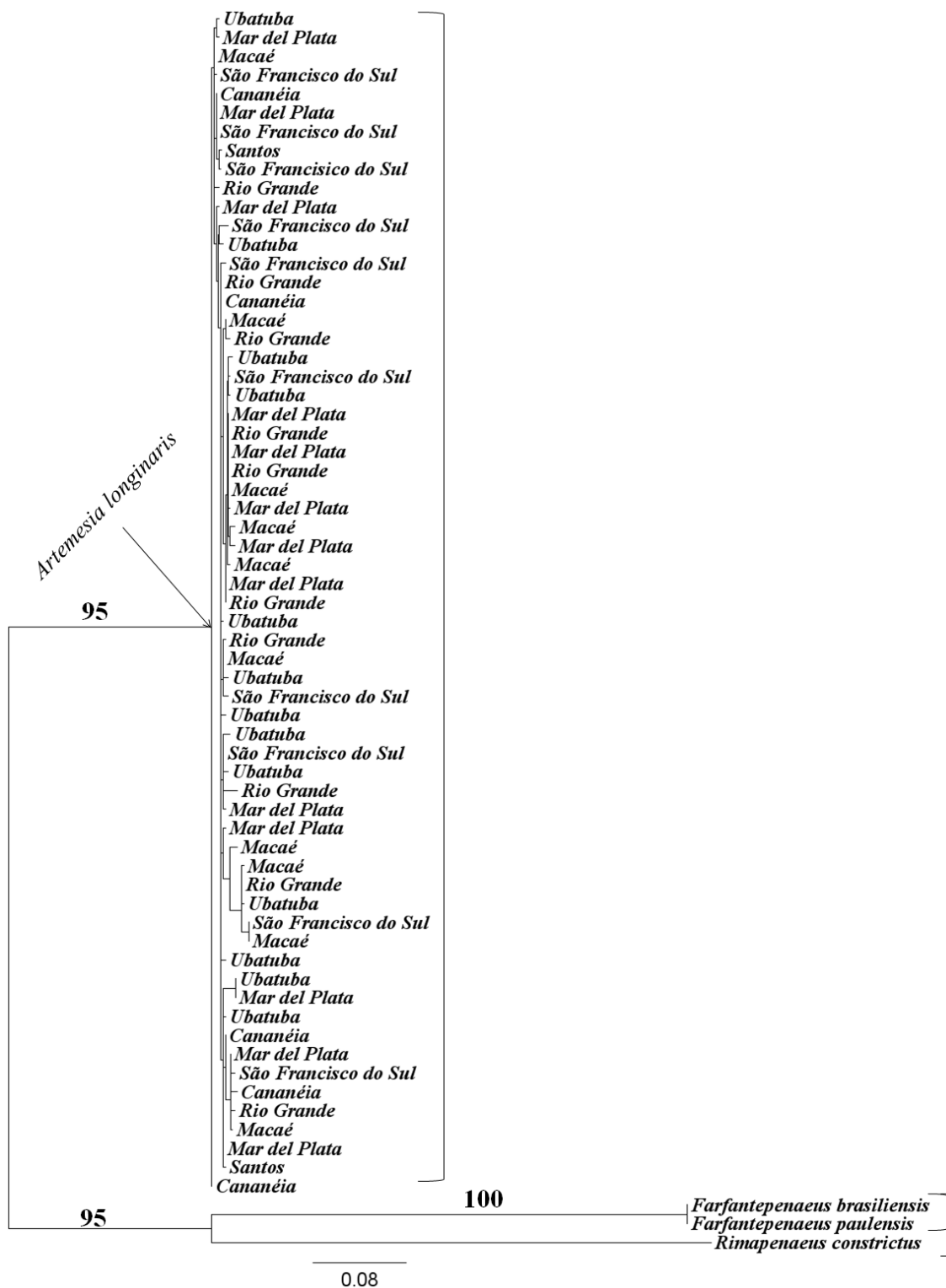


Figura 3- Árvore filogenética para os indivíduos de *Artemesia longinaris* utilizando a análise de máxima verossimilhança das sequências do gene COI. As localidades representam os espécimes, os números são os valores suporte de Bootstrap; valores abaixo de 50% não foram mostrados.

4.3 Análises de variação genética

Foram obtidos 51 haplótipos, sendo 44 individuais, ou seja, encontrados em apenas um indivíduo, e apenas sete compartilhados (Tabela V). Dentre os haplótipos compartilhados o H5 foi o mais frequente, tendo sido compartilhado por cinco indivíduos provenientes de três localidades (Tabela V). Devido ao baixo número de sequências obtidas (somente duas), a população de Santos não foi incluída nas análises de diversidade haplotípica, diversidade nucleotídica e de variância molecular.

Tabela V - Distribuição dos haplótipos detectados nas sete populações de *Artemesia longinaris* analisadas: Macaé (Mac), Ubatuba (Uba), Santos (San), Cananéia (Can), São Francisco do Sul (SFS), Rio Grande (RGr) e Mar del Plata (MPI). N, número de indivíduos analisados em cada população; DH, diversidade haplotípica; DN, diversidade nucleotídica; DP, desvio padrão.

Haplótipos	Mac	Uba	San	Can	SFS	RGr	MPI
1	1						
2	1						
3	1			1			
4	1				1		
5	1					2	2
6	1					1	
7	1						
8	1						
9	1						
10	1						

Carvalho Batista, A. 2013

Haplótipos	Mac	Uba	San	Can	SFS	RGr	MPI
11		1					
12		1					
13		1					
14		1					
15		1					
16		1					
17		1					
18		1					
19		1					1
20		1					
21		1					
22		1					
23		1					
24			1				
25			1				
26						1	
27						1	
28						1	1

Carvalho Batista, A. 2013

Haplótipos	Mac	Uba	San	Can	SFS	RGr	MPI
29				1		1	
30						1	
31						1	
32						1	
33				1			
34				1	1		1
35				1			
36					1		
37					1		
38					1		
39					1		
40					1		
41					1		
42					1		
43					1		
44							1
45							1
46							1

Haplótipos	Mac	Uba	San	Can	SFS	RGr	MPI
47							1
48							1
49							1
50							1
51							1
N	10	13	2	5	10	10	13
DH	0,1	0,0769		0,2	0,1	0,12	0,089
DN±DP	1,7x10 ⁻³	1,3 x10 ⁻³		0,9x10 ⁻³	1,5x10 ⁻³	1,24x10 ⁻³	1,13x10 ⁻³
	±0,9x10 ⁻³	±0,4x10 ⁻³		±0,6x10 ⁻³	±0,8x10 ⁻³	±0,7x10 ⁻³	±0,65x10 ⁻³

A rede de haplótipos construída não revelou nenhum tipo de separação entre grupos, sendo observado o compartilhamento de haplótipos entre praticamente todas as localidades (Figura 4).

A análise de variância molecular (AMOVA) com estrutura hierárquica simples (estruturção ausente) detectou que toda a variação (100%) ocorre dentro das populações enquanto a variação entre populações é praticamente zero (Tabela VI). A estruturação das populações em dois possíveis grupos, de acordo com a localização geográfica, também mostrou que a totalidade da variação ocorre dentro das populações (100%), embora não tenham sido verificados os valores significativos de P para nenhum dos índices (FST, FCT, FCS) (Tabela VI).

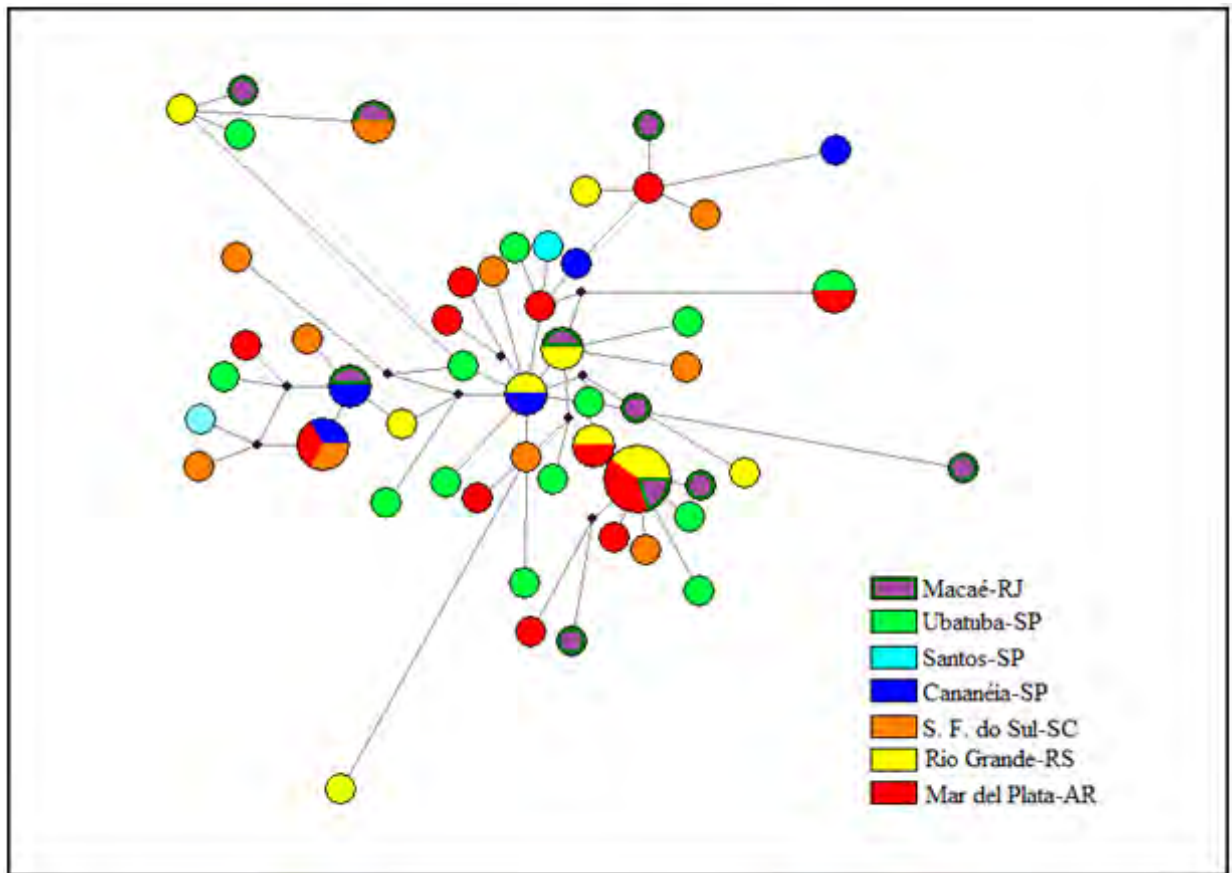


Figura 4 – Rede de haplótipos de acordo com a análise de Median-Joining, indicando a distribuição de cada haplótipo encontrado nas populações (51 haplótipos em 63 espécimes). O tamanho do círculo de cada haplótipo é proporcional à sua frequência na amostragem.

Tabela VI - Resultados das análises de variância molecular (AMOVA) realizadas com espécimes de *Artemisia longinaria* provenientes de diversas populações. *Valores significativos, $P < 0,05$.

Estruturação	Fonte de Variação	%	Índice de Fixação	P
Ausente	Entre as populações	-0,48	FST: -0,0048	0,79
	Dentro das populações	100,48		
Sul (Mar del Plata, Rio Grande, São Fransisco do Sul, Cananéia)	Entre grupos	0,07	FCT:0,0007	0,51
	Entre populações dentro dos grupos	-0,52	FCS:-0,0052	0,80
Sudeste (Ubatuba e Macaé)	Dentro das populações	100,45	FST:-0,0045	0,80

5. Discussão

A composição nucleotídica das sequências obtidas no presente estudo foi bem similar àquela reportada por Dumont et al., (2009). Contudo, apenas uma sequência referente a tal estudo foi disponibilizada no Genbank da base de dados da NCBI, da qual não foi possível obter alinhamento sem gaps (ausência de nucleotídeos ao longo da sequência), nem com as sequências obtidas no presente estudo, nem com sequências de outros peneídeos disponíveis nesse banco de dados, de modo que as sequências obtidas no presente estudo oferecem a possibilidade alinhamentos para estudos futuros.

A reduzida distância genética entre os espécimes de *A. longinaria* comparada com a distância entre outras espécies de peneídeos utilizados como grupo externo, fortalecem a idéia de que as populações analisadas referem-se a um único táxon, indicando que nenhuma das populações esteja em processo de especiação. Tais resultados são corroborados pela análise filogenética utilizada, a qual definiu *A.*

longinaris como sendo um único clado bem definido. Ademais, tais resultados confirmam a eficácia da utilização do gene COI pela técnica de DNA Barcode, para a separação de espécies de peneídeos do litoral brasileiro.

Os resultados da análise de variância molecular mostraram a ausência de diferenciação genética, indicando que as variações morfológicas e ecológicas observadas entre as populações da espécie devem-se às diferenças ambientais entre as localidades. A determinação do fenótipo de um indivíduo ocorre da interação entre seu genótipo e o ambiente (Templeton, 2006) e, ao longo do processo evolutivo variações morfológicas podem ser fixadas nas populações devido à influência do ambiente, antes que ocorram variações genéticas significativas entre essas populações (Schwander e Leimar, 2011).

Os trabalhos realizados para outras espécies de peneídeos, ao longo de toda extensão geográfica analisada, parecem indicar que a região não apresenta barreira capaz de conter o fluxo gênico entre populações. Um estudo anterior com isoenzimas mostrou a ausência de diferenciação significativa entre populações de *Farfantepenaeus brasiliensis* e *Litopenaeus schmitti* ao longo de praticamente toda a costa brasileira (Gusmão et al., 2005). Análises realizadas com microssatélites para *L. schmitti* mostraram a ocorrência de diferenciação genética entre as populações situadas ao norte da região da ressurgência de Cabo Frio (estado do Espírito Santo) e as situadas ao sul (estado de São Paulo) (Maggione et al., 2003), indicando assim, que a barreira mais provável ao fluxo gênico desses organismos seria o próprio limite norte da extensão analisada no presente estudo e não alguma área localizada dentro dela.

Uma pequena quantidade de fluxo gênico entre as populações geralmente é o suficiente para evitar a diferenciação entre elas. Apenas um migrante por geração que se

assente e faça parte da população reprodutiva é o suficiente para prevenir a acumulação de largas diferenças genéticas, e por outro lado, dez migrantes seriam suficientes para homogeneizar totalmente as populações (Slatkin, 1987).

A estruturação geográfica entre populações, ao longo de distâncias relativamente curtas no ambiente marinho e sem barreiras, indica a presença de espécies com níveis extremamente baixos de dispersão (Palumbi, 2003). Espécies marinhas com fases larvais móveis durante seu ciclo de vida são capazes de ampla dispersão e, portanto, normalmente apresentam homogeneidade genética ao longo de sua distribuição (Gopurenko e Hughes, 2002). Trabalhos anteriores apontam o transporte larval através das correntes como principal fator para homogeneização genética em camarões, tanto em peneídeos (Chu et al., 2011), quanto em carídeos (Raupach et al., 2010).

Camarões peneídeos apresentam fase larval na qual estão sujeitos ao transporte passivo pelas correntes e massas de água, por cerca de um mês (Dall et al., 1990). Este tempo é suficiente para que uma larva transportada passivamente pelas correntes a uma velocidade de $0,1 \text{ m/s}^{-1}$ percorra centenas de Km (Palumbi, 2003). No litoral argentino, os estágios larvais de *Pleoticus muelleri* chegam a percorrer distâncias entre 120 e 300 milhas náuticas (entre 220 e 550 km aproximadamente), transportados pelas correntes ao longo da costa (Boschi, 1989).

A circulação oceanográfica do Atlântico Sul tem duas correntes como principais fluxos de água. Uma proveniente do norte (corrente do Brasil), a qual transporta águas tropicais (AT; $T > 20 \text{ }^\circ\text{C}$, $S > 36$) caracterizadas por alta salinidade e temperatura e outra proveniente do sul (Malvinas = Falkland), caracterizada por apresentar baixa salinidade e temperatura (ASA; $T < 15 \text{ }^\circ\text{C}$, $S < 34$) (Castro-Filho e Miranda, 1998). Entre $33\text{-}38^\circ \text{ S}$ na zona de confluência dessas duas correntes se forma a Água Central

do Atlântico Sul (ACAS) (Stramma e Peterson, 1990), massa de água que percorre toda a extensão analisada no presente estudo (Coelho-Souza et al., 2012), tendo seu percurso ocorrendo geralmente em profundidades superiores as 100 m, transportando águas com baixas salinidade e temperatura (Campos et al., 2000). Porém durante os meses de verão, devido à mudança na direção dos ventos, essa massa de água se aproxima da costa na região sudeste, promovendo a diminuição da temperatura para valores inferiores aos 20 °C (Campos et al., 1995) condição que favoreceria o estabelecimento de *A. longinaris* (Costa et al., 2005).

Dessa forma, provavelmente a dispersão larval de *A. longinaris* ocorra através dessa massa de água, do sul para o norte, durante os meses de primavera e verão. Adicionalmente, haveria o Giro Subtropical da ACAS, o qual flui de norte para sul a partir dos 22° S (Stramma e England, 1999), o qual poderia favorecer a dispersão no sentido oposto.

Outra possibilidade para explicar o fluxo gênico entre as populações seria a migração de adultos. Os adultos de Penaeidae também são capazes de percorrer longas distâncias. De acordo com Lindner e Anderson (1956). *Litopenaeus setiferus* (Linnaeus, 1767) pode efetuar migrações de até 580 km e, segundo Ruello (1976), *Melicertus plebejus* (Hess, 1865) pode percorrer até 930 km ao longo da costa da Austrália.

Em Ubatuba, durante os meses de primavera, quando ocorre a intrusão da ACAS, Castilho et al. (2007a) verificaram o aparecimento de indivíduos de maiores classes de tamanho na população, os quais foram sugeridos como migrantes de outras regiões pelos autores. De acordo com Fransozo et al. (2004) e Costa et al. (2005), *A. longinaris* tem suas migrações associadas ao percurso da ACAS, e suas águas frias permitiriam o deslocamento da espécie a longas distâncias e o estabelecimento desta no

litoral norte de São Paulo, onde sua abundância está sujeita a fortes variações interanuais ligadas a dinâmica das massas de água .

Além disso, em outras localidades do litoral paulista, a presença da espécie tem sido restrita a ocasiões de intrusão da ACAS, como na Baía de Santos, onde Carvalho-Batista et al. (2011) verificaram entre 2008 e 2010 a presença de uma população formada por poucos indivíduos, a qual se tornou ausente das amostragens no ano em que não houve intrusão dessa massa e a temperatura da água apresentou valores altos, acima de 21°C.

Por outro lado, no litoral norte do Rio de Janeiro e nas localidades mais ao sul de sua distribuição geográfica (Rio Grande do Sul e Argentina) a espécie é capturada durante o ano inteiro (Boschi, 1969a; Nascimento, 1983; Semensato e Di Benedetto, 2008; Sancinetti, 2011) sendo essas populações mais estáveis.

Dessa forma, *A. longinaria* parece constituir uma metapopulação, hipótese também proposta por Castilho (2004). Uma metapopulação consiste em uma única população formada por um conjunto de subpopulações, as quais devem apresentar algumas características como: as subpopulações individuais tem chances realísticas de experimentar tanto a extinção quanto a recolonização, as dinâmicas dessas subpopulações devem ser independentes e não sincrônicas (Begon et al., 2006), e deve ocorrer interação com indivíduos dispersores vindos de outras populações (Grimm et al., 2003).

Embora no conceito clássico de metapopulação todas as subpopulações tenham uma chance real e aproximadamente igual de extinção, pode haver uma variação significativa no tamanho ou na qualidade das subpopulações, de modo que, essas podem ser divididas em “fontes” (doadoras), onde o número de nascimentos supera o número

de mortes, e “drenos” (receptoras), onde ocorre o inverso (Pulliam, 1988). Portanto, as fontes sustentam um ou mais drenos (Begon et al., 2006). As populações estáveis do Rio Grande do Sul, Argentina e litoral norte do Rio de Janeiro seriam as fontes que abasteceriam as demais populações ao longo da costa Sul e Sudeste do Brasil.

Os resultados obtidos no presente estudo reforçam a idéia de *A. longinaris* como um único táxon e trazem informações a respeito da eficácia do gene COI em análises de DNA Barcode, na identificação de espécies de peneídeos do litoral brasileiro. Tais resultados mostram que ao longo de toda distribuição geográfica da espécie não existem barreiras capazes de impedir o fluxo gênico entre as populações e que as variações fenotípicas entre essas populações são decorrentes das diferenças ambientais entre as localidades que cada uma delas ocupa. Finalmente, os dados indicam a importância das populações maiores e mais estáveis como fontes abastecedoras das populações menores e menos estáveis dessa espécie.

6. Referências

- ACHA, E. M.; MIANZAN, H. W.; GUERRERO, R. A.; FAVERO, M.; BRAVA, J. 2004. Marine fronts at the continental shelves of austral South America: physical and ecological processes. *Journal of Marine Systems*, v. 44, p. 83 - 105.
- ALTSCHUL, S. F.; GISH, W.; MILLER, W.; MYERS, E.; LIPMAN, D. J. 1990. Basic local alignment search tool. *Journal of Molecular Biology*, v. 215, n. 3, p. 403 – 410.
- AOKI, M.; NAKAGAWA, Y.; KAWAMOTO, M.; WADA, K. 2012. Population divergence of the sentinel crab *Macrophthalmus banzai* is consistent with regional breeding season differences. *Zoological Science*, v. 29, n. 12, p. 821 - 826.
- AVISE, J. C. **Molecular markers, Natural History and Evolution**. Chapman & Hall, New York. 1994.
- BANDELT H. J.; FORSTER, P.; RÖHL, A. 1999. Median-joining networks for inferring intraspecific phylogenies. *Molecular Biology and Evolution*, v. 16, p. 37 - 48.
- BEGON, M.; TOWNSEND, C. R.; HARPER, J. L. **Ecology: From Individuals to Ecosystems**. Blackwell Publishing, 4th edition, 2006.
- BENZIE, J. A. H. 2000. Population genetic structure in penaeid prawns. *Aquaculture Research*, v. 31, p. 95 - 119.

- BOSCHI, E. E. 1969a. Estudio biológico pesquero del camarón *Artemesia longinaris* Bate, 1888 de Mar del Plata. *Boletim do Instituto de Biologia Marinha*, v. 18, p. 1 – 47.
- BOSCHI, E. E. 1969b. Crecimiento, migración y ecología del camarón comercial *Artemesia longinaris* Bate, 1888, de Mar del Plata. *FAO Fisheries Report*, v. 57, n. 3, p. 833 - 846.
- BOSCHI, E. E. 1989. Biología pesquera del langostino del litoral patagónico de Argentina (*Pleoticus muelleri*). Contribución Instituto Nacional de Investigación y Desarrollo Pesquero, v. 646, p. 5-71.
- BOSCHI, E. E. 2000. Species of decapods crustaceans and their distribution in the American marine zoogeographic provinces. *Revista de Investigación y Desarrollo Pesquero*, v. 13, p. 1 - 64.
- CAMPOS, E. J. D.; GONCALVES, J. E.; IKEDA, Y. 1995. Water mass characteristics and geostrophic circulation in the South Brazil Bight - Summer of 1991. *Journal of Geophysical Research*, v. 1009, p. 18537-18550.
- CAMPOS E. J. D.; VELHOTE, D.; SILVEIRA, I. C. A. 2000. Shelf break upwelling driven by Brazil Current cyclonic meanders. *Geophysical Research Letters*, v. 27, n. 6, p. 751 – 754.
- CARVALHO-BATISTA, A.; SIMÕES, S. M.; LOPES, M.; COSTA, R. C. 2011. Ecological distribution of the shrimp *Pleoticus muelleri* (Bate, 1888) and *Artemesia longinaris* Bate, 1888 (Decapoda: Penaeoidea) in the Southeastern Brazilian littoral. *Nauplius*, v. 19, p. 135 - 143.
- CASTILHO, A. L. 2004. **Dinâmica populacional do camarão *Artemesia longinaris* Bate, 1888 (Decapoda, Penaeidae) no litoral norte do estado de São Paulo**. Dissertação de Mestrado. Instituto de Biociências, Botucatu, SP, UNESP, 80 pp.
- CASTILHO, A. L.; FRANSOZO, A.; COSTA, R. C.; BOSCHI, E. E. 2007a. Reproductive biology of the shrimp *Artemesia longinaris* Bate, 1888 (Crustácea, Decapoda, Penaeidae) in the northern Coast of São Paulo State, Brazil. *Revista de Biologia Tropical*, v. 55, p. 39 – 48.
- CASTILHO, A. L.; GAVIO, M. A.; COSTA, R. C.; BOSCHI, E. E.; BAUER, R. T.; FRANSOZO, A. 2007b. Latitudinal variation in population structure and reproductive pattern of the endemic south american shrimp *Artemesia longinaris* (Decapoda: Penaeoidea). *Journal of Crustacean Biology*, v. 27, p. 548 – 552.
- CASTILHO, A. L.; COSTA, R. C.; FRANSOZO, A.; NEGREIROS-FRANSOZO, M. L. 2008. Reproduction and recruitment of the South American red shrimp, *Pleoticus muelleri* (Crustacea: Solenoceridae), from the southeastern coast of Brazil. *Marine Biology Research*, v. 4, p. 361 – 368.
- CASTRO-FILHO, B. M.; MIRANDA, L. B. **Physical oceanography of the western Atlantic continental shelf located between 4° N and 34° S coastal segment (4° W)**. In: ROBINSON, A. R.; BRINK, K. H. (eds.). *The sea*, p. 209-251. John Wiley and Sons, New York. 1998.
- CHRISTIANSEN, H. E.; SCELZO, M. A. 1971. Ciclo de maduración sexual y observaciones sobre la morfología del aparato genital del camarón *Artemesia longinaris* Bate. *Carpas*, n. 16, p. 1 - 22.

- CHU, T. J.; HAUNG, H. L.; SHIH, C. H.; LIN, F. J.; TZENG, T. D. 2011. Population structure and expansion of kuruma shrimp (*Penaeus japonicus*) in the adjacent waters of Taiwan inferred from intron sequences. *African Journal of Biotechnology*, v. 10, n. 74, p. 16994 – 17009.
- COELHO-SOUZA, S. A.; LOPEZ, M. S.; GUIMARÃES, J. R. D.; COUTINHO, R.; CANDELLA, R. N. 2012. Biophysical interactions in the Cabo Frio upwelling system, Southeastern Brazil. *Brazilian Journal of Oceanography*, v. 60, n. 3, p 353 - 365.
- COSTA, R. C. 2002. **Biologia e Distribuição Ecológica das Espécies de Camarões Dendrobranchiata (Crustacea: Decapoda) na Região de Ubatuba (SP)**. Tese de Doutorado. Instituto de Biociências, Botucatu, SP, UNESP. 186 pp.
- COSTA, R. C.; FRANSOZO, A.; MELO, G. A. S.; FREIRE, F. A. M. 2003. An illustrated key for Dendrobranchiata shrimps from the northern coast of São Paulo state, Brazil. *Biota Neotropica*, v. 3, n. 1, p. 1 - 12.
- COSTA, R.; FRANSOZO, A.; CASTILHO, A. L.; FREIRE, F. A. M. 2005. Annual, seasonal and spatial variation of bundance of the shrimp *Artemesia longinaris* (Decapoda: Penaeoidea) in south-eastern Brazil. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, v. 85, p. 107 - 112.
- DALL, W.; HILL, B. J.; ROTHLSBERG, P. C.; STAPLES, D. J. **The biology of the Penaeidae**. In: BLAXTER, J. H. S; SOUTHWARD, A.J. (Eds). *Advances in Marine Biology*. Academic press, v. 27, 1990. 489 pp.
- DE CROSS, M. D. S. T.; PÁLsoon, S. 2012. Population biology and genetic diversity of two adjacent shrimp (*Parapenaeopsis coromandelica*) populations exploited under different fishing pressures in the coastal waters of Sri Lanka. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, v. 92, n. 4, p. 819 – 829.
- DE GRAVE, S.; FRANSEN, C. H. J. M. 2011. Carideorum catalogus: the recent species of the dendrobranchiate, stenopodidean, procarididean and caridean shrimps (Crustacea: Decapoda). *Zoologische Mededelingen, Leiden*, v. 89, n. 5, p.195 – 589.
- D'INCAO, F. **Subordem Dendrobranchiata (camarões marinhos)**. In: BUCKUP, L.; BOND-BUCKUP, G. (Org.). *Os Crustáceos do Rio Grande do Sul*. p. 271 - 299. Editora da Universidade, UFRGS, Porto Alegre 1999.
- DUMONT, L. F. C. 2008. **Identificação de estoques e aspectos biológicos e pesqueiros do camarão barba-ruça (*Artemesia longinaris* Bate, 1888) no Sul do Brasil. 2008**. Tese de Doutorado, Instituto de Oceanografia da Fundação Universidade Federal do Rio Grande, FURG, Rio Grande, RS, 225 pp.
- DUMONT, L. F.; HWANG, G.; MACLEAN, N. 2009. The mtDNA control region of the barba-ruça shrimp *Artemesia longinaris* (Decapoda: Penaeidae) and its potential use as a marker for population analusis. *Atlântica, Rio Grande*, v. 31, n. 2, p. 199 – 207.
- DUMONT, L. F.; MACHADO, I. F.; D'INCAO, F. 2011. Reproductive pattern, size at first maturity and stock-recruitment relationship of the Argentine Stiletto Shrimp (*Artemesia longinaris*, Decapoda: Penaeidae) in Southern Brazil. *Atlântica, Rio Grande*, v. 33, n. 2, p. 183 – 199.

- EXCOFFIER, L.; SMOUSE, P. E.; QUATTRO, J. M. 1992. Analysis of molecular variance inferred from metric distances among DNA haplotypes: application to human mitochondrial DNA restriction data. *Genetics*, v. 131, p. 479 - 491.
- EXCOFFIER, L.; LAVAL, G.; SCHNEIDER, S. 2005. Arlequin (version 3.0): an integrated software package for population genetics data analysis. *Evolutionary Bioinformatics Online*, v. 1, p. 47 - 50.
- FRANZOZO, A.; COSTA, R. C.; CASTILHO, A. L.; MANTELATTO, F. L. 2004. Ecological distribution of the shrimp “camarão serrinha” *Artemesia longinaris* (Decapoda, Penaeidea) in Fortaleza Bay, Ubatuba, Brazil, in Relation to Abiotic Factors. *Revista de Investigacion.y Desarrollo Pesquero*, v. 16, p. 43 – 50.
- GOPURENKO, D.; HUGHES, J. M. 2002. Regional patterns of genetic structure among Australian populations of the mud crab, *Scylla serrata* (Crustacea: Decapoda): evidence from mitochondrial DNA. *Marine and Freshwater Research*, v. 53, p. 849 - 857.
- GRIMM, V.; REISE, K.; STRASSER, M. 2003. Marine metapopulations: a useful concept? *Helgoland Marine Research*, v. 56, p. 222-228.
- GUSMÃO, J.; LAZOSKI, C.; SOLÉ- CAVA, A. M. 2005. Population genetic structure of Brazilian shrimp species (*Farfantepenaeus* sp., *F. brasiliensis*, *F. paulensis* and *Litopenaeus schmitti*: Decapoda: Penaeidae). *Genetics and Molecular Biology*, v. 28, n. 1, p. 165 – 171.
- HALL, T. A. 1999. BioEdit: a user-friendly biological sequence alignment editor and analysis program for Windows 95/98/NT. *Nucleic Acids Symposium Series*, v. 41, p. 95 - 98.
- HALL, B. G. **Phylogenetic trees made easy: A how-to manual**. Sinauer Associates Inc., Sunderland, 4rd. edition, 2011, 233 pp.
- HEBERT, P. D. N.; CYWINSKA, A.; BALL, S. L.; deWAARD, J. R. 2003. Biological identifications through DNA barcodes. *Proceedings of the Royal Society of London*, v. 270, p. 313 – 321.
- HILLIS, D. M.; MABLE, B. K.; MORITZ, C. **Molecular Systematics**. Sinauer Associates, 1996.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE MEIO AMBIENTE/IBAMA. Estatística de Pesca 2007 Brasil: Grandes regiões e unidades da federação. Brasília, 113 pp, 2007.
- KIMURA, M. 1980. A simple method for estimating evolutionary rates of base substitutions through comparative studies of nucleotide sequences. *Journal of Molecular Evolution*, v. 16, p. 111 – 120.
- LINDNER, M. J.; ANDERSON, W. W. 1956. Growth, migrations, spawning and size distribution of shrimp *Penaeus setiferus*. *United States Department of the Interior. Fish and Wildlife Service. Fisher Bulletin.*, v. 106, p. 555 – 645.
- MAGGIONI, R.; ROGERS, A. D.; MACLEAN, N. 2003. Population structure of *Litopenaeus schmitti* (Decapoda: Penaeidae) from the Brazilian coast identified using six polymorphic microsatellite loci. *Molecular Ecology*, v. 12, p. 3213 – 3217.
- MANTELATTO, F. L.; ROBLES, R.; SCHUBART, C. D.; FELDER, D.L. **Molecular phylogeny of the genus Cronius Stimpson, 1860, with reassignment of C. tumidulus and several American species of Portunus to the genus Achelous De Haan, 1833 (Brachyura: Portunidae).**:In: MARTIN, J. W. CRANDALL, K. A.; FELDER, D. L. (eds). *Crustacean Issues: Decapod Crustacean Phylogenetics*. p. 567 – 579. Taylor and Francis/CRC Press, Boca Raton, 2009.

- MILLER, M. A.; PFEIFFER, W.; SCHWARTZ, T. 2010. "Creating the CIPRES Science Gateway for inference of large phylogenetic trees". In *Proceedings of the Gateway Computing Environments Workshop (GCE), New Orleans*, p. 1 - 8.
- NASCIMENTO, P. A. M. 1983. Observações preliminares sobre a binômia do camarão *Artemesia longinaris* Bate, 1888 (Decapoda, Penaeidea) no Atlântico Ocidental (lat. 29°S - 35°S). *Naturalia*, v.8, p. 33 - 47.
- NEI, M.; KUMAR S. **Molecular evolution and phylogenetics**. Oxford University Press, New York, 2000.
- OLIVIER, S. R.; BASTIDA, R.; TORTI, M. T. 1968. Resultados de las campañas oceanográficas Mar del Plata I - V. Contribución al trazado de una carta bionómica del área de Mar del Plata. Las asociaciones del Sistema Litoral entre 12 y 70 m. de profundidad. *Boletín del Instituto de Biología Marina, Mar del Plata*, v. 16, p. 1 – 85.
- PALUMBI, S. R. 2003. Population genetics, demographic connectivity, and the design of marine reserves. *Ecological Applications*, v. 13, n. 1, p. 146 – 158.
- PEREZ, J. A. A.; PEZZUTO, P. R.; RODRIGUES, L. F.; VALENTINI, H.; VOOREN, C. M. 2001. Relatório da reunião técnica de ordenamento da pesca de arrasto nas regiões Sudeste e Sul do Brasil. *Notas Técnicas da Facimar*, v. 5, p. 1 – 34.
- PETRIELLA, A. M.; BRIDI, R. J. 1992. Variaciones estacionales del ciclo de muda y la maduración ovárica del camarón (*Artemesia longinaris*). *Frente Marítimo*, v.11, n. 85 - 92.
- PILEGGI, L. G.; MANTELATTO, F. L. 2010. Molecular phylogeny of the freshwater prawn genus *Macrobrachium* (Decapoda, Palaemonidae), with emphasis on the relationships among selected American species. *Invertebrate Systematics*, v. 24, p. 194 - 208.
- PULLIAM, H. R. 1988. Sources, sinks and population regulation. *American Naturalist*, v. 132, p. 652 – 661.
- RAUPACH, M. J.; THATJE, S.; DAMBACH, J.; REHM, P.; MISOF, B.; LEESE, F. 2010. Genetic homogeneity and circum-Antarctic distribution of two benthic shrimp species of the Southern Ocean, *Chorismus antarcticus* and *Nematocarcinus lanceopes*. *Marine Biology*, v. 157, n. 8, p. 1783 – 1797.
- ROZAS, J.; ROZAS, R. 1999. DnaSP version 3.0: an integrated program for molecular population genetic and molecular evolution analysis. *Bioinformatics*, v. 15, n. 2, p. 174 - 175.
- RUELLO, N. V. 1975. Geographical distribution, growth and breeding migration of the eastern king prawn, *Penaeus plebejus* Hess. *Australian Journal of Marine Freshwater Research*, v. 26, p. 343 – 54.
- RUFFINO, M. L.; CASTELLO, J. P. 1992. Dinamica poblacional del camarón (*Artemesia longinaris*) del sur de Brasil. *Frente Marítimo*, v. 12, p. 71 - 81.
- RUSSO, C. A. M.; MIYAKI, C. Y.; PEREIRA, S. L. **Reconstrução filogenética: Métodos Geométricos**. In: Martioli, S. R. (Ed.) *Biologia Molecular e Evolução*. p. 108 – 116. Holos Editora, Ribeirão Preto, 2000.
- SAITOU, N; NEI, M. 1987. The neighbor-joining method: A new method for reconstructing phylogenetic trees. *Molecular Biology and Evolution*. v. 4, p. 406 – 425.
- SANCINETTI, G. S. 2011. **Distribuição espaço-temporal e estrutura populacional do camarão *Artemesia longinaris* Bate, 1888 (Crustacea: Decapoda: Penaeidae) no**

Litoral de Macaé, RJ. Dissertação de Mestrado. Instituto de Biociências, Botucatu, SP, UNESP, 113 pp.

- SCHUBART, C. D.; HUBER, M. G. J. 2006. Genetic comparisons of german populations of the stone crayfish, *Austropotamobius torrentium* (Crustacea: Astacidae). *Bulletin Français de la Pêche et de la Pisciculture*, v. 380-381, p. 1019 - 1028.
- SCHWANDER, T.; LEIMAR, O. 2011. Genes as leaders and followers in evolution. *Trends in Ecology and Evolution*, v. 26, n. 3, p. 143 – 151.
- SEMENSATO, X. E. G.; DI BENEDITTO, A. P. M. 2008. Population dynamic and reproduction of *Artemesia longinaris* (Decapoda, Penaeidae) in Rio de Janeiro State, Southeastern Brazil. *Boletim do Instituto de Pesca*, v. 34, p. 89 – 98.
- SLATKIN, M. 1987. Gene flow and the geographic structure of natural populations. *Science*, v. 236 p. 787 - 792.
- STAMATAKIS, A. 2006. RAxML-VI-HPC: maximum likelihood-based phylogenetic analyses with thousands of taxa and mixed models. *Bioinformatics*, v. 22, p. 2688 – 2690.
- STRAMMA, L.; PETERSON, R. G. 1990. The South-Atlantic current. *Journal of Physical Oceanography*, v. 20, p. 846-859.
- STRAMMA, L.; ENGLAND, M. 1999. On the water masses and mean circulation of the South Atlantic Ocean. *Journal of Geophysical Research*. v. 104, p. 20863 - 20883.
- TAMURA, K.; PETERSON, D.; PETERSON, N.; STECHER, G.; NEI, M.; KUMAR, S. 2011. MEGA 5: Molecular Evolutionary Genetics Analysis Using Maximum Likelihood, Evolutionary Distance, and Maximum Parsimony Methods. *Molecular Biology and Evolution*, v. 28, n. 10, p. 2731 – 2739.
- TEMPLETON, A. R. **Population genetics and microevolutionary theory**. John Wiley & Sons, Inc. 2006.
- TEROSSI, M.; MANTELATTO, F. L. 2012. Morphological and genetic variability in *Hippolyte obliquimanus* Dana, 1852 (Decapoda, Caridea, Hippolytidae) from Brazil and the Caribbean sea. *Crustaceana*, v. 85, n. 6, p. 685 – 712.
- THOMPSON, J. D.; HIGGING, D. G.; GIBSON, T. J. 1994. CLUSTALW: Improving the sensitivity of progressive multiple sequence alignment through sequence weighting specific gap penalties and weight matrix choice. *Nucleic Acids Research*, v. 22, p. 4673 - 4680.
- VERGAMINI, F. G.; PILEGGI, L. G.; MANTELATTO, F. L. 2011. Genetic variability of the Amazon River prawn *Macrobrachium amazonicum* (Decapoda, Caridea, Palaemonidae). *Contributions to Zoology*, v. 80, n. 1, p. 67 - 80.
- WEBER, L. I.; CONCEIÇÃO, M. B.; RUFFINO, M. L.; LEVY, J. A., 1993. Population genetics of the shrimp *Artemesia longinaris* (Crustacea, Penaeidae) on the south-west Atlantic coast. *Comparative Biochemical Physiology*, v. 106, n. 4, p. 1015 – 1020.