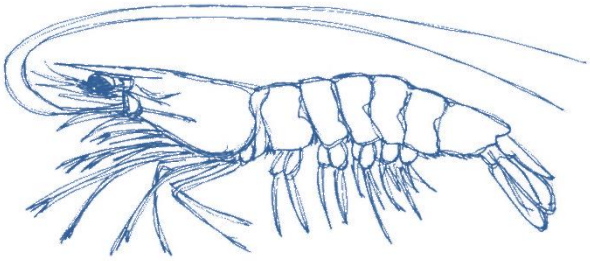
UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
Campus de Botucatu
Instituto de Biociências
Pós-Graduação em Ciências Biológicas – AC: Zoologia

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

# BIOLOGIA POPULACIONAL DO CAMARÃO-FERRINHO *Rimapenaeus constrictus* (STIMPSON, 1874) (DECAPODA: PENAEOIDEA) NA REGIÃO DE CANANÉIA, LITORAL SUL DO ESTADO DE SÃO PAULO

Joyce Rocha Garcia
Orientador: Prof. Dr. Antonio Leão Castilho



Botucatu
2015

# BIOLOGIA POPULACIONAL DO CAMARÃO-FERRINHO *Rimapenaeus constrictus* (STIMPSON, 1874) (DECAPODA: PENAEOIDEA) NA REGIÃO DE CANANÉIA, LITORAL SUL DO ESTADO DE SÃO PAULO

JOYCE ROCHA GARCIA

Orientador: Prof. Dr. Antonio Leão Castilho

Dissertação apresentada ao curso de Pós Graduação em Ciências Biológicas – 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 – SP

2015

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA SEÇÃO TÉC. AQUIS. TRATAMENTO DA INFORM.
DIVISÃO TÉCNICA DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - CÂMPUS DE BOTUCATU - UNESP
BIBLIOTECÁRIA RESPONSÁVEL: ROSEMEIRE APARECIDA VICENTE-CRB 8/5651

Garcia, Joyce.
Biologia populacional do camarão-ferrinho Rimapenaeus constrictus (Stimpson, 1874) (Decapoda: Penaeoidea) na região de Cananéia, litoral sul do estado de São Paulo / Joyce Garcia. - Botucatu, 2015

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Instituto de Biociências de Botucatu
Orientador: Antonio Leão Castilho
Capes: 20400004

1. Camarão - Distribuição sazonal. 2. Pesca de arrastão. 3. Reprodução animal - Aspectos ambientais. 4. Dinâmica populacional - Cananéia (SP).

Palavras-chave: Crescimento; Parâmetros ambientais; Pesca de arrasto; Produtividade fitoplanctônica; Sazonalidade.

"Só sabemos com exatidão quando sabemos pouco; à medida que vamos adquirindo conhecimentos, instala-se a dúvida."

Johann Wolfgang von Goethe

Dedico esta dissertação aos
meus pais, Neusa e Antonio.

# Agradecimentos

Ao *Prof. Dr. Antonio Leão Castilho* pela orientação desde a iniciação científica até o presente momento. Agradeço muito por ter "aberto as portas" do NEBECC (Núcleo de Estudos em Biologia, Ecologia e Cultivo de Crustáceos) para que eu pudesse ingressar na carcinologia. Não posso deixar de agradecer toda a sua dedicação, zelo e responsabilidade enquanto orientador e educador; características estas que certamente levarei comigo por toda vida. Agradeço ainda pela sua amizade e compreensão desde o início.

Ao Programa BIOTA/FAPESP (2010/50188-8) pelo financiamento do Projeto Temático "Crustáceos Decápodes: multidisciplinaridade na caracterização da biodiversidade marinha do Estado de São Paulo (taxonomia, espermiotaxonomia, biologia molecular e dinâmica populacional)", ao qual a presente pesquisa de dissertação está vinculada.

Aos professores vinculados ao Projeto Temático: *Dr. Rogério Caetano da Costa*, *Dr. Fernando José Zara* e *Dr. Fernando Luis Medina Mantelatto* pelo exemplo de profissionalismo enquanto educadores e pesquisadores e por todo conhecimento compartilhado.

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo – FAPESP pela concessão da bolsa de mestrado (2013/14174-0) durante o período de pesquisa.

Ao Ministério do Meio Ambiente – MMA, ao Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade – ICMBio e ao Sistema de Autorização e Informação em Biodiversidade – SISBIO pela concessão da licença de coleta do material biológico analisado neste estudo na região de Cananéia.

Aos pescadores *Ceará, Jocílio* e *Cinésio* que tornaram possível a realização das coletas. Agradeço todo o conhecimento empírico que transmitiram com pronta disposição, além da responsabilidade e cuidado com que conduziram cada saída para o mar. Algo que somente alguém com profundo conhecimento da dinâmica daquelas águas poderia fazer.

Aos técnicos e funcionários do departamento de Zoologia da Unesp – Botucatu e aos funcionários da seção de Pós-Graduação do Instituto de Biociências de Botucatu – IBB: *Juliana Ramos, Flávio da Silva, Silvio C. Almeida, Hamilton A. Rodrigues, André*

*R. T. Arruda, Cláudia A. O. Silva, Davi B. O. Müller, Herivaldo M. Santos, Luciana E. N. Campos* e *Tatiana C. S. Avellar* pelo profissionalismo e auxílio sempre que precisei.

Aos professores doutores *Maria Lúcia Negreiros-Fransozo* e *Adilson Fransozo* pela receptividade e disponibilidade todas as vezes que precisei e por todo conhecimento a mim transmitido fosse durante disciplinas ou durante as entusiasmadas conversas sobre crustáceos nos cafés da tarde no NEBECC.

Aos integrantes do NEBECC: *Marciano, Thiago (Cabelo), Mariana (Magrela)* e *Eduardo (Frio)* pela amizade, pelo auxílio e por todo conhecimento compartilhado durante as disciplinas.

Aos pós-graduandos do bloco II do departamento de Zoologia, Unesp – Botucatu: *Bárbara, Paloma, Valter, Natália, Maria Carolina, Carol, Ana Maria (Matinho), Eduardo, Jorge, Juliana, Danilo* e *Rosa* por todo companheirismo, amizade e auxílio e aos professores *Dr. Marcos Gomes Nogueira* e *Dr. Raoul Henry* por todo exemplo de bom profissionalismo, pela receptividade e disponibilidade.

À amiga e vizinha *Mirian Suiberto* pela companhia agradável, pelas longas conversas e pelos conselhos sempre muito bem colocados.

Aos amigos *José Roberto Debastiani Júnior* e *Juliana C. Bertacini* por toda amizade e companheirismo. Sempre muito solícitos todas as vezes que precisei de algum auxílio. Agradeço ainda a *Ju* por toda a paciência, dedicação e apoio em transmitir os seus extensos conhecimentos durante a minha estadia em São Paulo.

Aos amigos do LABCAM (Laboratório de Biologia de Camarões Marinhos e de Água Doce), Unesp – Bauru: *Ana, Sabrina, Gabriel (Woody), Thiago (Chuck), João, Daphine, Abner, Régis, Sarah* e o *Prof. Dr. Rogério Caetano da Costa* pelas discussões científicas, por toda a receptividade, disposição em ajudar sempre que precisei e pelos momentos de descontração. Agradeço ainda pela ajuda durante a realização das coletas deste estudo.

Aos companheiros de laboratório, orientados pelo Prof. Antonio: *Ana, Milena, Geslaine, Raphael, Gilson, João, Alexandre (Dino), Isabela (Isa)* e *Laura* pelo compartilhamento de informações científicas, pela amizade, pela descontração durante os cafés de tarde no NEBECC e pelo auxílio durante a realização das coletas deste estudo.

Em especial a *Ana*, amiga de longa data, com a qual aprendi a ver a vida com mais leveza, a andar devagar para então perceber os detalhes que nos cercam, a aceitar a

efemeridade da vida e a entender que, de tempos em tempos, é preciso olhar a própria bagagem e diminuir os pesos desnecessários que carregamos para que a caminhada não nos canse demais. Agradeço ainda pelas úteis e calorosas discussões a respeito dos mais diversos temas apresentados nesta dissertação.

Um agradecimento muito especial também a *Milena*, em quem descobri uma amiga para todas as horas. Agradeço as longas conversas pós-expediente e os conselhos muito valiosos que sempre levarei comigo. Obrigada por sempre me lembrar, muito sabiamente, que "Tudo Passa!", obrigada por cada palavra de incentivo e pela amizade sincera. Agradeço ainda por sanar as minhas dúvidas, sempre com muita solicitude, durante a elaboração desta dissertação e por me ensinar, com extrema maestria, toda a análise de crescimento.

Em especial ao amigo *Raphael* pela amizade e pela ajuda científica sempre que precisei. Obrigada pelas longas discussões sobre recrutamento juvenil que muito me ajudaram na elaboração deste estudo.

A toda a minha família, em especial, aos meus queridos e amados pais *Neusa* e *Antonio* com os quais sempre pude contar em todos os momentos da minha vida. Sempre me apoiaram em minhas decisões pessoais e profissionais e me incentivaram a seguir em frente em qualquer situação que se apresentasse diante de mim. Obrigada por me apresentarem uma visão diferenciada de mundo, cheia de otimismo, resiliência e perseverança. Sinto-me privilegiada por ser filha de pessoas tão conscientes quanto vocês e tenho muita admiração e respeito pela vasta experiência de vida que possuem. Vocês sempre serão os meus amigos de todas as horas e os meus exemplos mais bonitos a serem seguidos vida afora. Obrigada por tudo!

Agradeço aos meus amados irmãos, *Cibele, Rose* e *Bruno* e aos meus cunhados, *Bruno, Márcio* e *Daiana* por toda a amizade e apoio durante a minha trajetória pessoal e profissional. Aos meus irmãos dedico um imenso amor, impossível de ser explicado em palavras. É muita amizade, cumplicidade e respeito!

Aos meus primos *Fernanda* e *Júnior* pela amizade e pelo carinho. Agradeço ainda pelo exemplo de perseverança e coragem e por toda a torcida para que eu atingisse as minhas metas pessoais e profissionais.

E um agradecimento especial ao meu amado namorado *Hedem* por todo o companheirismo, carinho e paciência. Em um "piscar de olhos", você se tornou uma pessoal fundamental em minha vida! Obrigada por todas as palavras de incentivo pessoal e profissional que fizeram toda a diferença para mim, obrigada ainda por me

ajudar a enfrentar as complicações da vida com toda essa amabilidade que lhe é característica e que eu tanto aprecio. Você é a pessoa que me entende do início ao fim e que tem a cura para toda essa minha ansiedade em fazer tudo acontecer. Com você aprendi que é preciso ter, ao mesmo tempo, coragem e paciência em nossas caminhadas e, hoje, isso não me parece mais um antagonismo sarcástico da vida, mas sim uma ponderação serena de quem aprendeu a "contornar o muro, ao invés de tentar atravessá-lo à força". Agradeço demais as longas horas em que me ajudou a conferir as "intermináveis" referências bibliográficas desta dissertação, sempre com muita solicitude e ainda dizendo que era uma atividade interessante. Agradeço de coração tudo o que você tem feito por mim! Agradeço também à vida por ter me dado a feliz oportunidade de conhecer alguém tão especial como você.

A todos, o meu muito obrigada!

"A felicidade só é real quando compartilhada"
Da incrível trajetória de Christopher McCandless

# Sumário

**Considerações iniciais** ..... **1**
1. Caracterização da área de estudo ..... 1
2. Caracterização da espécie *Rimapenaeus constrictus* ..... 5
3. Perspectivas e organização do estudo ..... 7
**Referências bibliográficas** ..... **7**

**Capítulo I:** Abundância e distribuição espaço-temporal do camarão *Rimapenaeus constrictus* (Decapoda: Penaeidae): evidências de plasticidade comportamental no litoral sudeste do Brasil

**Resumo** ..... **13**
**Abstract** ..... **14**
**Introdução** ..... **15**
**Objetivos** ..... **16**
**Material & Métodos** ..... **16**
1. Amostragem de material biológico ..... 16
2. Amostragem de fatores ambientais ..... 19
2.1. Temperatura, salinidade e clorofila de fundo ..... 19
2.2. Sedimento ..... 19
3. Análise estatística ..... 20
**Resultados** ..... **21**
1. Fatores ambientais ..... 21
2. Abundância e distribuição ..... 27
**Discussão** ..... **30**
1. Os fatores ambientais na região de Cananéia ..... 30
2. Abundância e distribuição de *Rimapenaeus constrictus* ..... 32
**Referências bibliográficas** ..... **34**

**Capítulo II:** Crescimento e dinâmica reprodutiva do camarão *Rimapenaeus constritus* (Decapoda, Penaeidae) no litoral sul do estado de São Paulo, Brasil

**Resumo** ..... **41**
**Abstract** ..... **42**
**Introdução** ..... **43**
**Objetivos** ..... **45**
**Material & Métodos** ..... **45**
1. Delineamento do estudo ..... 45
2. Aspectos reprodutivos ..... 48
3. Parâmetros ambientais ..... 48
4. Crescimento e longevidade ..... 49
5. Análise estatística ..... 50
**Resultados** ..... **50**
1. Razão sexual ..... 50
2. Reprodução e recrutamento ..... 51
3. Crescimento e longevidade ..... 55
**Discussão** ..... **58**
1. Razão sexual e maturidade ..... 58
2. Periodicidade reprodutiva e recrutamento ..... 59
3. Crescimento e longevidade ..... 60
**Referências bibliográficas** ..... **62**
**Considerações finais** ..... **68**

# Considerações iniciais

Imagem: Patrick J. Dempsey

# Considerações iniciais

## 1. Caracterização da área de estudo

O litoral paulista possui duas porções geográficas bastante distintas: o litoral norte e o sul. O primeiro delimita-se desde a fronteira do estado do Rio de Janeiro até Santos e é caracterizado pela presença de grandes cadeias montanhosas formadas pela Serra do Mar, elevadas a 600 a 800 metros acima do nível do mar. O maciço orográfico é de constituição, geralmente rochosa, entrecortado por praias de pequena extensão (Besnard, 1950a).

Já o litoral sul paulista possui extensas praias, que conferem um território majoritariamente plano, cortado por algumas elevações de importância secundária. Destaca-se a grande depressão aberta junto a Serra do Mar que originou a bacia do rio Ribeira de Iguape, onde a maioria das águas se encontra e desemboca no mar via as barras que constituem o complexo Sistema Estuarino-Lagunar de Cananéia-Iguape, sendo elas: ao norte, as barras do Ribeira e do Icapara; e ao sul, as barras de Cananéia e de Ararapira (Fig. 1) (Besnard, 1950a; Bergamo, 2000).

O rio Ribeira de Iguape contribui com o maior contingente de águas continentais que adentram o complexo, embora ainda se possam encontrar alguns outros rios de pequeno porte desaguando no sistema, como os rios Perequê e Nóbrega, nas ilhas do Cardoso e Comprida, respectivamente (Jorcin, 1999).

O canal principal da região (Mar Pequeno) possui características bastante distintas dos demais canais que compõem o sistema. Isso porque este trecho do canal sofre influência direta das marés, sendo acometido por correntes mais fortes do que as atuantes em outros trechos. Esse fenômeno contribui para o assoreamento da região pela formação de extensos bancos de areia associado a sedimentos lamosos ricos em elemento orgânicos (Besnard, 1950b) (Fig. 2).

A entrada da água oceânica pela Barra do Icapara precisa ultrapassar duas barreiras: o assoreamento do estreito e o débito do rio Ribeira de Iguape. Assim que a preamar (maré alta) adentra a barra, grande parte do contingente de águas continentais é direcionada para o Mar Pequeno, criando uma zona de baixa salinidade. Já a Barra de Cananéia, na porção sul do sistema, não possui grandes barreiras à entrada da água do

mar, ocasionando livre entrada do fluxo oceânico (Besnard, 1950b; Mishima *et al*, 1985; Mishima *et al,* 1986).

O sistema estuarino sofreu forte influência antrópica quando em 1841 foi construído um canal artificial relativamente estreito conectando o rio Ribeira de Iguape ao Mar Pequeno nas proximidades de Iguape para efeitos de transporte de cargas. No fim do século XIX, o canal ficou conhecido como Valo Grande e permaneceu aberto até 1978, quando foi construída uma barragem que impedia a comunicação do rio com o estuário (Mishima *et al*, 1985; Bonetti Filho & Miranda, 1997). Porém, em 1995, intensas chuvas provocaram o rompimento da barragem reabrindo a comunicação entre rio e sistema estuarino, situação que permanece até os dias de hoje (Italiani & Mahiques, 2014).

Os primeiros estudos conduzidos na região foram de autoria de Besnard (1950ab), que destacou os aspectos físicos e a gênese do sistema estuarino. Os estudos que se seguiram direcionaram-se ao entendimento das características físico-químicas e da rica hidrografia do complexo (Tessler & Furtado, 1983; Miyao *et al*, 1986; Mishima *et al*, 1985, Mishima *et al,* 1986), além de estudos que visaram a compreensão da influência da construção do Valo Grande sobre a fauna e os aspectos físicos e químicos da região (Eichler-Coelho *et al*, 1996; Braga & Chiozzini, 2008; Mahiques *et al*, 2009).

Os estudos sobre a fauna concentraram-se principalmente em organismos bentônicos e peixes variados (Tommasi, 1970; Varoli, 1990; Höfling *et al*, 1998; Jorcin, 1999; Höfling *et al*, 2000). Poucos estudos foram conduzidos com camarões, podendo-se destacar uma contribuição acerca da biologia de espécies que completam parte de seu ciclo de vida no estuário, sendo *Litopenaeus schimitti* (Burkenroad, 1936), *Farfantepenaeus brasiliensis* (Latreille, 1817) e *Farfantepenaeus paulensis* (Pérez-Farfante, 1967) (Chaga-Soares *et al*, 1995) e um estudo que registrou a ocorrência de uma espécie exótica no sistema estuarino, *Litopenaeus vannamei* (Boone, 1931) (Barbieri & Melo, 2006).

Como observado, o Sistema Estuarino-Lagunar de Cananéia-Iguape já foi amplamente estudado, enquanto que o sistema oceânico da região de Cananéia ainda permanece pouco explorado e certamente reserva muitas informações importantes em relação à biologia faunística ali presente, incluindo a espécie de camarão *Rimapenaeus constrictus* (Stimpson, 1874) (Fig. 3A), alvo deste estudo.

**Figura 1.** Mapa evidenciando o estuário de Cananéia e área marinha adjacente, além das ilhas e barras que compõem o sistema. Fonte: Adaptado de *Google Maps* (2014).

**Figura 2.** Banco de areia situado entre a ilha Comprida e a ilha do Cardoso na região de Cananéia, litoral sul do estado de São Paulo. Fonte: Garcia, J. R. (2014).

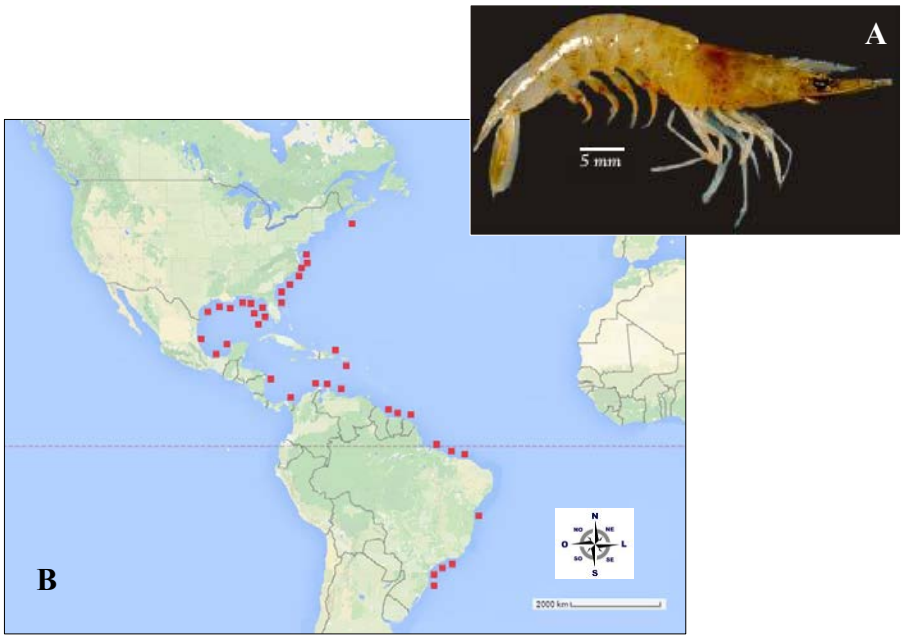



**Figura 3.** A: Espécie *Rimapenaeus constrictus*. Fonte: Costa *et al*. (2003) e B: distribuição geográfica. Fonte: Adaptado de *Google Maps* (2014).

## 2. Caracterização da espécie *Rimapenaeus constrictus*

O Filo Arthropoda possui como característica principal a presença de um exoesqueleto bem desenvolvido, geralmente com grossas placas esclerotizadas, constituída de quitina e proteínas. O envolvimento do corpo por este exoesqueleto rígido trouxe grandes complicações para a locomoção e crescimento dos indivíduos. As adaptações evolutivas que resultaram em uma locomoção eficiente foram a regionalização muscular associada ao surgimento de articulações no corpo e nos apêndices. As articulações são constituídas basicamente de resilina, uma proteína altamente elástica que permite a livre movimentação corporal. Já a adaptação que solucionou a complicação quanto ao crescimento dos animais foi o processo de ecdise com mediação hormonal, o qual consiste na eliminação periódica do exoesqueleto rígido, permitindo um aumento real do tamanho corpóreo (Brusca & Brusca, 2011).

Ainda muito se discute quanto à inclusão dos crustáceos como um Subfilo de Arthropoda, devido às complexas relações filogenéticas do grupo (Fryer, 1997), porém, é a classificação mais bem aceita na literatura (Martin & Davis, 2001; Brusca & Brusca, 2011) e, portanto, a que será considerada nesta breve explicação sobre os crustáceos. O subfilo Crustacea é constituído por seis classes: Branchiopoda, Remipedia, Cephalocarida, Maxillopoda, Ostracoda e Malacostraca, sendo os malacóstracos os mais abundantes dentre os crustáceos, com mais de 40.200 espécies (Brusca & Brusca, 2011). Dentre os malacóstracos, encontra-se a Ordem Decapoda, a qual tem sido assunto da maioria das pesquisas conduzidas com crustáceos, em partes, devido a sua enorme diversidade e, por outro lado, devido a grande importância econômica do grupo (Martin & Davis, 2001).

Na classificação subsequente, *R. constrictus* está inserido na Subordem Dendrobranchiata, Superfamília Penaeoidea e Família Penaeidae (D'Incao, 1999). Existem cerca de 450 espécies de decápodes inseridos na Subordem Dendrobranchiata, sendo a maioria formada por peneídeos (Brusca & Brusca, 2011). Somam-se 500 espécies descritas da Família Penaeidae, sendo que 61 delas estão na costa brasileira (D'Incao, 1995).

Os camarões peneídeos apresentam uma estratégia reprodutiva simples e um rápido desenvolvimento. As fêmeas não encubam os ovos fecundados, os quais são liberados diretamente na coluna d'água, sendo a fecundação externa. As larvas eclodem como náuplius, o qual é considerado como um carácter diagnóstico dentre os decápodes

(Bauer, 2004) e pode emergir do ovo em menos de um dia. Os estágios larvais subsequentes são protozoea e mysis, nos quais se inicia a alimentação em meio ao fitoplâncton (Dall *et al*, 1990).

Os camarões peneídeos têm sido considerados como um dos mais importantes recursos pesqueiros comercializados no mercado internacional (Furlan, 2010). Apesar disso, *R. constrictus* não apresenta valor comercial, uma vez que é uma espécie pequena em relação aos demais peneídeos (Costa & Fransozo, 2004a), o que não significa que a espécie esteja livre da exploração predatória, já que é amplamente capturada como fauna acompanhante da pesca de arrasto (Keunecke *et al*, 2007; Robert *et al*, 2007).

*Rimapenaeus constrictus* ocorre desde Nova Escócia no Canadá até Santa Catarina no Brasil (Pérez-Farfante & Kensley, 1997) (Fig. 3B). Apesar da ampla distribuição latitudinal da espécie, são escassos os estudos realizados com a mesma, podendo-se citar os estudos conduzidos no hemisfério norte por Bauer & Min (1993) sobre a morfologia dos aparatos reprodutivos da espécie e por Bauer & Lin (1994) sobre os aspectos reprodutivos e estrutura populacional. As pesquisas realizadas no Brasil concentraram-se no litoral norte do estado de São Paulo, onde se podem citar os estudos de Costa & Fransozo (2004ab), que contribuíram para o entendimento da abundância, distribuição e dos aspectos reprodutivos da espécie, além de Hiroki *et al*. (2011), que promoveram maiores informações sobre a distribuição batimétrica de *R. constrictus*.

Os demais estudos desenvolvidos com a espécie em questão são pesquisas amplas, envolvendo várias outras espécies com o intuito de promover o entendimento sobre a utilização do meio pelos camarões em geral. Podem ser citados os estudos de Burkenroad (1939), Gunter (1950), Brusher *et al*. (1972), Dall *et al*. (1990), D'Incao (1995) e Fransozo *et al*. (2002) que se concentraram em entender a influência de fatores ambientais sobre a distribuição das espécies, além do estudo de Williams (1984) sobre a caracterização morfológica das espécies e de aspectos ecológicos que modificam a distribuição das mesmas.

## 3. Perspectivas e organização do estudo

Espera-se que este estudo sirva de subsídio para pesquisas futuras com *R. constrictus.* A união de vários trabalhos em diferentes distribuições geográficas com uma espécie pode ser de grande valia para um entendimento mais claro sobre os aspectos populacionais da mesma, o que permitirá o desenvolvimento de projetos de preservação mais eficazes.

A presente dissertação foi dividida em dois capítulos em forma de artigos científicos. O primeiro capítulo trata da abundância e distribuição espaço-temporal e o segundo, do crescimento e dinâmica reprodutiva da espécie *R. constrictus*.

## Referências bibliográficas

BARBIERI, E. & MELO, G. A. S. 2006. Biodiversidade: ocorrência da espécie exótica *Litopenaeus vannamei* (Boone, 1931) no complexo estuarino-lagunar de Cananéia-Iguape-Ilha Comprida. *O mundo da saúde, São Paulo, 30(4):* 654-659p.

BAUER, R. T. 2004. *Remarkable shrimps: adaptations and natural history of the carideans*. Norman: University of Oklahoma Press, 296p.

BAUER, R. T. & MIN, L. J. 1993. Spermatophores and plug substance of the marine shrimp *Trachypenaeus constrictus* (Crustacea: Decapoda: Penaeidae): Formation in the male reproductive tract and disposition in the inseminated female. *Biological Bulletin, 185:* 174-175p.

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 Northcentral Gulf of Mexico. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology, 185:* 205-222p.

BERGAMO, A. L. 2000. Características da hidrografia, circulação e transporte de sal: Barra de Cananéia, Sul do Mar de Cananéia e Baía de Trapandé. Instituto Oceanográfico, São Paulo, SP, USP, (Dissertação de Mestrado), 254p.

BESNARD, W. 1950a. Considerações gerais em torno da região lagunar de Cananéia-Iguape I. *Boletim do Instituto Paulista de Oceanografia, 1(1):* 9-26p.

BESNARD, W. 1950b. Considerações gerais em torno da região lagunar de Cananéia-Iguape II. *Boletim do Instituto Paulista de Oceanografia, 1(1):* 3-28p.

BONETTI FILHO, J. & MIRANDA, L. B. 1997. Estimativa da descarga de água doce no sistema estuarino-lagunar de Cananéia-Iguape. *Revista Brasileira de Oceanografia, 45(1/2):* 89-94p.

BRAGA, E.S. & CHIOZZINI, V.G. 2008. Nutrientes dissolvidos no Complexo Estuarino-Lagunar de Cananéia-Iguape: Influência do Valo Grande no setor Sul (1992 e 2005). In: *Oceanografia e Mudanças Globais*, Braga, E.S. (Org.), Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo (Ed), São Paulo, 573-582p.

BRUSCA & BRUSCA. 2011. *Invertebrados*. 2ª ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 968p.

BRUSHER, H. A.; RENFRO, W. C. & NEAL, R. 1972. Notes on distribution, size and ovarian development of some penaeid shrimps in the northwestern Gulf of Mexico. *Contributions in Marine Science, 16:* 75-87p.

BURKENROAD, M. D. 1939. Further observations on Penaeidae of the northern Gulf of Mexico. *Bulletin Bingham of Oceanography, 6:* 1-62p.

CHAGA-SOARES, F.; PEREIRA, O. M. & SANTOS, E. P. 1995. Contribuição ao ciclo biológico de Penaeus schmitti Burkenroad, 1936, Penaeus brasiliensis Latreille, 1817 e Penaeus paulensis Pérez-Farfante, 1967, na região lagunar-estuarina de Cananéia, São Paulo, Brasil. *Boletim do Instituto de Pesca, São Paulo, 22(1):* 49-59p.

COSTA, R. C.; FRANSOZO, A.; MELO, G. A. S. & FREIRE, F. A. M. 2003. Chave ilustrada para identificação dos camarões dendrobranchiata do litoral norte do estado de São Paulo, Brasil. *Biota Neotropica, 3(nl):* 12p.

COSTA, R. C. & FRANSOZO, A. 2004a. Abundance and ecologic distribution of the shrimp *Rimapenaeus constrictus* (Crustacea: Penaeidae) on the northern coast of São Paulo State, Brazil. *Journal of Natural History, 38:* 901-912p.

COSTA, R. C. & FRANSOZO, A. 2004b. Reproductive biology of the shrimp *Rimapenaeus constrictus* (Decapoda: Penaeidae) in the Ubatuba region of Brazil. *Journal of Natural History, 24 (2):* 274-281p.

DALL, W.; HILL, B. J.; ROTHLISBERG, P. C. & STAPLES, D. J. 1990. The biology of the Penaeidae. In: *Advances in Marine Biology*, Blaxter, J. H. S.; A. J. Southward (Ed), San Diego, Academic Press, 27, 489p.

D'INCAO, F. 1995. Taxonomia, padrões distribucionais e dos Dendrobranchiata (Crustacea: Decapoda) do litoral brasileiro. Curitiba (PR): Universidade Estadual do Paraná, 365p.

D'INCAO, F. 1999. Subordem Dendrobranchiata (camarões marinhos). In: *Os crustáceos do Rio Grande do Sul*, Buckup, L.; Bond-Buckup, G (Ed). Porto Alegre: Ed. Universidade/ UFRGS, 275-299p.

EICHLER-COELHO, P. B.; DULEBA, W.; EICHLER, B. B. & COELHO-JÚNIOR, C. 1996. Determinação do impacto ecológico do Valo Grande (Iguape, SP) a partir das associações de foraminíferos e tecamebas. *Revista Brasileira de Biologia, 57:* 463–477p.

FRANSOZO, A.; COSTA, R. C.; MANTELATTO, F. L. M.; PINHEIRO, M. A. A. & SANTOS, S. 2002. Composition and abundance of shrimp species (Penaeidea and Caridea) in Fortaleza Bay, Ubatuba, São Paulo, Brazil. In: Briones, E. E., Alvarez, F., (Ed). *Modern Approaches in Crustacean Research (Mexico),* 117 -23p.

FRYER, G. 1997. *A defence of Arthropod polyphyly*. In: Arthropod relationships. R. A. Fortey and R. H. Thomas (Eds). London: Chapman and Hall, 55, 23-33p.

FURLAN, E. F. 2010. *O mercado de camarões marinhos*. Instituto de Pesca, São Paulo. Disponível em: < http://www.pesca.sp.gov.br/destaque.php?id_destaque=460 >. Acesso em: dez. 2014.

GUNTER, G. 1950. Seasonal population changes and distribution as related to salinity of certain invertebrates of the Texas Coast, including the commercial shrimp. *Publications of the Institute of Marine Science, 1(2):*1-52p.

HIROKI, K. A. N.; FRANSOZO, A.; COSTA, R. C.; CASTILHO, A. L.; SHIMIZU, R. M. & FURLAN, M. 2011. Bathymetric distribution of the shrimp Rimapenaeus constrictus (Stimpson, 1874) (Decapoda: Penaeidae) in two locations off the southeastern Brazilian coast. *Marine Biology Research. 7:* 176-185p.

HÖFLING, J. C.; FERREIRA, L. I.; RIBEIRO NETO, F. B.; PAIVA FILHO, A. M.; LIMA, P. A. B. & GIBIN, T. E. 1998. Alimentação de peixes da família Gerreidae do complexo estuarino lagunar de Cananéia, SP, Brasil. *Revista Bioikos, Campinas, SP, 12(1):* 7-18p.

HÖFLING, J. C.; FERREIRA, L. I.; RIBEIRO NETO, F. B.; OLIVEIRA, M. P.; PAIVA FILHO, A. M. & PRADO, A. 2000. Alimentação de peixes da família Clupeidae do complexo estuarino lagunar de Cananéia, São Paulo, Brasil. *Revista Bioikos, Campinas, SP, 14(2):* 12-20p.

ITALIANI, D. M. & MAHIQUES, M. M. 2014. O registro geológico da atividade antropogênica na região do Valo Grande, estado de São Paulo, Brasil. *Quaternary and Environmental Geosciences, 05(2):* 33-44p.

JORCIN, A. 1999. Distribuição do macrozoobentos na coluna vertical dos sedimentos na região estuarine de Cananéia (SP), Brasil. *Revista Brasileira de Oceanografia, 47(1):* 79-85p.

KEUNECKE, K. A.; VIANNA, M.; FONSECA, D. B. & D'INCAO, F. 2007. The pink-shrimp trawling bycatch in the northern coast of São Paulo, Brazil, with emphasis on crustaceans. *Nauplius 15(2): 49*-55p.

MAHIQUES, M. M.; BURONE, L.; FIGUEIRA, R. C. L.; LAVENÉRE-WANDERLEY, A. A. O.; CAPELLARI, B.; ROGACHESKI, C. E.; BARROSO, C. P.; SANTOS, L. A. S.; CORDERO, L. M. & CUSSIOLI, M. C. 2009. Anthropogenic influences in a lagoonal environment: a multiproxy approach at the Valo Grande mouth, Cananéia-Iguape system (Brazil). *Brazilian Journal of Oceanography, 57(4):* 325-337p.

MARTIN, J. W. & DAVIS, G. E. 2001. *An updated classification of the recent Crustacea*. Natural History Museum of Los Angeles County, Science Series 39, 123p.

MISHIMA, M.; YAMANAKA, N.; PEREIRA, O. M.; SOARES, F. C.; SINQUE, C.; AKABOSHI, S. & JACOBSEN, O. 1985. Hidrografia do complexo estuarino-lagunar de Cananéia (25°S; 048°W), São Paulo, Brasil. *Boletim do Instituto de Pesca, São Paulo, 12(3):* 109-121p.

MISHIMA, M.; YAMANAKA, N.; PEREIRA, O. M.; CHAGAS SOARES, F; SINQUE, C.; AKABOSHI, S.; JACOBSEN, O. 1986. Hidrografia do Complexo Estuarino-lagunar de Cananéia (25° S, 48° W), São Paulo, Brasil - III - Influência do ciclo da maré. *Boletim do Instituto de Pesca, São Paulo, 13(1):* 57-70p.

MIYAO, S. Y; NISHIHARA, L. & SARTI, C. C. 1986. Características físicas e químicas do sistema estuarino-lagunar de Cananéia-Iguape. *Boletim do Instituto Oceanográfico, São Paulo, 34(único):* 23-36p

PÉREZ-FARFANTE, I. & KENSLEY, B. 1997. *Penaeoid and Segestoid shrimps and prawns of the World. Keys and diagnoses for the families and genera*. Paris, Éditions du Muséum national d histoire naturalle, 233p.

ROBERT, R.; BORZONE, C. A. & NATIVIDADE, C. D. 2007. Os camarões da fauna acompanhante na pesca dirigida ao camarão-sete-barbas (*Xiphopenaeus kroyeri*) no litoral do Paraná. *Boletim do Instituto de Pesca, São Paulo, 33(2):* 237-246p.

TESSLER, M. G. & FURTADO, V. V. 1983. Dinâmica de sedimentação das feições de assoreamento da região lagunar Cananéia-Iguape, estado de São Paulo. *Boletim do Instituto Oceanográfico, São Paulo, 32(2):* 117-124p.

TOMMASI, L. R. 1970. Observações sobre a fauna bêntica do complex estuarino-lagunar de Cananéia (SP). *Boletim do Instituto Oceanográfico, São Paulo, 19:* 43-56p.

VAROLI, F. M. F. 1990. Avaliação da macrofauna bentônica da zona entre-marés em dois baixios do sistema estuarino-lagunar de Cananéia-Iguape. *Instituto Oceanográfico, São Paulo, 4(2):* 24-39p.

WILLIAMS, A. B. 1984. *Shrimps, lobsters, and crabs of the Atlantic coast of the Eastern United States, Maine to Florida.* Washington, DC, Smithsonian Institution Press, 550p.

# Capítulo I

Imagem: Patrick J. Dempsey

# Abundância e distribuição espaço-temporal do camarão *Rimapenaeus constrictus* (Decapoda: Penaeidae): evidências de plasticidade comportamental no litoral sudeste do Brasil


## Resumo

*Rimapenaeus constrictus* apresenta ampla distribuição geográfica e os fatores ambientais que modulam o seu padrão de abundância e distribuição ainda são pouco entendidos. Os objetivos do presente estudo foram descrever os fatores ambientais atuantes sobre a região de Cananéia e compreender de maneira mais clara a influência da condição ambiental sobre a espécie *R. constrictus*. Os camarões foram obtidos a partir de coletas mensais na região de Cananéia, litoral sul do estado de São Paulo, de julho de 2012 a maio de 2014 com um barco camaroneiro equipado com redes do tipo double-rig, em isóbatas de 5 a 20 metros de profundidade. Os fatores ambientais foram obtidos na coluna d'água por meio de uma sonda Multiparâmetros e o sedimento com um pegador de Petersen. Foram coletados 1784 indivíduos distribuídos majoritariamente em salinidades acima de 30, em tipos de sedimento variáveis, desde silte + argila até areia grossa, em faixas de temperatura que variaram entre 17 e 29°C e nas menores concentrações de clorofila (até 14µg/L). Os fatores ambientais que mais influenciaram a distribuição da espécie foram salinidade e temperatura (Regressão Múltipla, $p < 0,05$). A abundância não diferiu entre as estações do ano, mas diferiu entre as estações amostrais (Tukey, $p < 0,05$). Cananéia apresentou-se como uma região dinâmica de características ambientais complexas. *Rimapenaeus constrictus* parece ser uma espécie bastante generalista em relação à escolha do substrato e, provavelmente, possui fisiologia do tipo euritermal e estenohalina, sendo a salinidade um fator considerado como limitante a sua distribuição.


**Palavras-chave:** parâmetros ambientais, camarão-ferrinho, generalista, condição fisiológica.

# Abundance and distribution of the shrimp *Rimapenaeus constrictus* (Decapoda: Penaeidae): evidence of behavioral plasticity in the southeast coast of Brazil


## Abstract

*Rimapenaeus constrictus* presents a wide geographical distribution and environmental factors that influence their abundance and distribution pattern are still poorly understood. The aims of the present study were describe the environmental factors acting in Cananeia region and understand more clearly the influence of the environmental conditions on the *R. constrictus*. The shrimps were collected from monthly samples in Cananéia region, South coast of São Paulo state, from July 2012 through May 2014 using a shrimp boat outfitted with double-rig nets, at isobaths in 5 to 20 feet deep. Environmental factors were obtained in the water column by a Multiparameters probe and the sediment by a Petersen grab. Were collected 1784 individuals mainly distributed in salinities higher than 30 and variable types of sediment, since silt + clay until very coarse sandy, in temperatures ranging between 17 and 29°C and in the lower clorophyll concentrations (up to 14µg/L). The environmental factors that influenced the distribution of the species were salinity and temperature (Multiple Regression, $p < 0.05$). The abundance did not differ among the seasons, but differed among stations (Tukey, $p < 0.05$). Cananéia was presented as a dynamic region of complex environmental characteristics. *Rimapenaeus constrictus* seems to be a very generalist species in the choice of substrate and probably it has physiology eurythermal and stenohaline, and salinity was considered as a limiting factor in its distribution.


**Key-words:** Environmental factors, roughneck-shrimp, generalist, physiological condition.

## Introdução

De maneira geral, a abundância e a distribuição dos indivíduos na natureza variam conforme o gradiente de recursos disponível no meio, estando os indivíduos adaptados a uma ampla variação de determinado fator ambiental (euritópicos) ou não (estenotópicos) (Organista *et al*, 2005).

Porém, alterações das condições ambientais do meio podem induzir diferentes respostas morfológicas, fisiológicas (Thompson, 1991) ou até mesmo comportamentais dos indivíduos na natureza (Pereira & Lomônaco, 2001). A este conjunto de respostas dá-se o nome de plasticidade fenotípica, que não envolvem, necessariamente, alterações genotípicas (Schneider, 1993; Price *et al*, 2003).

As respostas plásticas são adaptativas quando beneficiam o *fitness* (= aptidão reprodutiva) das espécies, contribuindo de maneira decisiva para a sobrevivência das mesmas frente às condições ambientais a que são submetidas (Robinson & Dukas, 1999; Pereira & Lomônaco, 2001; Price *et al*, 2003). Segundo Boschi (1963), fatores como tipo de sedimento, temperatura, disponibilidade de alimento e salinidade são importantes condições que influenciam o comportamento distribucional e abundância dos crustáceos marinhos.

Alguns autores destacam que o tipo de sedimento é um fator de grande influência sobre a distribuição dos peneídeos, uma vez que, muitos indivíduos utilizam-se do substrato para enterramento como uma forma de poupar energia e fugir de predadores (Dall *et al*, 1990; Sanchez, 1997). Já Stanley (1984), considera a temperatura das águas oceânicas como sendo o principal fator de influência sobre as espécies. A temperatura acelera o metabolismo dos indivíduos, sendo de fundamental importância para o processo de crescimento (Hartnoll, 2001) e reprodução (Bauer & Lin, 1994).

A concentração de clorofila vem sendo recentemente utilizada como indicadora da biomassa fitoplanctônica (Sousa *et al*, 2009; Gameiro & Brotas, 2010), a qual é subsídio alimentar para alguns estágios larvais de camarões marinhos (Thorson, 1950). Acredita-se que o período reprodutivo de espécies marinhas relacione-se positivamente ao aumento da biomassa algal no oceano, segundo a teoria de match-mismatch (ajuste-desajuste) de Cushing (1975) e estudos mais recentes (Castilho *et al*, 2007; Castilho *et al,* 2008ab).

Há de se considerar ainda que a resposta de um animal a um parâmetro ambiental pode ser modificada por outros parâmetros (Kinne, 1971) como, por

exemplo, o caso de *Farfantepenaeus aztecus* (Ives, 1891) que quando mantidos em condições de estresse salino ampliam a sua tolerância a altas temperaturas (Wiesepape *et al*, 1972).

*Rimapenaeus constrictus* (Stimpson, 1871) apresenta ampla distribuição geográfica, ocorrendo em quase toda a extensão do Atlântico Ocidental (Pérez-Farfante & Kensley, 1997). Apesar desta condição favorável ao estudo da espécie, as pesquisas que visam o entendimento da sua distribuição em função de fatores ambientais ainda são escassas. Pode-se destacar os estudos de Costa & Fransozo (2004a) e Hiroki *et al*. (2011) no litoral norte de São Paulo e alguns outros estudos mais amplos que incluem a espécie em questão, como Gunter (1950), Brusher *et al*. (1972), Dall *et al*. (1990) e Fransozo *et al*. (2002).

Os estudos na região de Cananéia se concentraram em compreender os aspectos físico-químicos do complexo Sistema Estuarino-Lagunar de Cananéia-Iguape (Besnard, 1950ab; Tessler & Furtado, 1983; Miyao *et al*, 1986), sendo que não há pesquisas voltadas à caracterização e compreensão da variação dos parâmetros ambientais no litoral da região em questão.

## Objetivos

O objetivo deste estudo foi descrever a variação dos fatores ambientais na região de Cananéia e identificar o padrão de distribuição e abundância de *R. constrictus*, assim como, evidenciar uma possível plasticidade comportamental da espécie em relação aos fatores ambientais considerados mais influentes sobre a estrutura das populações de peneídeos (temperatura, salinidade e concentração de clorofila da água, matéria orgânica dissolvida e granulometria do sedimento).

## Material & Métodos

### 1. Amostragem de material biológico

As coletas foram realizadas mensalmente de julho de 2012 a maio de 2014. As estações de amostragem foram predeterminadas com o intuito de abranger zonas estuarinas e oceânicas do litoral de Cananéia, região sul de São Paulo.

Arrastos com duração de 30 minutos foram promovidos no complexo Sistema Estuarino-Lagunar de Cananéia-Iguape e área adjacente oceânica, utilizando-se um barco camaroneiro equipado com redes *double-rig* com o intuito de se obter o material biológico. Um total de sete estações amostrais (= arrastos) foram previamente determinadas, sendo as profundidades identificadas segundo a estratificação batimétrica registrada em cartas náuticas. Durante as coletas, as profundidades foram monitoradas por uma sonda Multiparâmetros Eureka. Quatro estações amostrais foram efetuadas na zona oceânica adjacente à região de Cananéia, sendo: I, II e III localizadas nas isóbatas 10 – 15 m, e IV nas isóbatas 5 – 10 m. A estação amostral V localiza-se na região intermediária entre a zona oceânica e estuarina com nas isóbatas 5 – 10 m. As duas últimas estações amostrais VI e VII (isóbatas 5 – 10 m) localizam-se na zona estuarina denominada de Mar Pequeno, localizada entre Cananéia e a Ilha Comprida, a qual sofre influência do aporte de água doce oriundo do complexo Sistema Estuarino-Lagunar de Cananéia-Iguape (Besnard, 1950a) (Fig. 1).

Em laboratório, os camarões *R. constrictus* foram identificados de acordo com Pérez-Farfante & Kensley (1997) e quantificados. É importante destacar que, devido às condições adversas do mar, a coleta do mês de março de 2013 foi realizada somente nas estações amostrais V, VI e VII.

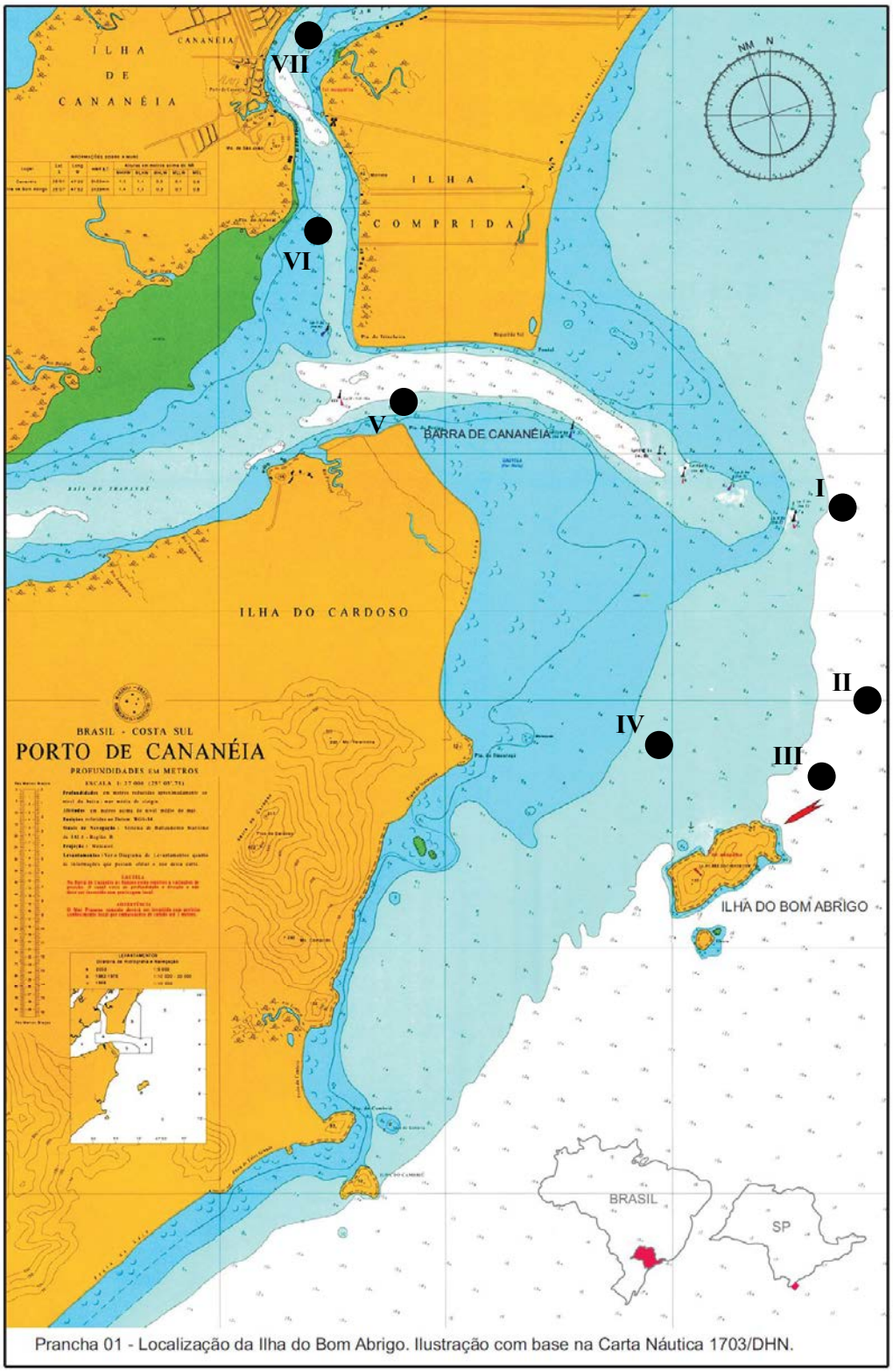



**Figura 1.** Carta náutica com a plotagem das estações amostrais na zona oceânica da região adjacente à Cananéia (I, II, III e IV), zona intermediária (V) e zona estuarina (Mar Pequeno – VI e VII).

## 2. Amostragem de fatores ambientais

### 2.1. Temperatura, salinidade e clorofila de fundo

Os parâmetros ambientais temperatura e salinidade de fundo foram obtidos por mês, coletando-se inicialmente a água de fundo com uma garrafa de Van Dorn, sendo que os parâmetros foram registrados com um termômetro de mercúrio e um refratômetro óptico. A partir de janeiro de 2013 passou-se a utilizar uma sonda Multiparâmetros da marca EUREKA (modelo Manta 2 – 4.0) em cada uma das sete estações amostrais. Nos primeiros meses de uso da sonda obtiveram-se os parâmetros ambientais, concomitantemente, com a metodologia inicial e verificou-se a proximidade dos valores obtidos pela água advinda da garrafa de Van Dorn e os valores mensurados pela sonda, exceto que a sonda apresenta uma precisão superior, ou seja, na escala centesimal.

A partir da aquisição da sonda Multiparâmetros, a concentração de clorofila de fundo também passou a ser mensurada na região. Este fator ambiental foi coletado durante um ano, de janeiro de 2013 a janeiro de 2014.

### 2.2. Sedimento

A coleta do sedimento foi feita por estação do ano (verão: janeiro a março, e assim sucessivamente para as demais estações), sendo que toda a metodologia de análise subsequente foi baseada em Hakanson & Jansson (1983) e Tucker (1988).

O sedimento foi obtido com um pegador de Petersen em cada uma das sete estações amostrais e congelado até o momento de análise laboratorial. Já em laboratório, as amostras de sedimento foram descongeladas e submetidas a uma estufa de secagem e esterilização a 70°C por 72 horas. Posteriormente, foram retiradas subamostras de 10g para análise de matéria orgânica e 100g para determinação da granulometria das amostras das sete estações amostrais.

As subamostras de 10g foram colocadas em cadinhos e pesadas para posterior acondicionamento em uma mufla a 500°C por 3 horas, com o intuito de se queimar toda a matéria orgânica. Posteriormente, os cadinhos foram pesados novamente e a diferença entre o peso inicial (antes de ir à mufla) e final (depois de ir à mufla) correspondeu ao teor de matéria orgânica.

As subamostras de 100g foram tratadas por cerca de 10 minutos em 250 ml de solução a 0,2N de NaOH em água destilada, com o intuito de facilitar a separação do silte e argila do restante dos grãos. Posteriormente, a submostra foi lavada em uma peneira de malha 0,063 mm para separação dos dois componentes obtidos em solução, sendo o componente mais fino (silte + argila) eliminado. A subamostra já sem o silte + argila foi levada a uma estufa a 60°C por 24 horas para evaporação de toda água ali contida.

Posteriormente, as subamostras foram submetidas uma sequência de seis peneiramentos, sendo distinto o diâmetro de malha de cada peneira. A diferença entre o peso inicial (antes da peneiração) e o peso final (depois da peneiração) correspondeu à quantidade de fração granulométrica. Tais frações foram classificadas da seguinte forma: cascalho (>2 mm), areia muito grossa (1|-2mm), areia grossa (0,5|-1mm), areia média (0,25|-0,5mm), areia fina (0,125|-0,25mm), areia muito fina (0,0625|-0,125mm) e silte e argila (<0,0625mm).

O tamanho do grão foi expresso na escala phi (Φ), a qual corresponde à medida de tendência central para amostras de sedimento (Suguio, 1973). Para determinação da fração granulométrica mais frequente do sedimento foram construídas curvas cumulativas seguindo-se a escala de Wentworth (1922) por meio da fórmula $M= \Phi_{16} + \Phi_{50} + \Phi_{84/3}$. As classes de phi foram convertidas em frações granulométricas aplicando-se - log 2, obtendo-se a seguinte relação: $-1 = \Phi < 0$ (cascalho), $0 = \Phi < 1$ (areia grossa), $1 = \Phi < 2$ (areia média), $2 = \Phi < 3$ (areia fina), $3 = \Phi < 4$ (areia muito fina) e $\Phi \geq 4$ (silte + argila).

## 3. Análise estatística

Para todos os testes deste estudo, foi adotado um nível de significância de 5%, sendo que o tratamento estatístico foi baseado em Zar (1999).

Primeiramente, as premissas de normalidade foram verificadas por meio do teste de Shapiro-Wilk e a homocedasticidade por meio do teste de Levene. Quando os dados não se distribuíram conforme a curva de Gauss, os mesmos foram transformados em logaritmo (Log + 1).

A abundância espaço-temporal foi verificada por meio de uma Análise de Variância (ANOVA Fatorial) com teste post-hoc de Tukey para diferenciação por estações amostrais e por estações do ano.

A influência dos fatores ambientais temperatura, salinidade, phi e matéria orgânica sobre a distribuição e abundância dos espécimes foi identificada por meio de uma Regressão Linear Múltipla. Já a influência da concentração de clorofila com a abundância dos indivíduos foi verificada por meio de uma Análise de Séries Temporais (Correlação Cruzada). As séries temporais variaram em um tempo "lag" de três meses (antecessores e sucessores), sendo aquelas com relações significativas com coeficiente de associação igual a 1 classificadas como perfeitas; entre 0,99-0,7 classificadas como forte; 0,69-0,4 moderada; e 0,4-0,1 fracas (maiores detalhes Castilho *et al*, 2015).

Por fim, uma possível relação entre concentração de clorofila e os fatores temperatura e salinidade também foi testada por meio de uma análise de Regressão Linear Múltipla.

## Resultados

### 1. Fatores ambientais

A região de Cananéia apresentou variação de temperatura bastante ampla ao longo dos meses de coleta, chegando a valores superiores a 28°C em janeiro de 2014 e menores que 18°C em julho de 2013. A maior amplitude de variação ocorreu em dezembro de 2013, seguida de dezembro de 2012, agosto e outubro do mesmo ano (Fig. 2).

A salinidade de fundo também variou, apresentando maior valor médio em outubro de 2012 e menor em março de 2013, quando a coleta somente pôde ser realizada na região estuarina (VI e VII) e intermediária (V). A amplitude de variação da salinidade foi bastante expressiva na maioria dos meses de coleta, com destaque para dezembro de 2013, sendo que a menor amplitude registrada ocorreu em junho de 2013 (Fig. 2).

O teor de matéria orgânica encontrado no substrato esteve em média entre 2 e 6 % ao longo de todas as estações. Destaca-se que houve grande amplitude de variação durante a primavera de 2012 e verão de 2013, sendo a menor amplitude registrada na primavera de 2013. Em relação à granulometria do sedimento pôde-se identificar que, em média, o substrato é constituído basicamente por areia fina e muito fina (phi entre 3 e 4), porém foi possível encontrar uma variação desde areia grossa até silte + argila durante o verão de 2013 e o outono de 2014 (Fig. 3).

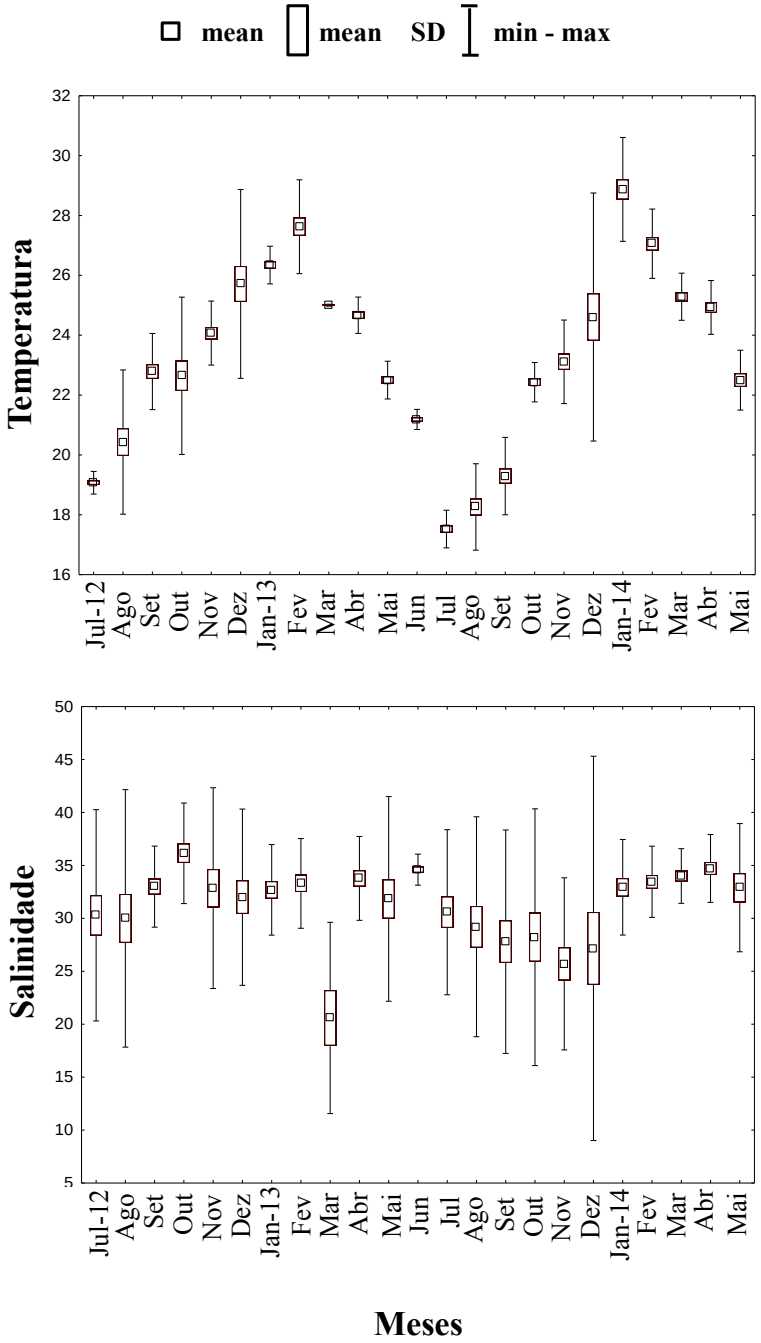



**Figura 2.** Variação mensal dos fatores ambientais de fundo (temperatura $^{o}$C e salinidade) registrados na região de Cananéia, SP, de julho de 2012 a maio de 2014. Mean: média; mean ± SD: média ± desvio padrão; min – max: variação máxima e mínima.

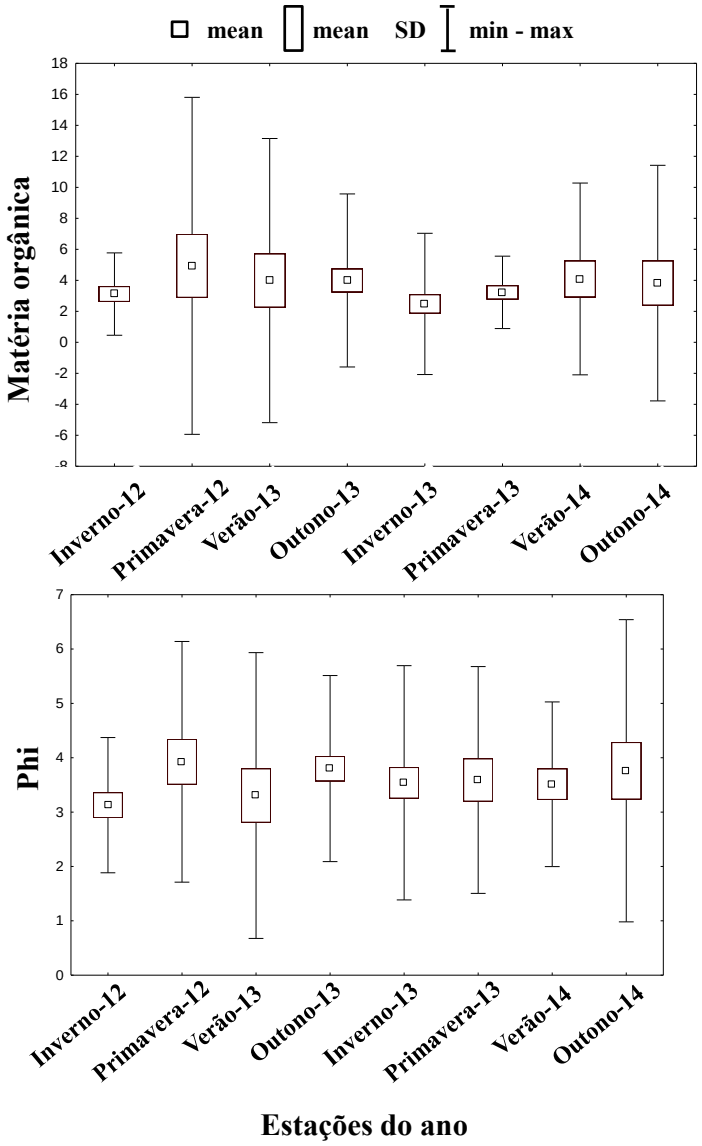



**Figura 3.** Variação do teor de matéria orgânica (%) e granulometria (phi) do sedimento por estações do ano na região de Cananéia, SP, de julho de 2012 a maio de 2014. Mean: média; mean ± SD: média ± desvio padrão; min – max: variação máxima e mínima. Verão: janeiro a março, sucessivamente para as demais estações.

A concentração média de clorofila de fundo variou entre 5 µg/L e 18 µg/L, apresentando maiores valores e maior variação durante o verão, com destaque para fevereiro, e menores valores durante o inverno, com destaque para julho (Fig. 4). Foi possível ainda identificar uma associação positiva da concentração de clorofila com a temperatura de fundo (Regressão Linear Múltipla, $t = 5,75$; $p = 1,37.\ 10^{-7}$).

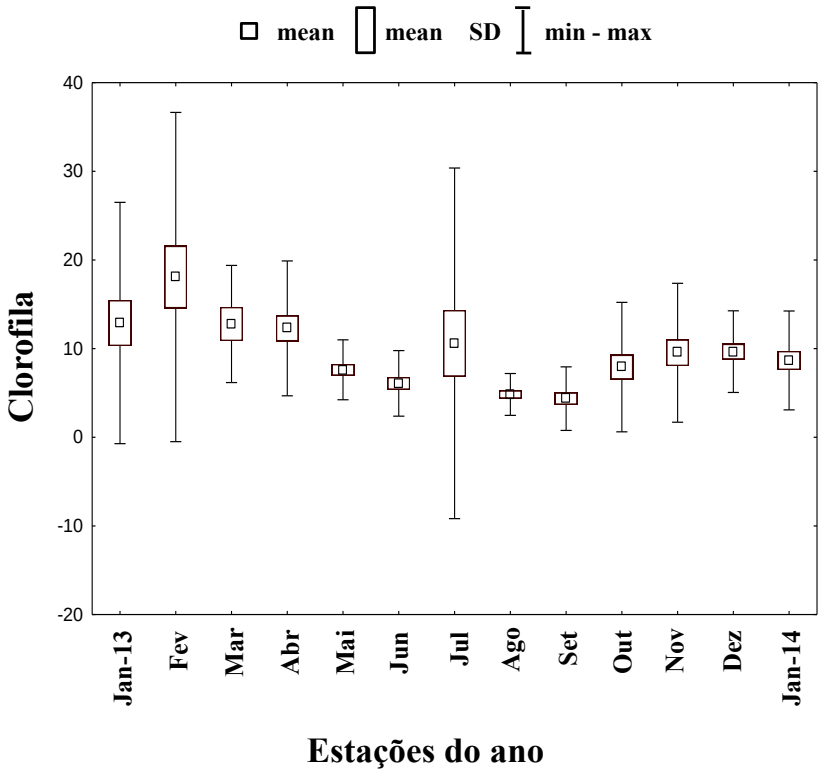



**Figura 4.** Variação mensal da concentração de clorofila (µg/l) na região de Cananéia, SP, de janeiro de 2013 a janeiro de 2014. Mean: média; mean ± SD: média ± desvio padrão; min – max: variação máxima e mínima.

A variação espacial da temperatura de fundo não foi muito ampla, sendo que as médias se mantiveram entre 22 e 24°C em todas as estações amostrais. Porém, é importante ainda destacar que a amplitude de variação em cada uma das estações foi expressiva, partindo de menos de 18°C e podendo chegar a mais de 28°C. Em relação à salinidade foi possível observar que as estações sob influência oceânica (I, II, III e IV) apresentaram maiores médias e menores amplitudes de variação que as estações de transição (V) e estuarinas (VI e VII) (Fig. 5).

A média do teor de matéria orgânica encontrada no substrato apresentou pouca variação em relação às estações amostrais, exceto a estação IV. A granulometria do sedimento (phi) parece estar variando de maneira diretamente proporcional ao teor de matéria orgânica e observou-se em média que o substrato é composto por areia fina e muito fina na maioria das estações amostrais, exceto da estação IV, onde se encontra a maior média registrada de phi, que corresponde a um sedimento do tipo silte + argila. É importante destacar ainda que, devido à ampla variação do tipo de sedimento nas

estações II, V e VII foi possível encontrar desde areia média até silte + argila na composição do substrato na região de estudo (Fig. 6).

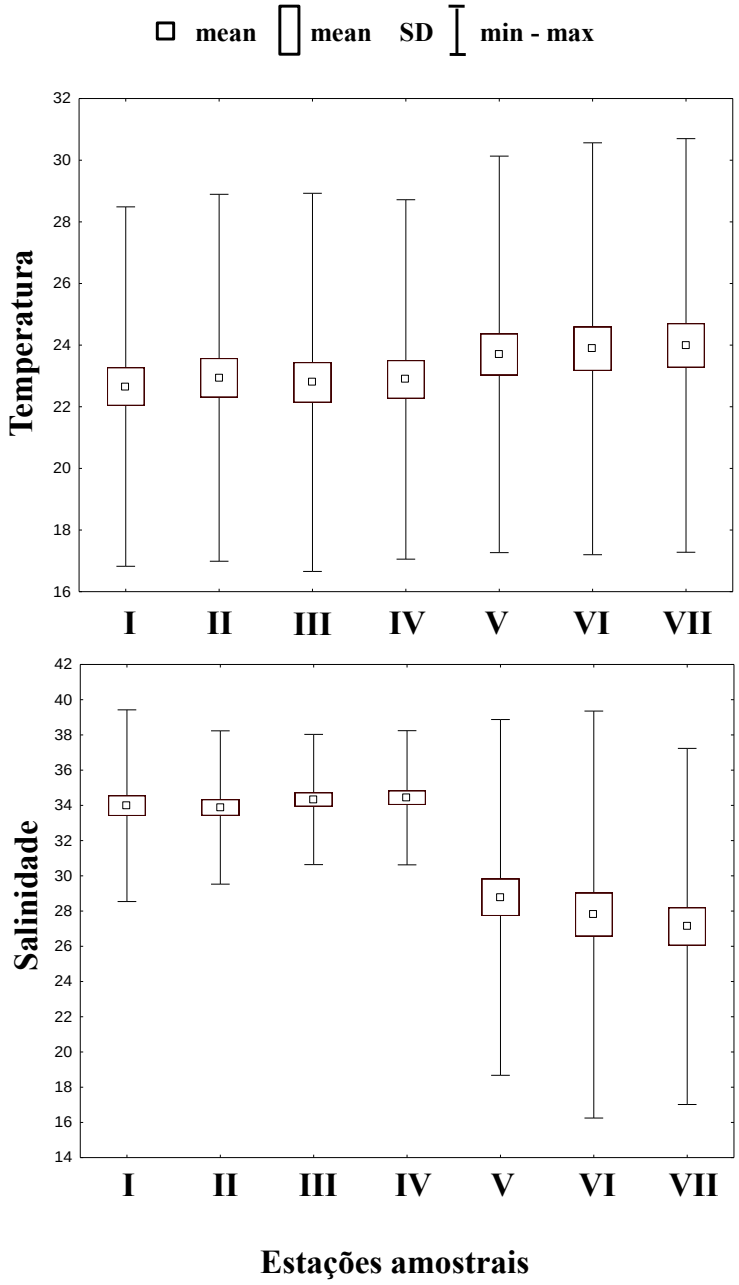



**Figura 5.** Variação dos fatores ambientais de fundo (temperatura $^{o}$C e salinidade) ao longo das estações amostrais na região de Cananéia, SP, de julho de 2012 a maio de 2014. Mean: média; mean ± SD: média ± desvio padrão; min – max: variação máxima e mínima.

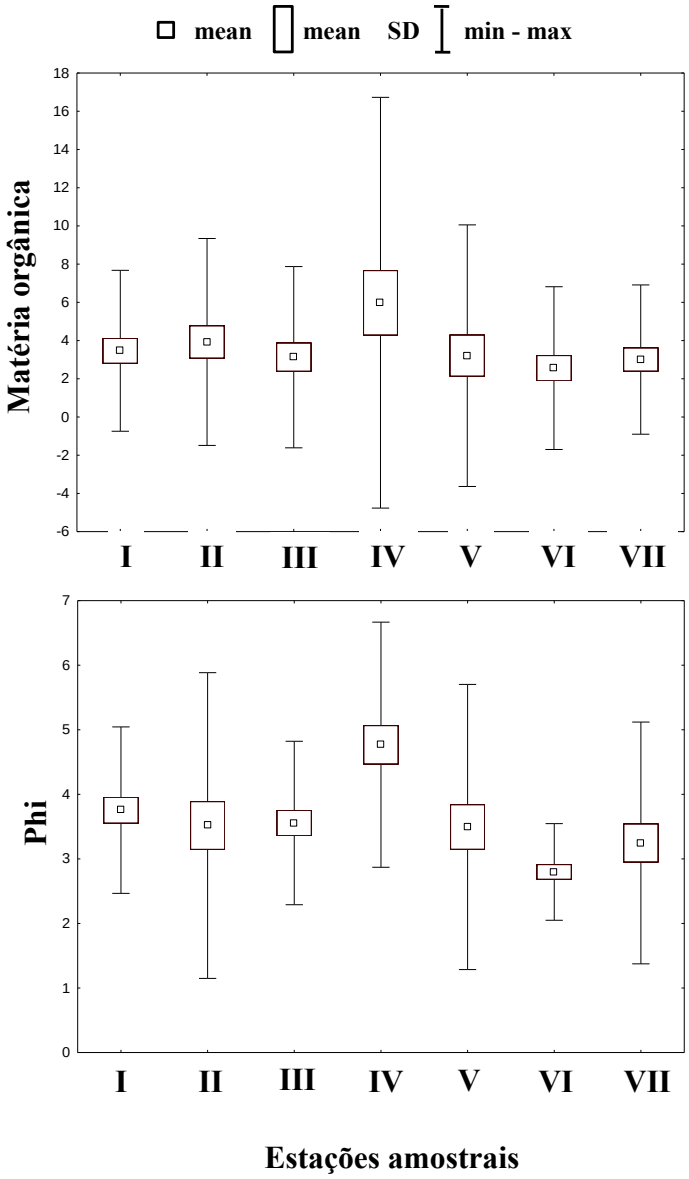



**Figura 6.** Variação do teor de matéria orgânica (%) e granulometria (phi) do sedimento por estação amostral na região de Cananéia, SP, de julho de 2012 a maio de 2014. Mean: média; mean ± SD: média ± desvio padrão; min – max: variação máxima e mínima.

A média de concentração da clorofila não variou muito espacialmente, permanecendo entre 5 µg/L e pouco mais de 10µg/L entre as estações amostrais. No entanto, foi percebido um claro aumento da variação da concentração nas duas últimas estações amostradas (Fig. 7).

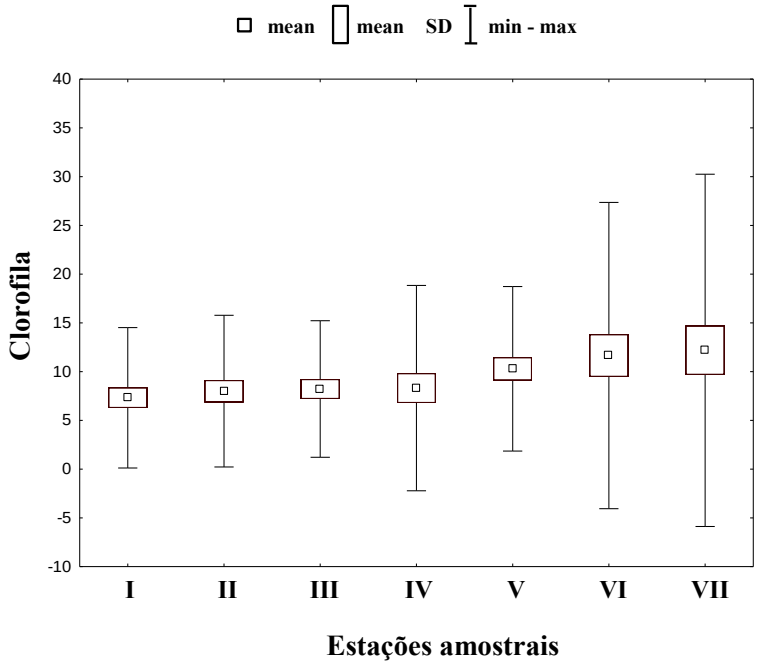



**Figura 7.** Variação da concentração de clorofila (µg/l) por estação amostral na região de Cananéia, SP, de janeiro de 2013 a janeiro de 2014. Mean: média; mean ± SD: média ± desvio padrão; min – max: variação máxima e mínima.

## 2. Abundância e distribuição

Foram coletados 1784 camarões *R. constrictus* ao longo do período de coletas. Os indivíduos distribuíram-se majoritariamente na menor classe de temperatura registrada (entre 17 e 19°C), em contrapartida é interessante destacar que houve também um expressivo número de indivíduos entre 27 e 29°C, as maiores temperaturas registradas durante o estudo (Fig. 8A). Já em relação à salinidade, os indivíduos ocuparam de maneira expressiva as duas maiores classes de salinidade observadas (de 33 a 39) (Fig. 8B). De acordo com a análise de Regressão Linear Múltipla ($p < 0,05$), estes dois fatores ambientais mencionados foram os que mais influenciaram na distribuição e abundância de *R. constrictus*, sendo uma associação positiva com a salinidade ($t = 3,75$; $p = 0,0002$) e negativa com a temperatura ($t = - 3,28$; $p = 0,0012$).

Em relação ao sedimento, os indivíduos ocuparam preferencialmente a menor classe de phi registrada (entre 1 e 2), o que corresponde a um substrato composto por areia grossa e areia média. Porém, é importante salientar que houve também um número expressivo de indivíduos ocupando também a classe de 4 a 5, que corresponde a um

sedimento do tipo silte + argila (Fig. 8C). Os indivíduos ocuparam níveis intermediários de matéria orgânica (entre 6 e 9) com tendência de associação nas três primeiras classes (Fig. 8D).

Em relação à concentração de clorofila e a abundância dos espécimes foi identificada uma relação inversa, ou seja, os indivíduos estiveram majoritariamente distribuídos nas menores classes de concentração de clorofila observadas (Fig. 8E). Porém, não foi identificada relação significativa entre as variáveis (Correlação Cruzada, $p > 0,05$).

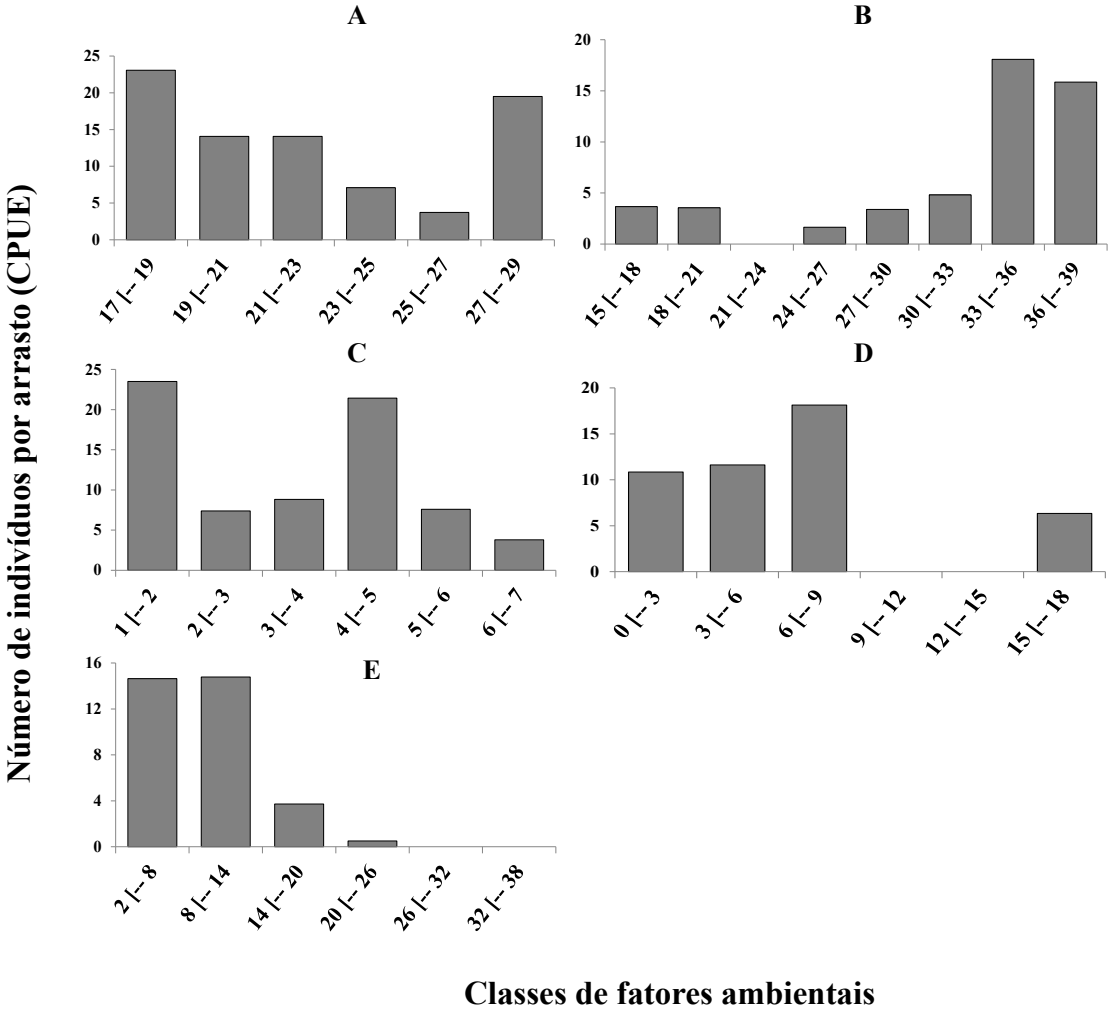



**Figura 8.** *Rimapenaeus constrictus.* Variação da abundância de acordo com classes de fatores ambientais de fundo (A: temperatura de fundo $^{o}$C; B: salinidade de fundo; C: phi e D: teor de matéria orgânica %; E: concentração de clorofila de fundo µg/l) na região de Cananéia, SP, de julho de 2012 a maio de 2014.

Os indivíduos encontraram-se distribuídos preferencialmente durante a primavera de 2012 e o inverno de 2013, embora não houve diferença significativa de abundância entre as estações ano (ANOVA e posteriori Tukey, $p > 0,05$) (Fig. 9). Já em relação às estações amostrais, os indivíduos distribuíram-se majoritariamente na estação II (10 m) (ANOVA e posteriori Tukey, $p < 0,05$), uma das regiões mais distantes da costa (Fig. 10).

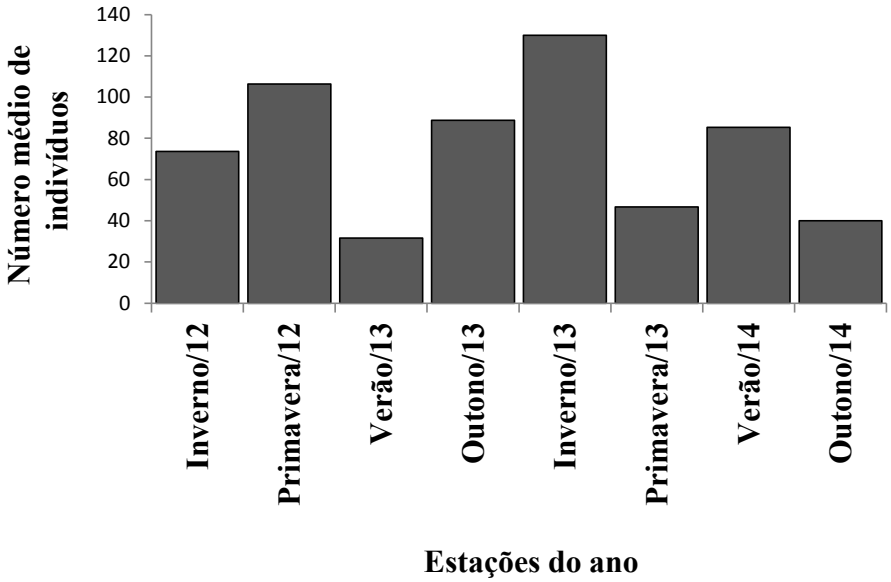



**Figura 9.** *Rimapenaeus constrictus.* Variação da abundância em relação às estações do ano na região de Cananéia, SP, de julho de 2012 a maio de 2014.

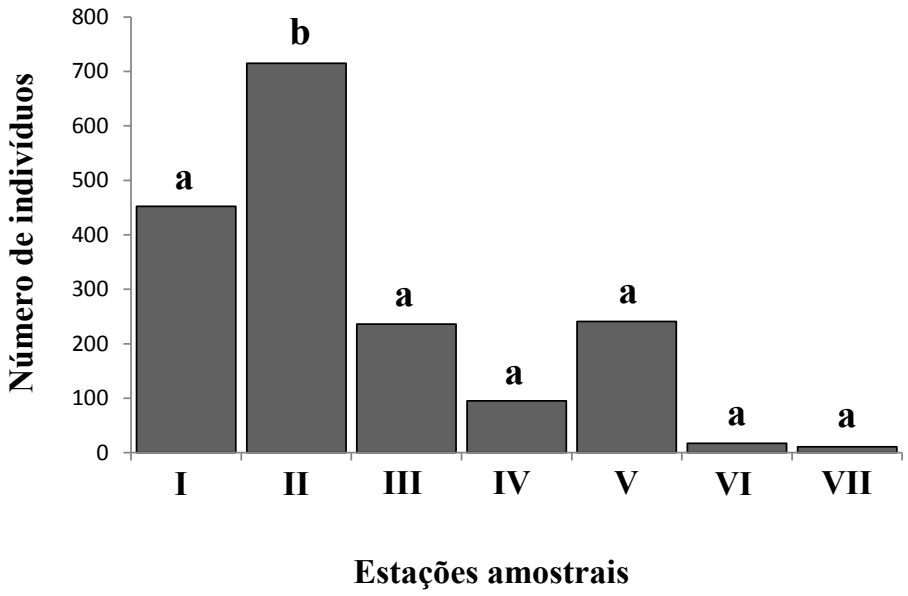



**Figura 10.** *Rimapenaeus constrictus.* Variação da abundância em relação às estações amostrais na região de Cananéia, SP, de julho de 2012 a maio de 2014. Estações amostrais com, pelo menos, uma mesma letra não diferem estatisticamente (Tukey; $p < 0,05$).

## Discussão

### 1. Os fatores ambientais na região de Cananéia

A área de estudo foi dividida em três regiões de características distintas. A primeira foi a região sob influência oceânica direta (estações I, II, III e IV), a segunda, a região intermediária (V) e a última, a região sob influência do aporte de águas continentais (estações VI e VII) oriundas da extensa bacia do rio Ribeira de Iguape, o que explica a clara diminuição de salinidade desde as estações mais distantes da costa até as mais próximas à região estuarina.

A variação da temperatura da água no litoral de Cananéia ocorreu de maneira bastante sincronizada às estações do ano, ou seja, verões com águas quentes e invernos com águas frias. A temperatura tem sido um parâmetro amplamente utilizado para compreender a flutuação da biomassa fitoplanctônica (Philips *et al*, 2002; Sousa *et al*, 2009; Aquino *et al*, 2012).

Segundo Sousa *et al*. (2009), temperaturas elevadas influenciam o metabolismo do fitoplâncton, aumentando as taxas fotossintéticas e, consequentemente, o

crescimento e a reprodução desses organismos que culmina com um aumento geral desta biomassa de produtividade primária do oceano. De fato, no presente estudo observou-se uma relação positiva entre a variação mensal de temperatura e concentração de clorofila.

Geralmente, águas de influência estuarina apresentam maior variação de temperatura que águas oceânicas (Passavante & Feitosa, 2004). No presente estudo, o discreto aumento da variação da temperatura na região de estuarina, pode ter contribuído para o aumento da variação da concentração de clorofila observado nas estações VI e VII.

Adicionalmente, a baixa profundidade da região estuarina também trás informações importantes acerca da variação da concentração de clorofila. Isso porque em baixas profundidades, o sedimento está mais próximo da lâmina d'água, o que proporciona maior ressuspensão de células fitoplanctônicas, além de nutrientes depositados no fundo, o que incrementa a biomassa algal (Damme *et al*, 2005). Além disso, a proximidade das estações V, VI e VII com as ilhas do Cardoso, Comprida e de Cananéia propiciam maior aporte de nutrientes de origem terrígena às áreas das estações amostrais (Aquino *et al*, 2012).

A concentração de clorofila também responde à variação de salinidade da água, geralmente, em uma relação inversa (Grego *et al*, 2009; Honorato-da-Silva *et al*, 2009; Aquino *et al*, 2012). E de fato, foi possível observar uma clara tendência de aumento da concentração de clorofila conforme a diminuição da salinidade no presente estudo, ainda que sem corroboração estatística.

As regiões oceânica e estuarina não diferiram em relação às características do sedimento provavelmente por nenhuma das estações amostrais estarem próximas de rios de grande porte para promover alterações no sedimento, como também, as estações mantem uma conectividade ao ambiente marinho. De acordo com Tommasi (1970), a entrada da barra de Cananéia, bem como todo o Mar Pequeno, são as áreas de menor concentração de matéria orgânica de todo o Sistema Estuarino-Lagunar de Cananéia-Iguape.

A observação de uma relação direta entre phi e matéria orgânica espaço-temporalmente pode estar relacionada ao fato de sedimentos de menor granulometria e, portanto, maior phi reter maior quantidade de matéria orgânica (Castilho *et al*, 2008a).

## 2. Abundância e distribuição de *Rimapenaeus constrictus*

A distribuição de *R. constrictus* nos maiores gradientes de salinidade revelaram que esta espécie é essencialmente oceânica, ocorrendo de maneira ocasional em áreas sob influência estuarina. Já é proposto na literatura que essa espécie é estenohalina adaptada a ter um ciclo de vida exclusivamente oceânico (Dall *et al*, 1990). Bauer & Lin (1994) também verificaram que tanto *R. constrictus* quanto o congênere *Rimapenaeus similis* (Smith, 1885) completam todo o ciclo de vida no oceano. Gunter (1950) evidenciou que esta espécie possui uma distribuição preferencial em salinidades acima de 30, fato que foi corroborado pelo presente estudo e por outros estudos com a mesma espécie (Costa & Fransozo, 2004a; Hiroki *et al*, 2011).

Muitos estudos vêm observando ainda que a distribuição de peneóideos está amplamente associada às características do sedimento em que se encontram (Dall *et al*, 1990; Sanchez, 1997; Costa *et al*, 2004; Fransozo *et al*, 2004; Castilho *et al*, 2008a), inclusive em relação à espécie em estudo (Burkenroad, 1939; Costa & Fransozo, 2004a; Hiroki *et al*, 2011). Segundo Dall (1990), muitos camarões utilizam-se do sedimento para se enterrar durante o dia, como uma forma de escapar dos predadores e poupar energia.

A associação de um camarão a um substrato pode estar relacionada à quantidade de matéria orgânica ali presente. Segundo Castilho *et al*. (2008a), a distribuição de *Sicyonia dorsalis* Kingsley, 1878 no litoral norte de São Paulo esteve positivamente relacionada com sedimento fino em virtude dos pequenos grãos, que compõem este tipo de substrato, tenderem a reter uma maior quantidade de matéria orgânica dissolvida.

No presente estudo foi possível observar que *R. constrictus* esteve presente de maneira abundante tanto em sedimentos mais grossos quanto em sedimentos mais finos, o que pode ser indício de que esta espécie prefira sedimentos mais variados do que um tipo específico, como também proposto por Costa & Fransozo (2004a). A preferência por sedimentos variados reflete a plasticidade comportamental exibida pela espécie. Em condições adversas como pressão de predação é possível que os espécimes prefiram um sedimento favorável ao seu enterramento. Por outro lado, em condições ambientais benéficas, o tipo de sedimento possivelmente não se configure como um fator limitante à distribuição da espécie.

É proposto que *R. constrictus* apresenta ampla distribuição batimétrica, chegando a ser coletado até os 84 metros de profundidade (Williams, 1984). No

presente estudo, a espécie apresentou-se amplamente distribuída ao longo de todas as estações amostrais, com destaque para estação II, na qual foi possível ainda reconhecer duas condições ambientais que possivelmente estariam favorecendo a permanência da espécie nesta batimetria, que seriam (1) a grande variabilidade de textura de sedimento (phi) e (2) a alta salinidade. Tais condições corroboram a fisiologia estenohalina da espécie e a plasticidade comportamental em relação ao sedimento.

O presente estudo identificou a presença de *R. constrictus* em uma ampla variação de temperatura. Estudos anteriores já observaram a presença da espécie em grande abundância durante a primavera (Costa & Fransozo, 2004a) e até mesmo durante o inverno (Hiroki *et al*, 2011). Tal constatação associada à informação de ampla distribuição latitudinal desta espécie podem ser indícios de que *R. constrictus* seja euritermal, sendo capaz de suportar ampla variação de temperatura da água.

Dessa forma, a temperatura parece agir como um fator não limitante à distribuição da espécie em regiões tropicais, salvo quando em período reprodutivo. Bauer & Lin (1994) observaram que a reprodução de *R. constrictus* somente ocorreu durante os meses mais quentes, sendo que os autores não encontraram fêmeas reprodutivas e/ou inseminadas durante o inverno. Esta relação também vem sendo encontrada por outros autores (Aragón-Noriega & Alcántara-Razo, 2004; Costa & Fransozo, 2004b; Castilho *et al,* 2007).

A espécie apresentou um pico de abundância durante o inverno de 2013, embora não tenha sido encontrada diferença significativa entre as estações do ano, o que sugere que as condições ambientais foram favoráveis à permanência de *R. constrictus* durante todo o período de amostragem. As possíveis características ambientais que promoveram este cenário foram uma ampla variação da textura do sedimento ao longo de todas as estações do ano, além da manutenção de uma alta salinidade ao longo de todos os meses de coleta, com poucos meses de exceção.

Apesar da observação da tendência dos indivíduos associarem-se negativamente com a concentração de clorofila, propõe-se que este parâmetro ambiental não é um fator limitante à distribuição da espécie, uma vez que as menores concentrações de clorofila ocorreram nas estações amostrais mais afastadas da costa (I, II, III e IV), estações estas que correspondem às faixas de salinidades altas, que muito provavelmente é o fator de maior modulação da distribuição e abundância dos espécimes deste estudo. Acredita-se, portanto, que os indivíduos estejam respondendo diretamente à salinidade e não à concentração de clorofila.

Em contrapartida, é importante salientar que a biomassa fitoplanctônica é tida como um fator importante na distribuição e abundância de alguns estágios larvais de camarões (Thorson, 1950). A teoria do match-mismatch (ajuste-desajuste) de Cushing (1975), propõe que as espécies marinhas planctotróficas possuem um período reprodutivo ajustado ao período de maior concentração de fitoplâncton no oceano, o que significa maior disponibilidade de alimento para as larvas. Sugere-se, portanto, que sejam conduzidos estudos acerca da influência da concentração de clorofila sobre o período reprodutivo da espécie.

Em suma, foi possível identificar um importante comportamento euritópico em *R. constrictus* que certamente contribui para o sucesso adaptativo da espécie. Esta espécie parece ser generalista quanto à escolha do substrato e quanto às diferentes faixas de temperatura que ocupa. Já a salinidade foi o fator de maior influência sobre a espécie, configurando-se como um fator limitante a sua distribuição. Em contrapartida, a concentração de clorofila não se configurou como um fator determinante à distribuição e abundância de *R. constrictus*.

## Referências bibliográficas

ARAGÓN-NORIEGA, E. A. & ALCÁNTARA-RAZO, E. 2004. Influence of sea surface temperature on reproductive period and size at maturity of brown shrimp (*Farfantepenaeus californiensis*) in the Gulf of California. *Marine Biology, 146(2):* 373-379p.

AQUINO, E. P.; FIGUEIRÊDO, L. G. P.; ANJOS, D. L.; PASSAVANTE, J. Z. O. & SILVA-CUNHA, M. G. G. 2012. Biomassa fitoplanctônica e fatores ambientais em um estuário tropical do Brasil. *Tropical Oceanography, 40(1):* 17-28p.

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 Northcentral Gulf of Mexico. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology, 185:* 205-222p.

BESNARD, W. 1950a. Considerações gerais em torno da região lagunar de Cananéia-Iguape I. *Boletim do Instituto Paulista de Oceanografia, 1(1):* 9-26p.

BESNARD, W. 1950b. Considerações gerais em torno da região lagunar de Cananéia-Iguape II. *Boletim do Instituto Paulista de Oceanografia, 1(1):* 3-28p.

BOSCHI, E. E. 1963. Los camarones comerciales de la família Penaeidae de la costa Atlantica de America del Sur. *Boletín del Instituto de Biología Marina de Mar del Plata, 3:* 1-39p.

BRUSHER, H. A.; RENFRO, W. C. & NEAL, R. 1972. Notes on distribution, size and ovarian development of some penaeid shrimps in the northwestern Gulf of Mexico. *Contributions in Marine Science, 16:* 75-87p.

BURKENROAD, M. D. 1939. Further observations on Penaeidae of the northern Gulf of Mexico. *Bulletin Bingham of Oceanography, 6:* 1-62p.

CASTILHO, A. L.; COSTA R. C.; FRANSOZO, A. & BOSCHI, E. E. 2007. Reproductive pattern of the South American endemic shrimp *Artemesia longinaris* (Decapoda: Penaeoidea), off São Paulo State, Brazil. *Revista de Biologia Tropical, 55(1):* 39-48p.

CASTILHO, A. L.; FURLAN, M.; COSTA, R. C. & FRANSOZO, V. 2008a. Abundance and temporal-spatial distribution of the rock shrimp *Sycionia dorsalis* Kingsley, 1878 (Decapoda, Penaeoidea) from the northern coast of São Paulo state, Brazil. *Senckenbergiana, 38(1):* 75-83p.

CASTILHO, A. L.; COSTA, R. C.; FRANSOZO, A. & NEGREIROS-FRANSOZO, M. L. 2008b. Reproduction and recruitment of the South American red shrimp, *Pleoticus muelleri* (Crustacea: Solenoceridae), from the southeastern coast of Brazil. *Marine Biology Research, 4:* 361-368p.

CASTILHO, A. L.; BAUER, R. T.; FREIRE, F. A. M.; FRANSOZO, V.; COSTA, R. C.; GRABOWSKI, R. C. & FRANSOZO, A. 2015. Lifespan and reproductive dynamics of the commercially important sea bob shrimp *Xiphopenaeus kroyeri* (Penaeoidea): synthesis of a 5-year study. *Journal of Crustacean Biology, 00(0):* 1-11p.

COSTA, R. C. & FRANSOZO, A. 2004a. Abundance and ecologic distribution of the shrimp *Rimapenaeus constrictus* (Crustacea: Penaeidae) on the northern coast of São Paulo State, Brazil. *Journal of Natural History, 38:* 901-912p.

COSTA, R. C. & FRANSOZO, A. 2004b. Reproductive biology of the shrimp *Rimapenaeus constrictus* (Decapoda: Penaeidae) in the Ubatuba region of Brazil. *Journal of Natural History, 24 (2):* 274-281p.

COSTA, R. C.; FRANSOZO, A. & PINHEIRO, A. P. 2004. Ecological distribution of the shrimp *Pleoticus muelleri* (Bate, 1888) (Decapoda: Penaeoidea) in southeastern Brazil. *Hydrobiologia, 529:* 195-203p.

CUSHING, D.H. 1975. *Marine Ecology and Fisheries*. Cambridge University Press, 278p.

DALL, W.; HILL, B. J.; ROTHLISBERG, P. C. & STAPLES, D. J. 1990. The biology of the Penaeidae. In: *Advances in Marine Biology*, edited by Blaxter, J. H. S. A. J. Southward. San Diego, Academic Press, 27, 489p.

DAMME, V. D.; STRUYF, E.; MARIS, T.; YSEBAERT, T.; DEHAIRS, F.; TACKX, M.; HEIP, C. & MEIRE, P. 2005. Spatial and temporal patterns of water quality along the estuarine salinity gradient of the Scheldt estuary (Belgium and The Netherlands): results of an integrated monitoring approach. *Hydrobiologia, 540:* 29–45p.

FRANSOZO, A.; COSTA, R. C.; MANTELATTO, F. L. M.; PINHEIRO, M. A. A. & SANTOS, S. 2002. Composition and abundance of shrimp species (Penaeidea and Caridea) in Fortaleza Bay, Ubatuba, São Paulo, Brazil. In: Briones, E. E., Alvarez, F., (Ed). *Modern Approaches in Crustacean Research (Mexico),* 117 -23p.

FRANSOZO, A.; COSTA, R. C.; CASTILHO, A. L. & MANTELATTO, F. L. 2004. Ecological distribution of the shrimp "Camarão Serrinha" *Artemesia longinaris* (Decapoda, Penaeidae) in Fortaleza Bay, Ubatuba, Brazil, in relation to abiotic factors. *Revista de Investimento y Desarrollo Pesquero, 16:* 43-50p.

GAMEIRO, C. & BROTAS, V. 2010. Patterns of phytoplankton variability in the Tagus Estuary (Portugal). *Estuaries and Coasts, 33:* 311–323p.

GREGO, C. K. S.; FEITOSA, F. A. N.; HONORATO-DA-SILVA, M.; SILVA-CUNHA, M. G. G. & FILHO, G. A. N. 2009. Fitoplâncton do ecossistema estuarino do rio Ariquindá (Tamandaré, Pernambuco, Brasil): variáveis ambientais, biomassa e produtividade primária. *Atlântica, 31(2):* 183-198p.

GUNTER, G. 1950. Seasonal population changes and distribution as related to salinity of certain invertebrates of the Texas Coast, including the commercial shrimp. *Publications of the Institute of Marine Science, 1(2):*1-52p.

HAKANSON, L. & JANSSON, M. 1983. *Principles of lake sedimentology*. New York, Berlin, Heidelberg, Tokyo: Springer-Verlag, 316p.

HARTNOLL, R.G. 2001. Growth in Crustacea - twenty years on. *Hydrobiologia, Netherlands, 449:* 111-122p.

HIROKI, K. A. N.; FRANSOZO, A.; COSTA, R. C.; CASTILHO, A. L.; SHIMIZU, R. M. & FURLAN, M. 2011. Bathymetric distribution of the shrimp *Rimapenaeus constrictus* (Stimpson, 1874) (Decapoda: Penaeidae) in two locations off the southeastern Brazilian coast. *Marine Biology Research, 7:* 176-185p.

HONORATO-DA-SILVA, M.; PASSAVANTE, J. Z. O.; SILVA-CUNHA, M. G. G.; NASCIMENTO-VIEIRA, D. A.; GREGO, C. K. S. & MUNIZ, K. 2004. Distribuição espacial e sazonal da biomassa fitoplanctônica e dos parâmetros hidrológicos no estuário do rio Formoso (Rio Formoso, Pernambuco, Brasil). *Tropical Oceanography, 32(1):* 89-106p.

KINNE, O. 1971. *Marine ecology: a comprehensive, integrated treatise on life in oceans and coastal waters*. Wiley-Interscience, a division of John Wiley & Sons, Inc.: London, 821-995p.

MIYAO, S. Y; NISHIHARA, L. & SARTI, C. C. 1986. Características físicas e químicas do sistema estuarino-lagunar de Cananéia-Iguape. *Boletim do Instituto Oceanográfico, São Paulo, 34(único):* 23-36p.

ORGANISTA, D. E.; MORRONE, J. J.; BOUSQUETS, J. L. & VILLELA, O. F. 2005. *Introducción al análisis de patrones em biogeografia histórica*. Prensas de Ciencias, UNAM, 133p.

PASSAVANTE, J. Z. O. & FEITOSA, F. A. N. 2004. Dinâmica da produtividade fitoplanctônica na zona costeira marinha. In: *Oceanografia: um cenário tropical,* edited by Eskinazi-Leça, E.; Newmann-Leitão, S.; Costa, M. F. Recife: Edições Bagaço, 425-440p.

PEREIRA, C. D. & LOMÔNACO, C. 2001. Plasticidade fisiológica e comportamental de *Brevicoryne brassicae* (L.) (Hemiptera: Aphididae) em duas variedades de *Brassica oleraceae* L. *Neotropical Entomology, 30(1):* 29-35p.

PÉREZ-FARFANTE, I. & KENSLEY, B. 1997. *Penaeoid and Segestoid shrimps and prawns of the World. Keys and diagnoses for the families and genera*. Paris, Éditions du Muséum national d histoire naturalle, 233p.

PHILIPS, E. J.; BADYLAK, S. & GROSSKOPF, T. 2002. Factors affecting the abundance of phytoplankton in a restricted subtropical lagoon, the Indian River Lagoon, Florida, USA. *Estuarine, Coastal and Shelf Science, 55:* 385-402p.

PRICE, T. D. QWARNSTRÖM, A. & IRWIN, D. E. 2003. The role of phenotypic plasticity in driving genetic evolution. *Proceedings of the Royal Society of London B, 270:* 1433–1440p.

ROBINSON, B. W. & DUKAS, R. 1999. The influence of phenotypic modifications on evolution: the Baldwin effect and modern perspectives. *Oikos, 85:* 528–589p.

SANCHEZ, A. J. 1997. Habitat preference of *Penaeus duorarum* Burkenroad (Crustacea: Decapoda) in a tropical coastal lagoon, southwest Gulf of Mexico. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology 217:*107-17p.

SCHEINER, S.M. 1993. Genetics and evolution of phenotipic plasticity. *Annual Review of Ecology, Evolution and Systematics, 24:* 35-68p.

SOUSA, E. B.; COSTA, V. B.; PEREIRA, L. C. C. & COSTA, R. M. 2009. Variação temporal do fitoplâncton e dos parâmetros hidrológicos da zona de arrebentação da Ilha Canela (Bragança, Pará, Brasil). *Acta Botanica Brasilica, 23(4):* 1084-1095p.

STANLEY, S. M. 1984. Temperature and biotic crises in the marine realm. *Geology, 12:* 205-208p.

SUGUIO, K. 1973. *Introdução à Sedimentologia*. São Paulo. Ed. Edgard Blücher/EDUSP, 317p.

TESSLER, M. G. & FURTADO, V. V. 1983. Dinâmica de sedimentação das feições de assoreamento da região lagunar Cananéia-Iguape, estado de São Paulo. *Boletim do Instituto Oceanográfico, São Paulo, 32(2):* 117-124p.

THOMPSON, J.D. 1991. Phenotypic plasticity as a component of evolutionary chance. *TREE, 6:* 246-249p.

THORSON, G. 1950. Reproductive and larval ecology of marine bottom invertebrates. Zoological Museum, University of Copenhagen, 45p.

TOMMASI, L. R. 1970. Observações sobre a fauna bêntica do complexo estuarino-lagunar de Cananéia (SP). *Boletim do Instituto Oceanográfico, São Paulo, 19:* 43-56p.

TUCKER, M. 1988. *Techniques in sedimentology*. Oxford: Blackwell, 394p.

WENTWORTH, C. K. 1922. A scale of grade and tems for cladistic sediments. *Journal of Geology, 30:* 377-392p.

WIESEPAPE, L. M.; ALDRICH, D. V. & STRAWN, K. 1972. Effects of temperature and salinity on termal death in postlarval brown shrimp, *Penaeus aztecus. Physiological Zoology, 45:* 22-33p.

WILLIAMS, A. B. 1984. *Shrimps, lobsters, and crabs of the Atlantic coast of the Eastern United States, Maine to Florida*. Washington, DC, Smithsonian Institution Press, 550p.

ZAR, J. H. 1999. *Biostatistical Analysis*. Upper Saddle River: Pratice-Hall, 662p.

# Capítulo II

Imagem: Patrick J. Dempsey

# Crescimento e dinâmica reprodutiva do camarão *Rimapenaeus constritus* (Decapoda, Penaeidae) no litoral sul do estado de São Paulo, Brasil


## Resumo

Poucos estudos foram desenvolvidos sobre o camarão *Rimapenaeus constrictus* quando comparado à sua ampla distribuição geográfica no oceano Atlântico Ocidental. Nós investigamos a dinâmica populacional de *R. constrictus*, especialmente a razão sexual, crescimento individual, longevidade e reprodução na região de Cananéia, litoral sul do estado de São Paulo, Brasil. As coletas foram realizadas mensalmente de julho de 2012 a maio de 2014 com um barco camaroneiro equipado com redes do tipo double-rig. Os camarões foram identificados quanto ao sexo e condição reprodutiva e medidos quanto ao comprimento de carapaça (CC). Foram coletados 1702 indivíduos, sendo que as fêmeas alcançaram a maturidade sexual superior (9 mm) ao dos machos (7 mm). As curvas médias de crescimento apresentaram a estimativa de $CC\infty = 11,79$ mm, $k = 0,02$ e $t0 = -0,16$ dias para machos e $CC\infty = 15,71$ mm, $k = 0,01$ e $t0 = -0,27$ dias para fêmeas, onde $CC\infty$ é o tamanho assintótico, k é o coeficiente de crescimento e t0 é a idade teórica ao qual o tamanho é igual a 0. Os machos apresentam a longevidade inferior (0,67 anos) que as fêmeas (0,98 anos), sendo que as mesmas predominaram na razão sexual (teste Binomial, $p<0.05$), corroborando aos estudos de peneídeos tropicais, cujos indivíduos apresentam baixa longevidade. O padrão reprodutivo sazonal observado durante a primavera e verão coincidiram aos períodos com maior temperatura e concentração de clorofila (produtividade planctônica), sendo possível propor que a disponibilidade alimentar para as larvas protozoea e mysis é um importante fator seletivo no sucesso reprodutivo de *R. constrictus*.


**Palavras-chave:** sazonalidade, região subtropical, camarão-ferrinho, teoria do ajuste-desajuste.

# Growth and reproductive dynamics of the shrimp *Rimapenaeus constrictus* (Decapoda, Penaeidae) from Southern coast of São Paulo state, Brazil


## Abstract

Few studies were made with the shrimps *Rimapenaeus constrictus* compared their wide geographic distribution in the Occidental Atlantic Ocean. We evaluated the population dynamics of *R. constrictus* focusing on sex ratio, individual growth, longevity, and reproduction in the Cananeia region, southern coast of São Paulo state, Brazil. Monthly trawls were conducted from July 2012 through May 2014, using a shrimp boat outfitted with double-rig nets. The shrimps were identified according to the sex and the reproductive condition and they were measured as the carapace length (CL). 1702 individuals were collected, and the females reached sexual maturity at a larger CC (9 mm) than males (7 mm). The mean growth curves, provided estimates of $CL\infty = 11.79$ mm (carapace length), $k = 0.02$ and $t0 = -0.16$ days for males and $CL\infty = 15.71$ mm, $k = 0.01$ and $t0 = -0.27$ days for females, where $CL\infty$ is the asymptotic length, k is coefficient of growth and t0 is the theorical age when the size is equal to 0. Our finding that males have lower longevity (0.67 years) than females (0.98 years) and the sex ratio tended to favor females (Binomial test, $p<0.05$), corroborates with studies of tropical penaeids, where individuals have a short longevity. The seasonal reproductive pattern observed during the spring and summer, periods with higher temperature and chlorophyll concentration (plankton production), suggests that food availability for protozoeal and mysis larvae may be an important selective factor in the reproductive success for *R. constrictus*.


**Key-words:** seasonality, subtropical region, roughneck-shrimp, match-mismatch theory.

## Introdução

Os camarões Penaeidae são de grande importância econômica para a atividade pesqueira mundial, sendo que em 2013 foram desembarcados no estado de São Paulo 1.077.420 kg do camarão *Xiphopenaeus kroyeri* (Heller, 1862) (Instituto de Pesca, São Paulo). Devido tal atividade utilizar redes não seletivas de arrasto como apetrecho de pesca, uma elevada diversidade de espécies marinhas é extraída acidentalmente compondo a fauna acompanhante ou bycatch (Castilho *et al*, 2015).

*Rimapenaeus constrictus* (Stimpson, 1874) possui baixo valor econômico devido ao seu tamanho diminuto (Costa & Fransozo, 2004), mas é explorado acidentalmente como bycatch em sua ampla distribuição geográfica em quase todo o Atlântico Ocidental, desde Nova Escócia no Canadá até Santa Catarina no Brasil (Pérez-Farfante & Kensley, 1997; Robert *et al*, 2007).

Estudos sobre a biologia reprodutiva, estrutura e crescimento de uma espécie, são de grande importância em proporcionar conhecimento que possa servir de base para a elaboração de planos de manejo que visem uma utilização racional dos recursos pesqueiros. Os estudos sobre a estrutura e biologia reprodutiva de *R. constrictus* são escassos, podendo-se citar Costa & Fransozo (2004) no hemisfério sul e Bauer & Lin (1994) e Bauer & Min (1993) no hemisfério norte.

Um parâmetro importante na reprodução é a identificação da razão sexual. De acordo com Fisher (1930), o sexo mais raro na população enfrenta menor competição por acasalamento e apresenta maior chance de passar seus genes à diante e, dessa forma, é selecionado positivamente ao longo das gerações até que a sua abundância aumente e se equipare com a abundância do outro sexo. Ou seja, a seleção natural é o mecanismo pelo qual se mantém uma tendência de igualdade de abundância entre os sexos na natureza.

No entanto, Wenner (1972) em estudo com diferentes espécies constatou que a identificação do padrão proposto por Fisher (1930) nem sempre é fácil, considerando que a razão sexual tendendo a 50% para cada sexo é mais uma exceção do que uma regra para crustáceos marinhos. Testou-se no presente estudo se a razão sexual de *R. constrictus* segue o padrão proposto por Fisher (1930).

O gênero *Rimapenaeus* se diferencia dos demais peneídeos pela presença do plug espermático em fêmeas. Durante a cópula, o macho libera o espermatóforo conjuntamente com um material viscoso e transparente, que posteriormente se solidifica

no télico da fêmea formando o plug espermático (Bauer & Min, 1993). A possibilidade de identificação desta estrutura abre caminho para responder várias questões relativas à reprodução da espécie, como a identificação do período de cópula.

Após a cópula, a fêmea passará por um período de desenvolvimento gonadal até atingir o status reprodutivo que poderá ser contínuo ou sazonal conforme a região geográfica. Como padrão, a reprodução tende a ser sazonal em regiões subtropicais/ temperadas, enquanto que em regiões tropicais, a reprodução tende a ser contínua (Bauer, 1992). Orton (1920) propôs que a temperatura relativamente elevada e constante em águas oceânicas tropicais contribuiria para uma reprodução contínua. Em contrapartida, em regiões subtropicais, a maior variação da temperatura oceânica manteria uma reprodução de regime sazonal.

Ademais, Thorson (1950) propôs que a disponibilidade de alimento larval (produtividade fitoplanctônica) atuaria como uma pressão seletiva sobre o período reprodutivo de invertebrados marinhos, sendo que a reprodução/desova se torna mais restrita conforme o aumento em latitude. Portanto, o período reprodutivo das fêmeas estaria sincronizado à disponibilidade de alimento para as larvas.

Cushing (1975) denominou tal sincronismo entre predador (zooplâncton) e presa (fitoplâncton) como a teoria do match/mismatch (ajuste/desajuste), ao qual o investimento reprodutivo de espécies marinhas planctotróficas terá maior sucesso (ajuste) quando a prole larval eclodir em um período com maior concentração de fitoplâncton no oceano.

A desova tendo sucesso espera-se evidenciar um recrutamento juvenil nos meses subsequentes. Crocos & van der Velde (1995) propuseram a denominação "desova efetiva" quando a atividade de desova contribui com um sucessivo recrutamento. Por outro lado, nos peneídeos também é possível evidenciar "recrutamento episódico" (Bauer & Lin, 1994), quando não existe sincronia desova-recrutamento evidente, por razões ambientais, que possam levar à mortalidade larval; ou por migração, quando as espécies apresentam zonas de desova distintas às de recrutamento.

Sendo Cananéia uma região subtropical, localizada a 25° de latitude sul (IBGE), foi testada a hipótese de que *R. constrictus* apresenta reprodução sazonal, tendo a temperatura e produtividade oceânica como condições ambientais preponderantes, proporcionando uma subsequente desova efetiva.

O estudo sobre estrutura populacional em crustáceos vem demostrando que o recrutamento juvenil é a base de um complexo mecanismo natural de manutenção e renovação dos estoques pesqueiros. Quando se reúnem o maior número de informações coerentes com aspectos espaço-temporais da população é possível observar o comportamento da espécie analisada e propor mudanças nos padrões de pesca (Garcia, 1985).

O estudo sobre crescimento populacional para crustáceos foi adaptado de estudos anteriores com peixes e baseia-se no modelo matemático desenvolvido por Von Bertalanffy (1938), o qual pressupõe que o comprimento do corpo se dá em função da idade do indivíduo (Sparre & Venema, 1997). A formulação de um modelo matemático para determinação da idade em crustáceos foi bastante importante, uma vez que as estruturas tegumentares são perdidas a cada processo de ecdise, o que inviabiliza qualquer tipo de marcação periódica sobre o tecido (Hartnoll, 2001). Destaca-se que ainda não existem estudos sobre o crescimento e longevidade de *R. constrictus* na literatura, sendo este o estudo pioneiro sobre o tema.

## Objetivos

O presente estudo teve por objetivo descrever a razão sexual, os padrões de reprodução e recrutamento, crescimento populacional e longevidade de *R. constrictus* no litoral sul do estado de São Paulo, Brasil.

## Material & Métodos

### 1. Delineamento do estudo

As coletas foram realizadas mensalmente de julho de 2012 a maio de 2014. As estações de amostragem foram predeterminadas com o intuito de abranger zonas estuarinas e oceânicas do litoral de Cananéia, região sul de São Paulo.

Arrastos com duração de 30 minutos foram promovidos no complexo Sistema Estuarino-Lagunar de Cananéia-Iguape e área adjacente oceânica, utilizando-se um barco camaroneiro equipado com redes *double-rig* com o intuito de se obter o material biológico. Um total de sete estações amostrais (= arrastos) foi previamente determinado. As profundidades foram verificadas segundo a estratificação batimétrica descritas nas

cartas náuticas. Durante as coletas, as profundidades foram monitoradas por uma sonda Multiparâmetros Eureka. Quatro estações amostrais foram efetuadas na zona oceânica adjacente à região de Cananéia, sendo: I, II e III localizadas nas isóbatas 10 – 15 m, e IV nas isóbatas 5 – 10 m. A estação amostral V localiza-se na região intermediária entre a zona oceânica e estuarina com as isóbatas 5 – 10 m. As duas últimas estações amostrais VI e VII (isóbatas 5 – 10 m) localizam-se na zona estuarina denominada de Mar Pequeno, localizada entre Cananéia e a Ilha Comprida, a qual sofre influência do aporte de água doce oriundo do complexo Sistema Estuarino-Lagunar de Cananéia-Iguape (Besnard, 1950) (Fig. 1).

Deve-se destacar aqui que, devido a condições ambientais adversas, a coleta de março de 2013 foi realizada somente nas estações amostrais V, VI e VII.

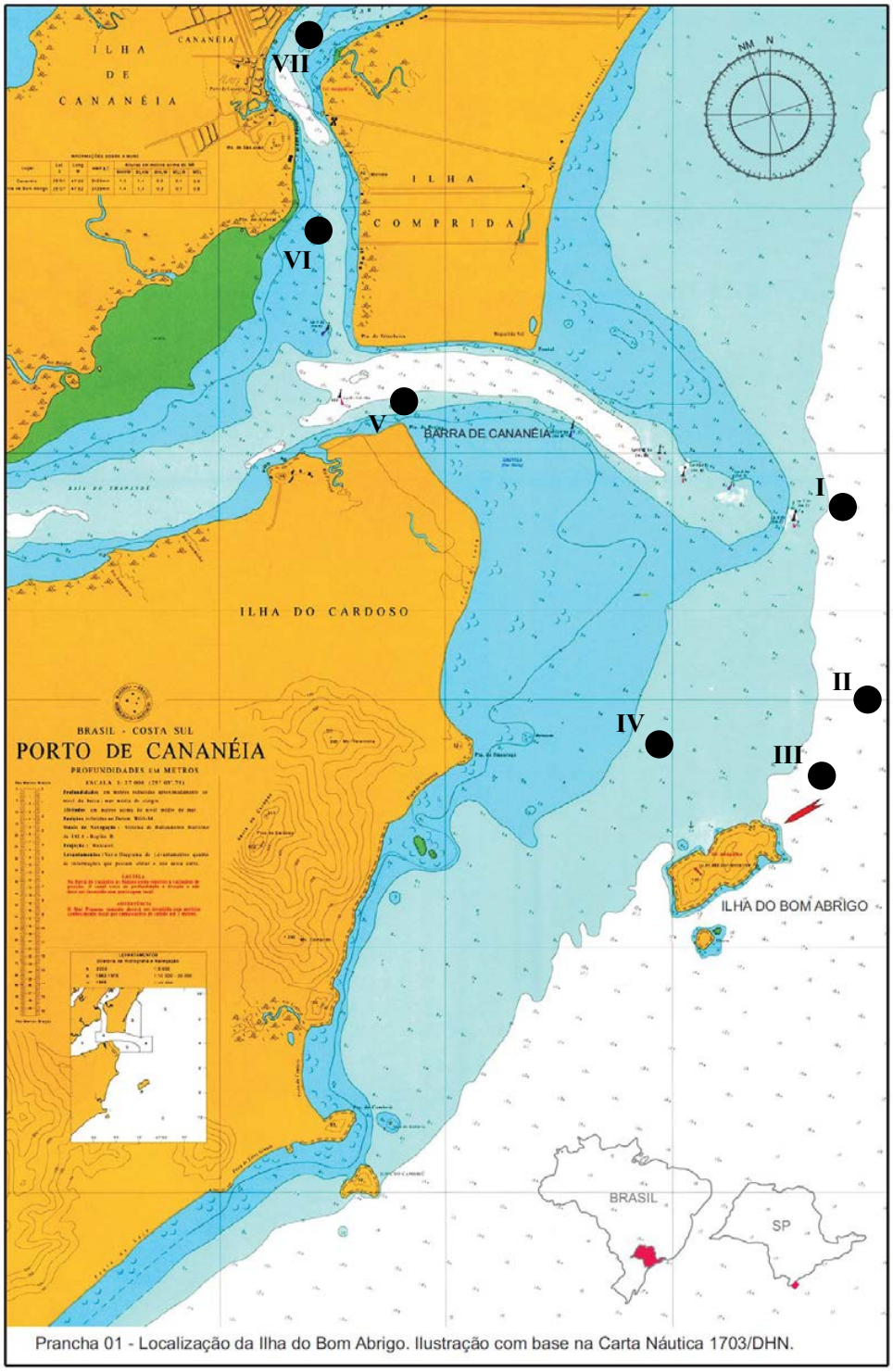



**Figura 1.** Carta náutica com a plotagem das estações amostrais na zona oceânica da região adjacente à Cananéia (I, II, III e IV), zona intermediária (V) e zona estuarina (Mar Pequeno – VI e VII).

## 2. Aspectos reprodutivos

Os indivíduos foram mensurados quanto ao comprimento da carapaça (CC: desde o ângulo orbital até a margem posterior da carapaça) com um paquímetro de precisão 0,01 mm e classificados quanto ao sexo, mediante a presença de petasma em machos e de télico em fêmeas (Pérez-Farfante & Kensley, 1997).

Os estágios de desenvolvimento reprodutivo foram determinados segundo uma análise macroscópica dos aparatos reprodutores masculino e feminino. Para as fêmeas, os estágios gonadais foram evidenciados conforme os estudos de Costa & Fransozo (2004), baseando-se na coloração dos ovários e o volume ocupado sob a carapaça, sendo identificadas como imaturas (IM), rudimentares (RU), em desenvolvimento (ED) e desenvolvidas (DE). Nas fêmeas, ainda foi observada macroscopicamente a presença do plug espermático aderido ao télico. Foram consideradas como fêmeas adultas aquelas com gônadas em estágio RU, ED e DE, reprodutivas aquelas com as gônadas em estágio ED e DE e recrutas aquelas com gônadas em estágio IM. O período reprodutivo foi baseado na presença de fêmeas reprodutivas ao longo dos meses estudados (Castilho *et al*, 2008).

Em relação aos machos, foram considerados o grau de fusão do petasma (Boschi & Scelzo, 1977) e a presença de espermatóforo na ampola terminal (Chu *et al*, 1995). Foram considerados como adultos os machos que apresentaram petasma fusionado, portando grande quantidade de espermatóforo na ampola terminal (DE) ou não (RU). Somente os machos DE foram considerados como reprodutivos. Já os machos recrutas foram aqueles que apresentaram petasma não fusionado (IM).

O recrutamento juvenil foi caracterizado temporalmente, baseando-se na frequência de indivíduos recrutas de ambos os sexos. O início da maturidade foi determinado conforme a divisão das categorias demográficas por classe de tamanho. Assim, o tamanho mais próximo à maturidade foi a classe de tamanho representada por indivíduos imaturos e com sobreposição dos reprodutivos.

## 3. Parâmetros ambientais

Os parâmetros ambientais temperatura de fundo ($^{o}$C), salinidade de fundo e concentração de clorofila (µg/l) foram utilizados para testar a relação com os camarões. A água foi coletada inicialmente por uma garrafa de Van Dorn e a temperatura e

salinidade foram registradas com um termômetro de mercúrio e um refratômetro óptico, respectivamente. A partir de janeiro de 2013 passou-se a utilizar uma sonda Multiparâmetros da marca EUREKA (modelo Manta 2 – 4.0) em cada uma das sete estações amostrais, mesmo equipamento ao qual se efetuou as medições de concentração de clorofila de janeiro a dezembro de 2013. Nos primeiros meses de uso da sonda obtiveram-se os parâmetros ambientais concomitantemente com a metodologia inicial e verificou-se a proximidade dos valores obtidos pela água advinda da garrafa de Van Dorn e os valores mensurados pela sonda, exceto que a sonda apresenta uma precisão superior, ou seja, na escala centesimal.

## 4. Crescimento e longevidade

Para a análise de crescimento populacional, os indivíduos foram distribuídos em classes de tamanho de 0,5 mm de CC ao longo dos meses analisados, o que permitiu a posterior identificação de modas no programa PeakFit 4.0. As modas obtidas foram plotadas em um gráfico de dispersão em função do tempo, a partir do qual, identificaram-se as coortes de crescimento para machos e fêmeas separadamente (Castilho *et al*, 2015).

Em seguida, foram estimados três parâmetros de crescimento com a ferramenta Solver do Pacote Office Microsoft Excel para cada coorte identificada. Os parâmetros obtidos foram baseados na equação de Von Bertalanffy (1938): $CCt = CCinf\,[1- e - k^{(t - t0)}]$, sendo os seguintes: (1) comprimento assintótico (CCinf), que corresponde ao tamanho atingido pelo indivíduo caso o mesmo crescesse indefinidamente; (2) coeficiente de crescimento (k), que é a taxa em que o comprimento assintótico é atingido, e (3) parâmetro de ajuste ($t_0$), que corresponde à idade teórica que o indivíduo teria no tamanho igual a zero.

Os valores-semente utilizados para determinação dos parâmetros foram os maiores valores de CC encontrados neste estudo para machos (13,6 mm) e fêmeas (17,2 mm).

Em seguida, as idades (em dias) foram corrigidas de acordo com o intervalo de tempo entre as coletas e o valor obtido de $t_0$. A partir disso, foi construída uma curva média para fêmeas e outra para machos, as quais foram comparadas por meio de um teste F (p=0,05) (Cerrato, 1990).

A longevidade foi estimada por meio da equação inversa de Von Bertalanffy (1938) com adaptação sugerida por D'Incao & Fonseca (1999): $tmax = (0 – (1 - k) \ln (1 – CCi/ CCinf))$. A idade das coortes com tamanhos inferiores (coorte de recrutamento) e a idade à qual os indivíduos por sexo atingem a maturidade sexual foram calculadas conforme a fórmula proposta por King (1995): $t = t0- (1/k) \ln [1-CCt/CC_\infty]$.

## 5. Análise estatística

Como foram coletados muito poucos indivíduos nas estações amostrais VI e VII, sem a representatividade de fêmeas inseminadas e reprodutivas, as análises estatísticas foram baseadas aos parâmetros biológicos e ambientais obtidos mensalmente nas estações amostrais de I a V.

Primeiramente, as premissas de normalidade foram verificadas no teste de Shapiro-Wilk. Quando os dados não se distribuíram conforme a curva de Gauss, os mesmos foram transformados em logaritmo (Log + 1).

A razão sexual mensal foi verificada por meio de Teste Binomial e a influência dos fatores ambientais temperatura e salinidade de fundo em relação às fêmeas reprodutivas foi analisada com uma Regressão Linear Múltipla (Zar, 1999).

A influência da concentração de clorofila sobre a abundância de fêmeas reprodutivas e uma possível relação das mesmas com a abundância de recrutas foi verificada por meio de uma Análise de Séries Temporais (Correlações Cruzadas), através da qual é possível determinar relações tardias ou prematuras entre as variáveis, sendo que o time lag (tempo de atraso) utilizado foi de 3 meses (Statsoft, 2001).

Destaca-se que para todos os testes executados, o nível de significância adotado foi de 5% (Zar, 1999).

# Resultados

## 1. Razão sexual

Foram coletados 1702 indivíduos durante todo o período de coleta, sendo que deste total, 1276 fêmeas e 426 machos. Na grande maioria dos meses, observou-se um desvio para as fêmeas, alcançando sempre maior abundância que os machos (Teste

Binomial, $p < 0,05$). No entanto, em abril de 2013, observou-se uma razão sexual mais próxima a 1:1 (macho: fêmea) (Fig. 2).

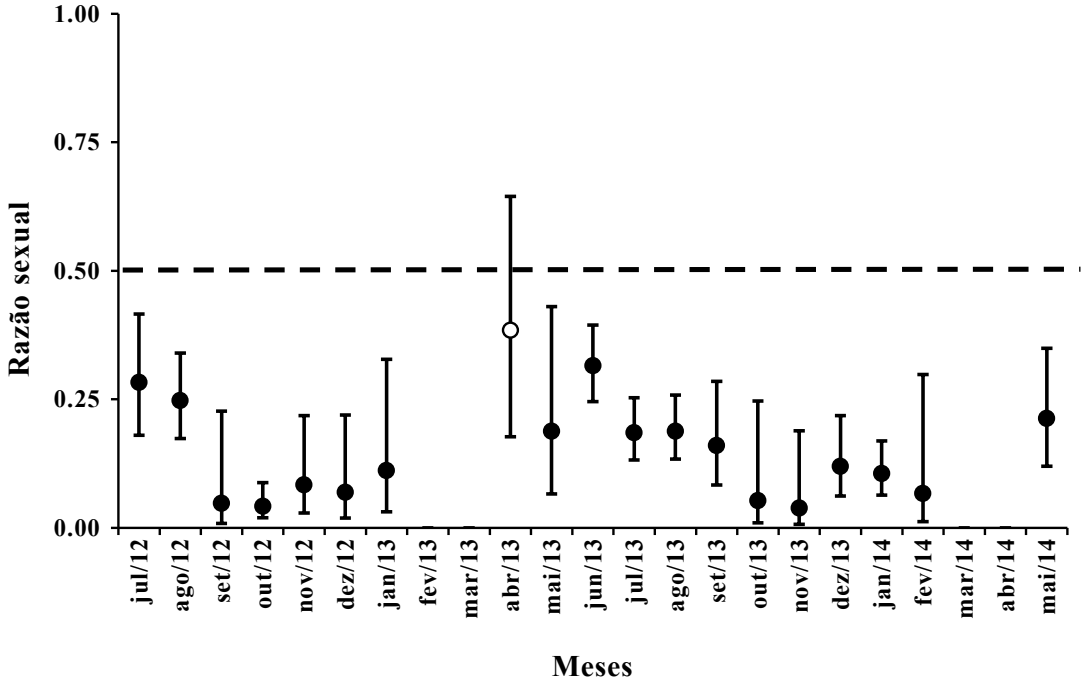



**Figura 2.** *Rimapenaeus constrictus*. Variação mensal da razão sexual na região de Cananéia/SP de julho de 2012 a maio de 2014. Baseado no teste Binomial, os pontos pretos são meses com desvio significativo da razão sexual em favor das fêmeas, e os pontos brancos, a razão sexual foi estatisticamente 50% para ambos os sexos.

## 2. Reprodução e recrutamento

Machos e fêmeas apresentaram diferentes distribuições em classes de tamanho, sendo a maioria das fêmeas em estágio rudimentar inclusas na classe de 10 a 10,5 mm de CC e a maioria dos machos em estágio reprodutivo (portando espermatóforos), entre as classes 8 e 8,5 mm (Fig. 2). O maior tamanho registrado para as fêmeas foi na classe de 17 mm de CC, enquanto que para os machos foi na de 13,5 mm. Observa-se ainda que, a maturidade aproximada dos machos aos 7 mm de CC e das fêmeas 9 mm de CC,

tendo em vista serem a última classe de tamanho com representatividade de animais imaturos com a sobreposição indivíduos em atividade reprodutiva (DE) (Fig. 3).

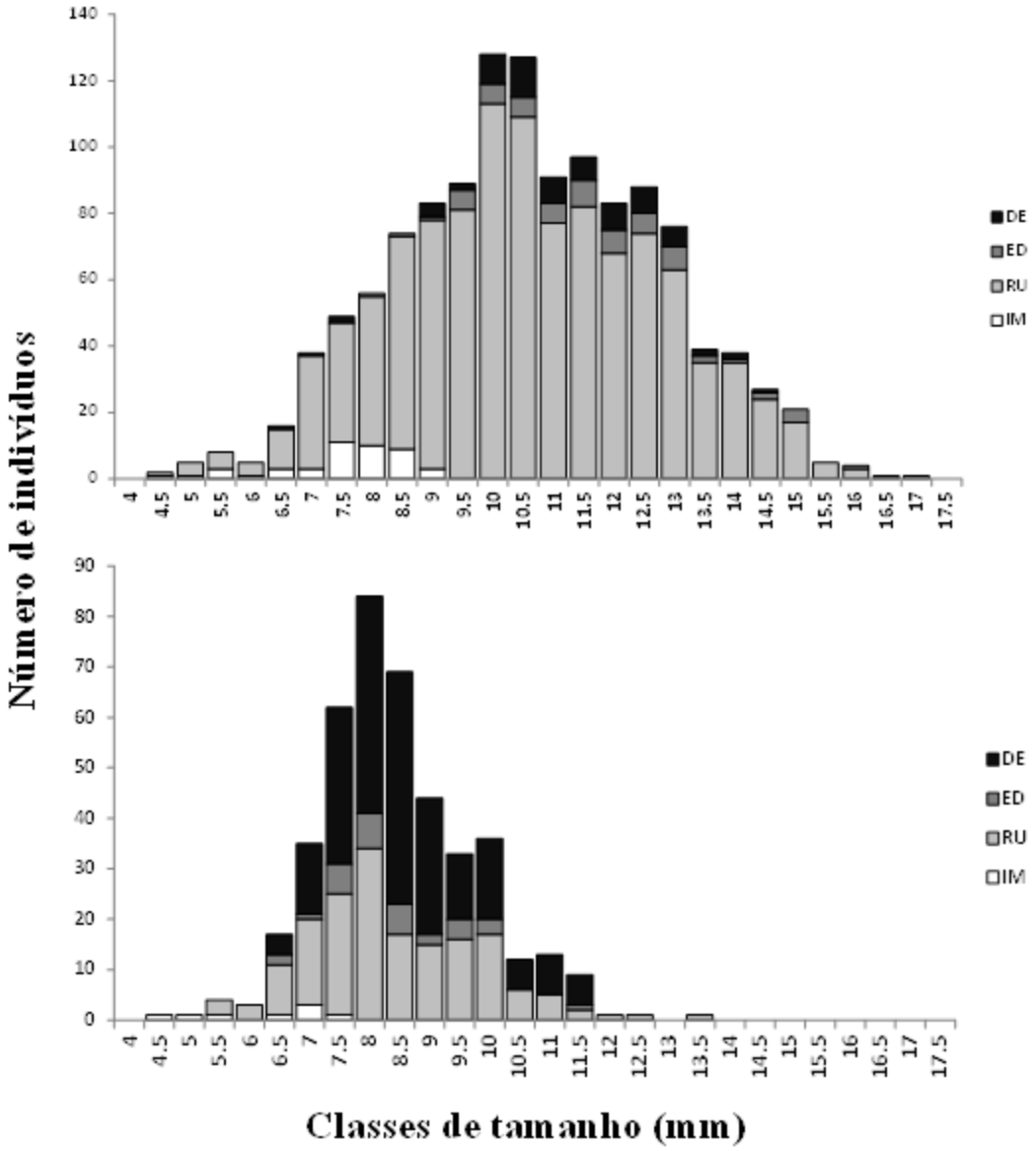



**Figura 3.** *Rimapenaeus constrictus.* Distribuição de categorias demográficas de machos e fêmeas em classes de tamanho na região de Cananéia de julho de 2012 a maio de 2014 (As categorias são: DE= desenvolvido, ED= em desenvolvimento, RU= rudimentar e IM= imaturo).

Fêmeas reprodutivas foram registradas na primavera, com destaque para o pico de outubro/12 e no verão, com destaque para os meses de fevereiro/13 e janeiro/14. Já os indivíduos imaturos distribuíram-se de maneira esparsa ao longo dos meses de coleta,

podendo-se destacar os picos de recrutamento de janeiro/13 e maio/14. Apesar de não haver relação significativa entre fêmeas reprodutivas e indivíduos imaturos (Time Series, $p > 0,05$), foi possível verificar que os dois maiores picos de recrutas em janeiro de 2013 e maio de 2014 sucedem os dois maiores picos de fêmeas reprodutivas (Fig. 4).

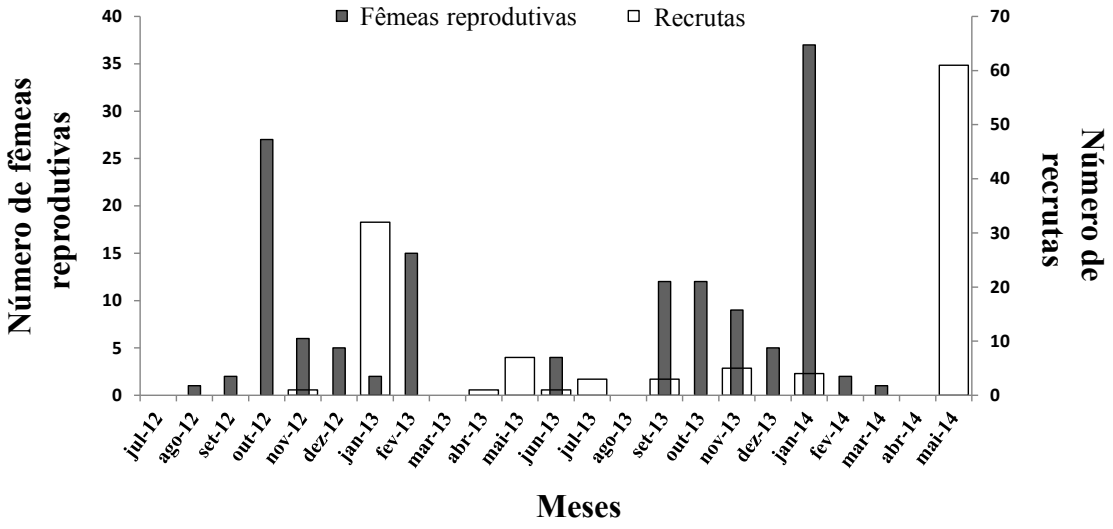



**Figura 4.** *Rimapenaeus constrictus.* Distribuição mensal de fêmeas reprodutivas e juvenis na região de Cananéia de julho de 2012 a maio de 2014.

A análise de Regressão Múltipla demonstrou que a temperatura de fundo foi o fator ambiental de maior influência sobre a abundância de fêmeas reprodutivas com uma relação positiva ($t = 2,35$, $p = 0,02$). Já a salinidade não pôde ser considerada como um fator significativo sobre a abundância das mesmas.

As fêmeas reprodutivas apresentaram maior abundância nos meses de maior temperatura (primavera e verão) e menor abundância ou a completa ausência nos meses mais frios (outono-inverno). Destaca-se outubro/12, fevereiro/13 e janeiro/14 como os picos de maiores abundâncias registrados (Fig. 5).

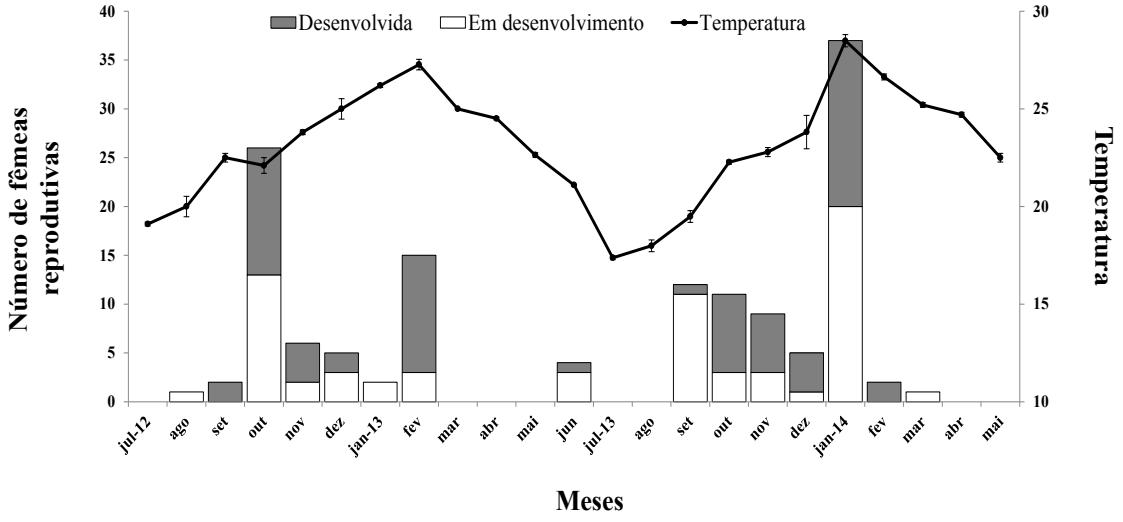



**Figura 5.** *Rimapenaeus constrictus.* Abundância de fêmeas reprodutivas (gônadas Desenvolvidas + Em desenvolvimento) em relação à temperatura de fundo na região de Cananéia/SP de julho de 2012 a maio de 2014.

Os períodos com maior concentração de fêmeas inseminadas, em janeiro e agosto de 2013, antecederam os picos reprodutivos de fevereiro e setembro de 2013, embora a associação não tenha sido significativa (Séries Temporais, $p > 0,05$) (Fig. 6). Da mesma maneira, não foi encontrada relação significativa entre fêmea reprodutiva e concentração de clorofila. No entanto, os picos reprodutivos de fevereiro, junho e setembro antecederam os períodos com maior produtividade fitoplanctônica em março, julho e outubro-novembro (Fig. 6).

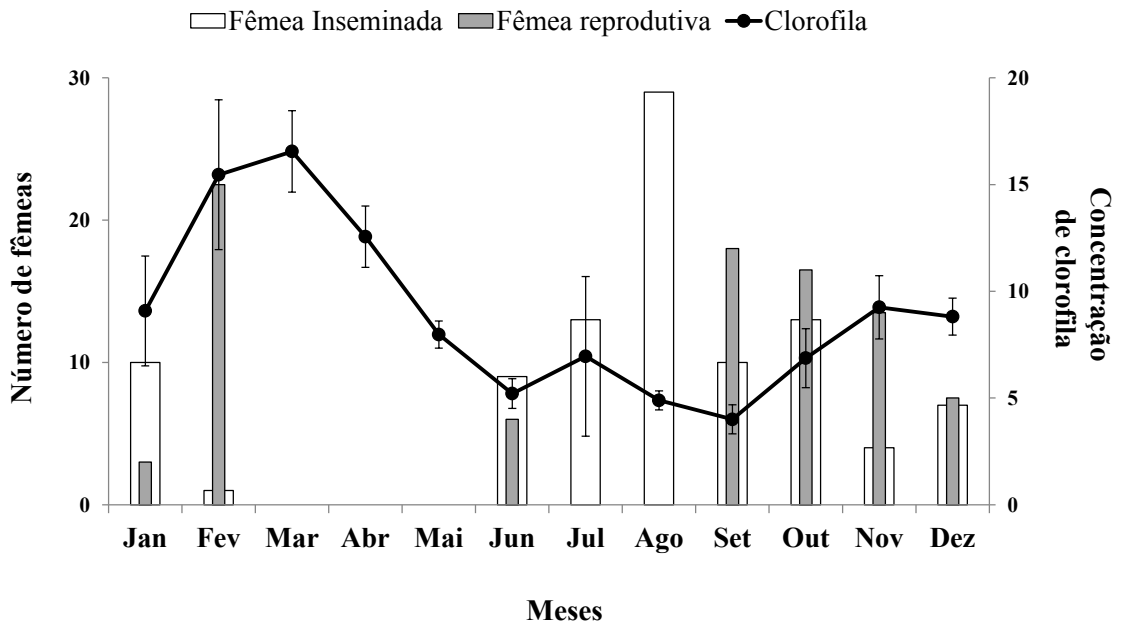



**Figura 6.** *Rimapenaeus constrictus*. Abundância de fêmeas reprodutivas e inseminadas em relação à clorofila de fundo (µg/l) na região de Cananéia/SP de janeiro a dezembro de 2013.

## 3. Crescimento e longevidade

Da análise de crescimento foram identificadas 9 coortes para as fêmeas e 6 para os machos (Fig. 7 e 8). Os parâmetros calculados revelaram um CC∞ de 15,71mm, um k de 0,012 e um t0 de -0,27 dias para as fêmeas e um CC∞ de 11,79 mm, k de 0,018 e um t0 de -0,16 dias para os machos (Fig. 9).

As fêmeas apresentaram maior longevidade em relação aos machos, com 358 dias (0,98 anos) contra 244 dias (0,67 anos). As curvas de crescimento encontradas para machos e fêmeas mostraram-se diferentes estatisticamente (F crítico = 2,76 < F calculado = 29,15; $p = 1{,}08.10^{-11}$).

Coortes de recrutamento (4-7 mm CL) foram identificadas nos períodos com maior recrutamento juvenil, especialmente durante janeiro e maio de 2013 e maio 2014 (Fig. 4, 7 e 8). Os valores mínimos das coortes de recrutamento foram 4,97 mm (fêmea - janeiro/2013) e 5,82 mm (macho - novembro/2012), o equivalente em idade de 32 e 38 dias, respectivamente. Os tamanhos propostos para a maturidade de 7 mm e 9 mm, correspondem a idade de 50 e 71 dias para machos e fêmeas, respectivamente.

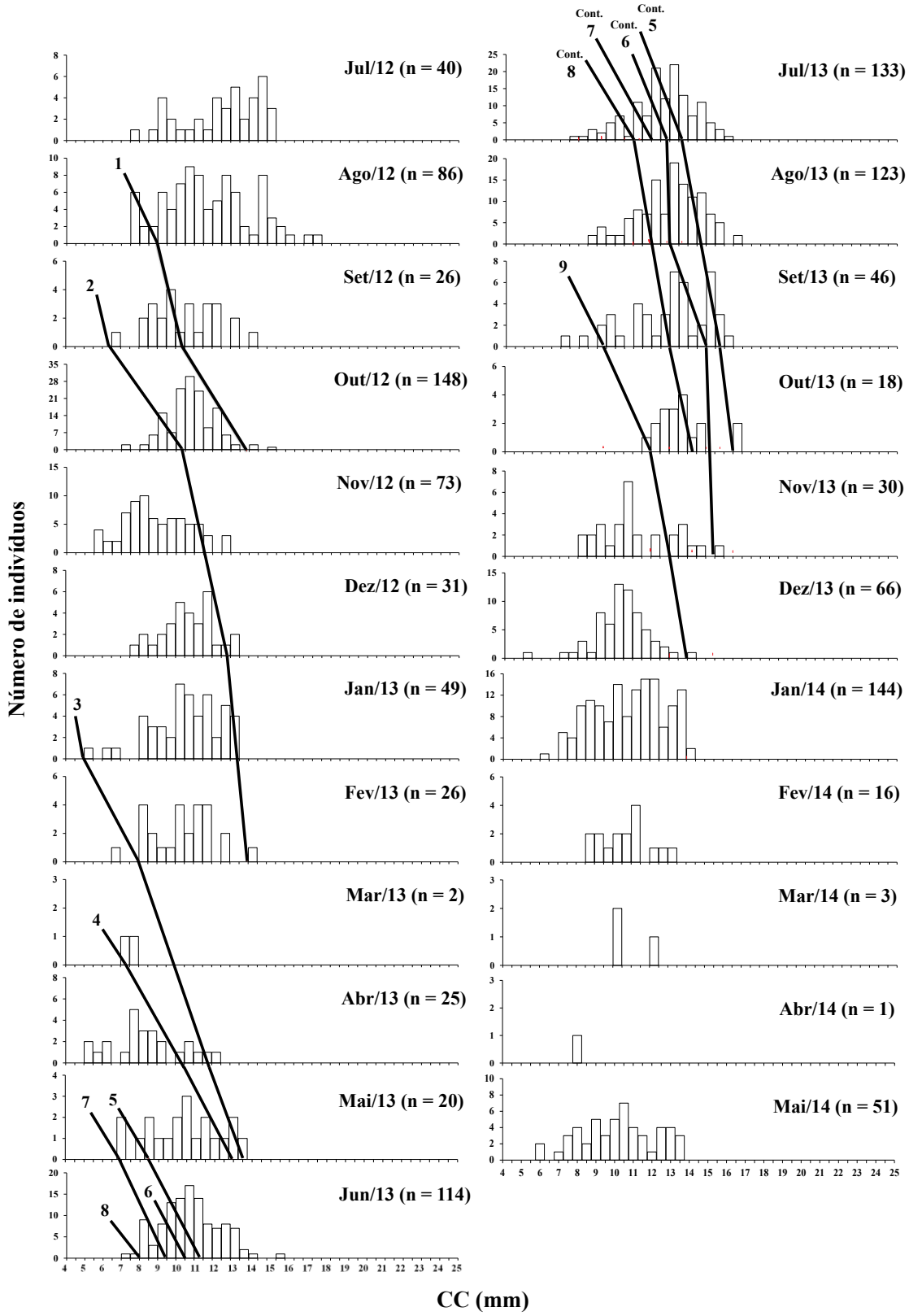



**Figura 7.** *Rimapenaeus constrictus*. Distribuição de frequências de comprimento de carapaça (CC) de fêmeas na região de Cananéia/SP de julho de 2012 a maio de 2014. As linhas representam as coortes encontradas ao longo dos meses de estudo (Cont. = Continuação).

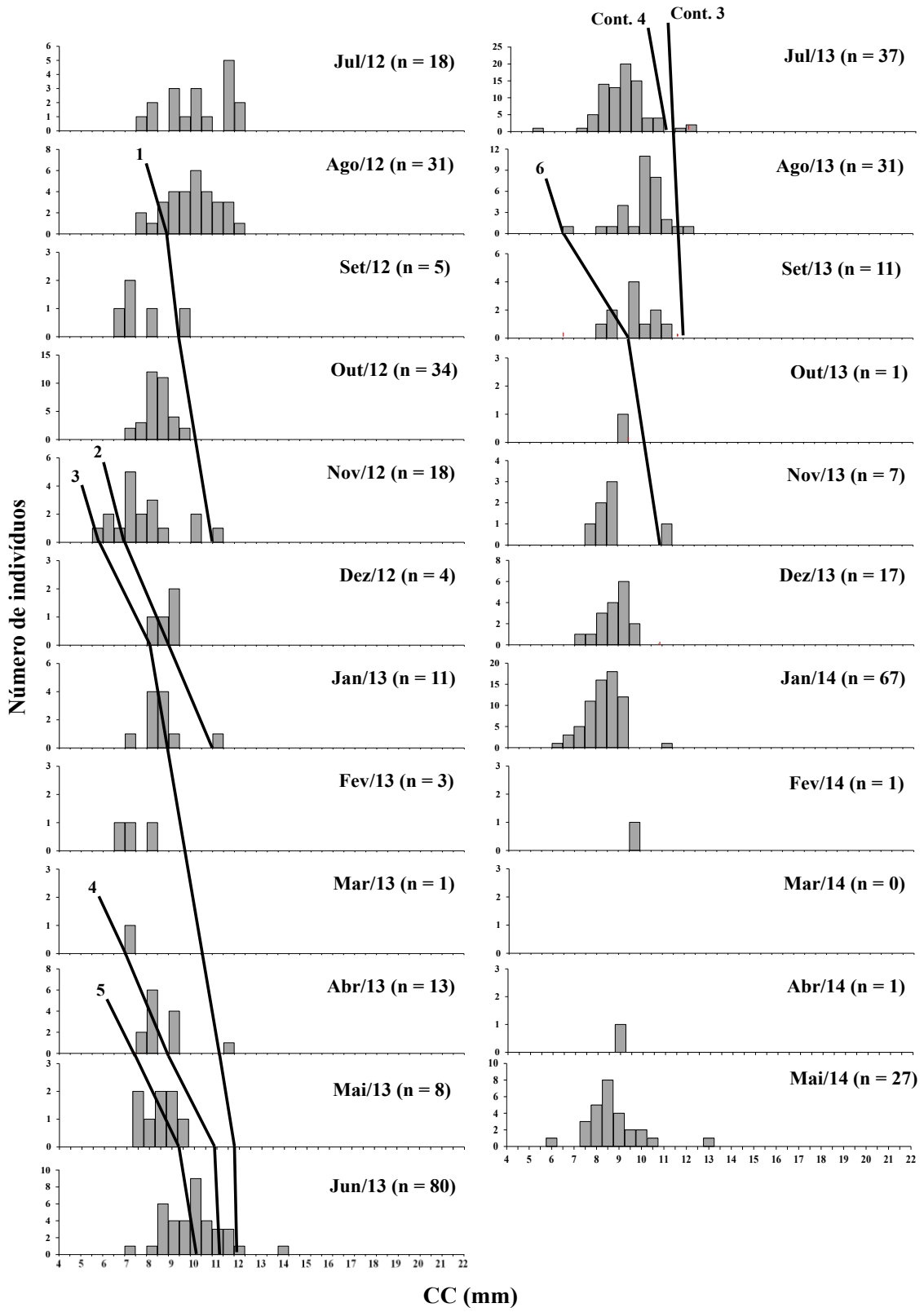



**Figura 8.** *Rimapenaeus constrictus*. Distribuição de frequências de comprimento de carapaça (CC) de machos na região de Cananéia/SP de julho de 2012 a maio de 2014. As linhas representam as coortes encontradas ao longo dos meses de estudo (Cont. = Continuação).

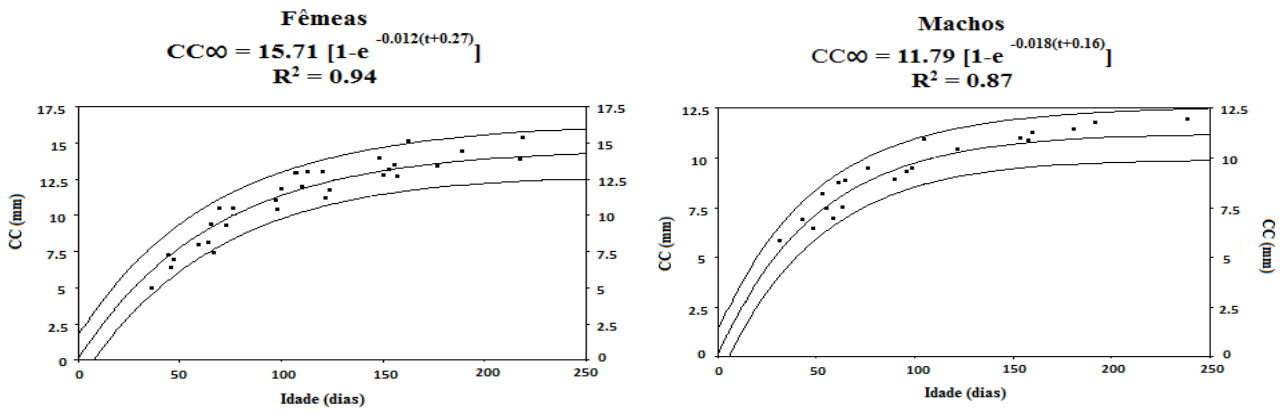



**Figura 9.** *Rimapenaeus constrictus*. Curvas de crescimento estimadas para fêmeas e machos por meio do modelo matemático de Von Bertalanffy (linha interna) e o intervalo de confiança (linhas externas) na região de Cananéia/SP de julho de 2012 a maio de 2014.

## Discussão

### 1. Razão sexual e maturidade

A razão sexual desviada para as fêmeas demostra que *R. constrictus* é mais uma exceção à regra proposta por Fisher (1930). O desvio da razão sexual pode estar associado à influência de fatores como a taxa diferencial de migração e mortalidade entre os sexos (Wenner, 1972). Segundo Gab-Alla *et al.* (1990), os machos tendem a apresentar maior taxa de mortalidade que as fêmeas, o que contribui para o desvio da razão sexual geralmente observado em crustáceos marinhos.

Estudos recentes vêm demonstrando que a razão sexual parece ser uma função do tamanho do indivíduo (Semensato & Di Beneditto, 2008; Castilho *et al*, 2012; Heckler *et al*, 2013; Simões *et al*, 2013), ou seja, a tendência de uma maior taxa de crescimento e um menor tamanho atingido pelos machos, pode contribuir para o desvio da razão sexual observado, uma vez que a chance de se encontrar um macho em um determinado tamanho torna-se menor. No presente estudo, pôde-se observar esta mesma tendência de crescimento.

Também foi possível observar que as fêmeas alcançaram tamanhos maiores que os machos. Segundo Boschi (1989), esta observação trata-se de uma regra geral para

peneídeos e constitui-se como um importante dimorfismo sexual para a espécie. Segundo Gab-Alla *et al.* (1990) e Yamada *et al.* (2007), as maiores dimensões atingidas pelas fêmeas são uma adaptação ao aumento da produção de ovos.

Estudos com *R. constrictus* e demais peneídeos vêm corroborando a este dimorfismo (Costa & Fransozo, 2004; Castilho *et al*, 2012; Simões *et al*, 2013; Semensato & Di Beneditto, 2008). Consequentemente, as fêmeas atingiram tamanho de início de maturidade sexual superior aos machos, fato também observado em Ubatuba para a mesma espécie (Costa & Fransozo, 2004) e dentre outros estudos de diferentes espécies de peneóideos (Semensato & Di Beneditto, 2008; Castilho *et al*, 2012; Heckler *et al*, 2013; Castilho *et al,* 2015).

## 2. Periodicidade reprodutiva e recrutamento

O período reprodutivo apresentou uma tendência à sazonalidade (descontinuidade do período reprodutivo), constatado mediante a ausência de fêmeas reprodutivas durante alguns meses de coleta, sendo mais um exemplo que corrobora ao paradigma proposto por Bauer (1992).

A temperatura vem sendo considerada como um fator de ampla importância para a manutenção da gametogênese, o que define, por sua vez, o período reprodutivo da espécie (Bauer, 1992). De fato, no presente estudo, foi possível constatar uma relação significativa entre o aumento da abundância de fêmeas reprodutivas e os períodos mais quentes registrados ao longo do período de coletas (primavera e verão). Isso significa que a temperatura atua como um importante fator de estímulo ovariano, como observado também por Williams (1984), Bauer & Lin (1994), Castilho *et al.* (2007), Castilho *et al.* (2012), dentre outros.

O sincronismo entre periodicidade reprodutiva e produtividade fitoplanctônica foi observado no presente estudo, sendo possível propor que as larvas planctotróficas protozoea e mysis, eclodidas nos períodos reprodutivos antecessores teriam maior sucesso em se desenvolverem devido à maior disponibilidade de alimento (produtividade fitoplanctônica), o que corrobora a teoria de match/mismatch (ajuste/desajuste) proposta por Cushing (1975).

No presente estudo, identificou-se que a cópula ocorreu de maneira sazonal, em concordância com a abundância de fêmeas reprodutivas. Ou seja, as fêmeas

inseminadas vêm a corroborar a tendência sazonal da reprodução desta espécie na região de Cananéia. Muito se discute sobre a funcionalidade do plug espermático. Segundo Hartnoll (1969), seria uma forma de evitar a perda de material gamético para o meio após a cópula. Já Diesel (1991) propõe que esta estrutura evita que a fêmea copule mais de uma vez, dessa forma, o primeiro macho assegura a propagação de seus genes.

O recrutamento da espécie em questão ocorreu de maneira bastante esparsa com relação não significativa com as fêmeas reprodutivas, podendo ser considerado como recrutamento episódico, o que revela uma relação estoque-recrutamento bastante complexa, como evidenciado também por Bauer & Lin (1994) e Costa & Fransozo (2004) para a mesma espécie, e por Castilho *et al.* (2007) para *Artemesia longinaris* Spence Bate, 1888.

Várias condições podem gerar um recrutamento do tipo episódico. A elevada variação da mortalidade de larvas planctônicas e os estágios iniciais juvenis pode ser uma das causas para o padrão descontínuo de recrutamento observado (Bauer, 1989). Tal variação de mortalidade, por sua vez, pode ser consequência da variação do fitoplâncton (alimento para as larvas protozoea e mysis). Ademais, as condições físicas de cada região e a presença de predadores também podem explicar de maneira satisfatória um recrutamento do tipo episódico (Castilho *et al*, 2007).

## 3. Crescimento e longevidade

Garcia & Le Reste (1981) consideraram que a longevidade máxima para peneídeos estaria entre 2 e 2,5 anos e o coeficiente de crescimento estaria entre 1,8 e 3,6, o que corrobora os resultados encontrados abaixo dos valores máximos.

A longevidade pode ser parecida em ambos os sexos ou diferir grandemente um em relação ao outro. No crustáceo *Aegla jarai* Bond-Buckup & Buckup, 1994, ambos os sexos vivem por cerca de dois anos (Boos *et al*, 2006). Já na espécie de camarão antártico *Notocrangon antarcticus* (Pfeffer, 1887), as fêmeas vivem por 10 anos, enquanto os machos por apenas seis anos (Bluhm & Brey, 2001), sendo que uma situação contrária também pode ser observada na natureza, como no caso de *Macrobrachium hainanense* (Parisi, 1919), em que fêmeas vivem por 29 meses e machos por 48 meses (Mantel & Dudgeon, 2005).

Embora, os exemplos citados possam indicar que a longevidade na natureza é variável em relação ao sexo, é muito comum em estudos de crescimento em peneídeos encontrar fêmeas apresentando maior longevidade que os machos (Campos *et al*, 2011; Castilho *et al*, 2012; Heckler *et al*, 2013; Castilho *et al*, 2015), como encontrado no presente estudo.

A discrepância de longevidade entre os sexos pode ter inúmeras causas, como, por exemplo, diferenças hormonais e de custos reprodutivos (Vogt, 2012). O mecanismo pelo qual se processa esta diferença de longevidade entre os sexos ainda não é bem entendido, mas o fato é que existe uma grande vantagem ao *fitness* (= aptidão reprodutiva) das espécies que as fêmeas vivam por períodos mais prolongados, uma vez que apenas uma única fêmea é capaz de produzir grande quantidade de ovos (Chacur & Negreiros-Fransozo, 1998), garantindo a reposição da população de maneira mais eficiente conforme maior a longevidade atingida.

Entre as espécies de peneídeos é comum que machos apresentem maior valor de taxa de crescimento (k) e comprimentos assintóticos menores que em relação às fêmeas (Boschi, 1969; Gulland & Rotschild, 1981; Petriella & Boschi, 1997), sendo que esta diferenciação também pôde ser observada no presente estudo.

Desde o início do século XX, pesquisadores já acreditavam que altas taxas metabólicas levariam ao envelhecimento celular e, por conseguinte, à diminuição da longevidade (Pearl, 1928). Propõe-se que o maior investimento de machos no crescimento (maior k que as fêmeas) produza altas taxas metabólicas que culminem com uma longevidade reduzida e comprimentos assintóticos menores.

Bauer (1992) propôs que o crescimento e longevidade em crustáceos marinhos podem seguir um padrão latitudinal, mediante a constatação de que espécies de camarões Sicyoniidae atingiram maior longevidade nas regiões subtropicais e temperadas frias quando comparadas às espécies da região tropical. Embora Cananéia esteja localizada em região subtropical, *R. constrictus* apresentou longevidade inferior a um ano para ambos os sexos, o que, em comparação com outros peneídeos, pode ser considerada baixa (Castilho *et al*, 2012; Heckler *et al*, 2013; Castilho *et al*, 2015). Em contrapartida, é importante destacar que não há outros dados de tempo de vida de *R. constrictus* descritos na literatura em regiões tropicais para efeito de comparação.

De maneira geral, o crescimento em crustáceos é fortemente influenciado pela temperatura. Em indivíduos ectotérmicos (como, por exemplo, os crustáceos), o

processo metabólico tende a aumentar conforme o aumento da temperatura do meio, acelerando o processo de muda que culmina com o aumento das taxas de crescimento (k) dos espécimes (Hartnoll, 2001). Propõe-se que as médias de temperaturas elevadas no verão de 2013 e 2014 (acima de 25°C) registradas no presente estudo possam ter influenciado a constante k observada, tanto de machos quanto de fêmeas.

Em suma, Cananéia é uma localidade subtropical que origina um padrão de reprodução sazonal para *R. constrictus* e características complexas de recrutamento. Acredita-se que a longevidade e a taxa de crescimento estejam intimamente relacionadas. Porém, mais estudos sobre o crescimento e a longevidade desta espécie em localizadas distintas se fazem necessários para efeito de comparação e melhor entendimento da dinâmica populacional e da influência do efeito do paradigma latitudinal. A influência da concentração de clorofila também necessita de maiores estudos, possivelmente, envolvendo a coleta de estágios larvais. Já a temperatura pôde ser considerada como o fator de maior importância sobre a reprodução e o crescimento da espécie.

## Referências bibliográficas

BAUER, R. T. 1989. Continuous reproduction and episodic recruitment in nine shrimp species inhabiting a tropical seagrass meadow. *Journal of Experimental Marine Ecology, 127:* 175-187p.

BAUER, R. T. 1992. Testing generalizations about latitudinal variation in reproduction and recruitment patterns with sicyoniid and caridean shrimp species. *Invertebrate Reproduction and Development, 22 (1-3):* 193-202p.

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 Northcentral Gulf of Mexico. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology, 185:* 205-222p.

BAUER, R. T. & MIN, L. J. 1993. Spermatophores and plug substance of the marine shrimp *Trachypenaeus constrictus* (Crustacea: Decapoda: Penaeidae): Formation in the male reproductive tract and disposition in the inseminated female. *Biological Bulletin, 185:* 174-175p.

BERTALANFFY, L. von. 1938. A quantitative theory of organic growth (Inquities on growth laws II). *Human Biology, 10 (2):* 181-213p.

BESNARD, W. 1950. Considerações gerais em torno da região lagunar de Cananéia-Iguape I. *Boletim do Instituto Paulista de Oceanografia, 1(1):* 9-26p.

BLUHM, B. A. & BREY, T. 2001. Age determination in the Antarctic shrimp *Notocrangon antarcticus* (Crustacea: Decapoda), using the autofluorescent pigment lipofuscin. *Marine Biology, 138:* 247-257p.

BOOS JR., H.; DA SILVA-CASTIGLIONI, D.; SCHACHT, K.; BUCKUP, L. & BOND-BUCKUP, P. 2006. Crescimento de *Aegla jarai* Bond-Buckup & Buckup (Crustacea, Anomura, Aeglidae). *Revista Brasileira de Zoologia, 23:* 490-496p.

BOSCHI, E. E. 1989. Biología pesquera del langostino del litoral patagonico de Argentina. *Instituto Nacional de Desarrollo Pesquero (INIDEP),* 71 p.

BOSCHI, E. E. & SCELZO, M. A. 1977. Desarrollo larval y cultivo del camarón comercial de Argentina *Artemesia longinaris*. *FAO Documento Técnico de Pesca, 159:* 287-327p.

CAMPOS, B. R.; BRANCO, J. O. & D'INCAO, F. 2001. Crescimento do camarão-sete-barbas (*Xiphopenaeus kroyeri* (Heller 1862)), na baía de Tijucas, Tijucas, SC (Brasil). *Atlântica, 33(2):* 201-208p.

CASTILHO, A.L.; COSTA, R.C.; FRANSOZO, A. & BOSCHI, E.E. 2007. Reproductive pattern of the South American endemic shrimp *Artemesia longinaris* (Decapoda, Penaeidae), off the coast of São Paulo state, Brazil. *Revista Biología Tropical, 55:* 39–48p.

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 4(5):* 361-368p.

CASTILHO, A. L.; WOLF, M. R.; SIMÕES, S. M.; BOCHINI, G. L.; FRANSOZO, V. & COSTA, R. C. 2012. Growth and reproductive dynamics of the South American red shrimp, *Pleoticus muelleri* (Decapoda: Solenoceridae), from the southeastern coast of Brazil. *Journal of Marine Systems, 105 (108):* 135 – 144p.

CASTILHO, A. L.; BAUER, R. T.; FREIRE, F. A. M.; FRANSOZO, V.; COSTA, R. C.; GRABOWSKI, R. C. & FRANSOZO, A. 2015. Lifespan and reproductive dynamics of the commercially important sea bob shrimp *Xiphopenaeus kroyeri* (Penaeoidea): synthesis of a 5-year study. *Journal of Crustacean Biology, 00(0):* 1-11p.

CERRATO, R. M. 1990. Interpretable statistical tests for growth comparisons using parameters in the von Bertalanffy equation. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, 47:* 1416-1426p.

CHACUR, M. M. & NEGREIROS-FRANSOZO, M. L. 1998. Aspectos biológicos do camarão-espinho *Exhippolysmata oplophoroides* (Holthuis, 1948) (Crustacea, Caridea, Hippolytidae). *Revista Brasileira de Biologia, 59(1):* 173-181p.

CHU, K. H. 1995. Aspects of reproductive biology of the shrimp *Metapenaeus joyneri* from the Zhujiang Estuary, China. *Journal of Crustacean Biology, 15(2):* 214-219p.

COSTA, R. C. & FRANSOZO, A. 2004. Reproductive biology of the shrimp *Rimapenaeus constrictus* (Decapoda: Penaeidae) in the Ubatuba region of Brazil. *Journal of Natural History, 24 (2):* 274-281p.

CROCOS, P. J. & VAN DER VELDE, T. D. 1995. Seasonal, spatial and interanual 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, 122:* 557 – 570p.

CUSHING, D.H. 1975. *Marine Ecology and Fisheries*. Cambridge University Press, p. 278p.

DIESEL, R. 1991. Sperm competition and the evolution of mating behavior in Brachyura, with special reference to spider crabs (Decapoda: Majidae). In: *Crustacean Sexual Biology,* edited by Bauer, R. T. and J. W. Martin. Columbia University Press, New York, 145-163p.

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, the Netherlands, 733-737p.

FISHER, R. A. 1930. *The genetical theory of natural selection*. New York Dover Publications, 291p.

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, New York, 107:* 417-426p.

GARCÍA, S. 1988. Reproduction, stock assessment models and population parameters in exploited penaeid shrimp populations. In: *Second Australian National prawn seminar,* edited by P.C. Rothlisberg, B. J. Hill; D.J. Staples. Cleveland, Brisbane, NPS2, 139–58p.

GARCIA, S. & LE RESTE, L. 1981. Lyfe cycles, dynamics, explotation and management of coastal penaeid shrimp stocks. *FAO Fisheries Technical Paper, 203:* 1-215p.

GULLAND, J. A. & ROTHSCHILD, B. J. 1981. *Penaeid shrimps: their biology and management*. Fishing News Books. Farnham. Surrey. 308p.

HARTNOLL, R. G. 1969. Mating in Brachyura. *Crustaceana. 16:* 161-181p.

HARTNOLL, R.G. 2001. Growth in Crustacea – twenty years on. *Hydrobiologia, Netherlands, 449:* 111 – 122p.

HECKLER, G. S.; SIMÕES, S. M.; SANTOS, A. P. F.; FRANSOZO, A. & COSTA, R. C. 2013. Population dynamics of the seabob shrimp *Xiphopenaeus kroyeri* (Dendrobranchiata, Penaeidae) in south-eastern Brazil. *African Journal of Marine Science, 35(1):* 17 – 24p.

IBGE, SISTEMA GEODÉSICO BRASILEIRO. *Relatório de estação geodésica: Itinga*. Disponível em: < http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/geodesia/bdgpesq_googlemaps.php#tabela_dados >. Acesso em: Dez/2014.

INSTITUTO DE PESCA, SÃO PAULO. *Estatística pesqueira*. Disponível em: < http://www.pesca.sp.gov.br/estatistica/index.php >. Acesso em: Dez/2014.

KING, M. 1995. *Fisheries Biology, Assessment and Management*. Fishing News Books, Cambridge.

MANTEL, K. S. & DUDGEON, D. 2005. Reproduction and sexual dimorphism of the palaemonid shrimp *Macrobrachium hainanense* in Hong Kong streams**.** *Journal of Crustacean Biology, 25:* 450-459p.

ORTON, J. H. 1920. Sea-temperature, breeding and distribution in marine animals. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom, 12(2):* 339-366p.

PEARL, R. 1928. *The rate of living*. New York: Knopf.

PÉREZ-FARFANTE, I. & KENSLEY, B. 1997. *Penaeoid and Segestoid shrimps and prawns of the World. Keys and diagnoses for the families and genera*. Paris, Éditions du Muséum national d histoire naturalle, 233p.

PETRIELLA, A. M. & BOSCHI, E. E. 1997. Crecimiento en crustáceos decápodos: resultados de investigaciones realizadas en Argentina. *Investigaciones Marinas, Valparaíso, 25:* 135-157p.

ROBERT, R.; BORZONE, C. A. & NATIVIDADE, C. D. 2007. Os camarões da fauna acompanhante na pesca dirigida ao camarão-sete-barbas (*Xiphopenaeus kroyeri*) no litoral do Paraná. *Boletim do Instituto de Pesca, São Paulo, 33(2):* 237-246p.

SEMENSATO, X. E. G. & DI BENEDITTO, A. P. M. 2008. Population Dynamic and Reproduction of *Artemesia longinaris* (Decapoda: Penaeidae) in Rio de Janeiro State, South-Eastern Brazil. *Boletim do Instituto de Pesca, São Paulo, 34 (1):* 89 – 98p.

SIMÕES, S. M.; D'INCAO, F.; FRANSOZO, A.; CASTILHO, A. L. & COSTA, R. C. 2013. Sex ratio, growth and recruitment of the pelagic shrimp *Acetes americanus* on the southeastern coast of Brazil. *Journal of Crustacean Biology, 33(1)*: 1-9p.

SPARRE, P. & VENEMA, S. 1997. Introdução à avaliação de mananciais de peixes tropicais. *FAO Documento Técnico de Pesca, (306):* 418p.

STATSOFT. 2011. Statistica: Data Analysis Software System, version10.0. StatSoft, Tulsa, OK.

THORSON, G. 1950. Reproductive and larval ecology of marine bottom invertebrates. Zoological Museum, University of Copenhagen, 45p.

VOGT, G. 2012. Ageing and longevity in the Decapoda (Crustacea): A review. *Zoologischer Anzeiger, 251:* 1-25p.

WENNER, A. M. 1972. Sex ratio as a function of size in marine crustacean. *American Naturalist, 383:* 317-353p.

WILLIAMS, A. B. 1984. *Shrimps, lobsters, and crabs of the Atlantic coast of the Eastern United States, Maine to Florida*. Washington, DC, Smithsonian Institution Press, 550p.

YAMADA, R.; KODAMA, K.; YAMAKAWA, T.; HORIGUCHI, T. & AOKI, I. 2007. Growth and reproductive biology of the small penaeid shrimp *Trachysalambria curvirostris* in Tokyo Bay. *Marine Biology, 151:* 961-971p.

ZAR, J. H. 1999. *Biostatistical Analysis*. Upper Saddle River: Pratice-Hall, 662p.

# Considerações finais

Imagem: Patrick J. Dempsey

# Considerações finais

## Contribuições do estudo

As informações apresentadas nesta dissertação foram de grande valia para o entendimento da dinâmica ambiental da região de Cananéia, além do comportamento distribucional, reprodutivo e de crescimento da espécie *Rimapenaeus constrictus* (Stimpson, 1874). As descrições e proposições contidas neste estudo podem dar subsídios para elaboração de pesquisas futuras sobre a biologia, não só da mesma espécie em questão, mas da grande riqueza de peneídeos conhecida no Brasil.

O fato da espécie em questão ser pouco estudada configura-se como um fator agravante para a manutenção dos estoques na natureza, isso porque, o contingente da fauna acompanhante, na qual *R. constrictus* é amplamente coletado, é descartado pela pesca camaroneira sem registro do quanto se perde a cada arrasto. Portanto, estudos sobre recrutamento juvenil, reprodução e distribuição podem ser grandes aliados na proposição de um período de defeso adequado e formulação de uma pesca mais sustentável.

As informações consideradas como de maior importância no presente estudo foram a identificação de que:

(1) Cananéia é uma região de grande complexidade em relação à variação de fatores ambientais atuantes, sendo que a influência de aporte de águas continentais nas estações VI e VII influenciou de maneira decisiva a dinâmica de distribuição de *R. constrictus* na área estudada;

(2) A fisiologia da espécie do estudo é estenohalina, determinada mediante a identificação de uma clara limitação a sua distribuição nas zonas de baixa salinidade que adentram o complexo Sistema Estuarino-Lagunar de Cananéia-Iguape, além da fisiologia euritermal, uma vez que a variação da temperatura não impôs restrição à distribuição dos espécimes;

(3) O tipo de sedimento é um fator ambiental que impõe limitação à distribuição da espécie conforme a atuação de outras condições ambientais reinantes no meio. Ou seja, a presença de predadores possivelmente direciona *R. constrictus* à sedimentos que permitam o seu enterramento, em contrapartida, em situações ambientais estáveis a escolha do substrato não se configura como um fator limitante;

(4) O período reprodutivo se processa de maneira sazonal com picos nos períodos mais quentes registrados, demonstrando a influência da temperatura sobre a gametogênese da espécie, sendo que as fêmeas levam 71 dias para atingir a maturidade sexual e os machos levam 50 dias;

(5) A temperatura mostrou-se bastante flexível em relação ao período em que os espécimes se encontram. Isso porque a variação deste fator ambiental foi de grande importância para as fêmeas reprodutivas (Capítulo II), mas o mesmo não pôde ser observado considerando-se a população como um todo (Capítulo I). Ou seja, a reprodução é um período que limita a distribuição dos indivíduos conforme os fatores ambientais atuantes no meio;

(6) A abundância de fêmeas reprodutivas foi sincronizada à produtividade fitoplanctônica da região de estudo, sendo possível propor que as larvas planctotróficas eclodidas em períodos reprodutivos anteriores teriam maior sucesso em seu desenvolvimento devido à disponibilidade de alimento na coluna d'água, o que corrobora a Teoria de Cushing (1975);

(7) O recrutamento juvenil se processa de maneira episódica, revelando grande complexidade estoque-recrutamento, com picos em janeiro e maio de 2013 e maio de 2014;

(8) As fêmeas da espécie em questão vivem 358 dias, enquanto os machos, 244 dias, sendo possível que exista uma relação entre um alto coeficiente de crescimento (k) e a menor longevidade dos machos, devido à atividade metabólica acelerada promover envelhecimento celular de maneira mais rápida. Destaca-se que este é o estudo pioneiro sobre crescimento e longevidade de *R. constrictus.*