

RESSALVA

Atendendo solicitação do(a)
autor(a), o texto completo desta tese
será disponibilizado somente a partir
de 18/02/2021.

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA (UNESP)

Campus de Botucatu

INSTITUTO DE BIOCÊNCIAS

Pós-Graduação em Ciências Biológicas, AC: Zoologia

Doutorado

**Diversidade e história de vida dos camarões
Alpheidae de regiões intermareais estuarinas no
limite sul do estado de São Paulo, Brasil**



Régis Augusto Pescinelli

Orientador: Prof. Dr. Rogerio Caetano da Costa

Botucatu - SP

2019

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
“JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
Campus Botucatu
INSTITUTO DE BIOCÊNCIAS
Pós-Graduação em Ciências Biológicas – AC: *Zoologia*

**Diversidade e história de vida dos camarões Alpheidae de regiões
intermareais no limite sul do Estado de São Paulo, Brasil**

RÉGIS AUGUSTO PESPINELLI

Tese apresentada ao programa de Pós-Graduação em Ciências Biológicas A/C Zoologia do Instituto de Biociências, Universidade Estadual Paulista – UNESP – *Campus* de Botucatu, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Doutor em Ciências Biológicas – Área de Concentração: *Zoologia*.

Orientador: Prof. Dr. Rogerio Caetano da Costa

Botucatu – SP

2019

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA SEÇÃO TÉC. AQUIS. TRATAMENTO DA INFORM.
DIVISÃO TÉCNICA DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - CÂMPUS DE BOTUCATU - UNESP
BIBLIOTECÁRIA RESPONSÁVEL: ROSANGELA APARECIDA LOBO-CRB 8/7500

Pescinelli, Régis Augusto.

Diversidade e história de vida dos camarões Alpheidae de regiões intermareais no limite sul do estado de São Paulo, Brasil / Régis Augusto Pescinelli. - Botucatu, 2019

Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Instituto de Biociências de Botucatu

Orientador: Rogerio Caetano da Costa

Capes: 20402007

1. Camarão - Crescimento e desenvolvimento. 2. Longevidade. 3. Cananeia (SP). 4. Biodiversidade.

Palavras-chave: Assembleia; Cananéia; Crescimento; Desenvolvimento larval; Longevidade.

Dedico esta tese a todos aqueles que mesmo nas adversidades da vida seguem firmes trabalhando para atingir seus objetivos. Aqueles que transformam as dificuldades em combustível para o sucesso.

Dedico a todos que vieram de famílias humildes, de escolas públicas, que enfrentaram todas as dificuldades e num ato de resistência tornaram-se os primeiros graduados, mestres e doutores de suas famílias.

Por fim, dedico aos meus pais Dirce Pescinelli e Odvaldo Pescinelli.

AGRADECIMENTOS

Ao Prof. Dr. **Rogério Caetano da Costa**, primeiramente pela oportunidade, a orientação, por todo o aprendizado e pela experiência. Agradeço também, pela confiança desde a minha iniciação científica até o final de meu doutorado.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico CNPq (#140608/2015-0) pela bolsa de doutorado.

À fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP), pela bolsa de estudos concedida durante meu mestrado (#2013/12136-4), quando foi possível obter parte dos resultados que puderam ser utilizados no doutorado.

Ao projeto BIOTA temático FAPESP (#2010/50188-8), sob a coordenação do prof. Dr. Fernando L. Mantelatto.

À Pós-Graduação em Ciências Biológicas da UNESP de Botucatu e ao Departamento de Zoologia. (IBB Unesp-Botucatu).

Ao Departamento de Ciências Biológicas, FC da UNESP de Bauru do qual o LABCAM está vinculado.

Ao Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo (IO USP), base de Cananéia-SP, por disponibilizar os laboratórios de pesquisa para a triagem dos animais amostrados.

Ao Ministério do Meio Ambiente, IBAMA (Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis) por conceder a licença para as coletas.

Ao LABCAM (Laboratório de Biologia de Camarões Marinhos e de Água Doce), sob responsabilidade do Prof. Dr. Rogério Caetano da Costa.

Ao Prof. Dr. **Alexandre O. Almeida** (UFPE, Pernambuco) pela parceria e grande ajuda na identificação das espécies desde o início de meu mestrado, sempre disposto a

responder as minhas dúvidas e pelas conversas que sempre contribuíram com meu conhecimento e interesse sobre os Alpheidae.

Ao Prof. Dr. **Fernando L. Mantelatto** (USP, Ribeirão Preto) por todo apoio e parceria durante o desenvolvimento deste estudo, além de todas as conversas que contribuíram com a minha formação acadêmica.

Aos amigos e parceiros de trabalho do LABCAM: Abner, Ana, Bianca, Chuck, Daphine, Emerson, Fernanda, Icaro, João, Josi, Júlia, Lizandra, Sabrina, Sarah, Woody, bem como os que compõe a nova geração, por toda a ajuda não só nas coletas, mas também por todos os momentos de convivência ao longo desses anos.

Agradeço também o Dr. João Alberto Farinelli Pantaleão pela ilustração do camarão *Alpheus brasileiro* utilizada nas contracapas, além de todo auxílio e ensinamentos durante a descrição dos primeiros estágios larvais apresentados no capítulo três desta tese.

Agradeço a Lizandra por todo auxílio durante as análises do crescimento dos indivíduos.

Aos colegas do NEBECC (Núcleo de estudos em biologia, ecologia e cultivo de crustáceos).

Agradeço aos meus pais **Odvaldo Pescinelli** e **Dirce Pescinelli** por todo apoio no decorrer de toda minha formação.

Sumário

Resumo	1
Abstract	2
Considerações Iniciais	3
Referências	9

CAPÍTULO 1: Diversidade e microdistribuição dos camarões Alpheidae Rafinesque, 1815 na região intermareal estuarina de Cananéia-SP, Brasil.

Introdução	13
Material e Métodos	15
1. Caracterização da área de estudo	15
2. Coleta dos camarões	16
3. Análise dos dados	21
Resultados	22
1. Fatores ambientais	22
2. Diversidade e abundância	23
3. Similaridade	31
4. Microdistribuição	36
Discussão	41
Referências	48

CAPÍTULO 2: Estrutura populacional, Crescimento e longevidade de *Alpheus brasileiro* Anker, 2012 (Decapoda: Caridea: Alpheidae).

Artigo 1: Population structure, relative growth, and morphological sexual maturity of the snapping shrimp <i>Alpheus brasileiro</i> Anker, 2012 (Caridea: Alpheidae) from the southeastern coast of Brazil	51
-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----

Artigo 2: Growth patterns, longevity and age at the morphological and functional sexual maturity of the snapping shrimp <i>Alpheus brasileiro</i> Anker, 2012 (Caridea; Alpheidae) from the south-eastern coast of Brazil	63
----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----

CAPÍTULO 3: Descrição morfológica dos primeiros estágios larvais de *Alpheus brasileiro* Anker, 2012 e revisão da morfologia do primeiro estágio larval do gênero *Alpheus* Fabricius, 1798.

Artigo 3: Morphological description of early zoeal stages of *Alpheus brasileiro* Anker, 2012 reared in the laboratory, including a revision of the larval morphology of the first zoeal stage of the genus *Alpheus* Fabricius, 1798 (Caridea: Alpheidae) 82

Considerações finais 93

Resumo

PESCINELLI, R. A. **Diversidade e história de vida dos camarões Alpheidae de regiões intermareais no limite sul do estado de São Paulo, Brasil.** Tese (Doutorado) – Instituto de Biociências - IBB, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2019.

Estudos sobre a biodiversidade são fundamentais para o conhecimento biológico. Assim sendo, o presente estudo teve como objetivo conhecer a assembleia e a microdistribuição dos camarões Alpheidae presentes na região intermareal estuarina de Cananéia, São Paulo, Brasil. Além de caracterizar a história de vida de *Alpheus brasileiro*, espécie mais abundante nas áreas estudadas, a estrutura populacional, os parâmetros de crescimento, a longevidade e o desenvolvimento dos primeiros estágios larvais da espécie. As hipóteses de que as espécies apresentam microdistribuição diferenciada na região intermareal e de que a monogamia social influencia na estrutura populacional e nos parâmetros de crescimento de *A. brasileiro* foram testadas. A região estuarina de Cananéia é considerada uma das mais conservadas da costa brasileira, portanto, todo o conhecimento sobre esse importante ecossistema é fundamental, principalmente para comparações com áreas diferentes graus de conservação. A assembleia de Alpheidae se caracterizou por sete espécies: *A. brasileiro*, *Alpheus buckupi*, *Alpheus carlae*, *Alpheus estuariensis*, *Alpheus petronioi*, *Athanas nitescens* e *Salmoneus carvachoi*. A microdistribuição evidenciou a influência de *A. brasileiro* sobre as demais espécies, principalmente devido à maior abundância e constância que a espécie apresentou. Os resultados sobre a estrutura populacional da espécie estão diretamente relacionados ao seu comportamento monogâmico social, no qual se caracteriza pela formação de pares heterossexuais que compartilham o mesmo refúgio. Desta forma, não houve diferenças na razão sexual assim como no tamanho médio de machos e de fêmeas. Já os parâmetros de crescimento e a longevidade diferiram entre os sexos, com machos vivendo mais e atingindo maiores tamanhos (1.64 anos e 9.49 mm) comparados às fêmeas (1.32 anos e 9.31mm). Os resultados obtidos sobre a biologia de *A. brasileiro* somados à descrição de seus primeiros estágios larvais caracterizam grande parte da história de vida da espécie. Além disso, os resultados sobre a assembleia de camarões Alpheidae na região intermareal de Cananéia fornecem informações importantíssimas sobre a biodiversidade local.

Palavras-Chave: Assembleia, microdistribuição, crescimento, longevidade, desenvolvimento larval, Cananéia.

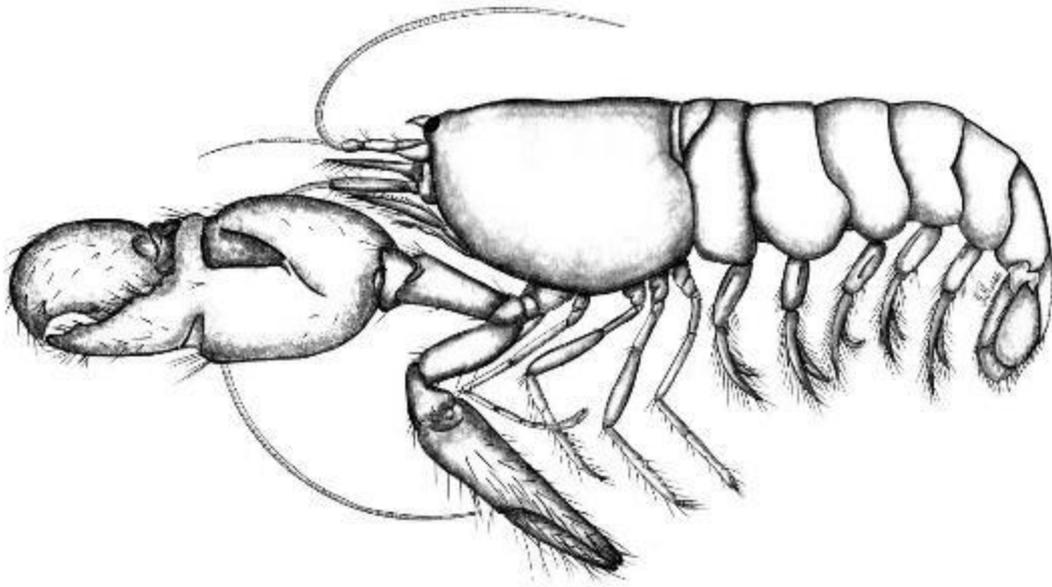
Abstract

PESCINELLI, R. A. **Diversity and life history of Alpheidae shrimps of the intertidal areas at South limit of São Paulo State, Brazil.** Thesis (PhD) – Institute of Biosciences - IBB, São Paulo State University, Botucatu, 2019.

Studies about biodiversity are fundamental for biological knowledge. Therefore, the aim of the present study was to know the assemblage and the microdistribution of the Alpheidae shrimps present in the intertidal estuarine region of Cananéia, São Paulo State, Brazil. In addition to characterizing the life history of *Alpheus brasileiro*, the most abundant species in the studied areas. Population structure, growth parameters, longevity and development of the first larval stages of the species was also investigated. The hypotheses that the species show differentiated microdistribution in the intertidal region and that social monogamy influences the population structure and growth patterns of *A. brasileiro* were tested. The estuarine region of Cananéia is considered one of the most conserved of the Brazilian coast, therefore, all the knowledge about this important ecosystem is fundamental mainly for comparisons with areas in different degrees of conservation. The Alpheidae assemblage was characterized by seven species: *A. brasileiro*, *Alpheus buckupi*, *Alpheus carlae*, *Alpheus estuariensis*, *Alpheus petronioi*, *Athanas nitescens* e *Salmoneus carvachoi*. The microdistribution evidenced the influence of *A. brasileiro* on the other species, mainly due to the abundance and constancy that this species presented. The results on the population structure of the species are directly related to its monogamous social behavior, in which it is characterized by the formation of heterosexual pairs that share the same refuge. Thus, there were no differences in the sex ratio as well as the average size of males and females. The parameters of growth and longevity differed between the sexes, with males living longer and reaching larger sizes (1.64 years and 9.49 mm) than the females (1.32 years and 9.31 mm). The results obtained on the biology of *A. brasileiro*, including the description of its first larval stages characterize a great part of the life history of this species. In addition, the results on the Alpheidae assemblage in the intertidal region of Cananéia provide important information on local biodiversity.

Keywords: Assemblage, microdistribution, growth, longevity, larval development, Cananéia.

Considerações iniciais



Considerações iniciais

Caracterização do grupo estudado

A infraordem Caridea Dana, 1852 compreende o maior grupo de camarões com aproximadamente 3.500 espécies descritas, sendo o segundo mais representativo entre os Decapoda Pleocyemata Burkenroad, 1963 atrás somente dos Brachyura Latreille, 1802 (De Grave & Fransen 2011). A riqueza de Caridea continua aumentando com a descrição de novas espécies desde então (De Grave et al. 2015).

Os camarões da família Alpheidae, apresentam alta diversidade morfológica e ecológica (Bauer 2004). Estão amplamente distribuídos e a maioria habita ecossistemas tropicais e subtropicais marinhos (Chace 1988), podendo habitar uma grande variedade de nichos ecológicos, desde microhabitats, como poças de maré em regiões estuarinas (Anker et al. 2006) até regiões de mar profundo (Chace 1988). Além de estar presente em diversos microhabitats, os representantes desta família também podem viver em associações mutualísticas e comensais com outros organismos como por exemplo, outros decápodes, peixes da família Gobiidae Cuvier, 1816, esponjas e anêmonas (Boltaña & Thiel 2001; Bauer 2004; Anker et al. 2006).

O gênero *Alpheus* Fabricius, 1798 é o mais representativo da família, com mais de 313 espécies descritas no mundo e uma riqueza estimada em mais de 400 espécies (Anker et al. 2006; De Grave & Fransen 2011; Soledade & Almeida 2013; Dehghani et al. 2018; Komai & Ohtomi 2018). Os representantes de *Alpheus* caracterizam-se em sua maioria pelo desenvolvimento acentuado de um dos quelípodos, que produz um som semelhante a um estalo que os caracteriza como camarões-de-estalo. Esse quelípodo bem desenvolvido é utilizado na defesa de território e contra predadores, além de ser utilizado durante a predação, construção de galerias (Nolan & Salmon 1970) e tem grande importância taxonômica (Anker et al. 2006).

Uma outra peculiaridade de muitas espécies de Alpheidae é a formação de pares monogâmicos, no qual um refúgio é compartilhado, assim como as funções diretamente relacionadas à manutenção do micro habitat, proteção e busca por alimento (Mathews 2002a,b; Correa & Thiel 2003). No sistema monogâmico social, em que machos e fêmeas compartilham refúgios, normalmente tais refúgios são discretos e o pareamento ultrapassa o período reprodutivo, tratando-se de uma estratégia adaptativa de sobrevivência (Correa & Thiel 2003).

Caracterização física e hidrográfica da área de estudo e importância do conhecimento sobre a biodiversidade

O complexo Estuarino-Lagunar de Cananéia-Iguape está localizado no extremo sul da costa paulista, sendo conhecido pelo seu alto grau de conservação, sendo um dos ecossistemas estuarinos mais produtivos do mundo (Diegues 1987; Unesco 2005). Essa região apresenta abundantes precipitações, sendo irrigada por centenas de pequenos rios, dando lugar a uma mistura de água dulcícola e marinha com salinidades que variam sazonalmente no decorrer do ano (Mishima 1985).

Trata-se de uma região com muitos canais, os quais apresentam um padrão hidrodinâmico fortemente influenciado pelas correntes geradas por oscilações de micro marés, geralmente menores que 1m e em menor proporção pela influência das descargas de água continental que entram no sistema (Tessler & Souza 1998).

O sistema Cananéia-Iguape apresenta-se como um ambiente de baixa energia, tratando-se de seu transporte de fundo, com alta resistência ao escoamento, e transporte sedimentar muito limitado, condições de baixa energia que condicionam a formação de pequenas deformações de fundo, rugosidades, características de fluxo bidirecional (Tessler & Souza 1998).

O estudo do número de espécies em uma assembleia ou ecossistema é de fundamental importância no entendimento das relações tróficas existentes (Huston 1979). Além do conhecimento sobre as espécies existentes em um determinado ecossistema é possível também, verificar a presença de espécies exóticas que podem influenciar na dinâmica das espécies nativas.

Outros fatores importantes são as funções ecológicas que os indivíduos desempenham dentro da assembleia, suas relações inter e intraespecíficas e como podem interferir no ambiente em que vivem (Gray 1974). O conhecimento da biodiversidade e dos padrões estruturais de uma assembleia também permite o monitoramento de atividades antrópicas ao longo do tempo.

Estrutura populacional, crescimento e longevidade

Informações sobre a biologia populacional, como por exemplo, a proporção sexual, o período reprodutivo e recrutamento são essenciais para o melhor entendimento da história de vida de uma espécie (Stearns 2000). O conhecimento sobre os mais variados aspectos de uma população possibilita uma maior compreensão dos padrões de distribuição dos diferentes grupos demográficos, informações essas que possibilitam a determinação da vulnerabilidade da população à distúrbios de origem natural ou antrópico (Ricklefs & Millwe 1999). Além disso, a caracterização das populações é de fundamental importância para o estabelecimento de medidas que visem à manutenção dos recursos naturais, sendo que as informações geradas podem ser empregadas em trabalhos ecológicos e subsidiando métodos de proteção da espécie.

Apesar de o gênero *Alpheus* ser o mais representativo da família (Anker et al. 2006; De Grave & Fransen 2011), estudos abordando os aspectos populacionais são escassos, sendo a grande maioria direcionados à taxonomia (Mathews & Anker 2009).

Dos estudos realizados no Brasil, os que abordaram aspectos populacionais foram de Mossolin et al. (2006), que analisou a estrutura populacional de *A. carlae* (como *A. armillatus*) em São Sebastião e Ilhabela, Pavanelli et al. (2008, 2010), estudando a estratégia reprodutiva de *Alpheus nuttingi* (Schmitt, 1924) no norte do estado de São Paulo e os aspectos populacionais em relação aos fatores ambientais, e Costa-Souza et al. (2014), estudando a biologia reprodutiva e o pareamento heterossexual em *A. estuariensis* no sul da Bahia.

Os crustáceos decápodes apresentam uma ampla gama de padrões reprodutivos que garantem a manutenção das populações (Costa & Soares-Gomes 2009). O início da reprodução é um evento que geralmente está associado com o esforço reprodutivo podendo ser definido como a taxa energética destinado à reprodução (López-Greco & Rodrigues 1999). O ciclo reprodutivo de muitos invertebrados é regulado por variações latitudinais, pela sazonalidade do fotoperíodo, nutrientes e temperatura (Bertini et al. 2010). Informações sobre a reprodução auxiliam no entendimento de estratégias e o potencial reprodutivo de diferentes espécies (Castiglioni & Negreiros-Fransozo 2006). As informações geradas nos estudos populacionais são de fundamental importância na determinação da vulnerabilidade da população a situações como fragmentação e alterações dos habitats que podem ser resultado de distúrbios naturais ou de origem antrópica (Ricklefs & Miller 1999).

O estudo do crescimento nos crustáceos é uma importante ferramenta que possibilita a determinação da taxa de crescimento além de servir como base para o cálculo da longevidade e da taxa de mortalidade da população (Sheehy 1990; Campana 2001). Os parâmetros mencionados acima somados as informações sobre a biologia reprodutiva, distribuição ecológica, além das informações biológicas sobre as primeiras fases de vida são considerados importantes aspectos que compõem a história de vida de uma espécie.

Desenvolvimento e morfologia larval em Caridea

O conhecimento sobre a morfologia larval é de grande importância para o entendimento da biologia de uma espécie e também, em estudos taxonômicos, principalmente em Caridea, devido às pequenas diferenças morfológicas entre espécies, até mesmo nas espécies congênicas (Pantaleão et al. 2011, 2013). Apesar de as larvas de Alpheidae corresponderem a uma significativa porção do meroplâncton costeiro, a descrição larval nesta família é pouco conhecida (Bartilotti et al. 2005). Dentre os estudos direcionados a descrição larval nesta família podemos destacar Knowlton (1973) com a descrição larval de *A. heterochaelis*, Yang et al. (1996) *Alpheus euphorosyne* e Pires et al. (2008), descrevendo o desenvolvimento larval de *Alpheus estuariensis* coletado no Pará, Brasil.

A descrição da morfologia larval pode ser utilizada em estudos taxonômicos uma vez que espécies pertencentes a complexo de espécies, muitas vezes não apresentam diferenças morfológicas claras para a sua identificação, assim sendo, possíveis diferenças nos estágios larvais podem ser muito úteis, principalmente na identificação de larvas presentes no plâncton. Apesar do gênero *Alpheus* ser o mais representativo da família Alpheidae, apenas 4.7% das 296 espécies descritas apresentam pelo menos o primeiro estágio larval descrito (Pescinelli et al. 2017). Do total de 34 espécies que ocorrem na costa brasileira, apenas *A. estuariensis* (Pires et al. 2008) apresentava a descrição dos primeiros estágios larvais.

Considerando a grande diversidade de habitats que os camarões Alpheidae são encontrados, e que a grande maioria dos estudos sobre a riqueza e biologia populacional de crustáceos Decapoda no estado de São Paulo são provenientes da pesca de arrasto, o estudo aqui apresentado teve como objetivo investigar a diversidade camarões Alpheidae

Pescinelli, R.A., 2019

na zona intermareal estuarina de Cananéia, SP e testar a hipótese de que as espécies apresentam microdistribuição diferenciada na zona intermareal estuarina de Cananéia, SP.

Referências

- Anker A; Ahyong ST; Noël PY; Palmer AR. 2006. Morphological phylogeny of Alpheid shrimps: parallel preadaptation and the origin of a key morphological innovation, the snapping claw. *Evolution*, 60:2507–2528.
- Bartilotti C; Calado R; Santos A. 2005. Correct diagnosis of early zoeal stages of *Athanas nitescens* (Leach, 1814) (Decapoda, Caridea, Alpheidae) using laboratory-raised larvae. *Journal of Plankton Research*, 27:1189–1194.
- Bauer RT. 2004. Remarkable shrimps: Adaptations and Natural History of the Carideans, University of Oklahoma press, Norman, USA. Marine resources Library, 282 p.
- Bertini G; Fransozo A; Negreiros-Fransozo ML. 2010. Brachyuran soft-bottom assemblage from marine shallow waters in the southeastern Brazilian littoral. *Marine Biodiversity*, 40:277–291.
- Boltaña S; Thiel M. 2001. Associations between two species of snapping shrimp, *Alpheus inca* and *Alpheopsis chilensis* (Decapoda: Caridea: Alpheidae). *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 81:633–638.
- Campana, SE. 2001. Accuracy, precision and quality control in age determination, including a review of the use and abuse of age validation methods. *Journal of fish Biology*, 59:197–242.
- Castiglioni DS; Negreiros-Fransozo. 2006. Ciclo reprodutivo do caranguejo violinista *Uca rapax* (Smith) (Crustacea, Brachyura, Ocypodidae) habitante de um estuário degradado em Paraty, Rio de Janeiro, Brasil. *Revista Brasileira de Zoologia*, 23:331–339.
- Chace FA. 1972. The shrimps of the Smithsonian-Bredin Caribben Expeditions with a Summary of the West Indian shallow-water Species (Crustacea: Decapoda: Natantia). *Smithsonian Contributions to Zoology*, n98, 176p.
- Correa C; Thiel M. 2003. Mating systems in caridean shrimp (Decapoda: Caridea) and their evolutionary consequences for sexual dimorphism and reproductive biology. *Revista Chilena de História Natural*, 76:187–203.
- Costa T; Soares-Gomes A. 2009. Population structure and reproductive biology of *Uca rapax* (Decapoda: Ocypodidae) in a tropical coastal lagoon, southeast Brazil. *Zoologia*, 26: 647–657.

- Costa-Souza AC; Rocha SS; Bezerra LEA; Almeida AO. 2014. Breeding and heterosexual pairing in the snapping shrimp *Alpheus estuariensis* (Caridea: Alpheidae) in a tropical bay in northeastern Brazil. *Journal of Crustacean Biology*. 34:593–603.
- De Grave S; Fransen CHJM. 2011. Carideorum catalogus: the recent species of the dendrobrachiate, stenopodidean, procarididean and caridean shrimps (Crustacea: Decapoda). *Zoologische Mededelingen*, 85:195-588.
- De Grave S; Smith KG; Adeler NA; Allen DJ; Alvarez F; Anker A; et al. 2015. Dead shrimps blues: A global assessment of extinction risk in freshwater shrimps (Crustacea: Decapoda: Caridea). *PLoS ONE*, 10: e0120198.
- Dehghani A; Sari A; Naderloo R. 2018. Three new species of narrowly endemic snapping shrimp, genus *Alpheus* (Decapoda: Caridea: Alpheidae) from the Persian Gulf. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*. 1–10. (online first view)
- Diegues AC. 1987. Conservação e desenvolvimento sustentado de ecossistemas litorâneos no Brasil. São Paulo: Secretaria Estadual do Meio Ambiente de São Paulo.
- Gray JS. 1974. Animal-sediment relationship. *Oceanography and Marine Biology. Annual Review*, Aberdeen, 12:223–261.
- Huston M. 1979. A general hypothesis of species diversity. *The American Naturalist*, 113:81–101.
- Komai T; Ohtomi J. 2018. A new deep-sea species of the snapping shrimp genus *Alpheus* Fabricius, 1798 (Decapoda: Caridea: Alpheidae) from Kagoshima Bay, Japan. *Zootaxa*. 4434: 99–110.
- López-Greco L; Rodriguez E. 1999. Annual reproduction and growth of adult crabs *Chasmagnathus granulata* (Crustacea, Brachyura, Grapsidae). *Cahiers de Biologie Marine*, 40:155–164.
- Mathews LM. 2002a. Territorial cooperation and social monogamy: factors affecting intersexual behaviours in pair-living snapping shrimp. *Animal Behaviour*, 63:767–777.
- Mathews LM. 2002b. Tests of the mate-guarding hypothesis for social monogamy: does population density, sex ratio, or female synchrony affect behavior of male snapping shrimp (*Alpheus angulatus*)? *Behavioral Ecology and Sociobiology*, 51:426–432.

- Mathews LM; Anker A. 2009. Molecular phylogeny reveals extensive ancient and ongoing radiations in a snapping species complex (Crustacea, Alpheidae, *Alpheus armillatus*). *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 50:268–291.
- Mishima M; Yamanaka N; Pereira OM; Soares FC; Sinque C; Akaboshi S; Jacobsen O. 1985. Hidrografia do complexo estuarino-lagunar de Cananéia (25° S, 48° W), São Paulo, Brasil. *Boletim do Instituto de Pesca*, 12:109–121.
- Mossolin EC; Shimizu RM; Bueno SLS. 2006. Population structure of *Alpheus armillatus* (Decapoda, Alpheidae) in São Sebastião and Ilhabela, Southeastern Brazil. *Journal of Crustacean Biology*, 26:48–54.
- Nolan BA; Salmon M. 1970. The Behavior and Ecology of Snapping Shrimp (Crustacea: *Alpheus heterochaelis* and *Alpheus normanni*). *Forma et Functio*, 2:289–335.
- Pantaleão JAF; Gregati RA; Taddei FG; Costa RC. 2011. Morphology of the first larval stage of *Macrobrachium brasiliense* (Heller, 1868) (Caridea: Palaemonidae). *Nauplius*, 19:79–85.
- Pantaleão JAF; Terossi M; Costa RC; Mantelatto FL. 2013. First zoeal stage of the partner shrimp *Periclimenes paivai* Chace, with remarks on the genus *Periclimenes* O.G. Costa (Caridea, Palaemonidae). *Zootaxa*, 3750: 367–374.
- Pavanelli CAM; Mossolin EC; Mantelatto FL. 2008. Reproductive strategy of the snapping shrimp *Alpheus armillatus* H. Milne-Edwards, 1837 in the South Atlantic: fecundity, egg features, and reproductive output. *Invertebrate Reproduction and Development*, 52:123–130.
- Pavanelli CAM; Mossolin EC; Mantelatto FL. 2010. Maternal investment in egg production: environmental and population-specific effects on offspring performance in the snapping shrimp *Alpheus nuttingi* (Schmitt, 1924) (Decapoda, Alpheidae). *Animal Biology*, 60:237–247.
- Pescinelli RA; Pantaleão JAF; Mantelatto FL; Costa RC. 2017. Morphological description of early zoeal stages of *Alpheus brasileiro* Anker, 2012 reared in the laboratory, including a revision of the larval morphology of the first zoeal stage of the genus *Alpheus* Fabricius, 1798 (Caridea: Alpheidae). *Zootaxa*. 4269:265–276.
- Pires MAB; Abrunhosa FA; Maciel CR. 2008. Early larval development in the laboratory of *Alpheus estuariensis* (Crustacea: Caridea) from the Amazon Region. *Revista Brasileira de Zoologia*, 25:199–205.

Pescinelli, R.A., 2019

Ricklefs RE; Miller GL. 1999. Ecology. 4th ed. New York, W.H. Freeman and Company, 822p.

Sheehy MRJ. 1990. Widespread occurrence of fluorescent morphological lipofuscin in the Crustacean brain. *Journal of Crustacean Biology*, 10:613–622.

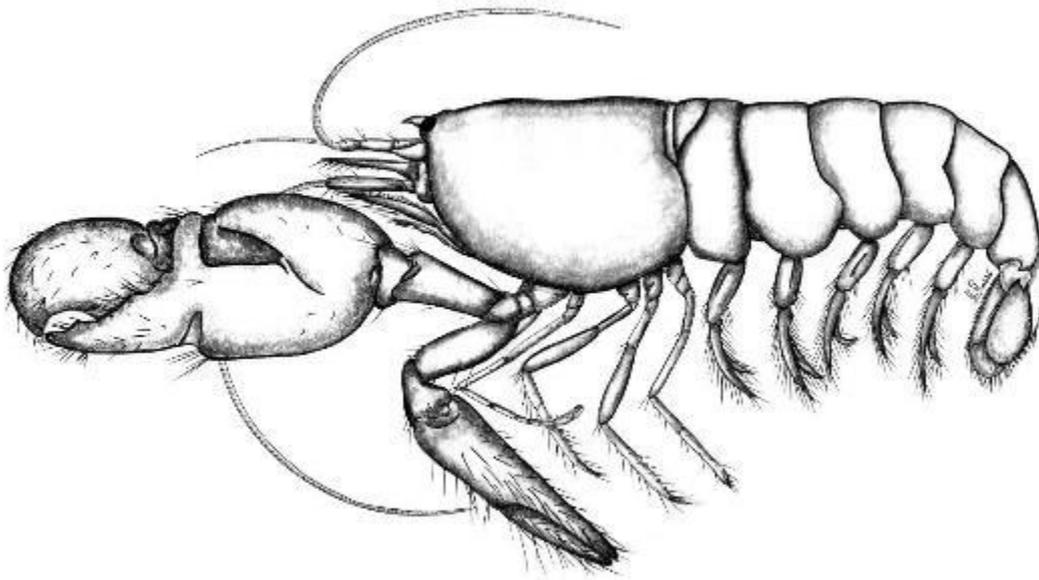
Soledade GO; Almeida AO. 2013. Snapping shrimps of the genus *Alpheus* Fabricius, 1798 from Brazil (Caridea: Alpheidae): updated checklist and key for identification. *Nauplius*, 21:89–122.

Stearns SC. 2000. Life history evolution: Successes, limitations, and prospects. *Naturwissenschaften* 87:476–486.

Tessler MG; Souza LAP. 1998. Dinâmica sedimentar e feições sedimentares identificadas na superfície de fundo do sistema Cananéia-Iguape, SP. *Revista Brasileira de oceanografia*, 46:69–83.

Unesco. 2005. World Network of Biosphere Reserves- SC/EES- June 2005. The MAB Program. 19p.

Considerações Finais



Considerações finais

Neste estudo, pela primeira vez foi investigado a diversidade de camarões Alpheidae que ocorrem na região intermareal estuarina de Cananéia, São Paulo. Por ser uma área com um grande estuário e que apresenta uma ótima integridade ambiental, os resultados aqui apresentados são de grande importância na caracterização da biodiversidade local dos camarões da região intermareal estuarina e na comparação com estudos realizados em áreas com maior grau de interferência ambiental.

A presença de sete espécies de camarões Alpheidae em pequenas áreas aqui registradas configura mais um dos indícios de que o estuário de Cananéia apresenta-se ambientalmente conservado e pode ser utilizado como modelo de comparação com demais estuários da costa brasileira. Isso sem considerar a fauna de Brachyura presente nesses locais, que mesmo não sendo o alvo do presente estudo, esteve presente em todas as coletas.

Além da diversidade no local, a microdistribuição dos camarões Alpheidae na região intermareal também foi avaliada, de forma a auxiliar no entendimento de como a assembleia desses camarões está estruturada em relação a localização nas zonas intermareais. Com base nos resultados apresentados foi possível observar que há um padrão de distribuição na região do Canta Galo para as espécies mais abundantes. Porém, aquelas menos abundantes se distribuem de forma mais aleatória, provavelmente em decorrência da presença da espécie mais abundante, ou seja, *A. brasileiro* que ocupa a maior parte da zona intermareal, principalmente a zonas do baixo e médio intermareal.

Diferentes aspectos da biologia de *A. brasileiro* também foram analisados buscando respostas sobre a história de vida da espécie. Assim, além da microdistribuição, a estrutura populacional avaliando o período reprodutivo, recrutamento juvenil e a razão sexual da população também foram investigados. Os resultados aqui apresentados

demonstraram uma grande influência do comportamento monogâmico social na biologia populacional de *A. brasileiro*. Já com relação aos parâmetros de crescimento, a longevidade e o tempo necessário para que atinjam a maturidade sexual morfológica, estratégias distintas de alocação de energia entre os sexos foram preponderantes.

Todos os aspectos da biologia de *A. brasileiro* mencionados no parágrafo anterior somados à descrição dos primeiros estágios larvais também presente neste estudo, são informações importantes que caracterizam a história de vida da espécie e que podem ser utilizadas em estudos comparativos com as demais espécies pertencentes ao complexo *A. armillatus*.

As informações sobre a riqueza e abundância na região intermareal estuarina de Cananéia apresentadas nesta tese são de suma importância no monitoramento das assembleias de camarões Alpheidae ao longo do tempo, principalmente por se tratar de uma região de grande importância ecológica no litoral brasileiro. A presença da espécie invasora *Athanas nitescens* também reforça a importância do monitoramento da área e sua influência na assembleia de camarões, uma vez que os resultados mostraram que esta espécie se estabeleceu e está se reproduzindo no estuário de Cananéia.

Todos as informações presentes nesta tese reforçam a grande diversidade de crustáceos que podem ser encontrados em pequenas áreas, em microhabitats que muitas vezes passam despercebido. Além da complexibilidade envolvendo relações inter e intraespecíficas nesses ecossistemas. Desta forma, fica claro a importância da caracterização e do monitoramento da biodiversidade neste tipo de ecossistema ao longo do tempo. Assim como o aprofundamento das investigações sobre as relações entre as espécies e o ambiente.