

RESSALVA

Atendendo solicitação do(a)
autor(a), o texto completo desta tese
será disponibilizado somente a partir
de 25/05/2024.

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”

Campus de Botucatu

INSTITUTO DE BIOCÊNCIAS

Pós-Graduação em Ciências Biológicas - Zoologia

Tese de Doutorado

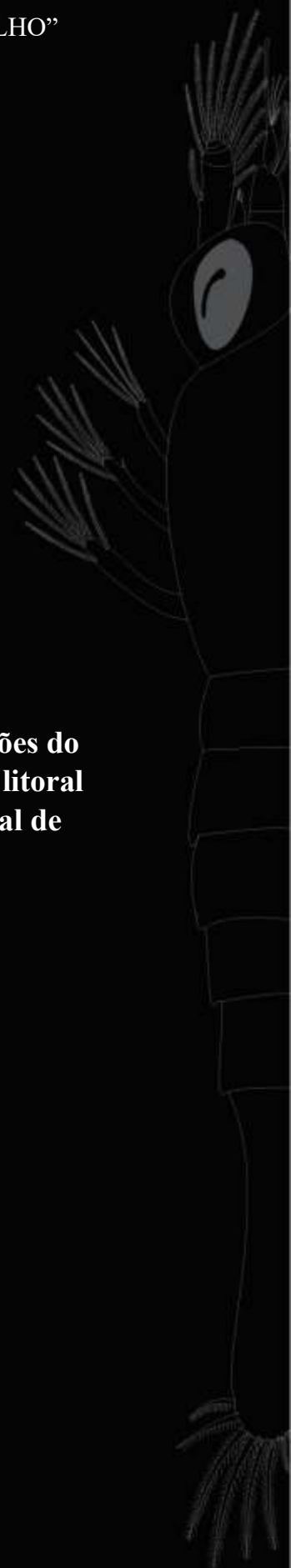
Descrição da morfologia do primeiro estágio larval dos camarões do gênero *Synalpheus* Spence Bate, 1888 (Caridea, Alpheidae) do litoral do estado de São Paulo, incluindo revisão da morfologia larval de *Synalpheus*

Rafael de Carvalho Santos

Orientador: Prof. Dr. Rogerio Caetano da Costa

Botucatu – SP

2022



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

Descrição da morfologia do primeiro estágio larval dos camarões do gênero *Synalpheus* Spence Bate, 1888 (Caridea, Alpheidae) do litoral do estado de São Paulo, incluindo revisão da morfologia larval de *Synalpheus*

RAFAEL DE CARVALHO SANTOS

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Biológicas A/C Zoologia do Instituto de Biociências de Botucatu, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” – UNESP – *Campus* de Botucatu, como parte dos requisitos para obtenção do título de Doutor em Ciências Biológicas – *Zoologia*.

Orientador: Prof. Dr. Rogerio Caetano da Costa

Botucatu – SP

2022

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

Santos, Rafael de Carvalho.

Descrição da morfologia do primeiro estágio larval dos camarões do gênero *Synalpheus* Spence Bate, 1888 (Caridea, Alpheidae) do litoral do estado de São Paulo, incluindo revisão da morfologia larval de *Synalpheus* / Rafael de Carvalho Santos. - Botucatu, 2022

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

Orientador: Rogerio Caetano da Costa

Capes: 20400004

1. Camarão. 2. Embriões -Desenvolvimento. 3. Morfologia. 4. Decapoda (Crustacea).

Palavras-chave: Camarão-estalo; Decapoda; Decapodito; Desenvolvimento pós-embrionário; Zoea I.

Dedico a todas as pessoas que se ausentaram de casa e de estar perto da família para alcançar um objetivo, mesmo com tantas adversidades.

Dedico a todas as pessoas que vieram de locais sem privilégios e ainda resistem diante de tanta dificuldade, mas também àquelas que por diversos motivos não puderam prosseguir.

Dedico a minha mãe, Marlene de Carvalho Santos e ao meu pai Jailton Melo Santos, e a minhas avós Rivadalva de Carvalho *in memoriam* e Gildete de Melo Santos e meus avôs João Alves de Carvalho e José Domingos dos Santos.

A Deus, e à Minha Fé.

Ao Prof. Dr. Rogerio Caetano da Costa, pela confiança de ter aceitado minha vinda ao LABCAM, depois de vários e-mails, mudanças de projetos e correria, conseguimos dar início a este projeto. Agradeço pela oportunidade, pela orientação ao longo desses anos e por termos chegado até aqui.

Ao Prof. Dr. Gustavo Luis Hirose, por ter acreditado em mim desde o início de minha carreira no comecinho da graduação, e não ter desistido, mesmo com tanto trabalho que dei. Obrigado pelas broncas, por ter me guiado, me incentivado a seguir e por hoje ser um grande amigo e companheiro de trabalho. Obrigado pela confiança.

Ao auxílio financeiro concedido por meio da bolsa de doutorado no âmbito do Convênio FAPESP/CAPES, processo nº 2018/00739-0, Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP). Ao temático BIOTA FAPESP – INTERCRUSTA, processo nº 2018/13685-5 sob coordenação do Prof. Dr. Fernando L. Mantelatto juntamente com Prof. Dr. Fernando José Zara, Prof. Dr. Sérgio Bueno e Prof. Dr. Rogerio Caetano da Costa, Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP).

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

Ao Departamento de Ciências Biológicas, Faculdade de Ciências da Unesp de Bauru do qual o Laboratório de Biologia de Camarões Marinhos e de Água Doce (LABCAM) está vinculado.

Ao Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo (IO USP), base de Ubatuba-SP e ao Centro de Biologia Marinha da Universidade de São Paulo (CEBIMar USP), São Sebastião-SP, por disponibilizar os laboratórios de pesquisa para triagem e cultivo do material amostrado.

Ao Ministério do Meio Ambiente, ao Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (MMA, IBAMA) e ao Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio) Unidade Refúgio dos Alcatrazes, por conceder as licenças de coleta.

À equipe do ICMBio Alcatrazes, Silvia, Apoena, Edineia, Mayra e Kelen por me receber durante o voluntariado ligado à unidade, dando a oportunidade de trabalhar dentro de uma unidade de conservação, e por toda confiança depositada para realizar esse trabalho, além da amizade construída.

Ao Prof. Dr. Fernando L. Mantelatto (USP, Ribeirão Preto) por disponibilizar o depósito do material amostrado na Coleção de Crustáceos do Departamento de Biologia, Faculdade de Filosofia Ciências e Letras, USP – Ribeirão Preto, bem como de seu laboratório para que pudesse realizar as análises moleculares. E a M.Sc. Jeniffer Natalia Teles pelo auxílio na realização das análises moleculares e por toda ajuda e socorros que me deu sobre esse assunto.

Ao Dr. Régis Augusto Pescinelli e ao Dr. João Alberto Farinelli Pantaleão por todas as sugestões apontadas durante a defesa da qualificação. Também agradeço por todo ensinamento acerca do estudo de descrição larval. Obrigado por todas as conversas, dúvidas tiradas, parcerias, auxílio em campo, dicas e esclarecimentos.

À Profa. Dra. Maria Lúcia Negreiros-Fransozo, pelo pioneirismo no âmbito de descrições larvais de crustáceos, e por ter difundido essa linha de pesquisa. Pela inspiração que traz para mim que sigo trabalhando com larvas, e pelas sinceras palavras de apoio e conselhos dados sempre que nos encontramos.

A todos os marinheiros e mergulhadores que me ajudaram a chegar nas ilhas e locais de coleta, Daniel (Ubatuba), Juan (Caraguatatuba), Patrick e Marinho (Cananéia), Ederson e Felipe (Alcatrazes), Braga e Régis (Ilhabela). Sem vocês, suas experiências e parceria nada disso teria sido possível.

Ao amigo Manoel Moraes (Maneco) por diversas vezes disponibilizar sua casa no litoral, onde virou base de campo e laboratório, pelas travessias para as ilhas à nado e por sempre estar de bom humor quando nos recebia.

À minha família, indispensável para meu viver. Obrigado por terem suportado a distância que me submeti. A meus pais, Marlene e Jailton, por sempre terem me dado todo apoio, desde o primeiro momento em que decidi ser biólogo, vocês sempre estiveram ao meu lado, mesmo que longe. Obrigado por tudo que dedicaram a mim, fazendo o possível e o impossível. Aos meus irmãos, Rodrigo e Fátima, vocês foram base pra eu me tornar uma pessoa melhor e conseguir alcançar meus objetivos. E a toda minha família, avôs, avós, tios, tias, primos, primas, cunhadas e cunhados. Amo todos vocês.

À minha companheira Isadora, que eu tenho a sorte de estar ao meu lado. Obrigado por estar na minha vida, por me ouvir, por me aconselhar, por estar presente, pela paciência, por todo auxílio intelectual nesses anos acadêmicos, por sempre acreditar em mim, por ser essa pessoa maravilhosa. Com você essa caminhada se tornou mais serena. Te amo, tudo por nós.

A todos amigos que ganhei ao longo desses 4 anos. Aos meus parceiros de casa, a eterna Rep do Amor, minha segunda família, Caio, Abner, Bruno (Sushi), Victor e Góis. Vocês fizeram a convivência ser mais leve e divertida. Obrigado por me acolherem e por dividirem esse momento, família!

Aos meus parceiros de “caridão da massa”, Caio e Isabela. A nossa parceria vai mais que construir uma página de divulgação, a presença de vocês dois foi diferencial nessa trajetória. Todas as preocupações, alegrias, tristezas, conversas, viagens, coletas que dividimos só fortaleceram nossa amizade, que vou levar pra vida. Obrigado Caio por diariamente me aguentar, em casa e no laboratório. Obrigado Isa por ser minha dupla e por topa encarar tanta maluquice junto sem pensar duas vezes.

À Dra. Mariana Antunes (Magrela), minha mentora. Obrigado por colocar juízo em mim, pelas dicas maravilhosas, pelas broncas, viagens, trabalhos, ajustes em pranchas

e salada de frutas cedo, socorrer meus BOs de banca, e mais importante, por ser uma grande amiga.

Ao Dr. Alexandre Ribeiro (Dino), por toda ajuda que me deu, desde me socorrer em dúvidas estatísticas, me acolher em sua casa e por maravilhosas conversas.

À Dra. Lizandra Miazaki, pela grande ajuda que me deu nessa reta final da tese e por todas as conversas e trocas de experiências durante todo esse tempo.

Aos Dr. Douglas Alves e Dra. Samara Barros-Alves, pela amizade construída ao longo de anos, pela parceria e confiança que já depositaram em mim.

A todos amigos do LABCAM, atuais e antigos, Andrea (Dedeia), Júlia, Milena, Nádia, Natália, Matheus, Leo, Sara, Deluca com que construí grandes laços de amizade, a presença de vocês melhora ainda mais a ida ao laboratório.

Aos amigos de Bauru, Lucas (Marginal), Gi, Tayar, Isabella, Daphine e a família Mourão-Davanso, Chuck, Andreia e Thor, que tornaram o dia a dia aqui mais acolhedor, vocês são incríveis.

Aos amigos de Botucatu, Alexandre (Seu Jorge), Eduardo (Xuxa), Nadayca (Nana) e Bel, que sempre me receberam, abrigaram e acolheram das melhores formas quando fui pra cidade.

Aos meus amigos do famoso Conjunto Eduardo Gomes, Kellisson (Keke), Andrey, Cris, Rafaella, Renan, Adriano (Drica), João, Rodrigo (Boi), Alan, Deyvid (Foguinho), Rodrigo Ventura, Paulo, Renato, Fabíola. Obrigado por esses mais de 10 anos de amizade e por estarem sempre presentes, mesmo longe.

Aos amigos Jucy, Marcos, Francis, Lais, Lynna, Cris, Jay, Day, juntos desde 15 de março de 2010 e a Day, Egival (Gigi), Mari, Arthur, Deborah, Marcelo, Tirzah, Ingrid, Juninho, Thomas, Rebeca, Lucas, dos primórdios do CALB. Da UFS pra vida.

E a todas as pessoas que direta ou indiretamente estiveram presentes de alguma forma, que eu nutro amizade e carinho.

Minha eterna Gratidão.

Sumário

Resumo	1
Abstract	2
Considerações Iniciais	3
Morfologia e desenvolvimento larval de Caridea	3
Caracterização do grupo estudado.....	9
Referências	13

Capítulo 1

Descrição do primeiro estágio larval de cinco espécies de camarões do gênero *Synalpheus* Spence Bate, 1888

Resumo	22
Introdução	23
Material e Métodos	25
Área de estudo	25
Métodos de amostragem.....	26
Análise de distância genética	28
Descrição morfológica das larvas	30
Resultados	30
Análise de distância genética	31
Obtenção das larvas.....	33
Descrição morfológica de <i>Synalpheus apioceros</i> Coutière, 1909.....	35
Descrição morfológica de <i>Synalpheus antillensis</i> Coutière, 1909.....	40
Descrição morfológica de <i>Synalpheus fritzmuelleri</i> Coutière, 1909	45
Descrição morfológica de <i>Synalpheus</i> cf. <i>townsendi</i> Coutière, 1909.....	50
Descrição morfológica de <i>Synalpheus</i> sp.	55
Discussão	60
Chaves de identificação para larvas do gênero <i>Synalpheus</i> do litoral brasileiro. ..	68
Referências	71

Capítulo 2

Revisão da morfologia do primeiro estágio larval do gênero *Synalpheus* Spence Bate, 1888

Resumo	81
Introdução	82
Histórico de descrição larval do Gênero <i>Synalpheus</i>	82

Problemáticas na descrição larval do gênero <i>Synalpheus</i>	85
Material e Métodos	87
Revisão da morfologia do primeiro estágio larval de <i>Synalpheus</i>	87
Análise de similaridade morfológica	89
Resultados	89
Revisão da morfologia	89
Similaridade morfológica	93
Discussão	94
Referências	103
Considerações finais	111
Apêndice I.....	112
Apêndice II.....	113

Resumo

Synalpheus é o segundo gênero mais rico e ecologicamente diverso pertencente à família Alpheidae. Espécies de *Synalpheus* apresentam diferentes tipos de desenvolvimento larval e, apesar disto, informações sobre a sua morfologia larval estão disponíveis apenas para cerca de 9% do total de espécies descritas para o gênero. Desta forma, o objetivo do presente estudo foi descrever o primeiro estágio larval das espécies *Synalpheus antillensis*, *S. apioceros*, *S. fritzmulleri*, *S. cf. townsendi* e *Synalpheus* sp., amostradas no estado de São Paulo. Além disto, também foi realizada uma revisão da morfologia larval do gênero. Os espécimes foram amostrados ao longo do litoral do estado de São Paulo e a identificação das espécies foi confirmada por meio de análise de distância genética. Os resultados da descrição larval evidenciaram características morfológicas singulares para cada uma das cinco espécies, permitindo a diferenciação e identificação das mesmas no ambiente e contribuindo para a construção de uma chave de identificação para as espécies com ocorrência no litoral brasileiro. Além disto, foram observadas características morfológicas compartilhadas entre as espécies, sendo o pedúnculo antenular com 3 segmentos um possível carácter distintivo para zoeas I de *Synalpheus*. Para *S. fritzmulleri* foram encontradas diferenças morfológicas quando a descrição desenvolvida nesse estudo foi confrontada com a realizada previamente, indicando a necessidade de revisão para as antigas descrições dentro do gênero. As descrições de *Synalpheus* aqui apresentadas foram comparadas entre si e com outras sete espécies já descritas na literatura. As 12 espécies compartilharam entre si apenas a ausência de espinhos na carapaça, olhos sésseis, e o formato arredondado do telson. As maiores similaridades morfológicas foram encontradas entre as larvas que apresentavam o mesmo tipo de desenvolvimento. Para *S. antillensis*, *S. apioceros*, *S. fritzmulleri*, *S. minus*, *S. neomeris*, *S. pectiniger*, *S. cf. townsendi*, *S. tumidomanus* e *Synalpheus* sp., o desenvolvimento foi considerado estendido, com eclosão apresentando uma morfologia comumente encontrada em Zoea I de carídeos. Após revisão, para *S. biunguiculatus*, *S. neptunus* e *S. brooksi* foi considerado o desenvolvimento abreviado, entretanto com diferenças na morfologia do primeiro estágio larval entre essas três espécies, o que demonstra a formação de subgrupos morfológicos para este tipo de desenvolvimento larval em *Synalpheus*. Deste modo, os resultados apresentados contribuem com informações para a taxonomia e história de vida do gênero *Synalpheus*, ampliando a literatura disponível sobre a morfologia e o desenvolvimento das larvas do gênero, auxiliando no processo de identificação.

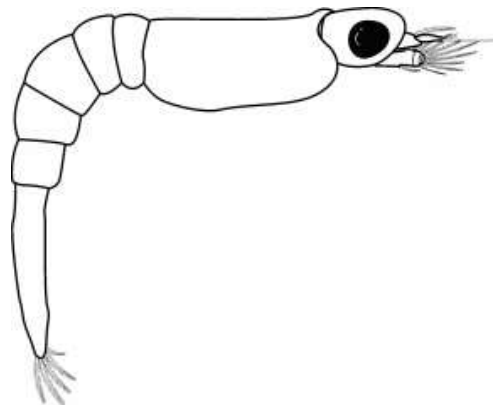
Palavras-chave: Decapoda; Desenvolvimento pós-embrionário; Zoea I; Decapodito; Camarão-estalo.

Abstract

Synalpheus is the second most specious and ecologically diverse genus of the Alpheidae family. *Synalpheus* species present different types of larval development and, nevertheless, information on their larval morphology is available only for about 9% of the total of species described for the genus. This study aims to describe the first larval stage of the species *Synalpheus antillensis*, *S. apioceros*, *S. fritzmuelleri*, *S. cf. townsendi*, and *Synalpheus* sp., sampled in the state of São Paulo. Additionally, a review of the larval first larva morphology of the genus was also carried out. The specimens were sampled along the coast of the state of São Paulo and the species identification was confirmed using genetic distance analysis. The results of the larval description showed unique morphological characteristics for each of the five species, allowing their differentiation and identification in the environment, contributing to the construction of an identification key for the species occurring on the Brazilian coast. In addition, morphological characteristics shared between the species were observed, with an antennule with a 3-segmented peduncle being a possible distinctive character for zoeas I of *Synalpheus*. For *S. fritzmuelleri*, morphological differences were found when the description in this study was compared with the one carried out previously, indicating the need to review the old descriptions within the genus. The descriptions of *Synalpheus* presented here were compared with each other and with seven other species already described in the literature. The 12 species shared among themselves only the absence of spines on the carapace, sessile eyes, and the rounded shape of the telson. The greatest morphological similarities were found among larvae that had the same type of development. For *S. antillensis*, *S. apioceros*, *S. fritzmuelleri*, *S. minus*, *S. neomeris*, *S. pectiniger*, *S. cf. townsendi*, *S. tumidomanus*, and *Synalpheus* sp., development was considered extended, showing a morphology commonly found in Zoea I of carideans after hatching. After review, for *S. biunguiculatus*, *S. neptunus* and *S. brooksi* the abbreviated development was considered, however with differences in the morphology of the first larval stage between these three species, which demonstrates the formation of morphological subgroups for this type of larval development in *Synalpheus*. Thus, the results presented contribute information to the taxonomy and life history of the genus, expanding the available literature on the morphology and development of the larvae of the genus, and helping in the identification process.

Keywords: Decapoda; post-embryonic development; Zoea I; Decapodid; Snapping shrimp.

CONSIDERAÇÕES INICIAIS



Considerações Iniciais

Morfologia e desenvolvimento larval de Caridea

A definição de uma fase ou estágio larval se dá por características morfológicas e comportamentais relacionadas a alimentação e locomoção, que diferem das etapas posteriores da história de vida e desenvolvimento de um indivíduo. De maneira geral, as larvas apresentam um desenvolvimento inicial de vida livre, com hábito planctônico, que explora recursos diferentes dos quais os adultos dependem (Anger 2006).

Há uma grande diversidade de formas larvais encontradas no zooplâncton (Martin *et al.* 2014), e dentre estas, para os crustáceos a primeira fase larval, denominada nauplius, ocorre na maioria dos táxons, como por exemplo, para a classe Malacostraca (Scholtz 2000). Para a ordem Decapoda três fases são encontradas principalmente: nauplius; zoea; e decapodito, as quais podem apresentar diferentes números de estágios a depender do grupo taxonômico, variando principalmente nos aspectos morfológicos (Anger, 2001, 2006; Vogt 2013). A larva nauplius pode ser encontrada de forma livre na natureza, como ocorre nos camarões Dendrobranchiata; ou encontrada como uma fase naupliar que ocorre dentro dos ovos, como para a maioria dos Decapoda, como é encontrado nos camarões Caridea Dana, 1852 (Scholtz 2000; Dahms 2000; Anger 2001).

Para as espécies de Caridea, a primeira fase larval a eclodir, geralmente, é a zoea (Anger 2001). Esta fase é conhecida por apresentar apêndices cefálicos adaptados às funções de percepção e processamento de alimento e apêndices pleonais completamente ausentes ou presentes e não funcionais, a depender do estágio de desenvolvimento da larva (Anger 2006; Guerao & Cuesta 2014). Geralmente, na primeira zoea de Caridea estão presentes os seguintes apêndices: Primeiro par de antenas (antênulas), segundo par de antenas, um par de mandíbula, primeiro par de maxilas (maxílulas), segundo par de

maxilas, três pares de maxilípedes birremes, diferentes números de pares de pereópodos (Guerao & Cuesta 2014).

A fase decapodito é considerada a fase transicional entre a fase de zoea e juvenil, que ocorre de maneira gradual, não sendo considerada totalmente metamórfica. Geralmente apresenta apenas um estágio, contendo uma morfologia similar à um adulto (como a presença de pleópodos funcionais), porém retendo algumas características morfológicas de estágios larvais, tal como exopoditos dos apêndices torácicos desenvolvidos e com cerdas natatórias (Anger 2001; Guerao & Cuesta 2014). É a forma larval de assentamento, na qual ocorre a transição do estilo de vida planctônico para o bentônico, podendo ser caracterizada com um estilo de vida demersal ou bento-pelágico (Anger 2006).

Diferente de outros grupos de decápodes, como os Brachyura, Anomura e Achelata, que apresentam uma alta diferença morfológica entre as fases larvais e adultas, os camarões da infraordem Caridea contém larvas que apresentam uma morfologia bem similar à forma adulta. A variabilidade morfológica ao longo dos estágios de desenvolvimento de zoea, bem como destas para o decapodito é sutil. Estas mudanças ocorrem principalmente na variação de espinhos e cerdas na carapaça, no grau de desenvolvimento de alguns apêndices e nos tipos de cerdas presentes nestes (Guerao & Cuesta 2014). Além disso, o número de fases e estágios larvais pode variar durante o processo de desenvolvimento entre espécies de um mesmo táxon (Guerao & Cuesta 2014).

Na família Alpheidae, o desenvolvimento larval pode ocorrer de maneiras distintas (Knowlton 1973): estendido (desenvolvimento completo em mais de 4 estágios de zoea), como observado para *Alpheus macrochaeles* (Hailstone, 1835) (9 estágios de zoea) (Lebour 1932) e *Synalpheus fritzmuelleri* e *S. pectiniger* (pelo menos 5 estágios de zoea) (Weise 1975); abreviado (desenvolvimento completo em 4 ou menos estágios de

zoea), como observado para *Alpheus heterochaelis* (3 estágios de zoea) (Knowlton 1973) e *Synalpheus goodei* (3 estágios de zoea) (Gurney 1949) e *S. brevicarpus* (2 estágios); ou direto (eclodindo com morfologia semelhante à adulta, como juvenil), como observado para *Synalpheus longicarpus* (Brooks & Herrick 1892).

Estudos com descrição larval fornecem não somente informações sobre a morfologia do estágio de vida desses organismos, como também podem influenciar em outros estudos que envolve a fauna planctônica (Anger 2001). Ao avaliar uma descrição do desenvolvimento larval é possível observar características morfológicas que contribuem para diferenciação interespecífica (i.e. complexos de espécies) (Marques & Pohle 1995; Pantaleão *et al.* 2020) ou intraespecíficas (i.e. subespécies e/ou futuras sinonímias) (Sedova & Grigoriev 2018); além de verificar possíveis caracteres que contribuam para relações filogenéticas (Marques & Pohle 1995; Pohle & Marques 2000); e podem fornecer subsídios para estudos ecológicos, como comportamento, distribuição e dispersão das populações no plâncton, e biologia ecológica do desenvolvimento (Eco-Devo) (Anger 2006; Sanvicente-Añorve *et al.* 2018; Torres *et al.* 2021). Além disto, o processo de descrição de larvas pode complementar a classificação de novas espécies que vem sendo descritas de acordo com informações adquiridas por meio da genética molecular dos organismos adultos (Mathews 2006; Pescinelli *et al.* 2017), uma vez que, organismos em fase larval devem expressar os mesmos caracteres genotípicos dos adultos (Dahms 2000).

É importante ressaltar que, muitas vezes a identificação de larvas de Decapoda pode ser uma tarefa complexa, especialmente em relação a diferenças morfológicas de indivíduos de um mesmo grupo (Negreiros-Fransozo *et al.* 2002). Em muitos casos há um conhecimento disperso e escasso a respeito das diferentes formas larvais, contendo apenas uma breve descrição dos caracteres morfológicos, poucas ilustrações e um baixo

número de indivíduos parentais identificados ao nível de espécie (González-Gordillo *et al.* 2001; Negreiros-Fransozo *et al.* 2002). Sendo assim, o aumento no número de estudos contendo a descrição de estágios larvais proporcionam novas informações e complementam dados que já foram relatados (Negreiros-Fransozo *et al.* 2002).

A fim de apresentar uma padronização na descrição das larvas utilizada na tese, optou-se por aplicar definições de cerdas baseadas em literatura específica para ordem Decapoda (Pohle & Telford 1981; Clark *et al.* 1998; Garm 2004; Clark & Cuesta 2015; Pantaleão *et al.* 2017). As cerdas encontradas nas espécies do gênero *Synalpheus* estão descritas e ilustradas abaixo, adaptada do descrito no estudo de Pohle & Telford (1981) e Pantaleão *et al.* (2017):

Cerda: caracterizada pela presença da haste, estrutura principal de todas as cerdas, podendo conter ornamentações distintas chamadas sétulas, ou dentículos (Figura 1 A).

Sétula: ornamentação de cerdas, são articuladas na base e contém variações no tamanho, distribuição e abundância ao longo da haste. Nas sétulas também pode haver ornamentações menores chamadas setuletas (Figura 1 A).

Setuleta: ornamentações em forma de pequenos ramos laterais que podem estar presentes nas sétulas (Figura 1 A).

Dentículo: ornamentações da cerda que surgem diretamente da haste, sem articulações (Figura 1 A).

Espínulo: pequenas ornamentações afiadas, ocorrendo em grupos. Geralmente nas superfícies de alguns apêndices bucais, ou telson (Figura 1 A).

Cerda simples: fina, lisa, com extremidade apical aguda e soquete na base; comprimento variável; podendo apresentar dobra distal (Figura 1 B e C).

Cerda plumosa: com sétulas flexíveis ao longo de quase todo comprimento da haste e disposto em duas filas opostas; normalmente as sétulas apresentam setuletas. Podendo variar em relação ao tamanho, e distribuição de sétulas (Figura 1 D e E).

Cerda esparsamente plumosa: cerda plumosa com número de sétulas reduzido e uma distribuição alternada ao longo das duas filas opostas presentes na haste (Figura 1 F).

Cerda cuspidada: haste em forma de cone com denticulos pequenos e irregulares (Figura 1 G).

Cerda plumodenticulada: com sétulas flexíveis ao longo da porção proximal até a mediana da haste e com denticulos na porção distal, ambos dispostos em duas filas opostas e com variação de tamanho e da distribuição da ornamentação (Figura 1 H).

Cerda serrada: haste robusta com sétulas rígidas ou denticulos finos de diferentes tamanhos, normalmente dispostos em duas fileiras voltadas para mesmo lado do eixo da haste (Figura 1 I).

Esteto: liso e com comprimento variável, ápice obtuso ou arredondado; tipo de cerda especializada encontrada em antênulas de crustáceos (Figura 1 J).

Espinho: robusto, sem a presença de articulação e soquetes na base (Figura 1 K).

Microtríquia: extremamente pequena, delgada e flexível, encontrada normalmente em regiões ao longo das maxílulas e maxilas.

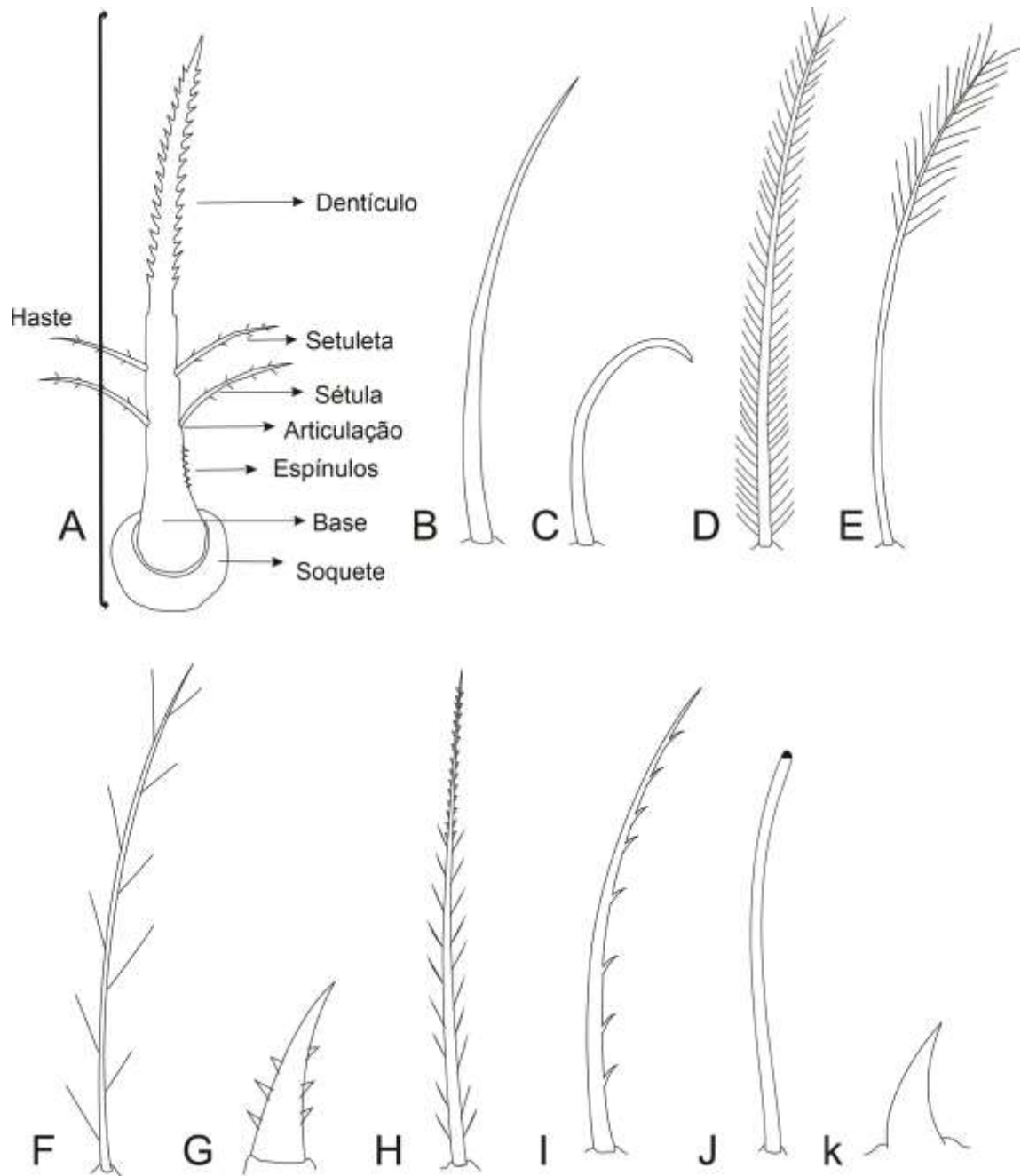


Figura 1. Representação das cerdas encontradas nos apêndices das Zoea I das espécies do gênero *Synalpheus* do litoral do Estado de São Paulo, modificado de Pohle & Telford (1981) e Pantaleão *et al.* (2017). A. Esquema ilustrado de uma cerda; B-C. Cerda simples; D-E. Cerda plumosa; F. Cerda esparsamente plumosa; G. Cerda cuspidada H. Cerda plumodenticulada; I. Cerda serrada; J. Esteto; K. espinho.

Caracterização do grupo estudado

A família Alpheidae Rafinesque, 1815, é a segunda maior dentre os Caridea, com mais de 700 espécies válidas, aproximadamente, e 50 gêneros descritos, com representantes ao longo de habitats marinhos, salobros e dulcícolas, de regiões tropicais, subtropicais e temperados (Anker 2008, 2022; Komai & Fujita 2018; Sha et al. 2019). *Synalpheus* Spence Bate, 1888 é o segundo gênero mais rico e ecologicamente diverso pertencente à Alpheidae, com espécies distribuídas ao longo de todo mundo, podendo ser encontradas desde regiões estuarinas até áreas profundas em plataformas continentais (Ríos & Duffy 2007; Anker et al. 2012; Almeida et al. 2015). Geralmente são componentes de uma criptofauna de organismos que compõem recifes de corais, sendo considerados simbiossiontes obrigatórios ou facultativos de seus hospedeiros, apesar de haverem representantes de vida livre, vivendo em fundos marinhos com rochas, substrato biogênico e algas (Duffy 1996; Ríos & Duffy 2007; Hultgren & Duffy 2010).

Espécies de *Synalpheus*, assim como outros gêneros de Alpheidae, como os representantes de *Alpheus* Fabricius, 1798, apresentam um mecanismo que gera um som semelhante a um estalo. No caso dos *Synalpheus*, este mecanismo é efetuado por um dos quelípodos do primeiro par de pereópodos modificado no qual o dátilo contém uma estrutura em formato de dente robusto (*plunger*), que ao ser encaixado rapidamente em uma cavidade presente no pólex do própodo, produz este som, tornando esta característica um diferencial para estes camarões serem reconhecidos popularmente como “camarão-pistola” ou “camarão-de-estalo” (Knowlton 1973; Bauer 2004; Anker et al. 2006). Este mecanismo é conhecido como dente-acidade (tooth-cavity system), e é utilizado para predação (Goldberg 1971), defesa, proteção contra predadores, e até comunicação intraespecífica (Duffy et al. 2002; Duffy & Macdonald 1999; Anker et al. 2006).

Estão descritas, até o presente momento, 167 espécies de *Synalpheus* (De Grave & Fransen 2011; Anker & Pachelle 2014; Koo & Kim 2014; Hultgren & Brandt 2015; Wang & Sha 2015; Anker *et al.* 2016; 2017; Almeida *et al.* 2018; Ramos-Tafur & Franke-Ante 2019; Ashrafi *et al.* 2020; Ashrafi & Hultgren 2022), dessas, cerca de 60 ocorrem no Oceano Atlântico (Anker *et al.* 2012; Anker & Pachelle 2014; Almeida *et al.* 2018; Ramos-Tafur & Franke-Ante 2019), das quais a maioria ocorre, principalmente, nas regiões de água rasa do Caribe e Golfo do México e Flórida (Anker & Pachelle 2014).

O número de espécies descritas para *Synalpheus* pode apresentar uma variação, devido a presença de vários complexos de espécies crípticas, tal como os conhecidos para *S. brevicarpus* Herrick, 1891; *S. brooksi* Coutière, 1909; *S. longicarpus* (Herrick, 1891); *S. pandionis* Coutière, 1909; *S. paranepetunus* Coutière 1909; *S. rathbunae* Coutière, 1909; *S. townsendi* Coutière, 1909 e *S. tumidomanus* (Paul'son, 1875). Além disto, são apontados como prováveis complexos as espécies: *S. apioceros* Coutière, 1909; *S. minus* (Say, 1818) e *S. ul* (Ríos & Duffy, 2007) (Anker *et al.*, 2012).

Muitas espécies de *Synalpheus* ainda apresentam registros incertos devido a imprecisões quanto à sua taxonomia (Christoffersen 1979; Almeida *et al.* 2012; Anker 2012; Santos *et al.* 2012; Anker & Pachelle 2014; Oliveira *et al.* 2015; Anker *et al.* 2016), um problema reportado historicamente dentro do gênero (Ríos & Duffy 2007). A nomenclatura de *Synalpheus* foi regularizada apenas em 1888 por Spence Bate, porém não completamente consolidada por ainda conter incoerências na sua identificação, como por exemplo a para a espécie tipo utilizada na descrição do gênero, *Synalpheus falcatus* Spence Bate, 1888 (hoje *Synalpheus comatularum* (Haswell, 1882)), que havia sido descrita inicialmente como *Alpheus comatularum* Haswell, 1882 (Ríos & Duffy 2007).

Revisões taxonômicas de *Synalpheus* foram propostas inicialmente por Coutière (1908, 1909), sendo em seguida aceita por De Man (1911), consistindo em uma divisão

do gênero em seis grupos informais, não taxonômicos: *Brevicarpus*; *Comatularum*, *Laevimanus* (renomeado para *Gambarelloides*); *Biunguiculatus* (renomeado para *Coutièrei*); *Neomeris*; e *Paulsoni* (Banner & Banner, 1975). Apesar de não ser considerada uma classificação taxonômica, a separação destes grupos se baseou em características morfológicas que, a princípio, demonstram padrões evolutivos e afinidades subgenéricas (Banner & Banner 1975; Ríos & Duffy 2007).

Posteriormente, a reavaliação da definição dos grupos propostos por Coutière (1908, 1909) concluiu que dentre os seis mencionados acima, somente os três primeiros apresentam morfologias distintas o suficiente para permanecerem separados, sendo os demais grupos considerados como relações duvidosas e que não auxiliam sua classificação (Banner & Banner 1975). Ainda dentro do gênero *Synalpheus*, uma revisão mais recente proposta por Ríos & Duffy (2007) sugeriu a mudança de algumas espécies inclusas no grupo *Gambarelloides*, para um novo gênero, *Zuzalpheus* Ríos & Duffy, 2007.

A mudança proposta por Ríos & Duffy (2007) teve como base aspectos morfológicos, como também um suporte molecular que sugeriu a existência de um grupo monofilético dentro de *Synalpheus* (Duffy *et al.* 2000; Morrison *et al.* 2004; Hultgren *et al.* 2011; Duffy & Hultgren 2011). Entretanto, por meio de uma nova revisão, Anker & De Grave (2008) consideraram o gênero descrito por Ríos & Duffy (2007) como um sinônimo júnior de *Synalpheus*, incluindo *Zuzalpheus* como um nome ainda válido taxonomicamente, podendo ser utilizado como classificação subgenérica.

Synalpheus é o grupo com a maior diversidade de organização social já descrita dentre os organismos marinhos. Para os *Gambarelloides*, são observados dois tipos de organização social, exclusivas deste grupo: 1- a “comunal”, que contém indivíduos da mesma espécie que vivem em comunidade, na qual diversos casais vivem simultaneamente no mesmo hospedeiro, em proporção dos sexos aproximadamente igual,

e com todos indivíduos apresentando capacidade reprodutiva; e 2- a eussocial, ou seja, colônias com presença de uma ou mais “rainhas” (fêmeas funcionalmente reprodutivas), com alto enviesamento reprodutivo, sobreposição de gerações e defesa cooperativa do hospedeiro, e, em alguns casos específicos como em *Synalpheus regalis* Duffy, 1996 que utilizam o mecanismo de estalo para comunicação entre espécimes da mesma colônia (Duffy *et al.* 2002). (Brooks *et al.* 2017; Hultgren *et al.* 2017). Dentre os organismos marinhos, a eussocialidade é uma característica encontrada apenas em algumas espécies de *Synalpheus* (Duffy 1996; Hultgren *et al.* 2017). Já para a maioria das espécies do gênero, que inclui os chamados “não Gambarelloides”, apresentam pares monogâmicos, descrito como comportamento de “pair bond”, no qual vivem em pares heterossexuais em tocas ou hospedeiros.

Os estudos recentes com o gênero exibem, majoritariamente, taxonomia, morfologia dos adultos e a correlação destes com outros biologia molecular, tamanho dos ovos, e tamanho do genoma (Anker *et al.* 2017; Chak *et al.* 2017; Hultgren *et al.* 2017; 2021; Ashrafi & Hultgren 2022). Seguindo essa abordagem, os estudos que utilizam aspectos das larvas, as utilizam apenas como uma ferramenta que considera somente o padrão de desenvolvimento, se abreviado ou estendido (Duffy & Macdonald 2009; Hultgren *et al.* 2021), sem analisar detalhadamente as características morfológicas das larvas de cada espécie. Sendo assim, a morfologia larval é pouco utilizada em estudos recentes envolvendo *Synalpheus*, apesar de ser um importante método dentro da biologia dos crustáceos (Anger 2001).

Deste modo, o objetivo geral da presente tese foi descrever a morfologia externa das zoeas I de cinco espécies de *Synalpheus* registrados no estado de São Paulo e comparar com demais descrições disponíveis na literatura, a fim de encontrar padrões na morfologia larval e no desenvolvimento pós-embriônico deste gênero que possam auxiliar a

esclarecer aspectos da taxonomia e história de vida do grupo. Assim, a tese consiste em dois capítulos: i) Descrição do primeiro estágio larval de cinco espécies dos camarões do gênero *Synalpheus* Spence Bate, 1888; ii) Revisão da morfologia do primeiro estágio larval dos camarões do gênero *Synalpheus* Spence Bate, 1888.

Referências

- Almeida, A., Boehs, G., Araujo-Silva, C.L. & Bezerra, L.E.A. (2012). Shallow-water caridean shrimps from southern Bahia, Brazil, including the first record of *Synalpheus ul* (Ríos & Duffy, 2007) (Alpheidae) in the southwestern Atlantic Ocean. *Zootaxa*, 3347, 1–35.
- Almeida, A.O., Santos, P.S., Soledade, G.O., Santos, J.P. & Pérez, C.D. (2015). New invertebrate host records (Porifera and Cnidaria) for some caridean shrimps in estuaries of north-eastern Brazil. *Marine Biodiversity Records*, 8, e38.
- Almeida, A.O., Terossi, M., Buranelli, R.C., Castilho, A.L., Costa, R.C. & Zara, F.J., Mantelatto, F.L. (2018). Checklist of decapods (Crustacea) from the coast of São Paulo State (Brazil) supported by integrative molecular and morphological data: II. Infraorder Caridea: family Alpheidae. *Zootaxa*, 4450, 331–358.
- Anger, K. (2001). *The Biology of Crustacean Larvae*. Lisse, A. A. Balkema Publishes, 405pp.
- Anger, K. (2006). Contributions of larval biology to crustacean research: a review. *Invertebrate Reproduction & Development*, 49 (3), 175–205.
- Anker, A. (2008). A worldwide review of stygobiotic and stygophilic shrimps of the family Alpheidae (Crustacea, Decapoda, Caridea). *Subterranean Biology*, 6, 1–16.

Anker, A. (2022). *Crosnierocaris athanasoides* gen. et sp. nov., a new deep-water alpheid shrimp from Mozambique Channel (Malacostraca: Decapoda: Caridea). *Zootaxa*, 5105 (2), 269–280.

Anker, A. & De Grave, S. (2008). *Zuzalpheus* Ríos and Duffy, 2007: a junior synonym of *Synalpheus* Bate, 1888 (Decapoda: Alpheidae). *Journal of Crustacean Biology* 28, 735–740.

Anker, A., Ahyong, S.T., Noël, P.Y. & Palmer, A.R. (2006). Morphological phylogeny of alpheid shrimps: Parallel predation and the origin of a key morphological innovation, the snapping claw. *Evolution*, 60 (12), 2507–2528.

Anker, A., Pachelle, P., De Grave, S. & Hultgren, K.M. (2012). Taxonomic and biological notes on some Atlantic species of the snapping shrimp genus *Synalpheus* Spence Bate, 1888 (Decapoda, Alpheidae). *Zootaxa*, 3598, 1–96.

Anker, A. & Pachelle, P.P.G. (2014). Taxonomic notes on some Brazilian species of *Synalpheus* Spence Bate, 1888, with new records and description of a new species (Decapoda, Alpheidae). *Zootaxa* 3815, 215–232.

Anker, A., Tavares, M. & Mendonça, J., B. (2016). Alpheid shrimps (Decapoda: Caridea) of the Trindade and Martin Vaz Archipelago, off Brazil, with new records, description of a new species of *Synalpheus* and remarks on zoogeographical patterns in the oceanic islands of the tropical southern Atlantic. *Zootaxa*, 4138, 1–58.

Anker, A., Hultgren, K.M. & De Grave, S. (2017). *Synalpheus pinkfloydi* sp. nov., a new pistol shrimp from the tropical eastern Pacific (Decapoda: Alpheidae). *Zootaxa*, 4254 (1), 111–119.

Ashrafi, H., Sari, A. & Naderloo, R. (2020) A new sponge-dwelling species of *Synalpheus* Spence Bate, 1888 (Decapoda: Caridea: Alpheidae) from the Persian Gulf. *Zootaxa*, 4861 (3), 338–348.

Ashrafi, H. & Hultgren, K.M. (2022). Integrative methods resolve taxonomy and relationships of snapping shrimps in the genus. *Invertebrate Systematics*, 36 (5), 389–418.

Banner, D.M. & Banner, A.H. (1975). The alpheid shrimp of Australia. Part 2: the genus *Synalpheus*. *Records of the Australian Museum*, 29, 267–389.

Bauer, R.T. (2004). Remarkable shrimps: adaptations and natural history of the carideans. University of Oklahoma Press, Norman, 282 pp.

Brooks, W.K., & Herrick, F.H. (1892). The embryology and metamorphosis of the Macroura. *National Academy of Sciences*, 5, 319–380.

Brooks, K.C., Maia, R., Duffy, J.E., Hultgren, K.M. & Rubenstein, D.R. (2017). Ecological generalism facilitates the evolution of sociality in snapping shrimps. *Ecological Letters*, 20, 1516–1525.

Chak, S.T., Duffy, J.E., Hultgren, K.M. & Rubenstein, D.R. (2017). Evolutionary transitions towards eusociality in snapping shrimps. *Nature ecology & evolution*, 1(4), 1–7.

Christoffersen, M.L. (1979). Decapod Crustacea: Alpheoidea. Campagne de la Calypso au large des côtes atlantiques de l'Amérique du Sud (1961-1962). I. 36, *Annales de l'Institut Océanographique*, Monaco, (Suppl.), 55, 297–377.

Clark, P.F. & Cuesta, J. (2015). Larval systematics of Brachyura. In: Castro, P., Davie, P.J.F., Guinot, D., Schram, F., Von Vaupel Klein, C. (Eds.), *Treatise on Zoology—*

Anatomy, Taxonomy, Biology—The crustacea, complementary to the volumes translated from the French of the Traité de Zoologie, 9(C) (I), Decapoda: Brachyura (Part 2). Brill, Leiden, 981–1148.

Clark, Paul F., Calazans, D., & Pohle, G.W. (1998). Accuracy and standardization of brachyuran larval descriptions. *Invertebrate Reproduction & Development*, 33, 127–144.

Coutière, H. (1908). Sur les Synalpheés américaines. *Comptes rendus hebdomadaires des séances de l'Académie de Sciences*, 146, 710–712.

Coutière, H. (1909). The American species of snapping shrimps of the genus *Synalpheus*. *Proceedings of the United States National Museum*, 36, 1–93.

Dahms, H.-U. (2000). Phylogenetic implications of the crustacean nauplius. *Hydrobiologia*, 417, 91–99.

De Grave, S. & Fransen, C.H.J.M. (2011). Carideorum catalogus: the recent species of the dendrobranchiate, stenopodidean, procarididean and caridean shrimps (Crustacea: Decapoda). *Zoologische Mededelingen*, 85, 195 - 588.

De Man, J.G. (1911). The Decapoda of the Siboga Expedition. Part II. Family Alpheidae. *Siboga-Expédition Report*, 22, 133–465.

Duffy, J.E. (1996). *Synalpheus regalis*, new species, a sponge-dwelling shrimp from the Belize Barrier Reef, with comments on host specificity in *Synalpheus*. *Journal of Crustacean Biology*, 16, 564–573.

Duffy, J.E. & Macdonald, K.S. (1999). Colony structure of the social snapping shrimp *Synalpheus filidigitus* in Belize. *Journal of Crustacean Biology*, 19 (2), 283–292.

- Duffy, J.E. & Macdonald, K.S. (2009). Kin structure, ecology and the evolution of social organization in shrimp: a comparative analysis. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 277, 575–584.
- Duffy, J.E., Morrison, C. & Rios, R. (2000). Multiple origins of eusociality among spongedwelling shrimps (*Synalpheus*). *Evolution*, 54, 503–516.
- Duffy, J.E., Morrison, C.L. & Macdonald, K.S. (2002). Colony defense and behavioral differentiation in the eusocial shrimp *Synalpheus regalis*. *Behavioral Ecology and Sociobiology*, 51, 488–495.
- Duffy, J.E. & Hultgren, K.M. (2011). Multi-Locus Phylogeny of Sponge-Dwelling Snapping Shrimp (Caridea: Alpheidae: *Synalpheus*) Supports Morphology-Based Species Concepts. *Journal of Crustacean Biology*, 31, 352–360.
- Garm, A. (2004). Revising the definition of the crustacean seta and setal classification systems based on examinations of the mouthpart setae of seven species of decapods. *Zoological Journal of the Linnean Society*, 142, 233–252.
- Goldberg, W.M. (1971). A note on the feeding behavior of the snapping shrimp *Synalpheus fritzmuelleri* Coutière (Decapoda, Alpheidae). *Crustaceana*, 21 (3), 318–320.
- González-Gordillo, J.I., Santos, A. & Rodríguez, A. (2001). Checklist and annotated bibliography of decapod crustaceans larvae from the Southwestern European coasts (Gibraltar Strait area). *Scientia Marina*, 65, 275–305.
- Guerao, G. & Cuesta, J.A. (2014). Caridea. In: Martin, J.W., Olesen, J. & Hoeg, J.T. (Eds). *Atlas of Crustacea Larvae*. MD: Johns Hopkins University Press, Baltimore, pp. 250–255.

Gurney, R. (1949). The larval stages of the Snapping-Shrimp, *Synalpheus goodei* Coutière. *Proceedings of the Zoological Society of London* 119, 293–295.

Hultgren, K. & Duffy, J. (2010). Sponge host characteristics shape the community structure of their shrimp associates. *Marine Ecology Progress Series* 407, 1–12.

Hultgren, K.M. & Brandt, A. (2015). Taxonomy and phylogenetics of the *Synalpheus paraneptunus*-species-complex (Decapoda: Alpheidae), with a description of two new species. *Journal of Crustacean Biology*, 35 (4), 547–558.

Hultgren, K.M., Macdonald III, K.S. & Duffy, J.E. (2011). Sponge-dwelling snapping shrimps (Alpheidae: *Synalpheus*) of Barbados, West Indies, with a description of a new eusocial species. *Zootaxa*, 2834, 1–16.

Hultgren, K., Duffy, J.E. & Rubenstein, D.R. (2017). Sociality in shrimps. In: Rubenstein, D.R. & Abbot, P. (Eds). *Comparative social evolution*. Cambridge University Press, pp. 224–250.

Hultgren, K.M., Chak, S.T., Bjelajac, J. & Macdonald, K.S. (2021). Correlated evolution of larval development, egg size and genome size across two genera of snapping shrimp. *Journal of Evolutionary Biology*, 34 (11), 1827–1839.

Komai, T. & Fujita, Y. (2018). A new genus and new species of alpheid shrimp from a marine cave in the Ryukyu Islands, Japan, with additional record of *Salmonesus antricola* Komai, Yamada & Yunokawa (Crustacea: Decapoda: Caridea). *Zootaxa*, 4369 (4), 575–586.

Koo, H. & Kim, W. (2014). *Synalpheus jejuensis* n. sp. (Crustacea: Decapoda: Alpheidae) from Korea based on morphological and molecular study. *Animal Cells and Systems*, 18 (5), 351–357.

- Knowlton, R.E. (1973). Larval development of the snapping shrimp *Alpheus heterochaelis* Say, reared in the laboratory. *Journal of Natural History*, 7, 273–306.
- Lebour M. (1932). The larval stages of the Plymouth Caridea – IV The Alpheidae. *Proceedings of the Zoological Society of London*, 102 (2), 463-469.
- Marques, F. & Pohle, G. (1995). Phylogenetic analysis of the Pinnotheridae (Crustacea, Brachyura) based on larval morphology, with emphasis on *Dissodactylus* species complex. *Zoologica Scripta*, 24 (4), 347–364.
- Martin, J.W., Olesen, J., Hoeg, J.T. & Hoeg, J. (2014). *Atlas of crustacean larvae*. JHU Press, Baltimore, 370 pp.
- Mathews, L.M. (2006). Cryptic biodiversity and phylogeographical patterns in a snapping shrimp species complex: Cryptic Diversity in Tropical Snapping Sh. *Molecular Ecology*, 15, 4049–4063.
- Morrison, C.L., Rios, R. & Duffy, J.E. (2004). Phylogenetic evidence for an ancient rapid radiation of Caribbean sponge-dwelling snapping shrimps (Synalpheus). *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 30, 563–581.
- Negreiros-Fransozo, M.L., González-Gordillo, J.I., Fransozo, A. (2002). First larval stage of *Exhippolysmata oplophoroides* (Holthuis, 1948) (Decapoda, Caridea, Hippolytidae) obtained in laboratory. *Nauplius*, 10, 67–71.
- Oliveira, M.V., Santos, P.S. & Almeida, A.O. (2015). First record of the sponge-dwelling shrimp *Synalpheus dardeai* (Crustacea: Decapoda: Alpheidae) in the south-western Atlantic. *Marine Biodiversity Records*, 8, 1–4.
- Pantaleão, J.A.F., Gregati, R.A., Costa, R.C., López-Greco, L.S. & Negreiros-Fransozo, M.L.N. (2017). Post-hatching development of the ornamental ‘Red Cherry Shrimp’

Neoacaridina davidi (Bouvier, 1904) (Crustacea, Caridea, Atyidae) under laboratory conditions. *Aquaculture Research*, 48, 553–569.

Pantaleão, J.A.F., Pescinelli, R.A., Costa, R.C., Cuesta, J.A. & Mantelatto, F.L. (2020). First zoeal stage morphology of *Alpheus carlae* and *A. intrinsecus*, (Decapoda, Caridea, Alpheidae) obtained in the laboratory. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 100 (6), 949–961.

Pescinelli, R.A., Pantaleão, J.A.F., Mantelatto, F.L. & Costa, R.C. (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.

Pohle, G.W. & Telford, M. (1981). Morphology and classification of decapod crustacean larval setae: a scanning electron microscopy study of *Dissocactylus crinitichelis* Moreira, 1901 (Brachyura, Pinotheridae). *Bulletin of Marine Science*, 31, 736–752.

Pohle, G. & Marques, F. (2000). Larval stages of *Paradasygyus depressus* (Bell, 1835) (Crustacea: Decapoda: Brachyura: Majidae) and phylogenetic analysis for 21 genera of Majidae. *Proceedings of the Biological Society of Washington*, 113 (3), 739–760.

Ramos-Tafur, G.E. & Franke-Ante, R. (2019). *Synalpheus amintae* sp. nov., a new species of sponge-dwelling snapping shrimp (Crustacea: Decapoda: Alpheidae) from Parque Nacional Natural Isla Gorgona, Pacific Coast of Colombia. *Zootaxa*, 4646, 1, 173–188.

Ríos, R. & Duffy, J.E. (2007). A review of the sponge-dwelling snapping shrimp from Carrie Bow Cay, Belize, with description of *Zuzalpheus*, new genus, and six new species. *Zootaxa*, 1602, 1–89.

Santos, R.S., Soledade, G.O. & Almeida, A.O. (2012). Decapod crustaceans on dead coral from reef áreas on the coast of Bahia, Brazil. *Nauplius*, 20 (2), 145–169.

Sanvicente-Añore, L., Zavala-Hiadalgo, J., Allende-Arandía, E. & Hermoso-Salazar, M. (2018). Larval dispersal in three coral reef decapod species: Influence of larval duration on the metapopulation structure. *PloS One*, 13 (3), e0193457.

Scholtz, G. (2000). Evolution of the nauplius stage in malacostracan crustaceans. *Journal of Zoological Systematics and Evolutionary Research*, 38 (3), 175–187.

Sedova, N.A. & Grigoriev, S.S. (2018). Morphological features of larvae of the genus *Argis* (Decapoda, Crangonidae) from coastal Kamchatka and adjacent waters. *Zoosystematica Rossica*, 27 (1), 11–33.

Sha, Z.L., Wang, Y.R. & Cui, D.L. (2019). *The Alpheidae from China Seas*. Springer Nature, Singapore, 323p.

Torres, G., Melzer, R.R., Spitzner, F., Sargac, Z., Harzsh, S. & Gimenez, L. (2021). Methods to study organogenesis in decapod crustaceans larvae. I. larval rearing, preparation, and fixation. *Helgoland Marine Research*, 75 (1), 1–21.

Vogt, G. (2013). Abbreviation of larval development and extension of brood care as key features of the evolution of freshwater Decapoda. *Biological Reviews* 88, 81–116.

Wang, Y.R. & Sha, Z.L. (2015). A review of the genus *Synalpheus* (Crustacea: Decapoda: Caridea: Alpheidae) from China seas. *Zoological Systematics*, 40 (4), 357–435.

Weise, J.G. (1975). A Contribution to the Knowledge of the Larval Development of *Synalpheus pectiniger*, *S. Minus*, and *S. Fritzmuelleri* (Decapoda, Alpheidae). Florida Atlantic University, Boca Raton, 85 pp.