

# RESSALVA

Atendendo solicitação do(a)  
autor(a), o texto completo desta  
Dissertação de Mestrado será  
disponibilizado somente a partir de  
19/02/2019.

**TAXONOMIA, MORFOLOGIA REPRODUTIVA E  
CRESCIMENTO RELATIVO NO CAMARÃO-FANTASMA  
*CALLICHIRUS MAJOR* (SAY, 1818) (DECAPODA:  
*CALLIANASSIDAE*), NO SUDESTE DO BRASIL**

**JULIANA PRISCILA PIVA RIO**

**SÃO VICENTE – SP**

**2018**

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA**  
**“Júlio de Mesquita Filho”**  
**Instituto de Biociências – Câmpus do Litoral Paulista**

**TAXONOMIA, MORFOLOGIA REPRODUTIVA E  
CRESCIMENTO RELATIVO NO CAMARÃO-FANTASMA  
*CALLICHIRUS MAJOR* (SAY, 1818) (DECAPODA:  
*CALLIANASSIDAE*), NO SUDESTE DO BRASIL**

**Juliana Priscila Piva Rio**

**Orientador: Prof. Dr. Marcelo Antonio Amaro Pinheiro**

**Co-orientador: Dr. Patricio Hernáez**

Dissertação apresentada ao Câmpus Experimental  
do Litoral Paulista, UNESP, para obtenção do  
título de Mestre no Programa de Pós-Graduação  
em Biodiversidade Aquática.

**SÃO VICENTE – SP**

**2018**

595.384 Rio, Juliana Priscila Piva

R476 Taxonomia, morfologia reprodutiva e crescimento relativo no camarão-fantasma *Callichirus major* (Say, 1818) (Decapoda: Callinassidae), no sudeste do Brasil. / Juliana Priscila Piva Rio. - São Vicente, 2018.

91 p.: il, figs., gráfs.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Câmpus do Litoral Paulista - Instituto de Biociências.

Orientador: Marcelo Antonio Amaro Pinheiro

Co-orientador: Patricio Hernáez

1. Invertebrado. 2. Crustacea. 3. Camarão - Biologia.  
4. Sistema reprodutivo. 5. Taxonomia. 6. Morfologia. I. Título.

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca da UNESP  
Câmpus do Litoral Paulista



Dedico este trabalho às pessoas mais importantes da minha vida: Rosangela Rio, Reinaldo Rio, Reinaldo Rio Filho, Rogério Azevedo Piva, Lara Rio e André Pezzuol.

## AGRADECIMENTOS

---

Agradeço ao meu orientador Prof. Dr. Marcelo Antonio Amaro Pinheiro pela oportunidade e dedicação de tempo e esforço para que este trabalho se realizasse, além de ter contribuído muito, nestes dois anos, na formação de meu conhecimento como pesquisadora. Ao meu co-orientador Dr. Patricio Hernáez, por ter compartilhado comigo seus conhecimentos sobre os camarões-fantasma, contribuindo em minha formação, além de ter me orientado durante as coletas dos animais, se dedicando muito para a realização deste trabalho.

Agradeço, as amigas Msc. Akeme Matsunaga e Camila Pimenta, por terem sido minhas parceiras na pesquisa e na vida, me auxiliando em todas as coletas dos espécimes e me ensinando sobre os testes estatísticos. Ao amigo Michel Angeloni que dedicou seu tempo ajudando em todas as minhas coletas. Agradeço ao meu amor, André Pezzuol, por fazer parte da minha vida em período integral, por sua atenção e carinho, além de ter me ajudado no transporte do material. A amiga Gabriela Daniel, por ter me ajudado com os estudos, além de compartilhar sua sabedoria de vida. Aos amigos Michael Hereman e Marcio João por terem me auxiliado com transporte e ensinamentos sobre confecção de mapas, respectivamente, e a Bruna Lopes pelo auxílio nas primeiras coletas. Ao Dr. Ivan Nunes por ter me supervisionado durante o estágio docência, contribuindo para meu conhecimento e formação.

Ao Programa de Pós-graduação em Biodiversidade Aquática (PPGBA) e a Universidade Estadual Paulista (UNESP) Instituto de Biociências – Câmpus do Litoral Paulista. Ao SISBIO pela autorização concedida para coleta dos espécimes. À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela bolsa concedida. Agradeço aos membros da banca de qualificação Dr. Álvaro Reigada e Dra. Renata Mari pelas importantes sugestões que acrescentaram muito a este trabalho. Aos membros da banca de defesa, Dr. Fernando Abrunhosa e Dr. Rogério Costa, que contribuíram imensamente, para o aperfeiçoamento deste trabalho.

À Fabiana Cerqueira e Hana Yamanaka, membros da seção técnica de pós-graduação, por serem sempre tão solícitas e educadas comigo. Às amigas Giovanna Câneo, Amanda Rodrigues, Daniela Machado, Dra. Fabiana Nunes, Andressa Soliani, Raquel Riyuzo, Jefferson Piva, Caroline Melo, e Mariana Santiago, por fazerem parte da minha vida durante este período, sempre me dando conselhos e apoio. Por fim, agradeço à minha família, pela presença e incentivo em todos os momentos: Rosangela Rio; Reinaldo Rio; Reinaldo Rio Filho; Rogério Azevedo Piva e Lara Rio.

## SUMÁRIO

---

|                                                                                                                                           | Página |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|
| <b>Resumo Geral</b> .....                                                                                                                 | 07     |
| <b>General Abstract</b> .....                                                                                                             | 09     |
| <b>Introdução Geral</b> .....                                                                                                             | 11     |
| <b>Capítulo 1</b> .....                                                                                                                   | 15     |
| São as populações de <i>Callichirus</i> da costa do Brasil pertencentes a <i>C. major</i> ?                                               |        |
| <b>Capítulo 2</b> .....                                                                                                                   | 38     |
| Biologia sexual no camarão-fantasma <i>Callichirus major</i> (Say, 1818) (Decapoda: Callianassidae) do Atlântico Sul Ocidental            |        |
| <b>Capítulo 3</b> .....                                                                                                                   | 65     |
| Morfometria quelar em <i>Callichirus major</i> (Say, 1818) (Decapoda, Callianassidae): uma ferramenta para avaliação da maturidade sexual |        |
| <b>Conclusões Gerais</b> .....                                                                                                            | 86     |
| <b>Referências Bibliográficas</b> .....                                                                                                   | 87     |

O presente estudo analisa a taxonomia, morfologia externa e interna do sistema reprodutivo e crescimento relativo do camarão-fantasma *Callichirus major* da costa do Brasil. Para isto, espécimes de *C. major* foram coletados ao longo de todo o litoral brasileiro e, de forma particular, mensalmente, durante um ano, na Praia do Gonzaga, região Sudeste do Brasil. Um total de 840 indivíduos (316 machos, 524 fêmeas) foram avaliados. Ocorrendo desde o estado do Pará até Santa Catarina, *C. major* apresentou um rostro com duas projeções anterolaterais triangulares, pedúnculos oculares com pontas obtusas, dátilo do quelípodo maior dos machos com uma ponta bífida e margem interna lisa, projeção proximal do carpo com margem reta, mero com porção proximal da margem dorsal dentada, quelípodo menor com borda cortante dentada e um dente grande curvado para frente entre as projeções laterais do telso. Estes animais apresentaram diferenças morfológicas marcantes em comparação aos espécimes de *C. major* procedentes da Florida (EUA), justificando a separação da grande população do Atlântico Ocidental de *C. major* e determinando uma nova espécie no gênero, ***Callichirus brasiliensis* sp. nov.** Nos capítulos desta dissertação que não trataram de taxonomia, optamos por manter o nome da espécie até o momento aceito, *C. major*. A morfologia reprodutiva externa destes camarões-fantasma se mostrou distinta entre machos, com gonóporos circulares, localizados no quinto par de pereiópodos, e fêmeas, com gonóporos ovalados, sobre o terceiro par de pereiópodos, além de apresentarem uma abertura vestigial e circular, no quinto par de pereiópodos. As gônadas dos machos são tubulares apresentando uma seção anterior testicular e uma posterior ovariana, enquanto as fêmeas apresentaram dois ovários robustos e intensamente avermelhados na fase pós-puberal. Nenhum órgão interno das fêmeas se comunicou com o gonóporo extra na coxa do quinto pereiópodo, caracterizando essa estrutura como não funcional. O primeiro par de pleópodos é sexualmente dimórfico, sendo reduzido nos machos, composto por dois segmentos, enquanto que nas fêmeas é bem desenvolvido e se compõe por três artículos. Somente fêmeas apresentaram cerdas longas e finas sobre estes apêndices abdominais, durante o período reprodutivo. O segundo pleópodo é birreme em ambos os sexos, com um apêndice interno nas fêmeas e ausência do apêndice masculino nos machos. Por mais que os ovários dos machos produzam ovócitos, a ovoposição parece não ocorrer, sem provas de uma funcionalidade para a reprodução na espécie, assim como os gonóporos não funcionais presentes nas fêmeas (jovens e adultas). Todas as evidências morfológicas externas apontam para um dimorfismo entre os sexos em *C. major*, parecendo o hermafroditismo ser uma característica não funcional na espécie. A análise do crescimento relativo entre o primeiro par de pereiópodos (quelípodos) e o comprimento da carapaça, demonstrou uma alometria positiva nos juvenis

de ambos os sexos, tanto para o comprimento quanto para a largura do carpo. O mesmo ocorreu quanto ao crescimento do comprimento do carpo nos machos adultos. As fêmeas adultas apresentaram uma alometria negativa para as duas relações, assim como os machos adultos, quanto a altura do carpo. O tamanho de maturidade foi síncrono entre os sexos da espécie, sendo estimado em 15 e 16 mm de comprimento de carapaça, para os machos e fêmeas, respectivamente. Além de ser confirmada hetero e homoquelia para ambos os sexos em *C. major*, com a heteroquelia predominante nos machos (86,9%), enquanto a maioria das fêmeas apresentaram homoquelia (59,3%). Comprovou-se que o comprimento e altura do carpo podem ser utilizados com eficiência para a obtenção do tamanho de maturidade sexual. Adicionalmente, os resultados demonstraram uma heteroquelia mais acentuada nos machos da espécie, existindo grande dimorfismo sexual quanto a morfologia e taxa de crescimento do primeiro par de pereiópodos, tanto nos indivíduos juvenis, quanto nos adultos. Levando em conta as evidências morfológicas (gonóporos, pleópodos 1 e pleópodos 2) de dimorfismo sexual, além da diferença nas taxas de crescimento e tipos quelares entre machos e fêmeas de *C. major*, os resultados aqui expostos corroboram a ideia de que a espécie apresenta sexos bem definidos, característica de um sistema sexual gonocórico. Também foram confirmadas características vestigiais de hermafroditismo (ovários nos machos e gonóporos extras nas fêmeas), portanto, não sendo funcionais nesta espécie.

**Palavras-chave:** Atlântico Ocidental, comparação morfológica, Crustacea, heteroquelia, sistema sexual.

The present study analyses the taxonomy, external and internal morphology of the reproductive apparatus and relative growth of the ghost shrimp *Callichirus major* from the coast of Brazil. For this, specimens of *C. major* were collected along the entire Brazilian coast and, in particular, monthly, for one year, in Gonzaga's Beach, Southeastern region of Brazil. A total of 840 individuals (316 males, 524 females) were evaluated. Occurring from the state of Pará to Santa Catarina, *C. major* presented a rostrum with two triangular anterolateral projections, ocular peduncles with obtuse tips, dactyl of the greater chelipod of males with a bifid tip and smooth internal margin, proximal projection of the carpal with straight margin, merus with proximal portion with dentate dorsal margin, smaller chelipod with toothed cutting edge and a large tooth curved forward between the lateral projections of the telson. These animals presented marked morphological differences when compared to specimens of *C. major* from Florida (USA), justifying the separation of the large Western Atlantic population from *C. major* and determining a new species in this genus – ***Callichirus brasiliensis* n. sp.** In the chapters of this thesis that don't deal with taxonomy, we chose to keep the name of the species so far accepted, *C. major*. The external reproductive anatomy of these ghost shrimps was shown to be distinct between males, with circular gonopores located in the fifth pair of pereopods, and females with oval gonopores on the third pair of pereopods, in addition having a vestigial circular aperture in the fifth pair of pereopods. The gonads of the males are tubular presenting an anterior testicular section and a posterior ovarian section, while the females presented two robust and intensely reddish ovaries in the post-pubertal phase. Internal organs of the females don't communicate with the extra gonopore in the coxal of the fifth pereopod, characterizing this structure as nonfunctional. In addition, the first pair of pleopods is sexually dimorphic, being reduced in males, composed of two segments, whereas in females it is well developed and is composed of three articles. Only females presented long and slender bristles on these abdominal appendages during the reproductive period. The second pleopod is birramus in both sexes, with an internal appendix in females and absence of the male appendix in males. Although the female gonads of the males produce oocytes, ovoposition doesn't appear to occur, with no evidence of functionality for reproduction in the species, as well as nonfunctional gonopores present in females (juvenile and adult). All external morphological evidence points to a sexual dimorphism in *C. major*, and hermaphroditism seems to be a vestigial trait, probably ancestral in the genus *Callichirus*. The analysis of relative growth between the first pair of pereopods (chelipods) and carapace length, demonstrated a positive allometry in juveniles of both sexes, for carpal

length and width. The same was true for carpal length growth in adult males. Adult females showed a negative allometry for both ratios, as well as adult males, regarding carpal height. The synchronous maturity size, between the sexes of the species, was estimated at 15 and 16 mm of carapace length, for males and females, respectively. In addition, was confirmed heterochely and homoquely for both sexes in *C. major*, with predominant heteroquely in males (86.9%), while most females presented homoquely (59.3%). It was verified that carpal length and height can be used for analyzes of relative growth, being efficient to obtain the size of sexual maturity. In addition, the results showed a more pronounced heterochely in males of the species, and there is great sexual dimorphism as to the morphology and growth rate of the first pair of pereopods, in juveniles and adults. Taking into account the morphological evidence (gonopores, pleopods 1 and pleopods 2) of sexual dimorphism, besides the difference in the growth rates and chelar types between males and females of *C. major*, the results here presented corroborate the idea that the species has sex characteristics of a gonocoric sexual system. Also were registered vestigial hermaphrodite characteristics (ovaries in males and extra gonopores in females), therefore, they are nonfunctional in this species.

**Key words:** Crustacea, morphological comparison, heterochely, sexual system, Western Atlantic.

As infraordens Axiidea e Gebiidea compreendem crustáceos decápodos, conhecidos em vários países como camarões-fantasma, enquanto no Brasil são denominados “corruptos” (Sakai 2014; Rodrigues & Shimizu 1997). São considerados engenheiros ecossistêmicos, promovendo modificação ou criação de novos ambientes, que podem ser ocupados por outras espécies, o que lhes confere relevância na estruturação das comunidades praias ou de sistemas estuarinos (Posey et al. 1991; Hernáez 2014). Isso ocorre devido às atividades de escavação e alimentação (suspensívora e detritívora), que provoca a bioturbação dos sedimentos, assim como ciclagem de nutrientes (Ziebis et al. 1996; Bertics et al. 2010).

Através do movimento de seus apêndices abdominais modificados, os corruptos criam uma corrente hídrica que oxigena suas galerias, bem como possibilita a evacuação de excrementos para o meio externo (Griffis & Suchanek 1991). Estes crustáceos podem ser utilizados como bioindicadores, pois podem acumular poluentes devido ao seu hábito alimentar filtrador (Rodrigues 1985), também se destacando pela importância que detêm na rede trófica dos ecossistemas costeiros (Griffis & Suchanek 1991; Atkinson & Taylor 2004).

A estrutura social e distribuição populacional destes crustáceos é pouco conhecida, existindo espécies solitárias (p. ex., *Callichirus seilacheri*, segundo Hernáez 2014), enquanto outras são registradas em pares heterossexuais (p. ex., as espécies de Upogebiidae, segundo Dworschak et al. 2012) ou agregados (p. ex., *Callichirus islagrande*, de acordo com Bilodeau et al. 2005). A obtenção de modelos das galerias, com resina epóxi, assim como o registro de informações experimentais, têm demonstrado a conexão temporária do ducto principal (vertical) de algumas galerias por túneis horizontais. Este comportamento já foi utilizado como estratégia de acasalamento empregada por machos de *Upogebia omissa* (vide Coelho et al. 2000) e *Upogebia noronhensis* (vide Candisani et al. 2001), quando procuram por fêmeas susceptíveis à cópula.

A genitália externa destes animais é similar à descrita por Felgenhauer (1992) para os decápodos, compreendendo fêmeas que portam gonóporos nas coxas do terceiro par de pereiópodos, enquanto nos machos, estes se abrem nas coxas do quinto par de pereiópodos (Dworschak et al. 2012). Como as fêmeas não possuem espermatecas, não armazenam o esperma para fertilizarem os ovos (Tamaki et al. 1996, 1999). Dentro de Axiidea e Gebiidea, existem espécies nas quais os indivíduos apresentam ambos os gonóporos, feminino e masculino, (p. ex., *Austino Gebia spinifrons* [Haswell, 1882]: Sakai 1984; *Upogebia edentata* Lin, Ngoc-Ho & Chan, 2001: Lin, Ngoc-Ho & Chan 2001; *Ambiaxius propinquus* Komai, Lin & Chan, 2010: Komai, Lin & Chan 2010; *Mictaxius salvati* Ngoc-Ho, 2005: Ngoc-Ho 2005). Nestes casos o sistema sexual gonocórico costuma ser questionado, e esses animais

classificados como intersexuais ou hermafroditas.

Segundo a revisão feita por Dworschak et al. (2012) sobre camarões-fantasma e lagostas-de-lama, o aparelho sexual interno dos machos se compõe de dois testículos pareados e ligados aos gonóporos através de um par de vasos deferentes, enquanto, nas fêmeas ele é formado por dois ovários ligados aos gonóporos por ovidutos. Os ovócitos são liberados para o meio externo através das aberturas genitais das fêmeas e se prendem às cerdas dos pleópodos onde serão incubados até a eclosão larval (Subramoniam 2017). Caracterizando assim um sistema sexual gonocórico (sexos separados). Porém, algumas espécies apresentam variações a este padrão, como em *Upogebia major* (De Haan, 1841), da família Upogebiidae, em que os machos possuem gônadas com uma seção testicular e outra ovariana, produtora de ovócitos, sendo sugerido pelos autores Kang et al. (2008) hermafroditismo na espécie.

O primeiro par de pereiópodos pode apresentar dimorfismo sexual. Nos camarões-fantasma a heteroquelia é uma característica comum na maioria das espécies, em especial nos machos, que podem ser diferenciados das fêmeas e dos juvenis pela morfologia/tamanho quelar, embora algumas espécies tenham as quelas iguais (homoquelia) (Shimoda et al. 2005; Dworschak et al. 2012). Adicionalmente, a biometria de artículos dos quelípodos do primeiro par de pereiópodos têm sido relacionadas ao tamanho corporal, para estimativa da maturidade morfológica em Callianassidae (Hailstone & Stephenson 1961; Felder & Lovett 1989; Labadie & Palmer 1996; Berkenbusch & Rowden 1998; Dworschak 1998; Nates & Felder 1999; Hernáez & Wehrtmann 2007; Alves-Júnior et al. 2014; Hernáez & João *submetido*). Os padrões de crescimento relativo podem variar dentro de uma mesma população, ser dependente do sexo ou característico de cada fase de desenvolvimento (jovem e adulta) (Hartnoll 1982).

*Callichirus major* (Say, 1818) é um dos camarões-fantasma mais característicos de praias arenosas do Atlântico Ocidental. Sua distribuição latitudinal é ampla (34°N - 27°S), ocorrendo desde a Carolina do Norte, Flórida e Golfo do México (Hay & Shore, 1918), até o litoral da Venezuela, Colômbia e Brasil (Pará até Santa Catarina) (Rodrigues 1983; Melo, 1999, Abrunhosa et al., 2008). Devido a extensa ocorrência, o status taxonômico da grande população de *C. major* ao longo do Atlântico Ocidental tem sido fortemente questionado. Rodrigues (1985) comparou a morfologia das quelas de machos e fêmeas do Brasil e da Carolina do Norte, encontrando diferenças entre o dátilo do quelípodo maior dos machos e um dente no dedo fixo das fêmeas, características que considerou insuficientes para a separação destas populações. Entretanto, a partir de estudos moleculares, ressaltou-se a existência de importantes diferenças entre as populações de *C. major* da costa dos Estados

Unidos e as do Golfo do México e Caribe colombiano (Staton & Felder 1995). Estas diferenças foram confirmadas por Peiró (2012), que sugere a existência ao menos de quatro espécies, molecularmente distintas, classificadas dentro do complexo *C. major*. Além disso, este autor afirma que a espécie de *Callichirus* encontrada no Brasil seria única ao longo de todo o litoral, mas distinta de *C. major* proveniente da costa Atlântica dos EUA.

*C. major* vive de forma solitária em galerias construídas, principalmente, na zona intertidal de praias abertas e zonas estuarinas (Pohl 1946; Felder 2001). Sendo que, na costa do Brasil, estes camarões são intensamente capturados devido a sua ampla utilização como isca na pesca esportiva (Rodrigues & Shimizu 1997; Souza & Borzone 2003). O dimorfismo sexual de *C. major* foi evidenciado por Rodrigues (1971) que identificou diferenças morfológicas quanto ao primeiro par de pereiópodos e primeiro par de pleópodos em indivíduos adultos da espécie. Além disso, Rodrigues (1985) e Alves-Júnior et al. (2014) relataram padrões de crescimento que diferem entre os sexos desta espécie, relacionando comprimento do própodo do primeiro pereiópodo com o comprimento da carapaça.

Tais diferenças morfológicas entre os sexos, em Crustacea, caracterizam um sistema sexual gonocórico (Subramoniam, 2017). Entretanto, recentemente, Souza et al. (2017a, b) descreveram a morfologia sexual interna em *C. major*, a partir de espécimes coletados na costa do Brasil. Nestes trabalhos, os autores apontam que os machos de *C. major* possuem gônadas com uma seção ovariana produtora de ovócitos funcionais (Souza et al. 2017a), levantando a ideia de hermafroditismo na espécie. Esta característica nunca foi relatada para espécimes provenientes de outras localidades ao longo do Atlântico Ocidental. Adicionalmente, a presença de aberturas genitais extras sobre as coxas do quinto par de pereiópodos parece ser uma característica comum entre as fêmeas de *Callichirus* (vide Hernáez 2014). Em *Callichirus seilacheri* (Bott, 1955), por exemplo, tais estruturas não estão conectadas às gônadas femininas, portanto, não são funcionais (Hernáez et al., 2018), sendo este aspecto, completamente desconhecido em *C. major*.

Levando em conta estes antecedentes, o presente estudo visa, primeiramente, analisar a taxonomia de *C. major* da costa do Brasil, com base em sua morfologia, afim de possibilitar uma comparação com espécimes da localidade tipo, provenientes da Florida (EUA). Assim, pretende-se caracterizar a população brasileira (desde o Pará até Santa Catarina), determinando se tratar de uma espécie distinta de *C. major*, como apontam estudos moleculares recentes (Staton & Felder 1995; Peiró 2012). Pretende-se, ainda, caracterizar a morfologia reprodutiva externa (gonóporos e primeiro e segundo pares de pleópodos) e interna (gônadas e ductos) da espécie, durante o desenvolvimento ontogenético (fases juvenil

e adulta), investigando sinais de um possível hermafroditismo, sugerido por Souza et al. (2017a) com base na observação das gônadas masculinas. O estudo visa, também, descrever o crescimento relativo dos quelípodos em *C. major*, com base no comprimento e altura do carpo em função do comprimento da carapaça, com possível estimativa do tamanho de maturidade de cada sexo. Por fim, serão determinados os padrões de hetero e homoquelia para esta espécie, seja quanto ao sexo como nas fases de desenvolvimento. Adicionalmente, os resultados destas análises têm o propósito de contribuir para a compreensão do sistema sexual e história de vida de uma das espécies de camarões-fantasma mais emblemáticas de praias arenosas do Atlântico Ocidental.

## CONCLUSÕES GERAIS

---

O camarão-fantasma *Callichirus* registrado na costa brasileira se mostrou morfológicamente distinto de *Callichirus major* da América do Norte, localidade tipo. As principais diferenças foram relatadas quanto ao rostro, primeiro par de pereiópodos e telso destes animais, sendo tais evidências suficientes para a separação dos táxons. Propusemos, assim, um novo nome para a espécie do gênero *Callichirus* que ocorre desde o estado do Pará até Santa Catarina (*C. brasiliensis* sp. nov.), em substituição ao nome atualmente em vigor (*C. major*), embora, na presente dissertação, tenhamos optado por manter a nomenclatura *Callichirus major* para os espécimes do Brasil, em capítulos não relacionados à taxonomia.

A morfologia das aberturas genitais e pleópodos 1 e 2, demonstrou uma diferença sexual clara entre machos e fêmeas, por mais que estas últimas tenham apresentado gonóporos vestigiais nas coxas do quinto pereiópodo, eles não foram funcionais, uma vez que em todas as fêmeas essas aberturas extras estiveram fechadas e não conectadas aos órgãos reprodutivos. Nenhum macho apresentou gonóporo feminino, sendo a localização e formato das aberturas genitais, constantes tanto em juvenis quanto adultos de ambos os sexos. Os machos apresentaram durante todo seu crescimento, primeiro e segundo pares de apêndice abdominal reduzidos que nunca estiveram cobertos por cerdas, diferentemente dos pleópodos bem desenvolvidos das fêmeas, os quais apresentam cerdas próximo ao período reprodutivo. Mesmo que os machos (juvenis e adultos) tenham apresentado um traço de gônada feminina, a ovoposição parece não ocorrer nestes indivíduos e nenhuma fêmea apresentou traço masculinizado quanto as suas gônadas.

As relações de crescimento entre o comprimento do carpo e o comprimento da carapaça, e entre a altura do carpo e o comprimento da carapaça, se mostraram eficientes para a definição do tamanho de maturidade sexual, que foi síncrono para a espécie (15 e 16 mm CC, para as fêmeas e machos, respectivamente). Cada fase (juvenil e adulta) apresentou um padrão de crescimento distinto entre os sexos, sendo que os quelípodos maiores dos machos, crescem sempre em maior taxa de crescimento (b) do que nas fêmeas. Mesmo que os dois tipos quelares (homoquelia e heteroquelia) tenham sido confirmados nos dois sexos, os dados de crescimento relativo justificam a acentuada heteroquelia predominante nos machos, em contraste com a homoquelia ou heteroquelia menos acentuada ocorrente nas fêmeas.

Considerando todas as evidências de dimorfismo sexual, podemos afirmar que *C. major* ao longo do litoral brasileiro (= *C. brasiliensis* sp. nov.), além de ser uma espécie distinta de *C. major* da América do Norte, apresenta um sistema sexual gonocórico, sem provas de um hermafroditismo funcional, que poderia ser uma estratégia sexual alternativa, fato que necessita ser melhor investigado.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

---

- Abrunhosa FA, Arruda DCB, Simith DJB, Palmeira CAM. 2008. The importance of feeding in the larval development of the ghost shrimp *Callichirus major* (Decapoda: Callianassidae). *Anais da Academia Brasileira de Ciências* 80(3):445-453.
- Alves-Júnior FA, Feitosa FAN, Araújo M. 2014. Crescimento alométrico de *Callichirus major* (Say 1818) (Crustacea: Callianassidae) em uma praia arenosa do nordeste brasileiro. *Tropical Oceanography* 42:13-21.
- Atkinson RJA, Taylor AC. 2004. Aspects of the biology and ecophysiology of thalassinidean shrimps in relation to their burrow environment. In: Tamaki A, editor. *Proceedings of the International Symposium on the ecology of large bioturbators in tidal flats and shallow sublittoral sediments — from individual behavior to their role as ecosystem engineers*. Nagasaki: Nagasaki University, p 45-52.
- Berkenbusch K, Rowden AA. 1998. Population dynamics of the burrowing ghost shrimp *Callianassa filholi* on an intertidal sandflat in New Zealand (Decapoda: Thalassinidea). *Ophelia* 49(1):55-69.
- Bertics VJ, Sohm JA, Treude T, Chow CET, Capone DG, Fuhrman JA, et al. 2010. Burrowing deeper into benthic nitrogen cycling: the impact of bioturbation on nitrogen fixation coupled to sulfate reduction. *Marine Ecology Progress Series* 409:1-15.
- Bilodeau AL, Felder DL, Neigel JE. 2005. Multiple paternity in the thalassinidean ghost shrimp, *Callichirus islagrande* (Crustacea, Decapoda, Callianassidae). *Marine Biology* 146:381-385.
- Candisani LC, Sumida PYG, Pires-Vanin AMS. 2001. Burrow morphology and mating behaviour of the thalassinidean shrimp *Upogebia noronhensis*. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom* 81:799-803.
- Coelho VRA, Cooper RA, Rodrigues SA. 2000. Burrow morphology and behavior of the mud shrimp *Upogebia omissa* (Decapoda Thalassinidea: Upogebiidae). *Marine Ecology Progress Series* 200:229-240.
- Dworschak PC. 1998. Observations on the biology of the burrowing mud shrimps *Callianassa tyrrhena* and *C. candida* (Decapoda: Thalassinidea). *Journal of Natural History* 32:1535-1548.

- Dworschak PC, Felder DL, Tudge CC. 2012. Infraorders Axiidea de Saint Laurent, 1979 and Gebiidea de Saint Laurent, 1979 (formerly known collectively as Thalassinidea). In: Schram FR, Vaupel Klein JC, Forest J, Charmantier-Daures M, editors. Treatise on Zoology - Anatomy, Taxonomy, Biology: The Crustacea. Leiden: Brill, p 109-219.
- Felder DL. 2001 Diversity and ecological significance of deep-burrowing macrocrustaceans in coastal tropical waters of Americas (Decapoda: Thalassinidea). *Interciencia* 26:440-449.
- Felder DL, Lovett DL. 1989. Relative growth and sexual maturation in the estuarine ghost shrimp *Callinassa louisianensis* Schmitt, 1935. *Journal of Crustacean Biology* 9(4):540-553.
- Felgenhauer BE. 1992. External anatomy and intergumentary structures. In: Harrison FW, Huvies AG, editors. Microscopic anatomy of invertebrates, 10. Decapod Crustacea. New York: Wiley-Liss, p 7-43.
- Griffis RB, Suchanek TH. 1991. A model of burrow architecture and trophic modes in thalassinidean shrimp (Decapoda: Thalassinidea). *Marine Ecology Progress Series* 79:171-183.
- Hailstone TS, Stephenson W. 1961. The biology of *Callinassa (Trypaea) australiensis* Dana, 1852 (Crustacea, Thalassinidea). University of Queensland papers, Department of Zoology 1(12):259-285.
- Hartnoll RG. 1982. Growth. In: Abele LG, editor. The biology of Crustacea – Embryology, Morphology and Genetics. New York: Academic Press, p 111-196.
- Hay WP, Shore CA. 1918. The decapod crustaceans of Beaufort, N.C., and the surrounding region. *Bulletin of the Bureau of Fisheries* 35:371-475.
- Hernández P. 2014. Estado taxonômico e história de vida de *Callichirus seilacheri* (Bott, 1955) (Decapoda, Axiidea, Callianassidae) na costa do Pacífico Leste: ecologia reprodutiva em ambientes tropicais e relação entre a abundância e a variabilidade latitudinal dos atributos populacionais na costa do Chile. PhD Thesis. Universidade de São Paulo, Department of Biology. 156 pages.
- Hernández P, Granda-Rodríguez H, Rio JPP, Pinheiro MAA. 2018. Morphological remarks in the ghost shrimp *Callichirus seilacheri* (Bott, 1955) (Decapoda, Callianassidae). *Boletim do Instituto de Pesca* 44(1): 00-00.

- Hernández P, Wehrtmann IS. 2007. Population biology of the burrowing shrimp *Callichirus seilacheri* (Decapoda: Callianassidae) in northern Chile. *Revista de Biología Tropical* 55:141–52.
- Kang BJ, Nanri T, Lee JM, Saito H, Han C-H, Hatakeyama M, et al. 2008. Vitellogenesis in both sexes of gonochoristic mud shrimp, *Upogebia major* (Crustacea): Analyses of vitellogenin gene expression and vitellogenin processing. *Comparative Biochemistry and Physiology* 149(B):589-598.
- Komai T, Lin FJ, Chan TY. 2010. Five new species of Axiidae (Crustacea: Decapoda: Axiidea) from deep-water off Taiwan, with description of a new genus. *Zootaxa* 2352:1-28.
- Labadie LV, Palmer AR. 1996. Pronounced heterochely in the ghost shrimp, *Neotrypaea californiensis* (Decapoda: Thalassinidea: Callianassidae): Allometry, inferred function and development. *Journal of Zoology* 240:659-675.
- Lin FJ, Ngoc-Ho N, Chan TY. 2001. A new species of mud-shrimp of the genus *Upogebia* Leach, 1814 from Taiwan (Decapoda: Thalassinidea: Upogebiidae). *Zoological Studies* 40:199-203.
- Melo, G.A.S. 1999. Manual de identificação dos Crustacea Decapoda do litoral brasileiro: Anomura, Thalassinidea, Palinuridea e Astacidea. São Paulo: Editora Plêiade/FAPESP. 551pages.
- Nates SF, Felder DL. 1999. Growth and maturation of the ghost shrimp *Lepidophthalmus sinuensis* Lemaitre and Rodrigues, 1991 (Crustacea, Decapoda, Callianassidae), a burrowing pest in penaeid shrimp culture ponds. *Fisheries Bulletin* 97:526-541.
- Ngoc-Ho N. 2005. Thalassinidea (Crustacea, Decapoda) from French Polynesia. *Zoosystema* 27(1):47-83.
- Peiró DF. 2012. Status taxonômico de *Callichirus major* (Say, 1818) *sensu lato* (Crustacea, Decapoda, Axiidea, Callianassidae) da costa brasileira: taxonomia, sistemática molecular, biologia populacional e reprodutiva. Ph.D. Thesis. Universidade de São Paulo, São Paulo. 158 pages.
- Pohl ME. 1946. Ecological observations on *Callinassa major* Say, at Beaufort, North Carolina. *Ecology* 27:71-80.

- Posey M, Dumbauld B, Armstrong D. 1991. Effects of a burrowing mud-shrimp, *Upogebia pugettensis* (Dana), on abundances of macroinfauna. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 148:283-294.
- Rodrigues SA. 1971. Mud shrimps of the genus *Callianassa* Leach from the Brazilian coast (Crustacea, Decapoda). *Arquivos de Zoologia* 20: 191-223.
- Rodrigues SA. 1983. Aspectos da Biologia de Thalassinidea do Atlântico Tropical Americano. Tese de Livre Docência. Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo (IB/USP). 145 pages.
- Rodrigues, S.A. 1985. Sobre o crescimento relativo de *Callichirus major* (Say, 1818) (Crustacea, Decapoda, Thalassinidea). *Boletim de Zoologia*, **9**: 195-211.
- Rodrigues SA, Shimizu RM. 1997. Autoecologia de *Callichirus major* (Say, 1818). *Oecologia brasiliensis* 3:155-170.
- Sakai K. 1984. A new record of *Upogebia spinifrons* (Haswell, 1882) (Decapoda, Thalassinidea) from Naruto, Japan, showing possible hermaphroditism. *Crustaceana* 47:209-214.
- Sakai K. 2014. On emphasizing the stabilization of the names of the infraorders of ghost shrimps, Thalassinidea Latreille, 1831 and Callianassidea Dana, 1852 (Decapoda, Pleocyemata). *Crustaceana* 87:1738-1741.
- Shimoda K, Wardiatno Y, Kubo K, Tamaki A. 2005. Intraspecific behaviors and major cheliped sexual dimorphism in three congeneric callianassid shrimps. *Marine Biology*, 146:543-557.
- Souza JRB, Borzone CA. 2003. A extração de corrupto, *Callichirus major* (Say) (Crustacea, Thalassinidea), para uso como isca em praias do litoral do Paraná: as populações exploradas. *Revista Brasileira de Zoologia* 20(4):625-630.
- Souza TL, Braga AA, López-Greco LS, Nunes ET. 2017a. Functional morphology of the male reproductive system in *Callichirus major* (Crustacea: Decapoda: Axiidea): Evidence of oocytes in the gonad. *Acta Zoologica* 119:1-10.
- Souza TL, Braga AA, López-Greco LS, Nunes ET. 2017b. Dynamics of oogenesis in ghost shrimp *Callichirus major* (Crustacea: Axiidea): a morphofunctional and histochemical study. *Acta Histochemica* 119:769-777.

- Staton JL, Felder DL. 1995. Genetic variation in populations of the ghost shrimp genus *Callichirus* (Crustacea: Decapoda: Thalassinidea) in the western Atlantic and Gulf of Mexico. *Bulletin of Marine Science* 56:523-536.
- Subramoniam T. 2017. *Sexual Biology and Reproduction in Crustaceans*. United States: Academic Press. 526 pages.
- Tamaki A, Tanoue H, Itoh J, Fukuda Y. 1996. Brooding and larval developmental periods of the callianassid ghost shrimp, *Callianassa japonica* (Decapoda: Thalassinidea). *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom* 76:675-689.
- Tamaki A, Itoh J, Kumiko K. 1999. Distributions of three species of *Nihonotrypaea* (Decapoda: Thalassinidea: Callianassidae) in intertidal habitats along an estuary to open-sea gradient in western Kyushu, Japan. *Crustacean Research* 28:37-51.
- Ziebis W, Forster S, Huettel M, Jørgensen B. 1996. Complex burrows of the mud shrimp *Callianassa truncata* and their geochemical impact in the sea bed. *Nature* 382:619-622.

**CERTIFICADO DE APROVAÇÃO**

**TÍTULO DA DISSERTAÇÃO: TAXONOMIA, MORFOLOGIA REPRODUTIVA E CRESCIMENTO  
RELATIVO NO CAMARÃO-FANTASMA *CALLICHIRUS MAJOR* (SAY,  
1818) (DECAPODA: CALLIANASSIDAE), NO SUDESTE DO BRASIL**

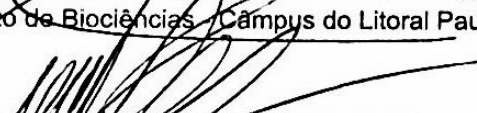
**AUTORA: JULIANA PRISCILA PIVA RIO**

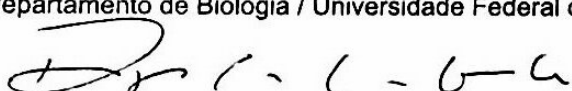
**ORIENTADOR: MARCELO ANTONIO AMARO PINHEIRO**

**COORDINADOR: PATRICIO ALEJANDRO HERNÁNDEZ BOVÉ**

Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de Mestra em BIODIVERSIDADE  
AQUÁTICA, área: BIODIVERSIDADE pela Comissão Examinadora:

  
Prof. Dr. MARCELO ANTONIO AMARO PINHEIRO  
Instituto de Biociências / Câmpus do Litoral Paulista / UNESP

  
Prof. Dr. FERNANDO ARAUJO ABRUNHOSA  
Departamento de Biologia / Universidade Federal do Pará

  
Prof. Dr. ROGERIO CAETANO DA COSTA  
Faculdade de Ciências de Bauru - Câmpus de Bauru / UNESP

São Vicente, 19 de fevereiro de 2018