

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
INSTITUTO DE BIOCÊNCIAS – CÂMPUS DE BOTUCATU
PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS (ZOOLOGIA)

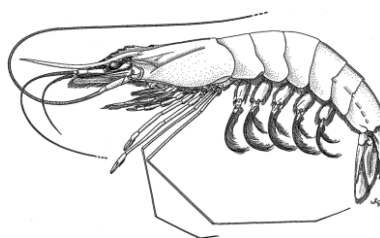
Tese de Doutorado

**Parâmetros reprodutivos e populacionais dos camarões
sete-barbas *Xiphopenaeus* spp. (Decapoda: Penaeidae) na
região sudeste do Brasil: uma abordagem interdisciplinar**

Lizandra Fernandes Miazaki

Orientador: Prof. Dr. Rogerio Caetano da Costa

Coorientador: Prof. Dr. Fernando Luis Medina Mantelatto



BOTUCATU
2021

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
INSTITUTO DE BIOCÊNCIAS – CÂMPUS DE BOTUCATU
PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS (ZOOLOGIA)

**Parâmetros reprodutivos e populacionais dos camarões
sete-barbas *Xiphopenaeus* spp. (Decapoda: Penaeidae) na
região sudeste do Brasil: uma abordagem interdisciplinar**

Lizandra Fernandes Miazaki

Orientador: Prof. Dr. Rogerio Caetano da Costa

Coorientador: Prof. Dr. Fernando Luis Medina Mantelatto

Tese apresentada ao programa de Pós-Graduação em Ciências Biológicas do Instituto de Biociências da Universidade Estadual Paulista (UNESP), Câmpus de Botucatu, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Doutora em Ciências Biológicas (Zoologia).

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

Miazaki, Lizandra Fernandes.

Parâmetros reprodutivos e populacionais dos camarões sete-barbas *Xiphopenaeus* spp. (Decapoda: Penaeidae) na região sudeste do Brasil : uma abordagem interdisciplinar / Lizandra Fernandes Miazaki. - Botucatu, 2021

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

Orientador: Rogerio Caetano da Costa

Coorientador: Fernando Luis Medina Mantelatto

Capes: 20402007

1. Crustáceos. 2. Camarão - Reprodução. 3. Zoologia - Classificação. 4. Peixes - Fecundidade. 5. Peixes - Mortalidade.

Palavras-chave: Dendrobranchiata; Fecundidade; Morfologia geométrica; Mortalidade pesqueira; Status taxonômico.

*“Os benefícios da ciência não são para os
cientistas, e sim para humanidade!”*

(Louis Pasteur)

Dedico esta tese a todos que não desistiram da ciência, em tempos tão difíceis.

Dedico aos primeiros graduados, mestres e doutores de famílias de origem humilde que lutaram e resistiram, apesar de tantas adversidades, obstáculos e privações.

Dedico a todas as mulheres cientistas ou não (em especial, chefes de família, mães-solo e carcinólogas) que, independente, de todas as dificuldades, se dedicam a nutrir suas famílias e a ciência brasileira.

Por fim, dedico a minha mãe e a minha avó Dorinha, matriarca da minha família, que não pode presenciar o resultado final do meu doutorado.

Agradecimentos

Ao meu orientador *Prof. Dr. Rogerio C. Costa*, primeiramente pela oportunidade e confiança, pela orientação, experiência e por todo o aprendizado ao longo de todos esses anos.

Ao meu coorientador *Prof. Dr. Fernando L. M. Mantelatto*, pela oportunidade de conhecer e aprender uma área nova dentro da Biologia, por todo o suporte, orientação, ensinamentos e pela recepção no Laboratório de Bioecologia e Sistemática de Crustáceos (LBSC), na Universidade de São Paulo (USP), *campus* Ribeirão Preto, onde foi realizada as análises moleculares.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) por meio do projeto Ciências do Mar II (CIMAR) pela concessão da bolsa de doutorado (88887.161311/2017-00), pelo financiamento de algumas coletas e por ter custeado parte das análises realizadas.

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) por ter financiado a maioria das análises moleculares e coletas de campo por meio da concessão dos projetos Temático Biota (2010/50188-8) e Biota INTERCRUSTA (2018/13685-5); Coleções Científicas (2009/54931-0).

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) (PQ 302253/2019-0 de FLM; 306672/2018-9 de RCC) pelo suporte em análises de laboratório.

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

Ao Instituto Oceanográfico da USP, base Ubatuba, e toda sua equipe por disponibilizar toda a infraestrutura para a realização do cultivo das fêmeas.

Ao Instituto de Biociências (IB), ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Biológicas (Zoologia) e ao Departamento de Zoologia da UNESP de Botucatu.

Ao Laboratório de Biologia de Camarões Marinhos e de Água Doce (LABCAM), sob responsabilidade do Prof. Dr. Rogerio C. Costa, onde foi realizado parte das análises dos resultados da presente tese.

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

Ao Departamento de Química da UNESP de Bauru e ao técnico Antonio Carlos Feitosa (Toninho), pelo auxílio no preparo da solução de Gilson, utilizada para quantificar os ovócitos para as análises de fecundidade.

Ao *Djalma Rosa* (Passarinho), pela paciência e pelo trabalho excepcional em todas as coletas.

A todos que participaram e auxiliaram nas coletas durante o doutorado e a todos que colaboraram nas coletas de Macaé, Ubatuba, Santos/São Vicente e Cananéia entre 2008-2014, das quais geraram os resultados do terceiro capítulo desta tese.

Aos membros e ex-membros do LABCAM: Abner, Ana, Andréa, Caio, Daphine, Gabriel (Woody), Gisele, João, Júlia, Natália, Nádia, Rafael, Régis, Sabrina, Sarah, Thiago (Chuck), bem como a nova geração por todas as trocas de experiências e parceria no dia a dia de laboratório.

Aos membros do LBSC: Ana Francisca (Kelps), Jeniffer e Nielson por todo o auxílio nas análises moleculares.

Ao Centro para Documentação da Biodiversidade (CDB) e ao técnico Daniel C. Cavallari pelo auxílio na preparação das amostras de tomografia computadorizada realizadas no NanoCT.

Ao Departamento de Biologia, da Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de Ribeirão Preto (FFCLRP/USP), o qual o LBSC e o CDB estão vinculados.

Ao *Dr. Abner Carvalho Batista* (Binão) por todas as contribuições para esta tese, ensinamentos, troca de ideias, paciência e disponibilidade, de sempre me ajudar com a molecular e qualquer dúvida sobre o mundo dos *Xiphopenaeus*.

Ao *Prof. Dr. Antonio L. Castilho* (Tony) por todos os ensinamentos, todo auxílio e disponibilidade seja em coletas, sugestões na tese, burocracias da PG e a todo pessoal do seu laboratório por toda ajuda e parceria.

À *Prof. Dra. Laura S. López Greco* (Universidade de Buenos Aires) pelas contribuições na tese, por toda paciência, incentivo e ensinamentos; pela recepção e hospitalidade durante minha estadia em Buenos Aires.

Ao *Prof. Dr. Fúlvio A. M. Freire* (UFRN) pela paciência e ensinamentos sobre as análises de mortalidade; e ao *Prof. Dr. Luiz Felipe C. Dumont* (FURG) pela disponibilidade e ajuda em sanar as dúvidas sobre essas análises.

À amiga *Dra Sarah S. A. Teodoro* (Sah) por toda paciência e por todos os ensinamentos nas análises moleculares; por todo acolhimento, suporte, conversas científicas e não científicas, por toda troca e incentivo ao longo desse processo.

Ao amigo e parceiro de laboratório *Dr. Régis A. Pescinelli* (Reginho) por todos os ensinamentos e paciência, pelos desenhos dos tópicos, pelo mapa do segundo capítulo, pelas parcerias científicas e todo suporte durante todos esses anos.

Ao amigo *Dr. Alexandre R. da Silva* (Dino) por toda paciência em me ensinar de forma remota as análises do fator de condição.

Ao amigo e parceiro de laboratório *Caio S. Nogueira* (Caião) por toda paciência e disponibilidade me ensinar morfologia geométrica, nos 45 do segundo tempo.

À amiga e parceira de pós-graduação *Isabela R. R. Moraes* (Isa) por toda parceria e hospitalidade em Botucatu, sempre que necessário; por toda ajuda nas coletas, todo o incentivo, suporte, ajuda na morfogenese e na vida.

À amiga e parceira de laboratório *Júlia F. Perroca* (Juju) por todo suporte no programa R, por toda parceria, ajuda nas coletas, nas estatísticas e na vida.

Por fim, à minha mãe *Edilaine M. Fernandes*, por todo apoio e incentivo de sempre.

E a todos que contribuíram de forma direta e indireta para minha formação pessoal e profissional durante toda minha jornada acadêmica e na realização desta tese.

Muito obrigada!!!

Sumário

RESUMO	1
PRÓLOGO.....	2
REFERÊNCIAS	5

Capítulo 1. Análises interdisciplinares comparativas dos camarões sete-barbas *Xiphopenaeus kroyeri* (Heller, 1862) e *X. dincao* Carvalho-Batista, Terossi, Zara, Mantelatto & Costa, 2019 (Decapoda: Penaeidae) presentes no litoral norte do estado de São Paulo..... 9

RESUMO	10
INTRODUÇÃO	11
MATERIAL E MÉTODOS.....	14
Amostragem dos dados	14
Análises dos dados.....	15
Análises moleculares	15
Extração do DNA.....	15
Amplificação dos genes.....	16
Purificação dos produtos de PCR e sequenciamento do DNA	18
Edição das sequências e análises de distância genética	19
Análises morfológicas comparativas	20
Tomografia computadorizada (CT-scan).....	20
Morfometria Geométrica	21
RESULTADOS.....	25
Fatores ambientais	25
Análises moleculares	25
Análises morfológicas comparativas	28
Tomografia computadorizada (CT-scan).....	28
Morfologia geométrica	30
DISCUSSÃO	36
REFERÊNCIAS	41

Capítulo 2. Aspectos reprodutivos dos camarões sete-barbas *Xiphopenaeus kroyeri* (Heller, 1862) e *X. dincao* Carvalho-Batista, Terossi, Zara, Mantelatto & Costa, 2019 (Decapoda: Penaeidae) no litoral norte do estado de São Paulo. 47

RESUMO	48
INTRODUÇÃO	49
MATERIAL E MÉTODOS.....	55
Área de amostragem	55
Amostragem dos dados.....	56
Cultivo dos camarões	57
Análises dos dados.....	58
Fecundidade e fertilidade	58
Índice gonadossomático (IGS) e fator de condição (FC)	61
RESULTADOS.....	62
<i>Xiphopenaeus</i> spp.	62
Fecundidade	62
Índice gonadossomático (IGS) e fator de condição (FC)	67
Fertilidade	70
<i>Xiphopenaeus kroyeri</i> e <i>X. dincao</i>	76
Fecundidade	76
Índice gonadossomático (IGS) e fator de condição (FC)	79
Fertilidade	81
DISCUSSÃO	85
REFERÊNCIAS	90
 Capítulo 3. Growth parameters, longevity, and mortality of the seabob shrimp <i>Xiphopenaeus</i> spp. (Decapoda: Penaeidae) in four important fishing regions of southeastern Brazil	 98
ABSTRACT	99
 EPÍLOGO	 100

RESUMO

Considerando a carência de informações a respeito da fecundidade, fertilidade e investigações sobre mortalidade total, natural e pesqueira para camarões peneídeos explorados pela pesca; além da necessidade de caracteres morfológicos para a identificação das fêmeas dos camarões sete-barbas. A presente tese foi estruturada em três capítulos, com o objetivo de elucidar essas lacunas na história de vida desses importantes recursos pesqueiros: o primeiro capítulo apresenta uma análise detalhada da morfologia do tólico das fêmeas de *Xiphopenaeus dincao* e *X. kroyeri* combinando diferentes ferramentas como análises moleculares, tomografia computadorizada e morfologia geométrica, onde buscou-se encontrar diferenças para a separação morfológica dessas espécies; o segundo capítulo analisou, pela primeira vez, a biologia reprodutiva dos camarões sete-barbas *X. dincao* e *X. kroyeri*, como unidades taxonômicas distintas, fornecendo informações sobre a fecundidade e fertilidade, além do índice gonadosomático e fator de condição dessas espécies na região de Ubatuba; o terceiro e último capítulo comparou os parâmetros de crescimento, longevidade, mortalidade (total, natural e pesqueira) e taxas de exploração pesqueira de *Xiphopenaeus* spp. nas regiões de Macaé no estado do Rio de Janeiro, Ubatuba, Santos/São Vicente e Cananéia no estado de São Paulo. Os resultados evidenciaram diferenças morfológicas no tólico capaz de separar *X. dincao* e *X. kroyeri*. Comprovou-se a presença de *X. dincao* na região de Ubatuba e, possivelmente, há uma sazonalidade entre as espécies, com maior abundância de *X. kroyeri* nesta região. *Xiphopenaeus dincao* apresentou maiores estimativas de fecundidade, fertilidade, índice gonadosomático e um fator de condição com maior estabilidade entre as classes de tamanho. *Xiphopenaeus kroyeri*, apresentou ovos maiores e uma média maior de fator de condição. Diferenças nas estratégias reprodutivas de *X. dincao* e *X. kroyeri*, provavelmente possibilitam a coexistência dessas espécies na região de estudo. Por fim, os resultados evidenciaram a sobreexploração dos estoques pesqueiros no litoral sudeste brasileiro, fomentando a necessidade de adequações no gerenciamento pesqueiro para evitar um novo colapso dos estoques naturais. Este estudo traz informações básicas essenciais sobre a identificação e a biologia dos camarões sete-barbas *X. kroyeri* e *X. dincao*, e disponibiliza subsídios para um melhor manejo e gerenciamento desses camarões. Além de encorajar novos estudos para o maior entendimento da bioecologia desses importantes recursos pesqueiros.

Palavras-chave: Dendrobranchiata, fecundidade, morfologia geométrica, mortalidade pesqueira, status taxonômico.

Prólogo

A exploração de camarões constitui uma atividade de grande importância em todo o mundo, gerando elevados benefícios econômicos, principalmente, para os países em desenvolvimento (Gillett, 2008). Contudo, a pesca acarreta modificações na biodiversidade, especialmente em áreas litorâneas (Norse, 1993; Ellingsen, 2001), pela retirada sistemática de populações naturais para fins comerciais e de subsistência provocando um declínio dos estoques pesqueiros (Yodzis, 2001; Lewison *et al.*, 2004).

O crescimento descontrolado da frota industrial, juntamente com o aumento da pesca artesanal nos estuários e a baixa efetividade da legislação pesqueira, levaram ao declínio significativo e até mesmo o colapso dos estoques dos camarões-rosa *Farfantepenaeus* spp. na década de 1990 (Paiva, 1997; D’Incao *et al.*, 2002; Haimovici & Cardoso, 2017; Teodoro *et al.*, 2019). Consequentemente, o camarão sete-barbas *Xiphopenaeus kroyeri* (Heller, 1862) tornou-se o principal alvo da pesca no litoral sudeste brasileiro (Costa *et al.*, 2007; Simões *et al.*, 2010) e, atualmente, é uma das espécies mais capturadas na costa paulista (Ávila-da-Silva *et al.*, 2017, 2018, 2019).

No entanto, recentemente, Carvalho-Batista *et al.* (2019) descreveram duas novas espécies para o gênero *Xiphopenaeus* Smith, 1896 e propuseram a revalidação de *X. riveti* Bouvier, 1907, uma vez que, essa espécie era considerada sinônimo júnior de *X. kroyeri* (Pérez-Farfante & Kensley, 1997). O gênero, até então, considerado monoespecífico (Pérez-Farfante & Kensley, 1997; De Grave & Fransen, 2011), passou a ser composto por pelo menos cinco espécies distribuídas ao longo da costa continental americana, duas ocorrendo no oceano Pacífico e três no Atlântico (Carvalho-Batista *et al.*, 2019). As espécies que ocorrem no oceano Pacífico, Carvalho-Batista *et al.* (2019) as chamaram de *X. riveti* P1 e *X. riveti* P2, e as do Atlântico são as duas novas espécies descritas pelos autores, *X. baueri* Carvalho-Batista, Terossi, Zara, Mantelatto & Costa, 2020 e *X. dincao*

Carvalho-Batista, Terossi, Zara, Mantelatto & Costa, 2020, e a já conhecida *X. kroyeri*, sendo as duas últimas registradas no litoral sudeste do Brasil e alvos desse estudo.

Carvalho-Batista *et al.* (2019) utilizando a microscopia eletrônica de varredura encontraram caracteres morfológicos para a separação dessas espécies apenas nos machos, havendo ainda a necessidade de ferramentas moleculares para a confirmação do *status* taxonômico das fêmeas. As diferenças capazes de separar as espécies foram encontradas nos caracteres sexuais secundários dos machos, petasma e apêndice masculino. A genitália externa dos Dendrobranchiata tem se mostrado portadora de caracteres importantes para a taxonomia do grupo, sendo útil para a separação de espécies cogenéricas que apresentam grande similaridade morfológica, como o exemplo dos camarões do gênero *Farfantepenaeus* Burukovsky, 1997 (Pérez-Farfante, 1967; Pérez-Farfante & Kensley, 1997; Tavares & Gusmão, 2016; França *et al.*, 2021).

A correta identificação dessas espécies se faz necessário para o conhecimento do real estado dos estoques, para entender qual dessas espécies está mais suscetível às pressões da pesca, para compreender a dinâmica e a estrutura dessas populações, e como elas interagem entre si e com a biota, para que seja possível traçar planos de gerenciamento pesqueiros mais eficientes.

Adicionalmente, a biologia de *X. kroyeri* sensu lato tem sido amplamente estudada ao longo do litoral brasileiro. Esses estudos têm incidido sobre dinâmica populacional (Heckler *et al.*, 2013b; Grabowski *et al.*, 2014; Castilho *et al.*, 2015), abundância e distribuição (Costa *et al.*, 2007; Simões *et al.*, 2010; Heckler *et al.*, 2014a; b; Silva *et al.*, 2016), biologia populacional (Nakagaki & Negreiros-Fransozo, 1998; Castro *et al.*, 2005), biologia reprodutiva e recrutamento (Almeida *et al.*, 2012; Heckler *et al.*, 2013a; Grabowski *et al.*, 2016); variação temporal da biomassa (Miazaki *et al.*, 2016), estrutura populacional e parâmetros de crescimento (Silva *et al.*, 2019). No entanto, ainda existem

lacunas a respeito da história de vida desses camarões, como por exemplo, investigações sobre a fecundidade e fertilidade, que eram inexistentes até o momento que antecede o presente estudo, e de forma geral, investigações sobre esses aspectos são escassos para os camarões peneídeos.

Estudos que combinam análises de fecundidade e fertilidade fornecem informações a respeito das estratégias reprodutivas e potencial reprodutivo de uma espécie, além de possibilitar projeções confiáveis para a larvicultura e reconhecer espécies com potencial para aquicultura em escala comercial (Hattori & Pinheiro, 2003; Bertini & Baeza, 2014). Consequentemente, torna-se relevante o estudo de tais aspectos em espécies economicamente importantes, buscando a reposição e o equilíbrio dos estoques naturais.

O estudo do crescimento em crustáceos é uma ferramenta importante para o manejo de uma população e constitui a base para o cálculo das taxas de crescimento, taxas de mortalidade, dinâmica populacional e gestão dos estoques pesqueiros (Sheehy, 1990; Campana, 2001). Além dos parâmetros de crescimento, as estimativas das taxas de mortalidade, tanto natural como pesqueira, e a taxa de exploração se fazem necessário para o monitoramento e avaliação da sustentabilidade dos estoques e para a elaboração de planos de manejo adequados, a fim de garantir a manutenção destes estoques a longo prazo (King, 2007; Fernandes *et al.*, 2014). Apesar da importância, estudos sobre essas temáticas ainda são escassos, em especial, no litoral sudeste brasileiro, onde os camarões sete-barbas são intensamente explorados.

Considerando a carência de informações a respeito da fecundidade e fertilidade para esse grupo de camarões; a deficiência de investigações a respeito da mortalidade total, natural e pesqueira para peneídeos explorados pela pesca; além da necessidade de caracteres morfológicos para a identificação das fêmeas dos camarões sete-barbas. A

presente tese foi estruturada em três capítulos, com o objetivo de elucidar essas lacunas na história de vida desses importantes recursos pesqueiros: o primeiro capítulo apresenta uma análise detalhada da morfologia do télico das fêmeas de *X. dincao* e *X. kroyeri* combinando diferentes ferramentas como análises moleculares, tomografia computadorizada e morfologia geométrica, onde buscou-se encontrar diferenças para a separação morfológica dessas espécies; o segundo capítulo analisou, pela primeira vez, a biologia reprodutiva dos camarões sete-barbas *X. dincao* e *X. kroyeri*, como unidades taxonômicas distintas, fornecendo informações sobre a fecundidade e fertilidade, além do índice gonadossomático e fator de condição dessas espécies na região de Ubatuba; o terceiro e último capítulo foi publicado no periódico *Fisheries Oceanography* no início de 2021 e comparou os parâmetros de crescimento, longevidade, mortalidade (total, natural e pesqueira) e taxas de exploração pesqueira de *Xiphopenaeus* spp. nas regiões de Macaé no estado do Rio de Janeiro, Ubatuba, Santos/São Vicente e Cananéia no estado de São Paulo.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, A. C., J. A. BAEZA, V. FRANZOZO, A. L. CASTILHO & A. FRANZOZO, 2012. Reproductive biology and recruitment of *Xiphopenaeus kroyeri* in a marine protected area in the western atlantic: Implications for resource management. *Aquat. Biol.*, **17**: 57–69. <https://doi.org/10.3354/ab00462>
- ÁVILA-DA-SILVA, A. O., M. H. CARNEIRO, J. T. MENDONÇA, G. C. C. BASTOS, L. V. MIRANDA, W. do R. RIBEIRO & S. dos SANTOS, 2018. Produção pesqueira marinha e estuarina do estado de São Paulo: Dezembro de 2017. *Inf. Pesqueiro*.o São Paulo, **92**: 1–4
- ÁVILA-DA-SILVA, A. O., M. H. CARNEIRO, J. T. MENDONÇA, G. C. C. BASTOS, L. V. MIRANDA, W. do R. RIBEIRO & S. dos SANTOS, 2019. Produção pesqueira marinha e estuarina do estado de São Paulo: Dezembro de 2018. *Inf. Pesqueiro* São Paulo, **104**: 1–22
- ÁVILA-DA-SILVA, A. O., M. H. CARNEIRO, J. T. MENDONÇA, L. V. MIRANDA, W. do R. RIBEIRO & S. dos SANTOS, 2017. Produção pesqueira marinha e estuarina do estado de São Paulo: Dezembro de 2016. *Inf. Pesqueiro* São Paulo, **80**: 1–4
- BERTINI, G. & J. A. BAEZA, 2014. Fecundity and fertility in a freshwater population of

- the neotropical amphidromous shrimp *Macrobrachium acanthurus* from the southeastern Atlantic. *Invertebr. Reprod. Dev.*, **58**: 207–217. <https://doi.org/10.1080/07924259.2014.894948>
- CAMPANA, S. E., 2001. Accuracy, precision and quality control in age determination, including a review of the use and abuse of age validation methods. *J. Fish Biol.*, **59**: 197–242. <https://doi.org/10.1006/jfbi.2001.1668>
- CARVALHO-BATISTA, A., M. TEROSI, F. J. ZARA, F. L. MANTELATTO & R. C. COSTA, 2019. A multigene and morphological analysis expands the diversity of the seabob shrimp *Xiphopenaeus* Smith, 1869 (Decapoda: Penaeidae), with descriptions of two new species. *Sci. Rep.*, **9**: 15281. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-51484-3>
- CASTILHO, A. L., R. T. BAUER, F. A. M. FREIRE, V. FRANSOZO, R. C. COSTA, R. C. GRABOWSKI & A. FRANSOZO, 2015. Lifespan and reproductive dynamics of the commercially important sea bob shrimp *Xiphopenaeus kroyeri* (Penaeoidea): Synthesis of a 5-year study. *J. Crustac. Biol.*, **35**: 30–40. <https://doi.org/10.1163/1937240X-00002300>
- CASTRO, R. H., R. C. COSTA, A. FRANSOZO & F. L. MANTELATTO, 2005. Population structure of the seabob shrimp *Xiphopenaeus kroyeri* (Heller, 1862) (Crustacea: Penaeoidea) in the littoral of São Paulo, Brazil. *Sci. Mar.*, **69**: 105–112. <https://doi.org/10.3989/scimar.2005.69n1105>
- COSTA, R. C., A. FRANSOZO, F. A. M. FREIRE & A. L. CASTILHO, 2007. Abundance and Ecological Distribution of the “sete-barbas” Shrimp *Xiphopenaeus kroyeri* (Heller, 1862) (Decapoda: Penaeoidea) in Three Bays of the Ubatuba Region, Southeastern Brazil. *Gulf Caribb. Res.*, **19**: 33–41. <https://doi.org/10.18785/gcr.1901.04>
- D’INCAO, F., H. VALENTINI & L. F. RODRIGUES, 2002. Avaliação da pesca de camarões nas regiões sudeste e sul do Brasil. 1965–1999. *Atlântica*, **24**: 103–116
- ELLINGSEN, K. E., 2001. Biodiversity of a continental shelf soft-sediment macrobenthos community. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, **218**: 1–15. <https://doi.org/10.3354/meps218001>
- FERNANDES, L. P., K. A. KEUNECKE & A. P. M. DI BENEDITTO, 2014. Analysis of mortality and exploitation of a stock of shrimp *Xiphopenaeus kroyeri* in the Southwestern Atlantic Ocean. *Int. J. Fish. Aquat. Stud.*, **2**: 57–63
- FRANÇA, N. F. C., A. B. MORAES, A. CARVALHO-BATISTA, M. C. R. B. MELO, F. J. ZARA, F. L. MANTELATTO & F. A. M. FREIRE, 2021. An integrative approach using DNA barcode and scanning electron microscopy for the effective identification of sympatric species of the genus *Farfantepenaeus* Burukovsky, 1997. *Reg. Stud. Mar. Sci.*, **43**: 1–13. <https://doi.org/10.1016/j.rsma.2021.101670>
- GILLET, R., 2008. Global study of shrimp fisheries. 475: (FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper, Rome).
- GRABOWSKI, R. C., M. L. NEGREIROS-FRANSOZO & A. L. CASTILHO, 2016. Reproductive ecology of the seabob shrimp *Xiphopenaeus kroyeri* (Heller, 1862) in a coastal area of Southern Brazil. *Chinese J. Oceanol. Limnol.*, **34**: 125–135. <https://doi.org/10.1007/s00343-015-4279-3>
- GRABOWSKI, R. C., S. M. SIMÕES & A. L. CASTILHO, 2014. Population structure, sex ratio and growth of the seabob shrimp *Xiphopenaeus kroyeri* (Decapoda, Penaeidae) from coastal waters of southern Brazil. *Zookeys*, **457**: 253–269. <https://doi.org/10.3897/zookeys.457.6682>

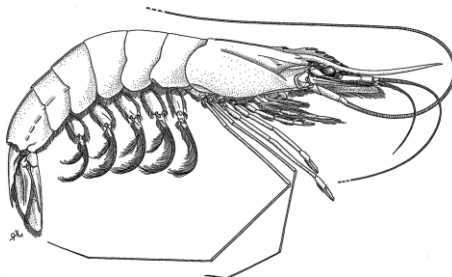
- DE GRAVE, S. & C. H. J. M. FRANSEN, 2011. Carideorum Catalogus: The Recent Species of the Dendrobranchiate, Stenopodidean, Procarididean and Caridean Shrimps (Crustacea: Decapoda). Zool. Meded., **85**: 195–588
- HAIMOVICI, M. & L. G. CARDOSO, 2017. Long-term changes in the fisheries in the Patos Lagoon estuary and adjacent coastal waters in Southern Brazil. Mar. Biol. Res., **13**: 135–150. <https://doi.org/10.1080/17451000.2016.1228978>
- HATTORI, G. Y. & M. A. A. PINHEIRO, 2003. Fertilidade do caranguejo de mangue *Ucides cordatus* (Linnaeus) (Crustacea, Brachyura, Ocypodidae), em Iguape (São Paulo, Brasil). Rev. Bras. Zool., **20**: 309–313. <https://doi.org/10.1590/s0101-81752003000200022>
- HECKLER, G. S., R. C. COSTA, A. FRANSOZO, S. ROSSO & R. M. SHIMIZU, 2014a. Long-term patterns of spatial and temporal distribution in the seabob shrimp *Xiphopenaeus kroyeri* (Decapoda: Penaeidae) population in southeastern Brazil. J. Crustac. Biol., **34**: 326–333. <https://doi.org/10.1163/1937240X-00002231>
- HECKLER, G. S., M. LOPES, S. M. SIMÕES, R. M. SHIMIZU & R. C. COSTA, 2014b. Annual, Seasonal and spatial abundance of the seabob shrimp *Xiphopenaeus kroyeri* (Decapoda, Penaeidae) off the Southeastern coast of Brazil. An. Acad. Bras. Cienc., **86**: 1337–1346. <https://doi.org/10.1590/0001-3765201420130230>
- HECKLER, G. S., S. M. SIMÕES, M. LOPES, F. J. ZARA & R. C. COSTA, 2013a. Biologia populacional e reprodutiva do camarão sete-barbas na Baía de Santos, São Paulo. Bol. Inst. Pesca, **39**: 283–297. <https://doi.org/10.20950/1678-2305.2013v39n3p283>
- HECKLER, G. S., S. M. SIMÕES, A. P. F. SANTOS, A. FRANSOZO & R. C. COSTA, 2013b. Population dynamics of the seabob shrimp *Xiphopenaeus kroyeri* (Dendrobranchiata, Penaeidae) in south-eastern Brazil. African J. Mar. Sci., **35**: 17–24. <https://doi.org/10.2989/1814232X.2013.769901>
- KING, M., 2007. Fisheries biology, assessment and management. 2nd ed. (Blackwell Publishing, Oxford).
- LEWISON, R. L., L. B. CROWDER, A. J. READ & S. A. FREEMAN, 2004. Understanding impacts of fisheries bycatch on marine megafauna. Trends Ecol. Evol., **19**: 598–604. <https://doi.org/10.1016/j.tree.2004.09.004>
- MAIAZAKI, L. F., A. P. F. SANTOS, D. S. SALVATI, F. A. ALVES-COSTA & R. C. COSTA, 2016. Temporal variations in biomass and size of seabob shrimp *Xiphopenaeus kroyeri* (Heller, 1862) (Decapoda: Penaeoidea) on the southern coast of São Paulo state, Brazil. Nauplius, **24**: e2016025. <https://doi.org/10.1590/2358-2936e2016025>
- NAKAGAKI, J. M. & M. L. NEGREIROS-FRANSOZO, 1998. Population biology of *Xiphopenaeus kroyeri* (Heller 1862) (Decapoda: Penaeidae) from Ubatuba Bay, São Paulo Brazil. J. Shellfish Res., **17**: 931–935
- NORSE, E. A., 1993. Global marine biological diversity: a strategy for building conservation into decision making. (Island Press, Washington D.C.).
- PAIVA, M. P., 1997. Recursos pesqueiros estuarinos marinhos do Brasil. (UFC Edições, Fortaleza).
- PÉREZ-FARFANTE, I., 1967. A new species and two new subspecies of shrimp of the genus *Penaeus* from the Western Atlantic. Proc. Biol. Soc. Wash., **80**: 83–100
- PÉREZ-FARFANTE, I. & B. KENSLEY, 1997. Penaeoid and Segestoid shrimps andawns

of the world. Keys and diagnoses for the families and genera. (Editions du Museum National d'Histoire Naturelle, Paris).

- SHEEHY, M. R. J., 1990. Widespread occurrence of fluorescent morphological lipofuscin in the crustacean brain. *J. Crustac. Biol.*, **10**: 613–622. <https://doi.org/10.2307/1548405>
- SILVA, E. R., G. S. SANCINETTI, A. FRANSOZO, A. AZEVEDO & R. C. COSTA, 2016. Abundance and spatial-temporal distribution of the shrimp *Xiphopenaeus kroyeri* (Decapoda: Penaeidae): an exploited species in southeast Brazil. *Brazilian J. Biol.*, **76**: 764–773. <https://doi.org/10.1590/1519-6984.01814>
- SILVA, S. L. R., R. D. C. SANTOS, R. C. COSTA & G. L. HIROSE, 2019. Growth and population structure of the seabob shrimp *Xiphopenaeus kroyeri* (Decapoda: Penaeidae) on the continental shelf of Sergipe, Brazil. *J. Mar. Biol. Assoc. U.K.*, **99**: 81–92. <https://doi.org/10.1017/S0025315417002041>
- SIMÕES, S. M., R. C. COSTA, A. FRANSOZO & A. L. CASTILHO, 2010. Diel variation in abundance and size of the seabob shrimp *Xiphopenaeus kroyeri* (Crustacea, Penaeoidea) in the Ubatuba region, southeastern Brazil. *An. Acad. Bras. Cienc.*, **82**: 369–378. <https://doi.org/10.1590/s0001-37652010000200013>
- TAVARES, C. & J. GUSMÃO, 2016. Description of a new Penaeidae (Decapoda: Dendrobranchiata) species, *Farfantepeneaeus isabelae* sp. nov. *Zootaxa*, **4171**: 505–516. <https://doi.org/10.11646/zootaxa.4171.3.6>
- TEODORO, S. S. A., M. C. S. CORTINHAS, M. C. PROIETTI, R. C. COSTA & L. F. C. DUMONT, 2019. High genetic connectivity among pink shrimp *Farfantepeneaeus paulensis* (Pérez-Farfante, 1967) groups along the south-southeastern coast of Brazil. *Estuar. Coast. Shelf Sci.*, **232**: 106488. <https://doi.org/10.1016/j.ecss.2019.106488>
- YODZIS, P., 2001. Must top predators be culled for the sake of fisheries? *Trends Ecol. Evol.*, **16**: 78–84. [https://doi.org/10.1016/S0169-5347\(00\)02062-0](https://doi.org/10.1016/S0169-5347(00)02062-0)

Capítulo 1

Análises interdisciplinares comparativas dos camarões sete-barbas *Xiphopenaeus kroyeri* (Heller, 1862) e *X. dincao* Carvalho-Batista, Terossi, Zara, Mantelatto & Costa, 2019 (Decapoda: Penaeidae) presentes no litoral norte do estado de São Paulo



RESUMO

Considerando a recente descoberta de novas espécies para o gênero *Xiphopenaeus* e que todo o conhecimento biológico está compreendido em um único táxon. Além da falta de caracteres morfológicos para a identificação das fêmeas dessas espécies, o objetivo desse estudo foi encontrar caracteres para a separação das fêmeas de *X. dincao* e *X. kroyeri*, através de uma abordagem integrativa, utilizando ferramentas moleculares e morfológicas. Além de averiguar a distribuição sazonal dessas espécies na região de Ubatuba. Foram realizadas quatro amostragens na Baía de Ubatuba e áreas adjacentes, no período de julho/2018 a abril/2019 (jul/2018: inverno; out/2018: primavera; jan/2019: verão; abr/2019: outono), em profundidades de até 25 metros. 80 fêmeas tiveram o gene COI sequenciado para identificação ao nível de espécie. Constatou-se que 32 fêmeas (40%) eram *X. dincao*. Com exceção do outono, *X. kroyeri* foi predominante nas demais estações, com maior ocorrência no verão (~85%), mostrando que, possivelmente, há uma tendência de sazonalidade entre as espécies. Por meio da tomografia computadorizada (CT-scan) foi possível averiguar diferenças abaixo da placa do tégico entre as espécies. A morfologia geométrica evidenciou diferenças no formato do tégico dessas espécies, tornando possível identificação morfológica das fêmeas. A integração de ferramentas moleculares e de análises morfológicas detalhadas dos caracteres sexuais secundários dos camarões provou ser eficaz para resolver problemas taxonômicos deste táxon. A correta identificação dessas espécies é fundamental pois, o conhecimento da estrutura dos estoques naturais é um requisito básico para que as medidas de gerenciamento de pesca sejam efetivas.

Palavras-chave: CT-scan, Dendrobranchiata, morfologia geométrica, status taxonômico, tégico.

INTRODUÇÃO

A atividade pesqueira possui grande importância na economia mundial, no fornecimento de recurso alimentar e na geração de empregos às populações litorâneas (Dias-Neto, 2011). Apesar do valor econômico e social, diferentes espécies marinhas podem estar ameaçadas devido à intensa exploração pesqueira, a poluição e a destruição de habitats (Pauly *et al.*, 2002; Lotze *et al.*, 2006).

Os camarões peneídeos possuem grande importância econômica e são intensamente explorados na maior parte das regiões tropicais e subtropicais, principalmente em áreas costeiras de diversos países, sendo um dos recursos naturais mais rentáveis do mundo (Hossain & Ohtomi, 2008; Dias-Neto & Dias, 2015). No litoral sudeste do Brasil, as quatro principais espécies-alvo são os camarões-rosa *Farfantepenaeus brasiliensis* (Latreille, 1817) e *F. paulensis* (Pérez-Farfante, 1967), o camarão-branco *Litopenaeus schmitti* (Burkenroad, 1936) e o camarão sete-barbas *Xiphopenaeus kroyeri* (Heller, 1862) (Dias-Neto, 2011; Costa *et al.*, 2016; Miazaki *et al.*, 2018).

O camarão sete-barbas é considerado o segundo recurso pesqueiro mais importante na região sudeste do Brasil e, diversas vezes, responsável por cerca 90% de todos os camarões Penaeiodea capturados na região costeira (Vasconcellos *et al.*, 2011; Mantelatto *et al.*, 2016a; Bochini *et al.*, 2019; Carvalho-Batista *et al.*, 2019). Dados recentes do Instituto de Pesca do estado de São Paulo mostram que em 2017 e 2018 o camarão sete-barbas foi o recurso pesqueiro mais capturado do litoral paulista (Ávila-da-Silva *et al.*, 2018, 2019). Embora haja estudos que indicam que o atual período de defeso do camarão, que ocorre anualmente nas regiões Sudeste e Sul do Brasil de 01/março a 31/maio (IBAMA, 2008), tem beneficiado as principais espécies-alvo (Costa *et al.*, 2016; Miazaki *et al.*, 2016), os estoques continuam sobreexplorados (Boos *et al.*, 2016).

A dificuldade na correta identificação das espécies, geram impasses no monitoramento dos desembarques e dos estoques pesqueiros, como o exemplo dos camarões-rosa (*Farfantepenaeus* spp.), o que dificulta o levantamento de dados estatísticos e do real estado populacional desses importantes recursos pesqueiros (Boos *et al.*, 2016). Nos estudos direcionados aos camarões-rosa (*F. brasiliensis* e *F. paulensis*), tais espécies são tratadas separadamente (Chagas-Soares *et al.*, 1995; Costa *et al.*, 2008, 2016; Salvati *et al.*, 2020), e em relação ao camarão sete-barbas, até então, todo seu conhecimento biológico foi compreendido como um único táxon.

Recentemente, Carvalho-Batista *et al.* (2019) descreveram duas novas espécies para o gênero *Xiphopenaeus* Smith, 1896 e propuseram a revalidação de *X. riveti* Bouvier, 1907. O táxon até então considerado monotípico (Pérez-Farfante & Kensley, 1997; De Grave & Fransen, 2011), passou a ser composto por pelo menos cinco espécies, duas ocorrendo no oceano Pacífico (*X. riveti* P1, *X. riveti* P2) e três no Atlântico (*X. baueri* nov. sp. Carvalho-Batista, Terossi, Zara, Mantelatto & Costa, 2020, *X. dincao* nov. sp. Carvalho-Batista, Terossi, Zara, Mantelatto & Costa, 2020 e *X. kroyeri*), sendo duas destas registradas no litoral sudeste brasileiro e alvo do presente estudo: *X. kroyeri* e *X. dincao*. Entretanto, a separação morfológica das espécies foi descrita somente para os machos (Carvalho-Batista *et al.*, 2019), havendo ainda a necessidade de ferramentas moleculares para a confirmação do *status* taxonômico das fêmeas.

O conhecimento da sistemática e a identificação correta desses camarões é um pré-requisito essencial como ferramenta para as investigações biológicas, ecológicas, estudos de dinâmica populacional, impactos da sobrepesca, estimativas do desembarque pesqueiro e para elaboração de planos de manejo e conservação eficazes (Pérez-Farfante, 1988; Pérez-Farfante & Kensley, 1997; Begg *et al.*, 1999). A integração da taxonomia molecular e morfologia comparativa pode fornecer informações importantes sobre os

padrões de diversidade e sobre os princípios ecológicos e evolutivos relevantes para o manejo pesqueiro (Ditty & Bremer, 2011).

A coexistência de espécies dentro da mesma área geográfica geralmente requer algum grau de segregação ecológica (Franke *et al.*, 2007). Diversos fatores como a temperatura, a salinidade, o tipo de sedimento e a profundidade podem influenciar na distribuição espaço-temporal de camarões peneóideos (Dall *et al.*, 1990; Costa *et al.*, 2007b; Castilho *et al.*, 2008, 2015). A seleção do habitat ideal entre as espécies é um processo altamente complexo, o qual envolve, além de condições químicas, físicas e disponibilidade de recursos necessários para permanência dos organismos, envolve também fatores biológicos, como grau de predação e competição (intra e interespecífica) (Franke *et al.*, 2007). Qualquer diferença nos padrões de uso dos recursos entre as espécies reduz a competição interespecífica e aumenta a probabilidade de coexistência, sendo a diferenciação no uso do habitat a forma mais comum de espécies simpátricas coexistirem (Schoener, 1986).

O objetivo desse estudo foi verificar, por meio de técnicas moleculares, a identidade das fêmeas dos camarões sete-barbas *X. kroyeri* e *X. dincao* na região de Ubatuba, e assim buscar caracteres morfológicos que pudessem separar tais fêmeas, além de verificar se há distribuição sazonal diferencial entre essas espécies. Sendo assim, as seguintes hipóteses foram testadas: uma vez que as diferenças morfológicas dos machos se encontram nos caracteres sexuais secundários, o télico apresenta diferenças morfológicas capaz de separar as fêmeas de *X. kroyeri* e *X. dincao*; e tais espécies apresentam distribuição sazonal diferentes na região de Ubatuba.

MATERIAL E MÉTODOS

Amostragem de dados

As amostragens foram realizadas trimestralmente (uma por estação do ano) na Baía de Ubatuba e áreas adjacentes (Figura 1), no período de julho/2018 a abril/2019 (jul/2018: inverno; out/2018: primavera; jan/2019: verão; abr/2019: outono), durante o período da manhã por meio de um barco camaroeiro, equipado com duas redes de arrasto de fundo, com malha de 20 mm e 18 mm no saco final. Os arrastos foram realizados de forma aleatória na baía, em profundidades de 15 a, aproximadamente, 25 metros e tiveram duração máxima de 10 minutos, com intuito de amostrar fêmeas vivas.



Figura 1. Mapa evidenciando a área de amostragem, Baía de Ubatuba, São Paulo, Brasil (Adaptado de Teles *et al.*, 2020).

Em cada amostragem, as fêmeas foram previamente identificadas morfológicamente como *Xiphopenaeus kroyeri*, de acordo com Pérez-Farfante & Kensley (1997) e Costa *et al.* (2003) e acondicionadas em caixas com água e aeração constante e

transportadas para o Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo (IOUSP), base Ubatuba. Mensurou-se o comprimento da carapaça (CC) com um paquímetro (0,01 mm) (Figura 2) e as fêmeas foram fixadas em etanol 100%.

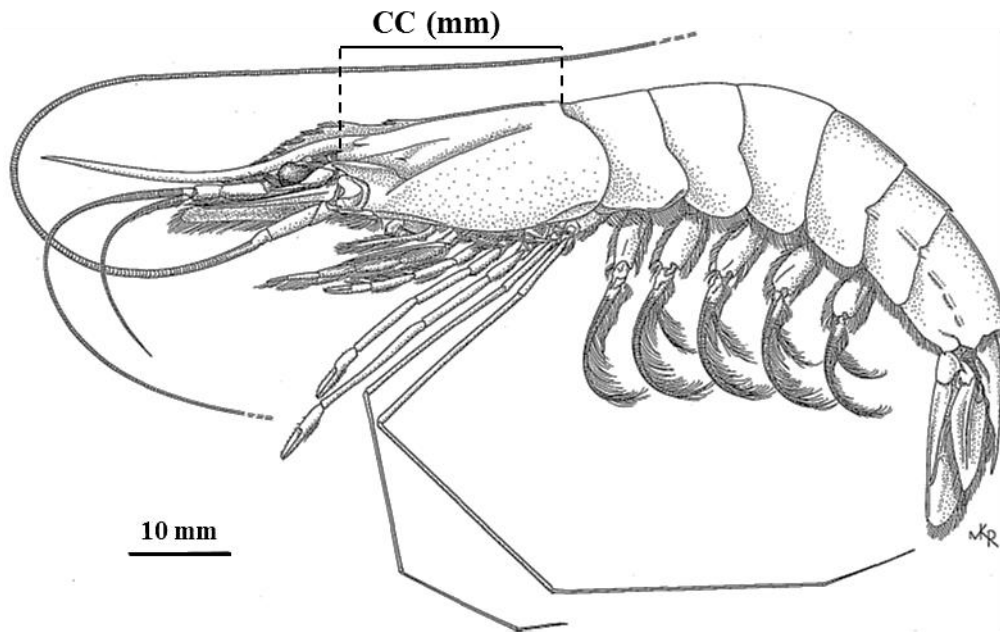


Figura 2. *Xiphopenaeus kroyeri* (Heller, 1862). Vista lateral com o comprimento da carapaça (CC) (Adaptado de Pérez-Farfante & Kensley, 1997).

Análises de dados

Análises moleculares

Extração do DNA

O DNA genômico total foi extraído do tecido muscular do abdome ou do tecido muscular contido nos pleópodos dos espécimes selecionados. Dois métodos distintos foram empregados para obtenção do DNA genômico: o método de extração salina (Miller *et al.*, 1988) com modificações propostas por Mantelatto *et al.* (2007, 2018), e a extração utilizando Chelex[®] 100 – *Molecular Biology Grade Resin* (adaptado de Estoup *et al.*, 1996).

Para o método de extração salina, utilizado apenas para as extrações nas fêmeas amostradas no inverno, o tecido retirado foi inicialmente homogeneizado e incubado por 48 horas em 600 µl de tampão de lise com 7 µl de proteinase K (20 mg/ml) a 55°C. As proteínas foram separadas e removidas pela adição de 200 µl acetato de amônio (7,5 M) seguida de centrifugação (14000 rpm a 18°C) por 15 minutos. Posteriormente, o DNA foi precipitado pela adição de 700 µl isopropanol resfriado (-20°C) seguido de centrifugação (14000 rpm a 5°C) por 15 minutos. Por fim, após no mínimo 24 horas de descanso, o resíduo (*pellet* de DNA) resultante foi lavado com 50 µl de etanol 70% resfriado, centrifugado (14000 rpm a 5°C) por 15 minutos, liofilizado em um *Concentrator* 5301, Eppendorf® a 60°C por cerca de 3 minutos e ressuscitado em 20 µl tampão TE.

Para o protocolo de extração com Chelex®, utilizado para as fêmeas das demais estações, o tecido foi colocado em uma solução de 200 µl da resina Chelex® 5% com 10 µl de proteinase K (20mg/ml) homogeneizado e incubado a 55°C por, no mínimo, 12 horas. Após este período, a fim de cessar a atividade da proteinase K, a temperatura foi elevada a 95°C por 3 minutos seguido de centrifugação (14000 rpm a 18°C) por 3 minutos, todo o sobrenadante contendo o DNA foi transferido para outro tubo.

A concentração e a qualidade do DNA extraído de cada amostra foram analisadas por espectrofotometria no NanoDrop® 2000.

Amplificação dos genes

Foi utilizado o gene mitocondrial Citocromo Oxidase Subunidade I (COI) (Hebert *et al.*, 2003), devido às suas altas taxas de mutação e eficiência para detectar variações intra e interespecíficas em camarões (Teodoro *et al.*, 2016; Carvalho-Batista *et al.*, 2019; França *et al.*, 2021). As amplificações de, aproximadamente, 700 pares de bases do gene COI foram realizadas pela reação de PCR em um termociclador Veriti 96-Well Thermal

Cycler (Applied Biosystems®). A amplificação foi realizada utilizando-se os *primers* específicos: COIAL2o (5'-ACG CAA CGA TGA TTA TTT TCT AC-3') e COIAH2o (5'- GAC CAA AAA ATC AGA ATA AAT GTT G -3') (Mantelatto *et al.*, 2016b; Carvalho-Batista *et al.*, 2019); LCO1 (5'- GGT CAA CAA ATC ATA AAG ATA TTG -3') e HCO1 (5'- TAA ACT TCA GGG TGA CCA AAA AAT CA -3') (Folmer *et al.*, 1994; Carvalho-Batista *et al.*, 2019).

Cada produto de PCR foi obtido por meio de uma reação de 25 µl, sendo 6,5 µl de H₂O Mili-Q, 5 µl de betaina (5M), 4 µl de dNTPs (10mM), 3 µl de PCR Buffer (10x), 3 µl MgCl₂, 1 µl de primers (10-20 µM), 0,5 µl de *Thermus aquaticus* (Taq DNA) polimerase (Thermo Scientific) (5U/ µl⁻¹) e 1 µl de DNA (50 ng/µl).

Foi utilizado o ciclo térmico proposto por Carvalho-Batista *et al.* (2019) para a amplificação do DNA pela técnica do PCR. No entanto, algumas amostras precisaram de ajustes no ciclo. Os perfis dos ciclos térmicos utilizados foram:

- **Ciclo 1** (Carvalho-Batista *et al.*, 2019) – desnaturação inicial a 94°C por 4 min, seguida de 35 ciclos de desnaturação a 94°C por 30s, anelamento dos *primers* a 40-46°C por 30s e extensão a 72°C por 1 min, extensão final a 72°C por 10 min e resfriamento a 4°C;
- **Ciclo 2** – desnaturação inicial a 95°C por 4 min, seguida de 35 ciclos de desnaturação a 94°C por 45s, anelamento dos *primers* a 40-46°C por 45s e extensão a 72°C por 1 min, extensão final a 72°C por 10 min e resfriamento a 4°C;
- **Ciclo 3** – desnaturação inicial a 94°C por 4 min, seguida de 35 ciclos de desnaturação a 94°C por 30s, anelamento dos *primers* a 48°C por 30s e extensão a 72°C por 1 min, extensão final a 72°C por 10 min e resfriamento a 4°C;

- **Ciclo 4** – desnaturação inicial a 94°C por 4 min, seguida de 35 ciclos de desnaturação a 94°C por 30s, anelamento dos *primers* a 48°C por 1 min e extensão a 72°C por 1 min, extensão final a 72°C por 10 min e resfriamento a 4°C;
- **Ciclo 5** – desnaturação inicial a 94°C por 5 min, seguida de 35 ciclos de desnaturação a 94°C por 45s, anelamento dos *primers* a 48°C por 45s e extensão a 72°C por 1 min, extensão final a 72°C por 10 min e resfriamento a 4°C.

Os produtos das PCRs foram submetidos a eletroforese em gel de agarose 1% e fotografados com câmera digital Canon® modelo PowerShot sx520 HS em um transiluminador UV Transilluminator M20 da UVP®.

Purificação dos produtos de PCR e sequenciamento do DNA

A purificação dos produtos de PCR foi feita utilizando o protocolo do kit SureClean Plus® (Bioline) com a adição ao produto de PCR ao mesmo volume de SureClean, homogeneização e incubação em temperatura ambiente por 10 minutos seguido de centrifugação (14000 rpm a 16°C) por 30 minutos e descarte do sobrenadante. Foi adicionado 55 µl de etanol 70% seguido de homogeneização e centrifugação (14000 rpm a 6°C) por 20 minutos, sendo o sobrenadante descartado, as amostras secas no *Concentrator* a 60°C por cerca de 3 minutos e resuspendidas em 24 µl de água ultrapura altoclavada. Posteriormente, as amostras foram homogeneizadas e colocadas novamente no *Concentrator* a 60°C por 10 minutos. Por fim, as amostras foram resfriadas (-20°C) por 10 minutos e centrifugadas (4000 rpm a 6°C) por 2 minutos. A concentração e a qualidade do DNA amplificado e purificado foram analisadas por espectrofotometria no NanoDrop® 2000. As amostras com concentração maior que 10ng/µl foram enviadas ao Departamento de Tecnologia da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias de Jaboticabal (FCAV – UNESP, *campus* Jaboticabal) para o sequenciamento utilizando um

sequenciador automático ABI 3730 XL (Applied Biosystems) e o kit de reação BigDye[®] Terminator Mix.

Edição das sequências e análises de distância genética

As sequências consenso foram obtidas por meio do alinhamento prévio das sequências senso e anti-senso utilizando a ferramenta Clustal W (Thompson *et al.*, 1994), do programa BioEdit v.7.0.5 (Hall, 1999), no qual também realizou-se todas as edições necessárias. As sequências obtidas foram submetidas na plataforma *online* BLAST (*Basic Local Alignment Search Tool*) do banco de dados NCBI (*National Center for Biotechnology Information* – <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/blast/>), a fim de confirmar as respectivas identidades.

Sequências de outras espécies de Dendrobranchiata, também obtidas do banco de dados do NCBI e foram utilizadas como grupo irmão e grupo externo na análise de distância genética, sendo elas: *X. kroyeri*; *X. dincao*; *X. baueri*; *X. riveti* grupo P1 e P2 (Carvalho-Batista *et al.*, 2019); *Farfantepenaeus paulensis* (Pérez-Farfante, 1967); *F. brasiliensis* (Latreille, 1817); *Rimapenaeus constrictus* (Stimpson, 1871) e *Belzebub faxoni* (Borradaile, 1915) (Tabela 1).

O modelo Kimura-2-parâmetros foi empregado para o cálculo da matriz de distância genética (Kimura, 1980). Os dados da matriz foram agrupados pelo método de pelo método de Neighbor-joining (NJ) utilizando o programa MEGA v.10.1.8 (Tamura *et al.*, 2004; Kumar *et al.*, 2018).

A análise filogenética de Máxima Verossimilhança (*Maximum-Likelihood*) foi realizada com o auxílio da plataforma *online* W-IQ-TREE Web Service (<http://iqtree.cibiv.univie.ac.at/>) do programa IQ-TREE (Trifinopoulos *et al.*, 2016).

Tabela 1. Espécimes pertencentes à subordem Dendrobranchiata que tiveram as sequências do gene COI utilizadas como grupo irmão e grupo externo na análise de distância genética.

Espécie	Localidade	Data coleta	Nº de acesso GenBank	Referência
<i>Xiphopenaeus kroyeri</i>	Ubatuba, São Paulo, Brasil	Jul/2013	KY449078 KY449079 KY449080	Carvalho-Batista <i>et al.</i> , 2019
<i>Xiphopenaeus dincao</i>	Cananéia, São Paulo, Brasil	Jul/2015	KY449130 KY449131 KY449132	Carvalho-Batista <i>et al.</i> , 2019
<i>Xiphopenaeus baueri</i>	Tabasco, México	Nov/2014	KY449141 KY449142 KY449143 KY449144 KY449145 KY449146 KY449147 KY449148 KY449149	Carvalho-Batista <i>et al.</i> , 2019
<i>Xiphopenaeus riveti</i> (grupo P1)	Sierpe, Puntareñas, México	Jul/2013	KY449159	Carvalho-Batista <i>et al.</i> , 2019
<i>Xiphopenaeus riveti</i> (grupo P2)	Tehuantepec, Oaxaca, México	Nov/2006	KY449160	Carvalho-Batista <i>et al.</i> , 2019
<i>Farfantepenaeus paulensis</i>	Cananéia, São Paulo, Brasil	Ago/2011	KF783861	Carvalho-Batista <i>et al.</i> , 2014
<i>Farfantepenaeus brasiliensis</i>	Cananéia, São Paulo, Brasil	Nov/2011	KF783862	Carvalho-Batista <i>et al.</i> , 2014
<i>Rimapenaeus constrictus</i>	Cananéia, São Paulo, Brasil	Nov/2011	KF783863	Carvalho-Batista <i>et al.</i> , 2014
<i>Belzebub faxoni</i>	Ubatuba, São Paulo, Brasil	Out/2014	KY449077	Carvalho-Batista <i>et al.</i> , 2019

Análises morfológicas comparativas

Tomografia computadorizada (CT-scan)

Com o intuito de buscar caracteres morfológicos que pudessem separar as espécies congêneres, a partir da confirmação dos táxons identificados nas análises moleculares,

seis fêmeas (3 de cada espécie), fixadas previamente em etanol 100%, foram submetidas a análises comparativas da morfologia externa do téllico por meio da tomografia computadorizada (CT-scan).

As análises de CT-scan foram realizadas no Centro para Documentação da Biodiversidade (CDB), Departamento de Biologia, da Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras (FFCLRP) Universidade de São Paulo (USP), Ribeirão Preto, Brasil, utilizando um NanoCT GE Phoenix v|tome|x s 240 (GE Sensing & Inspection Technologies GmbH®), sistema industrial de alta resolução de CT-scan e raios-X, equipado com uma fonte de microfoco de alta potência de 240kV e um detector digital de alto contraste DXR250RT 1.000 × 1.000 pixels. O processamento das imagens e reconstrução tridimensional (3D) foram realizados por meio do programa GE Phoenix datos|x 2 e a visualização, edição e segmentação das imagens 3D foram realizadas por meio do programa VGStudio® v.3.3.4 (Volume Graphics, Alemanha).

Morfologia geométrica

Em busca de encontrar um caracter morfológico para a diferenciação das fêmeas dos camarões sete-barbas, foram realizadas análises de morfometria geométrica do téllico de 56 fêmeas (*X. kroyeri* = 31; *X. dincao* = 25), que tiveram sua identidade molecular previamente atestada. Adicionalmente, foram mensurados o comprimento (CT) e a largura (LT) dos téllicos (Figura 3) com o auxílio de um estereomicroscópio trinocular Zeiss Stemi 2000–C equipado com uma câmera AxioCam ERc 5s, juntamente com o programa computacional AxioVision v.4.8.2 Carl Zeiss MicroImaging GmbH®. O CT e LT foram comparados por meio do teste T e essas medidas foram correlacionadas com o CC por meio da correlação de Pearson, utilizando o programa R v.3.5.3.

As imagens utilizadas nas análises de morfometria geométrica foram capturadas com o auxílio do sistema de imagem supracitado. Três *landmarks* e 46 *semilandmarks* (marcos anatômicos) foram definidos ao longo das margens de cada téllico (Figura 4). A digitalização dos marcos anatômicos foi feita por meio do software tpsDig2 v.2.31 (Rohlf, 2017), seguindo os critérios de padronização (Adams *et al.*, 2004; Zelditch *et al.*, 2004). Após a digitalização, os marcos anatômicos homólogos foram alinhados através da análise generalizada de Procrustes (GPA) que sobrepõe as coordenadas dos *landmarks* e *semilandmarks* utilizando estimativas de mínimos quadrados para parâmetros de translação, rotação e escala (Rohlf & Slice, 1990; Adams *et al.*, 2004). A variação morfológica foi estimada utilizando o procedimento de deformação ‘*Thin Plate Spline*’ (TPS), que adapta uma função de interpolação a uma configuração consenso (Bookstein, 1997) derivando a variação da forma em dois componentes principais: um componente uniforme (UC), descrevendo a variação global, e um componente não uniforme, que descreve a variação local em regiões específicas (Zelditch *et al.*, 2004). Finalmente, uma análise de *relative warps* (RW), análoga à análise de componentes principais, foi empregada nos componentes não uniformes, gerando novas variáveis de forma (RWs) (Rohlf, 1993). As variáveis (componentes uniformes e deformação parcial) que descrevem o formato de todas as estruturas foram obtidas utilizando o software tpsRelw v.1.73 (Rohlf, 2021b), enquanto que as variações de deformação das estruturas foram obtidas por meio do software tpsRegr v.1.49 (Rohlf, 2021a).

O tamanho das estruturas foi estimado utilizando o tamanho do centroide. Essa variável é definida como a raiz quadrada da soma das distâncias ao quadrado de cada marco anatômico e a massa central da estrutura (Bookstein, 1997). Essa variável foi estimada por meio do software tpsRelw v1.18 (Rohlf, 2021b).

As variações no formato do télico entre as espécies foram analisadas por meio de uma análise discriminante dos valores de componentes uniformes e deformações parciais, e comparadas utilizando-se o teste de Hotelling (T²). Adicionalmente, foi executada uma análise de componentes principais (PCA), com o intuito de avaliar a presença de padrões entre as duas espécies analisadas. Foi realizado um teste T para comparar o tamanho do centroide de cada estrutura entre as espécies (Zar, 2010).

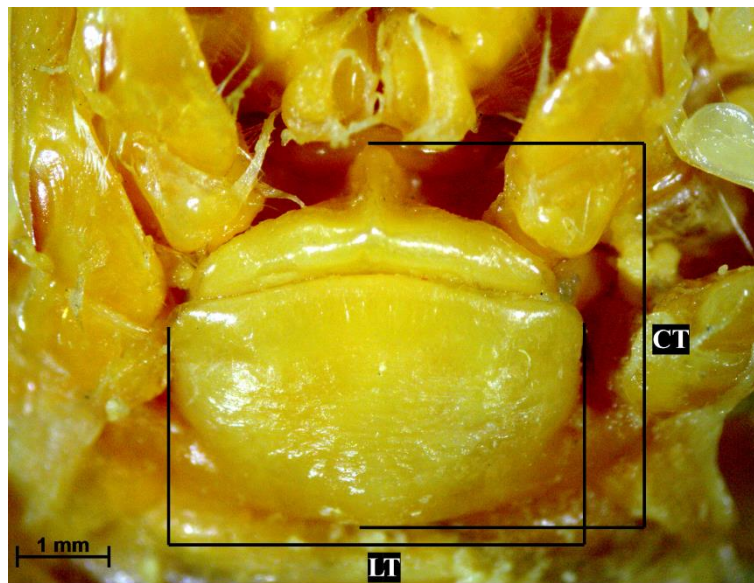


Figura 3. Télico. Vista ventral, evidenciando as medidas de comprimento (CT) e largura (LT) do télico.

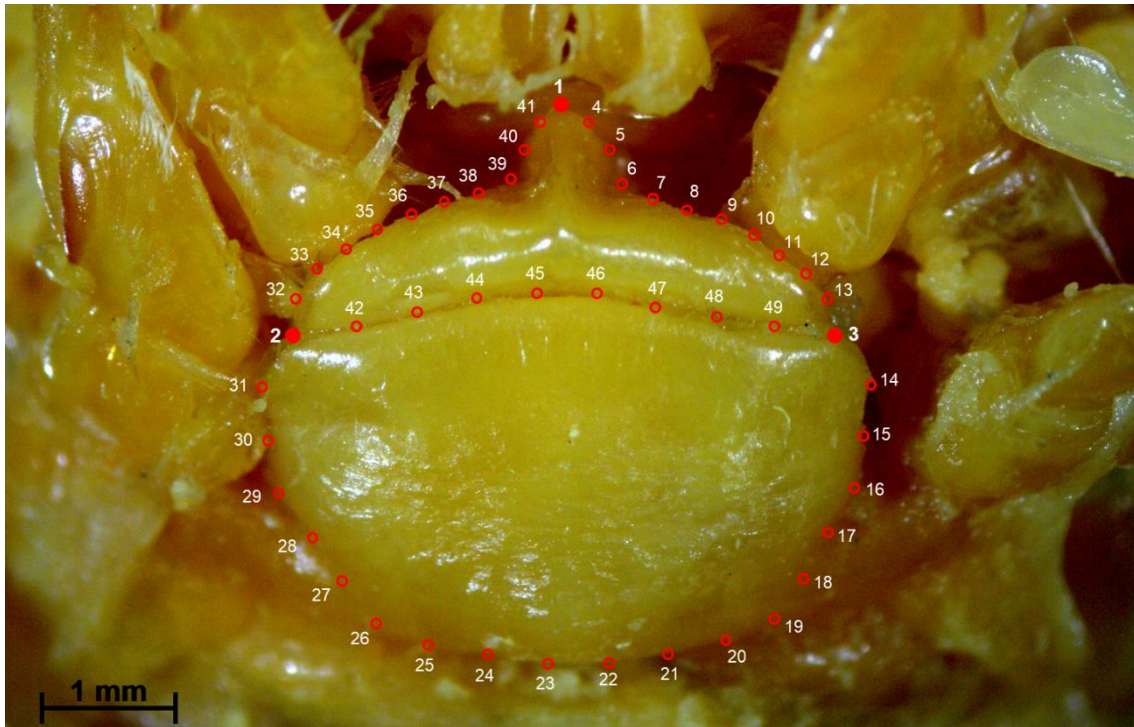


Figura 4. Vista ventral. Têlico. Posição de *landmarks* (círculos preenchidos) e *semilandmarks* (círculos não preenchidos) utilizados para as análises de morfometria geométrica do têlico das fêmeas de *X. kroyeri* e *X. dincao* Carvalho-Batista, Terossi, Zara, Mantelatto & Costa, 2020.

RESULTADOS

Fatores ambientais

Durante o período de amostragem a temperatura da água de fundo variou de 22°C (primavera) a 27°C (verão) ($24,13 \pm 2,10^\circ\text{C}$) e a salinidade variou de 33 (inverno) a 36 (verão) ($34,50 \pm 1,29$) (Figura 5).

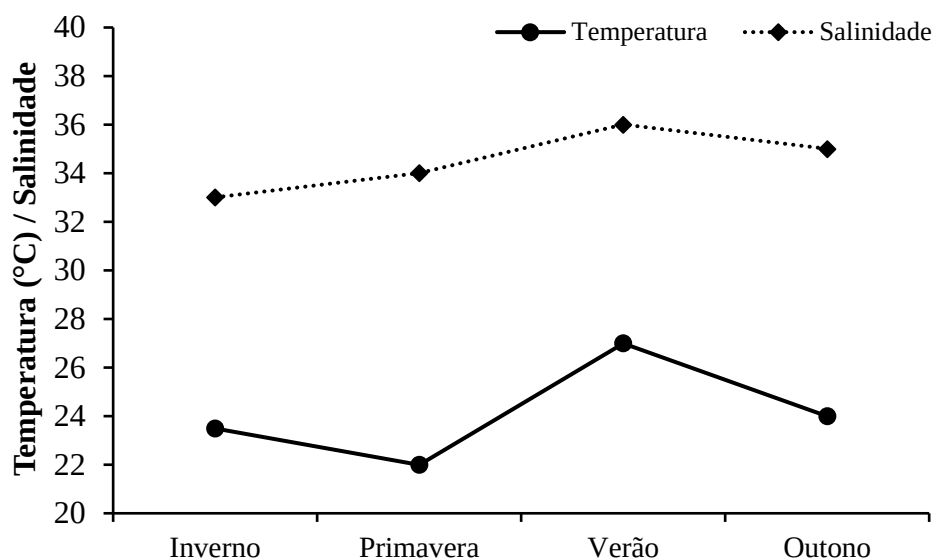


Figura 5. Variação sazonal dos valores de temperatura e salinidade da água de fundo amostrados em julho/2018 (inverno), outubro/2018 (primavera), janeiro/2019 (verão) e abril/2019 (outono) na região de Ubatuba/SP.

Análises moleculares

Durante o período de amostragem coletou-se 147 fêmeas, previamente identificadas morfológicamente como *X. kroyeri*, das quais 80 tiveram o gene COI sequenciado para identificação ao nível de espécie (Tabela 2). Após o alinhamento final das sequências consenso, que incluiu aproximadamente 700 pares de base, constatou-se que 32 fêmeas (40%) eram *X. dincao*.

Xiphopenaeus dincao foi predominante no outono (~78%), enquanto *X. kroyeri* foi predominante nas demais estações, com maior ocorrência no verão (~85%) (Tabela 2; Figura 6).

Tabela 2. Número total (N) de fêmeas amostradas e quantidade de sequências gene mitocondrial Citocromo Oxidase Subunidade I (COI) obtidas por estação e espécie durante julho/2018 (inverno), outubro/2018 (primavera), janeiro/2019 (verão) e abril/2019 (outono) na região de Ubatuba/SP.

Estação	N	Sequências obtidas		Total
		<i>Xiphopenaeus kroyeri</i>	<i>Xiphopenaeus dincao</i>	
Inverno	34	11	04	15
Primavera	35	10	06	16
Verão	38	22	04	26
Outono	40	5	18	23
Total	147	48	32	80

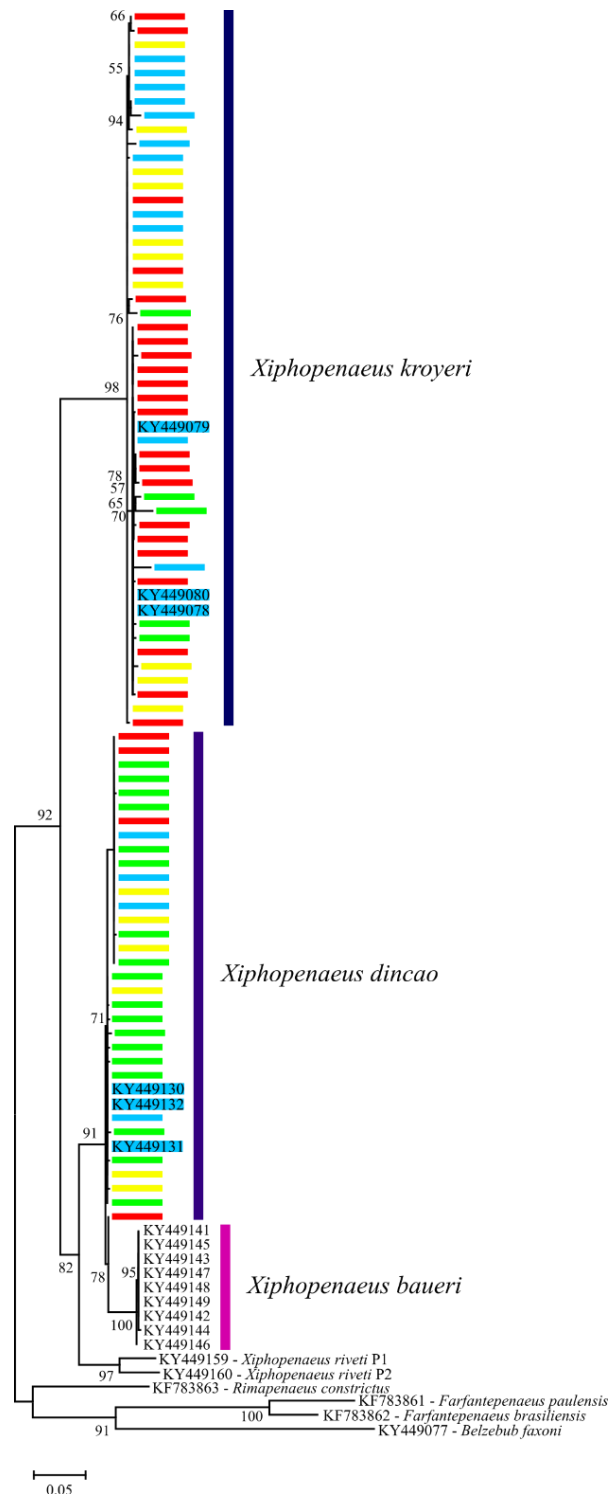


Figura 6. Dendrograma do gene mitocondrial Citocromo Oxidase Subunidade I (COI) para fêmeas de *Xiphopenaeus kroyeri* e *X. dincao* amostradas na região de Ubatuba/SP e grupo externo construída por meio de *Maximum-Likelihood*. As fêmeas amostradas durante o inverno (julho/2018) estão representadas por barras azuis; primavera (outubro/2018) = amarelo; verão (janeiro/2019) = vermelho e outono (abril/2019) = verde. Os espécimes correspondentes às sequências KY449078-80 foram amostrados na região de Ubatuba/SP (julho/2013) e KY449130-32 amostrados na região de Cananéia/SP (julho/2015). Os números são os valores suporte de *bootstrap*; valores abaixo de 50% não foram apresentados.

A distância genética para o COI dentro do gênero *Xiphopenaeus* variou de 0 a 15,40%. Com relação aos grupos externos, as distâncias variaram de 15,04 a 21,58% para *Rimapenaeus constrictus* (Stimpson, 1871), de 23,33 a 32,03% para os camarões do gênero *Farfantepenaeus* Burukovsky, 1997 e de 28,20 a 34,44% para *Belzebub faxoni* (Borradaile, 1915) (Figura 7).

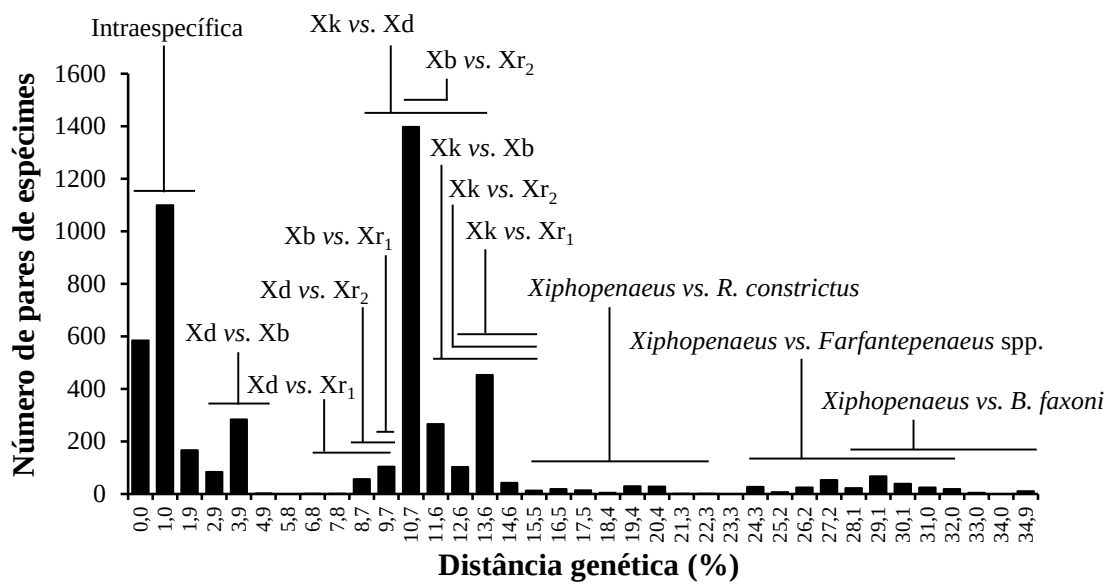


Figura 7. Histograma de divergência genética Kimura-2-Parâmetros, para o gene Citocromo Oxidase Subunidade I (COI), par a par entre os indivíduos do gênero *Xiphopenaeus* e as espécies utilizadas como grupo externo. As linhas acima das barras indicam a variação encontrada nas comparações pareadas entre os grupos predefinidos nas análises anteriores. Xk: *Xiphopenaeus kroyeri*; Xd: *X. dincao*; Xb: *X. baueri*; Xr₁: *X. riveti* P1; Xr₂: *X. riveti* P2.

Análises morfológicas comparativas

Tomografia computadorizada (CT-scan)

Três fêmeas de *X. kroyeri* e três de *X. dincao* foram submetidas a análise de tomografia computadorizada de alta resolução (CT-scan) que revelou diferenças morfológicas, sob a placa que encobre o télco de *X. kroyeri* (Figura 8: A, B) e *X. dincao* (Figura 8: C, D), capazes de separar ambas as espécies.

O télco das fêmeas de *X. kroyeri* (Figura 8: A, B) apresentou-se com diversas invaginações na parte mediana posterior (esternito XIV; P5: pereópodo 5) (indicadas pelas setas pretas), com a protuberância mediana anterior mais alongada e pontiaguda (esternito XIII – P4) (indicada pela seta branca) e com uma proeminência perpendicular sinuosa entre a protuberância mediana anterior e a base do terceiro pereópodo (P3) (indicado pela seta cinza), ausente em *X. dincao*. Já o télco das fêmeas de *X. dincao* (Figura 8: C, D) é composto por diversas protuberâncias anterolaterais (esternito XIV; P5) (indicadas pelas setas pretas), apresentando a protuberância mediana anterior menor (esternito XIII – P4) (indicada pelas setas brancas).

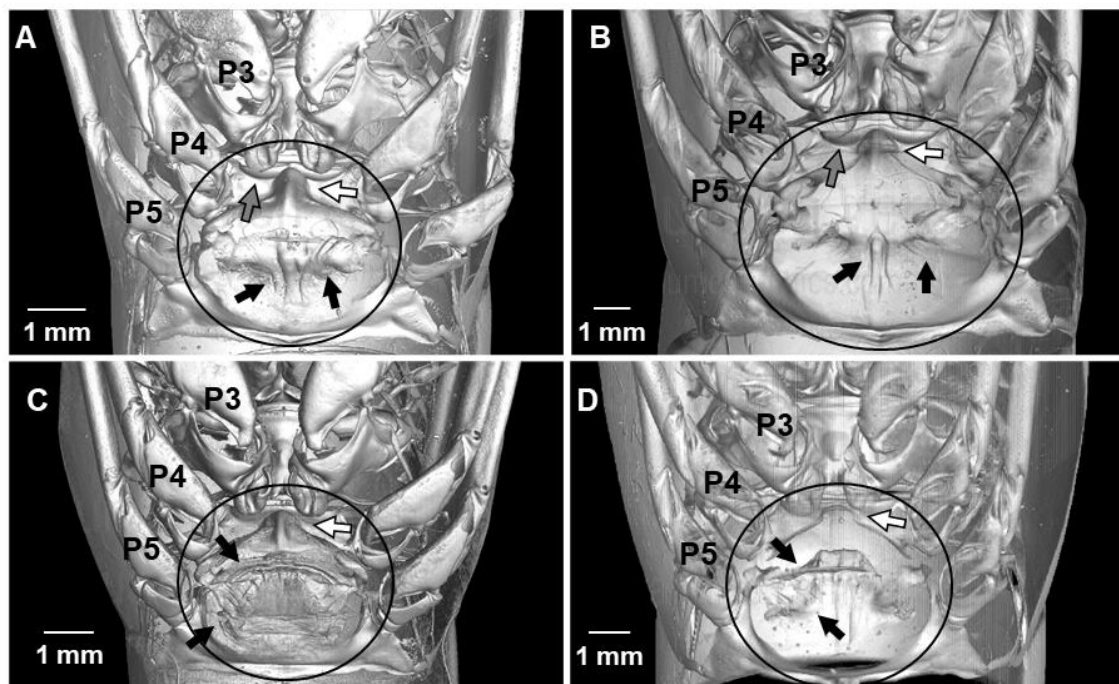


Figura 8. Imagens da vista ventral obtidas através de microtomografia computadorizada de alta resolução (CT-scan) evidenciando a região do télco de *Xiphopenaeus kroyeri* (**A** – comprimento da carapaça (CC): 18,56 mm; **B** – CC: 19,90 mm) e de *X. dincao* (**C** – CC: 20,53 mm; **D** – CC: 20,39 mm). P3, P4 e P5 indicam os números dos pares de pereópodos. Em **A** e **B** as setas brancas indicam a protuberância mediana anterior do télco mais alongada; as setas pretas indicam as invaginações na parte mediana (esternito XIV; P5) e as setas cinzas indicam uma proeminência perpendicular sinuosa entre a protuberância mediana anterior e a base do P3. Em **C** e **D** as setas brancas indicam a protuberância mediana anterior do télco menor em relação a **A** e **B** e as setas pretas indicam diversas protuberâncias anterolaterais (esternito XIV; P5).

Morfologia geométrica

Foram analisadas 56 fêmeas, sendo 31 *X. kroyeri* e 25 *X. dincao*. O comprimento da carapaça (CC) das fêmeas analisadas de *X. kroyeri* variou de 17,16 mm a 27,60 mm ($21,37 \pm 2,50$ mm) e de *X. dincao* variou entre 14,67 mm e 25,90 mm ($19,62 \pm 2,58$ mm). Observou-se que o tégico de *X. dincao* (Figura 9B, D) tem um formato mais arredondado quando comparado com o tégico de *X. kroyeri* (Figura 9A, C). O comprimento do tégico (CT) das fêmeas de *X. kroyeri* apresentou um tamanho médio de $3,72 \pm 0,46$ mm, variando de 2,97 mm a 5,13 mm. Já a largura (LT) variou de 3,66 mm a 5,24 mm, com média de $4,45 \pm 0,38$ mm. Houve diferença significativa entre o CT e LT de *X. kroyeri* (Teste T: $T = 7,166$; $P < 0,001$). O CT das fêmeas de *X. dincao* apresentou um tamanho médio de $3,66 \pm 0,43$ mm, variando de 3,00 mm a 4,67 mm. Já LT variou de 3,12 mm a 4,82 mm, com média de $3,86 \pm 0,38$ mm. Não houve diferença significativa entre o CT e LT de *X. dincao* (Teste T: $T = 1,706$; $P = 0,095$). O CT e LT de ambas as espécies correlacionaram-se positivamente com o CC (*X. kroyeri* Correlação de Pearson – comprimento: $r = 0,885$; $P < 0,001$; largura: $r = 0,851$; $P < 0,001$; *X. dincao* Correlação de Pearson – comprimento: $r = 0,953$; $P < 0,001$; largura: $r = 0,923$; $P < 0,001$) (Figura 10).

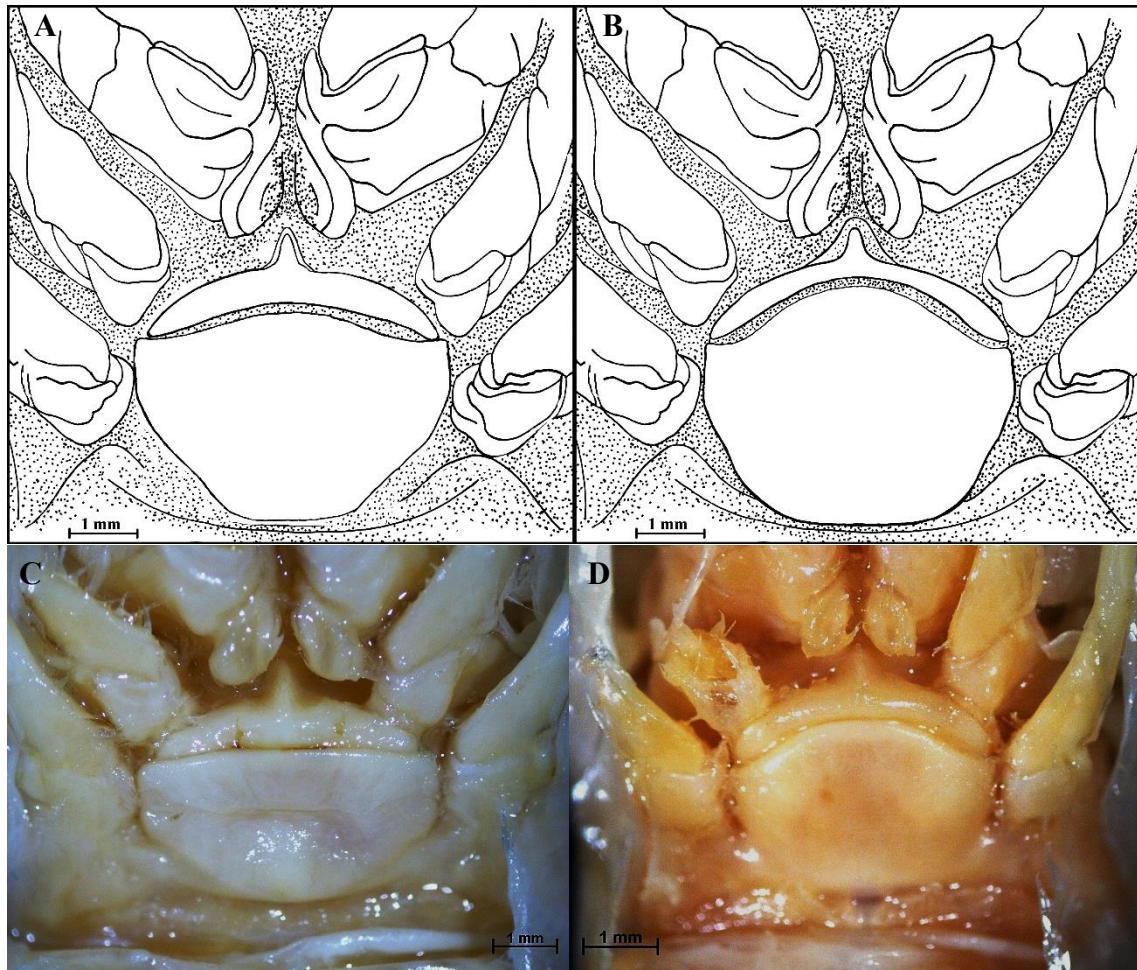


Figura 9. Vista ventral, evidenciando a região do télco dos camarões sete-barbas *Xiphopenaeus kroyeri* (A, C) e *Xiphopenaeus dincao* (B, D) (Ilustração: Pescinelli, R. A.).

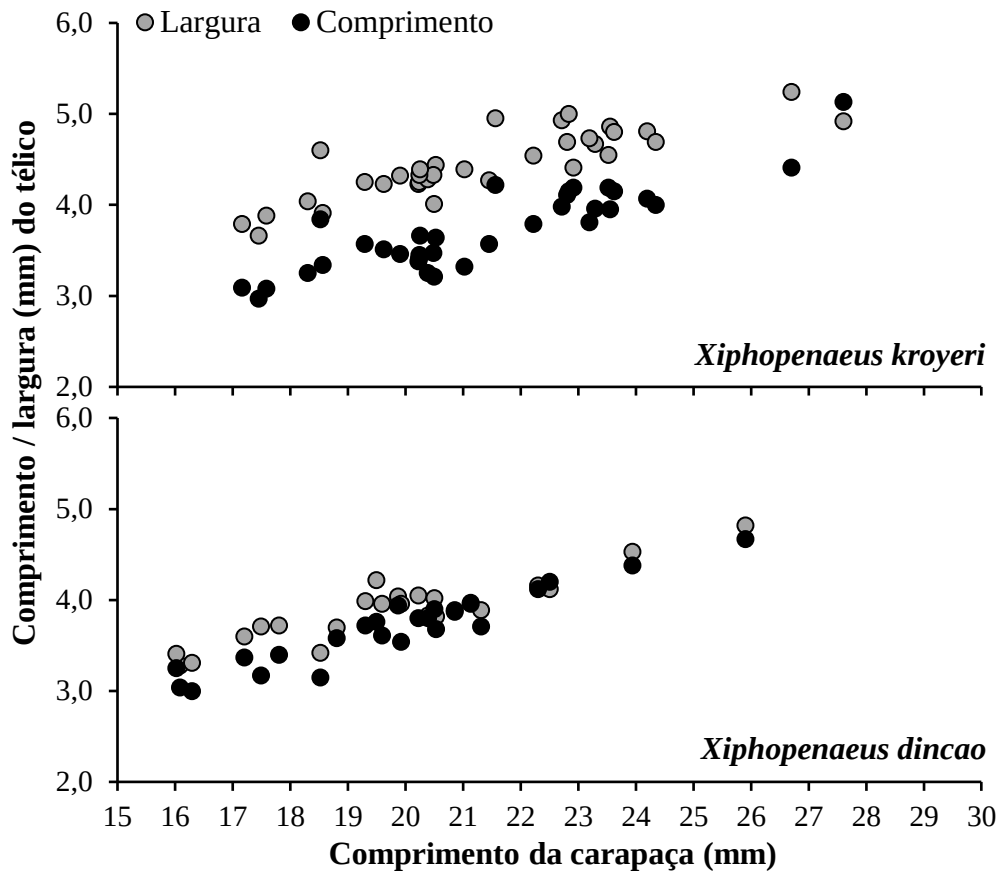


Figura 10. Correlação entre comprimento/largura do télco e comprimento da carapaça das fêmeas de *Xiphopenaeus kroyeri* e *X. dincao* amostradas durante julho/2018 (inverno), outubro/2018 (primavera), janeiro/2019 (verão) e abril/2019 (outono) na região de Ubatuba/SP.

Não foi possível realizar a análise discriminante devido ao número de fêmeas analisadas. No entanto, a análise disponibilizou um histograma preliminar mostrando uma tendência de separação entre as espécies por meio do formato do télco (Figura 11).

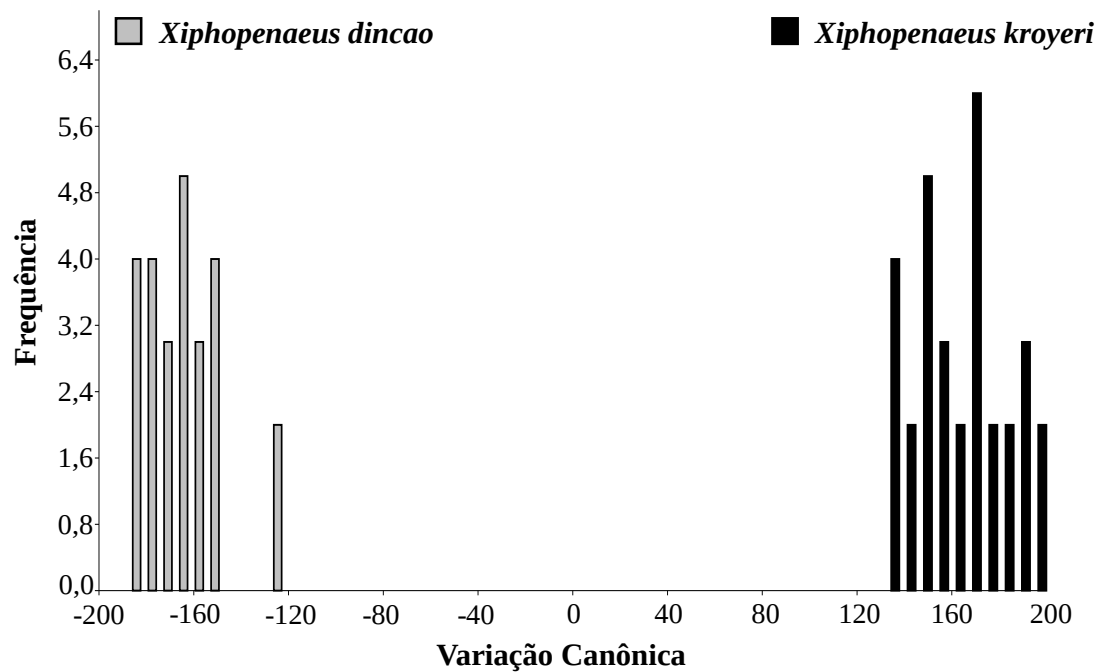


Figura 11. Frequência de variáveis canônicas obtidas na análise discriminante do télico de *Xiphopenaeus dincao* e *X. kroyeri*.

Diferenças no formato do télico entre *X. dincao* e *X. kroyeri* também foram confirmadas pela PCA. Os componentes principais 1 e 2 (PC1 e PC2) explicaram 66,09% e 10,48% da variação da forma, respectivamente. O PC1 foi o que melhor evidenciou a separação das duas espécies, não havendo sobreposição entre os pontos (Figura 12).

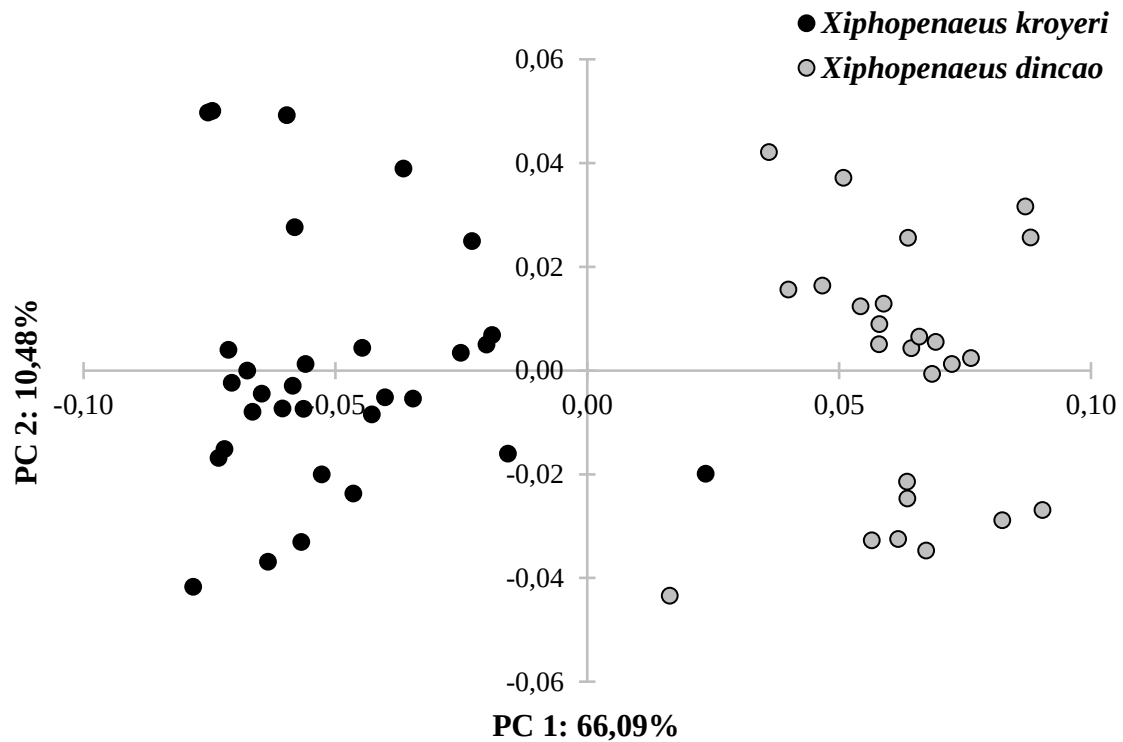


Figura 12. Análise de componentes principais (PCA) de coordenadas do formato do télco de *Xiphopenaeus dincao* Carvalho-Batista, Terossi, Zara, Mantelatto & Costa, 2020 e *X. kroyeri* (Heller, 1862).

As principais diferenças no formato do télco entre *X. dincao* (Figura 13A) e *X. kroyeri* (Figura 13B) estão relacionadas a deformação dos *landmarks* 2 e 3 que estão situados na região lateral e na curva de abertura do télco (*semilandmarks* 42-49) (Figura 13C). A protuberância mediana anterior do télco é mais alongada em *X. kroyeri* (*semilandmarks* 4-9 e 36-41) (Figura 13C). É possível observar também, que o télco de *X. kroyeri* possui uma largura maior quando comparado com *X. dincao* (*semilandmarks* 14-16 e 29-31) (Figura 13C).

O tamanho do centroide do télco de *X. kroyeri* apresentou maior variação em relação a *X. dincao* (Figura 14), apresentando diferenças significativas entre as espécies (Teste T: $T = 2,172$; $P < 0,05$).

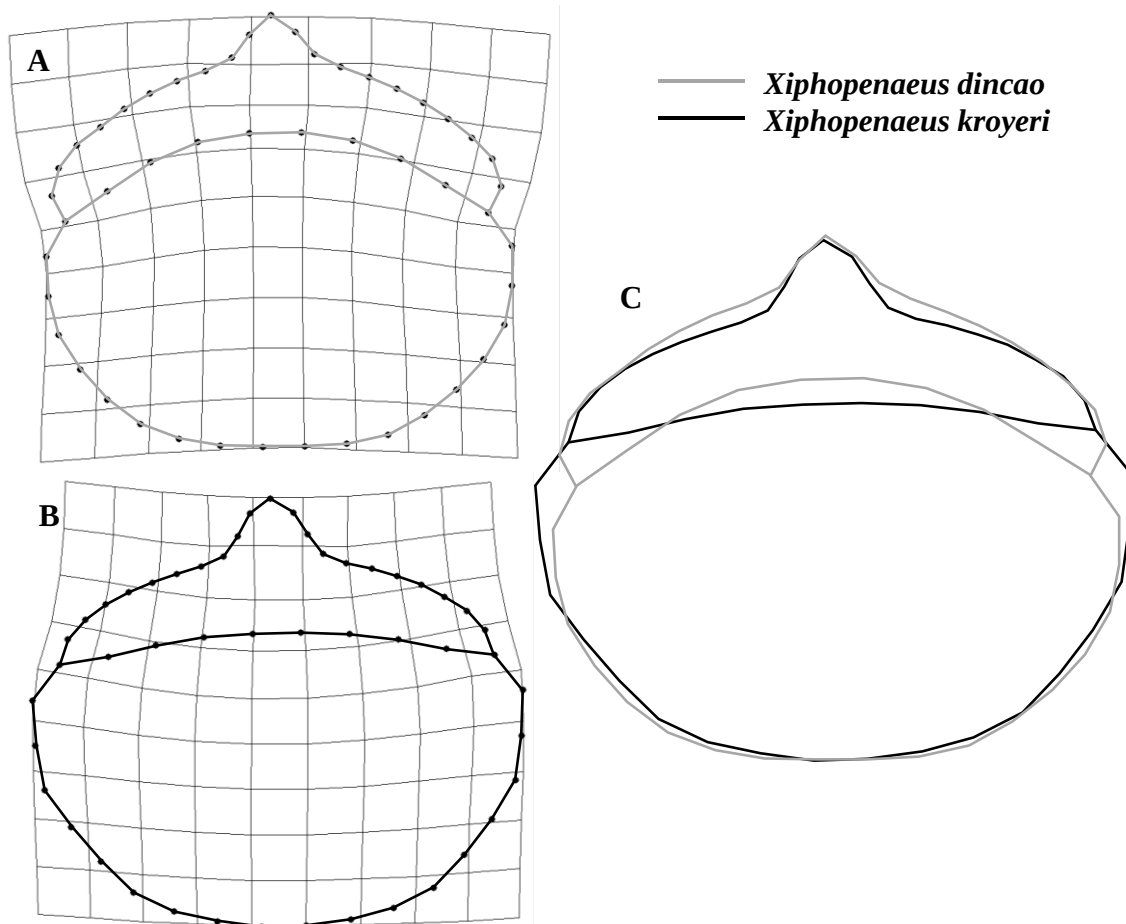


Figura 13. Variação no formato do télcio de *Xiphopenaeus dincao* (A) e *X. kroyeri* (B) e a representação de ambos os formatos sobrepostos (C).

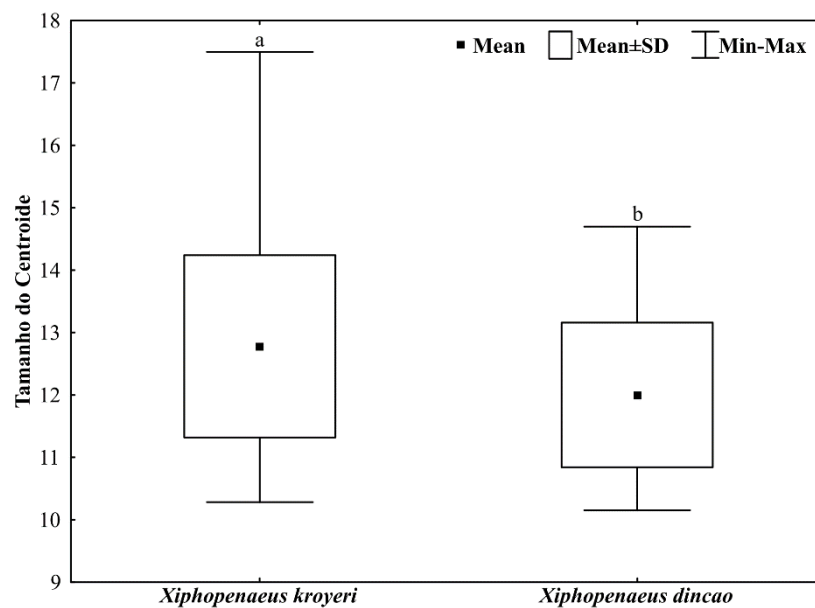


Figura 14. Variação do tamanho do centroide do télcio de *Xiphopenaeus dincao* e *X. kroyeri*. Letras diferentes indicam diferenças significativas no teste T ($P < 0,05$).

DISCUSSÃO

Os resultados obtidos por meio de uma abordagem interdisciplinar proporcionaram um maior entendimento da história de vida desses camarões. Observou-se a ocorrência de *X. kroyeri* e *X. dincao* na região de Ubatuba, além de evidências para a separação morfológica dessas as espécies.

Os resultados mostraram que as fêmeas *X. kroyeri* são mais abundantes que as fêmeas *X. dincao* na região de Ubatuba e corroboram o proposto por Carvalho-Batista *et al.* (2019) de que há duas espécies do gênero *Xiphopenaeus* na região de estudo. Contudo, sugere-se que há uma tendência de sazonalidade entre tais espécies, com *X. dincao* apresentando maior abundância durante o outono (período de fechamento da pesca), enquanto *X. kroyeri* é predominante nas demais estações. Kerkhove *et al.* (2019) reportaram que encontraram *Xiphopenaeus* sp. 2 (*X. dincao*) somente em áreas de estuário e em regiões costeiras até 10m ao longo da costa norte do Atlântico da América do Sul. Se esse padrão de distribuição espacial se repetir na região de amostragem, somado a distribuição temporal diferencial entre as espécies, possivelmente, são fatores que podem contribuir para uma menor pressão pesqueira sobre *X. dincao* na região de Ubatuba. Considerando que o período de defeso dos camarões ocorre durante o outono (de 1º de março a 31 de maio) nas regiões Sudeste e Sul do Brasil (IBAMA, 2008), justamente o período em que *X. dincao* foi mais abundante. No entanto, estudos mais aprofundados a respeito da distribuição espaço-temporal dessas espécies são necessários para maiores inferências.

O gene COI mostrou-se eficiente para comprovar molecularmente a identidade das espécies-alvo desse estudo, não havendo a necessidade do uso de outros genes. As distâncias genéticas encontradas estão no intervalo esperado de distâncias intra e interespecíficas em decápodes para o gene COI. Dentro da ordem Decapoda, as maiores

distâncias intraespecíficas conhecidas pelo gene COI são de, aproximadamente, 2%, podendo atingir ~4%. Já as distâncias interespecíficas, entre espécies congêneres, são geralmente superiores a 5%, com média de $15,49 \pm 0,04$, podendo atingir distâncias superiores a 30%, enquanto que distâncias infrafamiliares podem atingir até ~50% (Costa *et al.*, 2007a; Silva *et al.*, 2011).

A combinação de ferramentas moleculares e análises morfológicas detalhadas das estruturas reprodutivas provou ser eficaz em resolver problemas taxonômicos para diferenciar e descrever espécies crípticas de crustáceos decápodes (Magalhães *et al.*, 2016; Tavares & Gusmão, 2016; Teodoro *et al.*, 2016; Carvalho-Batista *et al.*, 2019; França *et al.*, 2019, 2021). A utilização dessas ferramentas foi de extrema importância para fortalecer e aprofundar os resultados desse estudo. Os caracteres sexuais secundários dos Dendrobranchiata são importantes para a taxonomia do grupo, sendo útil para separar espécies congêneres semelhantes morfológicamente (Pérez-Farfante & Kensley, 1997; Tavares & Gusmão, 2016; Carvalho-Batista *et al.*, 2019; França *et al.*, 2019).

As análises morfológicas do télico, caracter sexual secundário das fêmeas, se mostraram congruentes aos resultados das análises moleculares. Carvalho-Batista *et al.* (2019) não encontraram diferenças que pudessem separar morfológicamente as fêmeas ambas as espécies. No entanto, as imagens obtidas por meio das análises de *CT-scan* revelaram diferenças sob a placa externa do télico, que, possivelmente, poderão ser utilizadas para separação morfológica das fêmeas dessas espécies.

Adicionalmente, a morfometria geométrica também evidenciou diferenças no formato do télico de *X. kroyeri* e *X. dincao*. Embora não ter sido possível realizar a análise discriminante, as análises de componentes principais (PCA) e do tamanho do centroide deram robustez a separação de ambas as espécies por esse caracter. Dentro das análises de morfometria geométrica, o tamanho do centroide é uma importante variável utilizada

como auxílio na diferenciação de grupos (complexo de espécies ou dimorfismo sexual), juntamente a variação do formato das estruturas (Bookstein, 1997), como foi observado nos resultados encontrados.

O téllico de *X. kroyeri* apresentou maior largura em relação ao téllico de *X. dincao*. A diferença no formato dos téllicos, possivelmente, está diretamente relacionada a morfologia dos petasmas, já descritos por Carvalho-Batista *et al.* (2019). Segundo a descrição desses autores, a região distal da projeção disto-lateral do petasma é mais alongada em *X. kroyeri* do que em *X. dincao*. Provavelmente, por essa razão a largura do téllico das fêmeas de *X. kroyeri* seja maior quando comparado ao téllico das fêmeas de *X. dincao*. A morfologia genital no reino animal tem sido alvo de estudos desde o século XIX (Dufour, 1844; Spence Bate, 1881; Smith, 1885), e revela que a genitália pode evoluir em resposta a diferentes tipos de pressões ambientais como coevolução, seleção sexual e seleções para evitar cópulas específicas cruzadas (Eberhard, 1992; Brown & Eady, 2001; Brennan *et al.*, 2007).

A correta identificação dos pescados é fundamental pois, o conhecimento da estrutura dos estoques é um requisito básico para que as medidas de gerenciamento de pesca sejam efetivas (Begg *et al.*, 1999). Um melhor entendimento dos processos que afetam esses estoques populacionais, incluindo o papel da pesca dentro do contexto dos impactos humanos, é necessário para o desenvolvimento de políticas de conservação e restauração, tanto dos ambientes estuarinos quanto no mar aberto (Blaber *et al.*, 2000).

Dados do Instituto de Pesca do estado de São Paulo, mostram que em 2017 e 2018 o camarão sete-barbas *X. kroyeri* sensu lato (incluindo as duas espécies presentes no sudeste) foi o recurso pesqueiro mais capturado do litoral paulista, com 2.565,4 e 2.244,6 toneladas/anuais descarregadas, respectivamente (Ávila-da-Silva *et al.*, 2018, 2019). A única estratégia para proteção, que colabora para a diminuição da pressão pesqueira sobre

essas espécies, é o período de defeso dos camarões. Miazaki *et al.* (2021) investigaram crescimento, mortalidade (natural, total e pesqueira) e taxa de exploração de estoques de *Xiphopenaeus* spp. de quatro regiões no sudeste brasileiro, incluindo Ubatuba, e reportaram que tais estoques estão sobreexplotados, evidenciando a necessidade de adequações no gerenciamento pesqueiro a fim de evitar o colapso desses estoques.

As diferenças moleculares e morfológicas evidenciadas entre as espécies-alvo desse estudo auxiliam na identificação de *X. kroyeri* e *X. dincao*. Além disso, pode-se inferir que, supostamente, *X. kroyeri* sofre uma maior pressão pesqueira que *X. dincao*, uma vez que, a distribuição espacial de *X. dincao* pode contribuir para uma menor pressão pesqueira sobre esta espécie, se for a mesma observada ao longo da costa norte do Atlântico da América do Sul por Kerkhove *et al.* (2019). Adicionalmente, *X. dincao* apresentou maior abundância durante o fechamento da pesca que pode contribuir também para uma maior proteção dessa espécie. Os resultados mostraram que há uma tendência de sazonalidade entre as espécies com maior predomínio de *X. kroyeri*, exceto durante o outono. No entanto, a distribuição espacial das espécies na baía ainda é desconhecida.

Entender o ciclo de vida, a variabilidade, o nicho ecológico e o papel da espécie na comunidade e no ecossistema requerem uma abordagem multidisciplinar (Ditty & Bremer, 2011). A integração de técnicas moleculares e da morfologia comparativa, resultou em informações valiosas que contemplam a área de recursos pesqueiros. O emprego de ferramentas moleculares permite a verificação da identidade das espécies com segurança, porém além dos altos custos associados é necessário um tempo maior para a realização de todos os procedimentos. A correta identificação das espécies é uma premissa para todo o conhecimento da biodiversidade e é essencial para pesquisas básicas em biologia, como investigações ecológicas, estudos de dinâmica populacional, impactos da sobrepesca e estimativas de desembarques pesqueiros (Pérez-Farfante, 1988).

Assim, os resultados deste estudo fornecem caracteres morfológicos para a diferenciação das fêmeas *X. kroyeri* e *X. dincao*. Adicionalmente, comprovou-se a presença de ambas as espécies no litoral norte do estado de São Paulo, com maior abundância de *X. kroyeri*. Este estudo traz informações básicas essenciais sobre a identificação, biologia e disponibiliza subsídios para um melhor manejo e gerenciamento dos camarões sete-barbas, além de encorajar novos estudos para o maior entendimento da bioecologia desses importantes recursos pesqueiros.

REFERÊNCIAS

- ADAMS, D. C., F. J. ROHLF & D. E. SLICE, 2004. Geometric morphometrics: ten years of progress following the “revolution.” *Ital. J. Zool.*, **71**: 5–16. <https://doi.org/10.1080/11250000409356545>
- ÁVILA-DA-SILVA, A. O., M. H. CARNEIRO, J. T. MENDONÇA, G. C. C. BASTOS, L. V. MIRANDA, W. do R. RIBEIRO & S. dos SANTOS, 2018. Produção pesqueira marinha e estuarina do estado de São Paulo: Dezembro de 2017. *Inf. Pesqueiro São Paulo*, **92**: 1–4
- ÁVILA-DA-SILVA, A. O., M. H. CARNEIRO, J. T. MENDONÇA, G. C. C. BASTOS, L. V. MIRANDA, W. do R. RIBEIRO & S. dos SANTOS, 2019. Produção pesqueira marinha e estuarina do estado de São Paulo: Dezembro de 2018. *Inf. Pesqueiro São Paulo*, **104**: 1–22
- BEGG, G. A., K. D. FRIEDLAND & J. B. PEARCE, 1999. Stock identification and its role in stock assessment and fisheries management: an overview. *Fish. Res.*, **43**: 1–8. [https://doi.org/10.1016/S0165-7836\(99\)00062-4](https://doi.org/10.1016/S0165-7836(99)00062-4)
- BLABER, S. J. M., D. P. CYRUS, J. J. ALBARET, C. V. CHING, J. W. DAY, M. ELLIOTT, M. S. FONSECA, D. E. HOSS, J. ORENSANZ, I. C. POTTER & W. SILVERT, 2000. Effects of fishing on the structure and functioning of estuarine and nearshore ecosystems. *ICES J. Mar. Sci.*, **57**: 590–602. <https://doi.org/10.1006/jmsc.2000.0723>
- BOCHINI, G. L., G. STANSKI, A. L. CASTILHO & R. C. COSTA, 2019. The crustacean bycatch of seabob shrimp *Xiphopenaeus kroyeri* (Heller, 1862) fisheries in the Cananéia region, southern coast of São Paulo, Brazil. *Reg. Stud. Mar. Sci.*, **31**: 100799. <https://doi.org/10.1016/j.rsma.2019.100799>
- BOOKSTEIN, F. L., 1997. *Morphometric Tools for Landmark Data: Geometry and Biology*. (Cambridge University Press, Cambridge).
- BOOS, H., R. C. COSTA, R. A. SANTOS, J. DIAS-NETO, E. S. RODRIGUES, L. F. RODRIGUES, F. D’INCAO, C. T. C. IVO & P. A. COELHO, 2016. Avaliação dos camarões peneídeos (Decapoda: Penaeidae). In: M. A. A. PINHEIRO & H. BOOS (eds.): *Livro Vermelho dos Crustáceos do Brasil: Avaliação 2010-2014*. 300–317. (Sociedade Brasileira de Carcinologia, Porto Alegre).
- BRENNAN, P. L. R., R. O. PRUM, K. G. MCCracken, M. D. SORENSON, R. E. WILSON & T. R. BIRKHEAD, 2007. Coevolution of male and female genital morphology in waterfowl. *PLoS One*, **2**. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0000418>
- BROWN, D. V. & P. E. EADY, 2001. Functional incompatibility between the fertilization systems of two allopatric populations of *Callosobruchus maculatus* (Coleoptera: Bruchidae). *Evolution* (N. Y.), **55**: 2257–2262. <https://doi.org/10.1111/j.0014-3820.2001.tb00740.x>
- CARVALHO-BATISTA, A., M. NEGRI, L. G. PILEGGI, A. L. CASTILHO, R. C. COSTA & F. L. MANTELATTO, 2014. Inferring population connectivity across the range of distribution of the stiletto shrimp *Artemesia longinaris* Spence Bate, 1888 (Decapoda, Penaeidae) from DNA barcoding: Implications for fishery management. *Zookeys*, **288**: 271–288. <https://doi.org/10.3897/zookeys.457.6569>
- CARVALHO-BATISTA, A., M. TERROSSI, F. J. ZARA, F. L. MANTELATTO & R. C. COSTA, 2019. A multigene and morphological analysis expands the diversity of the seabod

- shrimp *Xiphopenaeus* Smith, 1869 (Decapoda: Penaeidae), with descriptions of two new species. *Sci. Rep.*, **9**: 15281. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-51484-3>
- CASTILHO, A. L., R. T. BAUER, F. A. M. FREIRE, V. FRANSOZO, R. C. COSTA, R. C. GRABOWSKI & A. FRANSOZO, 2015. Lifespan and reproductive dynamics of the commercially important sea bob shrimp *Xiphopenaeus kroyeri* (Penaeoidea): Synthesis of a 5-year study. *J. Crustac. Biol.*, **35**: 30–40. <https://doi.org/10.1163/1937240X-00002300>
- CASTILHO, A. L., M. R. PIE, A. FRANSOZO, A. P. PINHEIRO & R. C. COSTA, 2008. The relationship between environmental variation and species abundance in shrimp community (Crustacea: Decapoda: Penaeoidea) in south-eastern Brazil. *J. Mar. Biol. Assoc. U. K.*, **88**: 119–123. <https://doi.org/10.1017/S0025315408000313>
- CHAGAS-SOARES, F., O. M. PEREIRA & E. P. SANTOS, 1995. Contribuição ao ciclo biológico de *Penaeus schmitti* Burkenroad, 1936, *Penaeus brasiliensis*, Latreille, 1817 e *Penaeus paulensis* Pérez-Farfante, 1967, na região lagunar-estuarina de Cananéia, São Paulo, Brasil. *Bol. Inst. Pesca*, **22**: 49–59
- COSTA, F. O., J. R. DE WAARD, J. BOUTILLIER, S. RATNASINGHAM, R. T. DOOH, M. HAJIBABAEI & P. D. N. HEBERT, 2007a. Biological identifications through DNA barcodes: The case of the Crustacea. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, **64**: 272–295. <https://doi.org/10.1139/F07-008>
- COSTA, R. C., G. L. BOCHINI, S. M. SIMÕES, M. LOPES, G. S. SANCINETTI, A. L. CASTILHO & A. FRANSOZO, 2016. Distribution pattern of juveniles of the pink shrimps *Farfantepenaeus brasiliensis* (Latreille, 1817) and *F. paulensis* (Pérez-Farfante, 1967) on the southeastern Brazilian coast. *Nauplius*, **24**: 1–11. <https://doi.org/10.1590/2358-2936e2016024>
- COSTA, R. C., A. FRANSOZO, F. A. M. FREIRE & A. L. CASTILHO, 2007b. Abundance and ecological distribution of the “sete-barbas” shrimp *Xiphopenaeus kroyeri* (Heller, 1862) (Decapoda: Penaeoidea) in three bays of the Ubatuba region, southeastern Brazil. *Gulf Caribb. Res.*, **19**: 33–41. <https://doi.org/10.18785/gcr.1901.04>
- COSTA, R. C., A. FRANSOZO, G. A. S. MELO & F. A. M. FREIRE, 2003. An illustrated key for Dendrobranchiata shrimps from the northern coast of São Paulo, Brazil. *Biota Neotrop.*, **3**: 1–12
- COSTA, R. C., M. LOPES, A. L. CASTILHO, A. FRANSOZO & S. M. SIMÕES, 2008. Abundance and distribution of juvenile pink shrimps *Farfantepenaeus* spp. in a mangrove estuary and adjacent bay on the northern shore of São Paulo state, southeastern Brazil. *Invertebr. Reprod. Dev.*, **52**: 51–58. <https://doi.org/10.1080/07924259.2008.9652272>
- DALL, W., B. J. HILL, P. C. ROTH LISBERG & D. J. SHARPLES, 1990. The biology of the Penaeidae. (Academic Press, London).
- DIAS-NETO, J., 2011. Proposta de plano nacional de gestão para o uso sustentável de camarões marinhos no Brasil. (Ministério do Meio Ambiente, IBAMA, Brasília).
- DIAS-NETO, J. & J. de F. O. DIAS, 2015. Uso da biodiversidade aquática no Brasil: uma avaliação com foco na pesca. (Ministério do Meio Ambiente, IBAMA, Brasília).
- DITTY, J. G. & J. R. A. BREMER, 2011. Species discrimination of postlarvae and early juvenile brown shrimp (*Farfantepenaeus aztecus*) and pink shrimp (*F. duorarum*) (Decapoda: Penaeidae): coupling molecular genetics and comparative morphology

- to identify early life stages. J. Crustac. Biol., **31**: 126–137. <https://doi.org/10.1651/10-3304.1>
- DUFOUR, L., 1844. Anatomie générale des Diptères. Annu. Sci. Nat., **1**: 244–264
- EBERHARD, W. G., 1992. Species isolation, genital mechanics, and the evolution of species-specific genitalia in three species of *Macroductylus* beetles (Coleoptera, Scarabeidae, Melolonthinae). Evolution (N. Y.), **46**: 1774–1783
- ESTOUP, A., C. R. LARGIADÈR, E. PERROT & D. CHOURROUT, 1996. Rapid one-tube DNA extraction for reliable PCR detection of fish polymorphic markers and transgenes. Mol. Mar. Biol. Biotechnol., **5**: 295–298
- FOLMER, O., M. BLACK, W. HOEH, R. LUTZ & R. VRIJENHOEK, 1994. DNA primers for amplification of mitochondrial cytochrome c oxidase subunit I from diverse metazoan invertebrates. Mol. Mar. Biol. Biotechnol., **3**: 294–299
- FRANÇA, N. F. C., A. B. MORAES, A. CARVALHO-BATISTA, M. C. R. B. MELO, F. J. ZARA, F. L. MANTELATTO & F. A. M. FREIRE, 2021. An integrative approach using DNA barcode and scanning electron microscopy for the effective identification of sympatric species of the genus *Farfantepenaeus* Burukovsky, 1997. Reg. Stud. Mar. Sci., **43**: 1–13. <https://doi.org/10.1016/j.rsma.2021.101670>
- FRANÇA, N. F. C., A. B. de MORAES, A. CARVALHO-BATISTA, M. C. R. B. de MELO, L. LÓPEZ-GRECO, F. L. MANTELATTO & F. A. de M. FREIRE, 2019. *Farfantepenaeus subtilis* (Pérez-Farfante, 1967) and *F. brasiliensis* (Latreille, 1817) (Decapoda, Penaeidae): Ontogenetic comparison using the combined analysis of secondary sexual characters and molecular markers. Fish. Res., **216**: 89–95. <https://doi.org/10.1016/j.fishres.2019.03.024>
- FRANKE, H. D., L. GUTOW & M. JANKE, 2007. Flexible habitat selection and interactive habitat segregation in the marine congeners *Idotea baltica* and *Idotea emarginata* (Crustacea, Isopoda). Mar. Biol., **150**: 929–939. <https://doi.org/10.1007/s00227-006-0421-2>
- DE GRAVE, S. & C. H. J. M. FRANSEN, 2011. Carideorum Catalogus: The Recent Species of the Dendrobranchiate, Stenopodidean, Procarididean and Caridean Shrimps (Crustacea: Decapoda). Zool. Meded., **85**: 195–588
- HALL, T. A., 1999. BioEdit: a user-friendly biological sequence alignment editor and analysis program for Windows 95/98/NT. Nucleic Acids Symp. Ser., **41**: 95–98
- HEBERT, P. D. N., S. RATNASINGHAM & J. R. DE WAARD, 2003. Barcoding animal life: Cytochrome c oxidase subunit 1 divergences among closely related species. Proc. R. Soc. B Biol. Sci., **270**: 96–99. <https://doi.org/10.1098/rsbl.2003.0025>
- HOSSAIN, M. Y. & J. OHTOMI, 2008. Reproductive biology of the southern rough shrimp *Trachysalambria curvirostris* (Penaeidae) in Kagoshima Bay, southern Japan. J. Crustac. Biol., **28**: 607–612. <https://doi.org/10.1651/07-2970.1>
- IBAMA, 2008. Instrução Normativa No 189, de 23 de setembro de 2008.
- KERKHOVE, T. R. H., J. BOYEN, A. DE BACKER, J. H. MOL, F. A. M. VOLCKAERT, F. LELIAERT & M. DE TROCH, 2019. Multilocus data reveal cryptic species in the Atlantic seabob shrimp *Xiphopenaeus kroyeri* (Crustacea: Decapoda). Biol. J. Linn. Soc., **127**: 847–862. <https://doi.org/10.1093/biolinnean/blz065>
- KIMURA, M., 1980. A simple method for estimating evolutionary rates of base

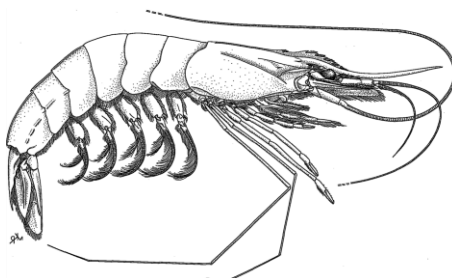
- substitutions through comparative studies of nucleotide sequences. *J. Mol. Evol.*, **16**: 111–120. <https://doi.org/10.1007/BF01731581>
- KUMAR, S., G. STECHER, M. LI, C. KNYAZ & K. TAMURA, 2018. MEGA X: Molecular evolutionary genetics analysis across computing platforms. *Mol. Biol. Evol.*, **35**: 1547–1549. <https://doi.org/10.1093/molbev/msy096>
- LOTZE, H. K., H. S. LENIHAN, B. J. BOURQUE, R. H. BRADBURY, R. G. COOKE, M. C. KAY, S. M. KIDWELL, M. X. KIRBY, C. H. PETERSON & J. B. C. JACKSON, 2006. Depletion, degradation, and recovery potential of estuaries and coastal seas. *Science* (80-.), **312**: 1806–1809. <https://doi.org/10.1126/science.1128035>
- MAGALHÃES, T., R. ROBLES, D. L. FELDER & F. L. MANTELATTO, 2016. Integrative taxonomic study of the purse crab genus *Persephona* Leach, 1817 (Brachyura: Leucosiidae): Combining morphology and molecular data. *PLoS One*, **11**: 1–34. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0152627>
- MANTELATTO, F. L., C. H. BERNARDO, T. E. SILVA, V. P. BERNARDES, V. J. COBO & A. FRANZOZO, 2016a. Composição e distribuição de crustáceos decápodes associados à pesca do camarão-sete-barbas *Xiphopenaeus kroyeri* (Heller, 1862) no litoral norte do estado de São Paulo. *Bol. Inst. Pesca*, **42**: 307–326. <https://doi.org/10.20950/1678-2305.2016v42n2p307>
- MANTELATTO, F. L., F. L. CARVALHO, S. M. SIMÕES, M. NEGRI, E. A. SOUZA-CARVALHO & M. TEROSI, 2016b. New primers for amplification of cytochrome c oxidase subunit I barcode region designed for species of Decapoda (Crustacea). *Nauplius*, **24**: 1–4. <https://doi.org/10.1590/2358-2936e2016030>
- MANTELATTO, F. L., R. ROBLES & D. L. FELDER, 2007. Molecular phylogeny of the western Atlantic species of the genus *Portunus* (Crustacea, Brachyura, Portunidae). *Zool. J. Linn. Soc.*, **150**: 211–220. <https://doi.org/10.1111/j.1096-3642.2007.00298.x>
- MANTELATTO, F. L., M. TEROSI, M. NEGRI, R. C. BURANELLI, R. ROBLES, T. MAGALHÃES, A. F. TAMBURUS, N. ROSSI & M. J. MIYAZAKI, 2018. DNA sequence database as a tool to identify decapod crustaceans on the São Paulo coastline. *Mitochondrial DNA Part A DNA Mapping, Seq. Anal.*, **29**: 805–815. <https://doi.org/10.1080/24701394.2017.1365848>
- MIYAZAKI, L. F., G. S. HECKLER, A. P. F. SANTOS, A. L. CASTILHO, R. A. PESCHINELLI & R. C. COSTA, 2021. Growth parameters, longevity, and mortality of the seabob shrimp *Xiphopenaeus* spp. (Decapoda: Penaeidae) in four important fishing regions of southeastern Brazil. *Fish. Oceanogr.*: 1–16. <https://doi.org/10.1111/fog.12533>
- MIYAZAKI, L. F., A. P. F. SANTOS, D. S. SALVATI, F. A. ALVES-COSTA & R. C. COSTA, 2016. Temporal variations in biomass and size of seabob shrimp *Xiphopenaeus kroyeri* (Heller, 1862) (Decapoda: Penaeoidea) on the southern coast of São Paulo state, Brazil. *Nauplius*, **24**: e2016025. <https://doi.org/10.1590/2358-2936e2016025>
- MIYAZAKI, L. F., A. P. F. SANTOS, D. S. SALVATI, S. M. SIMÕES & R. C. COSTA, 2018. Growth, longevity, and juvenile recruitment of the white shrimp *Litopenaeus schmitti* (Burkenroad, 1936) (Decapoda: Penaeoidea) in southeastern Brazil. *Acta Sci. Biol. Sci.*, **40**: e40379. <https://doi.org/10.4025/actascibiols.v40i1.40379>
- MILLER, S. A., D. D. DYKES & H. F. POLESKY, 1988. A simple salting out procedure for extracting DNA from human nucleated cells. *Nucleic Acids Res.*, **16**: 1215.

- <https://doi.org/10.1093/nar/16.3.1215>
- PAULY, D., V. CHRISTENSEN, S. GUÉNETTE, T. J. PITCHER, U. R. SUMAILA, C. J. WALTERS, R. WATSON & D. ZELLER, 2002. Towards sustainability in world fisheries. *Nature*, **418**: 689–695. <https://doi.org/10.1038/nature01017>
- PÉREZ-FARFANTE, I., 1988. Illustrated key to the penaeoid shrimps of commerce in the Americas. NOAA Tech. Rep. NMFS, **64**: 1–32
- PÉREZ-FARFANTE, I. & B. KENSLEY, 1997. Penaeoid and Segestoid shrimps andawns of the world. Keys and diagnoses for the families and genera. (Editions du Museum National d'Histoire Naturelle, Paris).
- ROHLF, F. J., 1993. Relative warp analysis and an example of its application to mosquito wings. In: L. F. MARCUS, E. BELLO, & A. GARCÍA-VALDECASAS (eds.): Contributions to morphometrics. 131–159. (Museo Nacional de Ciencias Naturales, Madrid).
- ROHLF, F. J., 2017. TpsDig2 (Version 2.31)
- ROHLF, F. J., 2021a. TpsRegr (Version 1.49)
- ROHLF, F. J., 2021b. TpsRelw (Version 1.73)
- ROHLF, F. J. & D. SLICE, 1990. Extensions of the Procrustes Method for the Optimal Superimposition of Landmarks. *Syst. Zool.*, **39**: 40–59. <https://doi.org/10.2307/2992207>
- SALVATI, D. D. S., J. F. PERROCA, S. M. SIMÕES, A. L. CASTILHO & R. C. COSTA, 2020. Variation in size distribution of juvenile pink shrimps *Farfantepenaeus brasiliensis* and *F. paulensis* in the estuarine-adjacent ocean area of Cananéia, south-eastern coast of Brazil. *J. Mar. Biol. Assoc. U. K.*, **101**: 117–129. <https://doi.org/10.1017/S0025315420001393>
- SCHOENER, T. W., 1986. Resource partitioning. In: J. KIKKAWA & D. J. ANDERSON (eds.): Community Ecology: Pattern and Process. 91–126. (Blackwell Publishing, Melbourne).
- SILVA, J. M., S. CREER, A. DOS SANTOS, A. C. COSTA, M. R. CUNHA, F. O. COSTA & G. R. CARVALHO, 2011. Systematic and evolutionary insights derived from mtDNA COI Barcode diversity in the Decapoda (Crustacea: Malacostraca). *PLoS One*, **6**: 1–15. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0019449>
- SMITH, S. I., 1885. On some genera and species of Penaeidae, mostly from recent dredgings of the United States Fish Commission. *Proc. United States Natl. Museum*, **8**: 170–190. <https://doi.org/10.5479/si.00963801.507.170>
- SPENCE BATE, F. R. S. C., 1881. On the Penœidea. *Ann. Mag. Nat. Hist.*, **8**: 169–196. <https://doi.org/10.1080/00222938109487441>
- TAMURA, K., M. NEI & S. KUMAR, 2004. Prospects for inferring very large phylogenies by using the neighbor-joining method. *Proc. Natl. Acad. Sci. U. S. A.*, **101**: 11030–11035. <https://doi.org/10.1073/pnas.0404206101>
- TAVARES, C. & J. GUSMÃO, 2016. Description of a new Penaeidae (Decapoda: Dendrobranchiata) species, *Farfantepenaeus isabelae* sp. nov. *Zootaxa*, **4171**: 505–516. <https://doi.org/10.11646/zootaxa.4171.3.6>
- TELES, J. N., F. L. MANTELATTO, L. F. MIAZAKI, A. FRANSOZO & G. BERTINI, 2020. A

- 20-year gap evaluation of the population biology of the crab *Hepatus pudibundus* in an area overexploited by fisheries. *Biologia (Bratisl.)*, **76**: 147–158. <https://doi.org/10.2478/s11756-020-00528-5>
- TEODORO, S. S. A., M. TEROSSI, F. L. MANTELATTO & R. C. COSTA, 2016. Discordance in the identification of juvenile pink shrimp (*Farfantepenaeus brasiliensis* and *F. paulensis*: Family Penaeidae): An integrative approach using morphology, morphometry and barcoding. *Fish. Res.*, **183**: 244–253. <https://doi.org/10.1016/j.fishres.2016.06.009>
- THOMPSON, J. D., D. G. HIGGINS & T. GBSON, 1994. CLUSTAL W: improving the sensitivity of progressive multiple sequence alignment through sequence weighting, position-specific gap penalties and weight matrix choice. *Nucleic Acids Res.*, **22**: 4673–4680. <https://doi.org/10.1093/nar/22.22.4673>
- TRIFINOPOULOS, J., L. T. NGUYEN, A. VON HAESELER & B. Q. MINH, 2016. W-IQ-TREE: a fast online phylogenetic tool for maximum likelihood analysis. *Nucleic Acids Res.*, **44**: 232–235. <https://doi.org/10.1093/nar/gkw256>
- VASCONCELLOS, M., A. C. DIEGUES & D. C. KALIKOSKI, 2011. Coastal fisheries of Brazil. In: S. SALAS, R. CHUENPAGDEE, A. CHARLES, & J. C. SEJO (eds.): Coastal fisheries of Latin America and the Caribbean. 73–116. (FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper No. 544, Rome).
- ZAR, J. H., 2010. Biostatistical analysis. 5th ed. (Prentice Hall, New Jersey).
- ZELDITCH, M. L., D. L. SWIDERSKI & H. D. SHEETS., 2004. Geometric Morphometrics for Biologists: A Primer. (Academic Press, New York).

Capítulo 2

**Aspectos reprodutivos dos camarões sete-barbas
Xiphopenaeus kroyeri (Heller, 1862) e *X. dincao*
Carvalho-Batista, Terossi, Zara, Mantelatto &
Costa, 2019 (Decapoda: Penaeidae) no litoral norte
do estado de São Paulo**



RESUMO

Os parâmetros reprodutivos referentes à fecundidade e fertilidade dos camarões sete-barbas foram pela primeira vez investigados, de maneira geral para *Xiphopenaeus* spp. e separadamente para *X. kroyeri* e *X. dincao*. Além de averiguar e comparar sazonalmente e entre as espécies o índice gonadosomático (IGS), fator de condição (FC), tamanho dos ovos e a taxa de eclosão das larvas num sistema de cultivo individualizado das fêmeas capturadas. Foram realizadas quatro amostragens na Baía de Ubatuba e áreas adjacentes, litoral norte paulista, no período de julho/2018 a abril/2019 (jul/2018: inverno; out/2018: primavera; jan/2019: verão; abr/2019: outono), em profundidades de até 25 metros, utilizando um barco camaroeiro equipado com duas redes de arrasto de fundo. Os arrastos tiveram duração máxima de 10 minutos, com intuito de amostrar fêmeas vivas em eminente desova. A fecundidade foi estimada por meio do número de ovócitos e a fertilidade utilizou-se o número de ovos (e náuplios quando existentes) após a desova. A fecundidade média estimada para *Xiphopenaeus* spp. foi de 108.432 ± 58.896 ovócitos, com a maior média observada na primavera (138.803 ± 66.857 ovócitos). Já a fertilidade média foi de 27.865 ± 15.961 ovos, com a maior média ocorreu no verão (35.739 ± 21.749 ovos). Para *X. kroyeri*, a fecundidade média estimada foi de 101.878 ± 63.608 ovócitos e a fertilidade média foi de 27.865 ± 15.961 ovos. *Xiphopenaeus dincao* apresentou maiores estimativas de fecundidade e fertilidade, sendo 118.794 ± 65.980 ovócitos e 34.198 ± 20.833 ovos, respectivamente. Houve diferença entre as fecundidades estimadas de ambas as espécies. Ambas as espécies apresentaram correlação positiva entre fecundidade e o tamanho e apenas *X. kroyeri* apresentou correlação positiva entre a fertilidade e o tamanho. *Xiphopenaeus dincao* apresentou maior média de IGS ($10,54 \pm 2,18\%$) e um FC com maior estabilidade entre as classes de tamanho. Em contrapartida, *X. kroyeri* apresentou ovos maiores e uma maior média de FC. A fecundidade dos crustáceos apresenta alta plasticidade intra e interespecífica e diversos fatores (genéticos, bióticos e abióticos) podem influenciar na produção de ovos desses indivíduos. Estudos sobre esses aspectos, principalmente, de espécies exploradas comercialmente, são necessários e de extrema importância para a manutenção e conservação dos estoques naturais. As informações geradas nesse capítulo auxiliam na elucidação da história de vida dos camarões sete-barbas *X. kroyeri* e *X. dincao* presentes no litoral norte paulista, disponibilizando subsídios para um melhor manejo e gerenciamento desses importantes recursos pesqueiros.

Palavras-chave: Dendrobranchiata, fator de condição, fecundidade, fertilidade, índice gonadosomático.

INTRODUÇÃO

A pesca de camarões no litoral brasileiro é realizada em grande escala, com significativa importância econômica, histórica, social e cultural (Branco, 2005). As principais espécies de camarões capturadas na plataforma continental das regiões Sudeste e Sul do Brasil são pertencentes à família Penaeidae, destacando-se *Xiphopenaeus kroyeri* (Heller, 1862) popularmente conhecido como camarão sete-barbas (D’Incao *et al.*, 2002; Mantelatto *et al.*, 2016). Esse camarão é considerado o segundo recurso pesqueiro mais importante na região sudeste do Brasil e responsável por cerca 90% de todos os camarões Penaeiodea capturados na região costeira (Vasconcellos *et al.*, 2011; Mantelatto *et al.*, 2016; Bochini *et al.*, 2019; Carvalho-Batista *et al.*, 2019). Como a maioria dos camarões peneídeos, *X. kroyeri* apresenta crescimento rápido (Gulland & Rothschild, 1981) e longevidade média de aproximadamente 18 meses (Castilho *et al.*, 2015a). Seu ciclo de vida não exige uma fase de crescimento estuarino, passando toda a vida em águas marinhas (Iwai, 1973; Branco, 2005).

Em recente revisão taxonômica do gênero *Xiphopenaeus* Smith, 1896, Carvalho-Batista *et al.* (2019) descreveram novas espécies. O táxon até então monotípico, passou a ser composto por pelo menos cinco espécies, sendo duas destas registradas no litoral sudeste do Brasil e alvo do presente estudo: *X. kroyeri* e *X. dincao* Carvalho-Batista, Terossi, Zara, Mantelatto & Costa, 2019. Além de serem capturadas e monitoradas como um único táxon (Ávila-da-Silva *et al.*, 2017, 2018, 2019), todo o conhecimento biológico e ecológico relacionado aos camarões sete-barbas também compreende um único táxon.

As recentes descobertas de espécies crípticas têm levado a mudanças de paradigmas em ecologia, com espécies anteriormente consideradas generalistas sendo descobertas como complexos de espécies especialistas (Hebert *et al.*, 2004; Blair *et al.*, 2005; Stireman *et al.*, 2005; Santos *et al.*, 2014; Fišer *et al.*, 2018). Os complexos crípticos

de espécies apresentam alta semelhança morfológica dificultando a identificação apenas por meio da morfologia, e apresentam diferenças genéticas consideráveis entre si (Bickford *et al.*, 2007). Contudo, em uma investigação mais detalhada, essas diferenças genéticas são complementadas por outras diferenças mais sutis em sua morfologia, ecologia, distribuição e comportamento (Kerkhove *et al.*, 2019).

Estudos têm sido realizados a fim de entender a segregação e seleção do habitat de espécies congêneres, como por exemplo Costa *et al.* (2008) estudaram duas espécies camarões-rosa *Farfantepenaeus* spp. em uma área estuarina e baía adjacente de Ubatuba e observaram a não sobreposição de habitats nos estágios iniciais de vida, sendo os juvenis de uma espécie capturada apenas na baía, e, da outra, nos estuários, onde posteriormente migram para a baía na fase adulta. A justificativa para esse comportamento é evitar a competição por recursos, possibilitando a coexistência das espécies.

Estudos relacionados a *X. kroyeri* têm incidido sobre aspectos de sua biologia populacional (Nakagaki & Negreiros-Fransozo, 1998; Castro *et al.*, 2005), biologia reprodutiva e recrutamento (Almeida *et al.*, 2012; Heckler *et al.*, 2013a; Grabowski *et al.*, 2016); dinâmica populacional (Heckler *et al.*, 2013b; Grabowski *et al.*, 2014; Castilho *et al.*, 2015a), variação temporal da biomassa (Miazaki *et al.*, 2016), abundância e distribuição (Costa *et al.*, 2007; Simões *et al.*, 2010; Heckler *et al.*, 2014a; b; Silva *et al.*, 2016), estrutura populacional e crescimento (Silva *et al.*, 2019). No entanto, investigações a respeito da fecundidade e fertilidade de camarões peneídeos são escassos na literatura e inexistentes para os camarões sete-barbas. Além disso, o conhecimento de tais parâmetros é de extrema importância para a recuperação dos estoques de espécies sobreexploradas, como ocorre com os camarões sete-barbas no litoral paulista.

A biologia reprodutiva é um dos tópicos mais estudados sobre o ciclo de vida das espécies e as análises centram-se, principalmente, no tamanho da maturidade sexual,

período reprodutivo e investimento reprodutivo (Sukumaran & Neelakantan, 1999; Zairion *et al.*, 2015). Parâmetros reprodutivos apresentam variações intra e interespecíficas de acordo com as diferenças regionais de cada área (Zairion *et al.*, 2015), sendo controlados por complexas interações ambientais como temperatura, salinidade, fotoperíodo, características do sedimento, produtividade primária (Sastry, 1983; Barry & Dayton, 1991; Andrade *et al.*, 2014) e/ou por pressão seletiva (Sastry, 1983; Bauer & Rivera-Vega, 1992). Bauer & Lin (1994) sugere que o suprimento alimentar das larvas (produção de fitoplâncton) pode ser uma importante pressão seletiva para o padrão temporal de desova em *Rimapenaeus* spp. e outras espécies de peneídeos.

Estudos relacionados à fecundidade quando combinados às análises de fertilidade podem ser de grande importância na determinação do potencial reprodutivo de uma espécie, além de possibilitar projeções confiáveis para a larvicultura e futuro cultivo em cativeiro (Hattori & Pinheiro, 2003). Na busca de um equilíbrio e reposição dos estoques naturais das áreas de pesca, torna-se relevante o estudo de tais aspectos em espécies de interesse comercial, visando assim, a diminuição dos impactos causados pela pesca de arrasto nas regiões costeiras.

Estudos sobre fecundidade e fertilidade são mais comuns para Pleocyemata (Hattori & Pinheiro, 2003; Bertini & Baeza, 2014; Peiró *et al.*, 2014; Moraes *et al.*, 2017; Pescinelli *et al.*, 2017; Almeida *et al.*, 2018; Pantaleão *et al.*, 2018; João & Pinheiro, 2019), provavelmente, em virtude de as fêmeas incubarem os ovos em seus pleópodos, facilitando assim as análises.

A fecundidade mede o potencial reprodutivo de uma espécie (Fonteles-Filho, 2011) e, nos camarões Penaeoidea, pode ser estimada através do número de ovócitos ou óvulos produzidos por fêmea em um determinado período (Anger & Moreria, 1998; Croos *et al.*, 2011). A fertilidade absoluta é definida como o número de ovos (ou

neonatos) produzidos por fêmea e mensura a capacidade reprodutiva efetiva da espécie (Fonteles-Filho, 2011; Uddin & Rahman, 2015).

Nos organismos aquáticos, a fecundidade apresenta uma alta plasticidade e diferenciação nos níveis inter e intraespecífico (Sastry, 1983; Ramirez-Llodra, 2002). Em crustáceos decápodes, além dos fatores ambientais, o tamanho das fêmeas também pode influenciar a fecundidade de uma espécie (Anger & Moreria, 1998; Ramirez-Llodra, 2002; Bertini & Baeza, 2014). Em camarões Penaeoidea é comum as fêmeas apresentarem maiores tamanhos em relação aos machos, como já relatado para *Farfantepenaeus* spp. (Leite Jr. & Petrere Jr., 2006), *Sicyonia dorsalis* Kingsley, 1878 (Castilho *et al.*, 2008b), *X. kroyeri* (Heckler *et al.*, 2013a), *Artemesia longinaris* Spence Bate, 1888 (Castilho *et al.*, 2015b), *Pleoticus muelleri* (Bate, 1888) (Sancinetti *et al.*, 2019) e *Rimapenaeus constrictus* (Stimpson, 1874) (Garcia *et al.*, 2016). Tais estudos afirmam que esse dimorfismo sexual é uma estratégia reprodutiva do grupo, uma vez que, fêmeas com um maior cefalotórax podem corresponder a uma maior produção de ovócitos e maior fecundidade para as espécies.

Considerando que os camarões Dendrobranchiata não incubam ovos nos pleópodos durante o desenvolvimento embrionário (Dall *et al.*, 1990), a avaliação do potencial reprodutivo nesses camarões é realizada por meio do índice gonadossomático (IGS). Este índice consiste na razão entre o peso da gônada e o peso total do animal (Anderson *et al.*, 1985; López-Greco & Rodríguez, 1999).

A produção de gametas, especialmente dos ovos, é de alto custo energético e, portanto, fortemente sensível a pressões seletivas, sendo afetada principalmente por fatores ambientais, como a quantidade e qualidade de alimentos, temperatura, salinidade ou presença de elementos tóxicos no habitat (Ramirez-Llodra, 2002).

A partir da análise do peso em função do tamanho é possível calcular o fator de condição (FC). A avaliação do FC pode fornecer informações importantes sobre o bem-estar geral de uma espécie, indicando suas recentes condições de alimentação (teor de gordura) e grau de adaptação ao ambiente (Le Cren, 1951). O FC está relacionado a uma interação complexa de fatores endógenos (Gopal *et al.*, 2010), como processos fisiológicos, metabólicos, hormonais e de carga genética (Gautam *et al.*, 2014). Esses mecanismos são modulados por fatores exógenos, como temperatura, fotoperíodo, precipitação, salinidade, disponibilidade e qualidade dos alimentos e densidade populacional (Araújo & Lira, 2012; Gautam *et al.*, 2014). O FC pode revelar traços reprodutivos da espécie, como períodos de desova e maturação gonadal (Pinheiro & Taddei, 2005).

O conhecimento da duração, local e período reprodutivo de uma determinada espécie é essencial para elaboração de uma estratégia eficiente de manejo (Shih *et al.*, 2009), pois relaciona a espécie com a preservação dos habitats em que vive, além de fornecer dados ecológicos importantes para a conservação do estoque em toda sua área de ocorrência (Heckler *et al.*, 2013a).

Assim, o presente estudo analisou as estratégias reprodutivas sazonalmente referentes à fecundidade e fertilidade dos camarões sete-barbas (*Xiphopenaeus* spp.) e separadamente por espécies (*X. dincao* e *X. kroyeri*). Além de averiguar e comparar o índice gonadossomático, fator de condição, tamanho dos ovos e a taxa de eclosão das larvas num sistema de cultivo individualizado das fêmeas capturadas. As seguintes hipóteses foram testadas: de forma geral, para *Xiphopenaeus* spp., nas estações que apresentam condições ambientais favoráveis ao desenvolvimento larval há um maior investimento reprodutivo das fêmeas; *X. dincao* e *X. kroyeri* apresentam estratégias

reprodutivas diferentes, evitando a competição por recursos e possibilitando a coexistência de ambas as espécies na região de estudo.

MATERIAL E MÉTODOS

Área de amostragem

A Baía de Ubatuba (23°27'S, 45°03'W), município de Ubatuba, litoral norte do estado de São Paulo, Brasil, está localizada em um trecho da Serra do Mar, cujas encostas acompanham todo o litoral paulista, possibilitando a existência de centenas de praias com diferentes características geomorfológicas (Ab'Saber, 2001). A área total da Baía é de aproximadamente 8 km², sendo 4,5 km de largura na entrada e diminuindo em direção à praia e possui quatro rios que desembocam na baía (rio Indaiá, rio Grande, rio Lagoa e rio Acarajú) (Figura 1) que, provavelmente, fornecem matéria orgânica e reduzem a salinidade da água (Mantelatto & Fransozo, 1999).

A região de Ubatuba é influenciada por três massas de águas oceânicas: Água Tropical (AT) caracterizada por apresentar alta temperatura e alta salinidade ($T > 20^{\circ}\text{C}$; $S > 36$), Água Costeira (AC) que apresenta alta temperatura e baixa salinidade ($T > 20^{\circ}\text{C}$; $S < 36$) e Água Central do Atlântico Sul (ACAS) que possui temperatura e salinidade baixas ($T < 18^{\circ}\text{C}$; $S < 36$) (Castro-Filho *et al.*, 1987). A atuação dessas massas de água em diferentes estações do ano modifica as condições de temperatura, salinidade e nutrientes, interferindo na dinâmica e distribuição populacional das comunidades bentônicas (De Léo & Pires-Vanin, 2006).

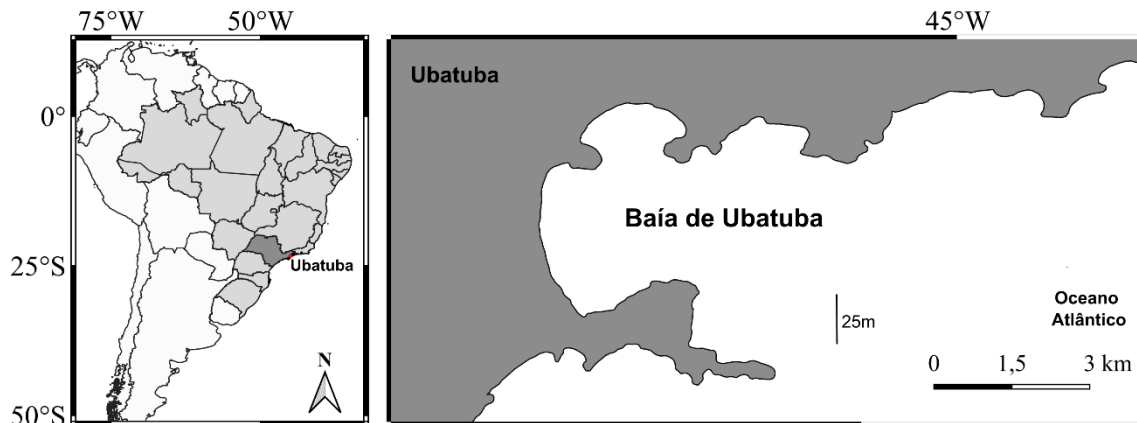


Figura 1. Mapa evidenciando a área de amostragem, Baía de Ubatuba, São Paulo, Brasil.

Amostragem de dados

As amostragens foram realizadas trimestralmente (uma por estação do ano) na Baía de Ubatuba e áreas adjacentes (Figura 1), no período de julho/2018 a abril/2019 (jul/2018: inverno; out/2018: primavera; jan/2019: verão; abr/2019: outono), durante o período da manhã utilizando um barco camaroeiro equipado com duas redes de arrasto de fundo, com malha de 20 mm e 18 mm no saco final. Os arrastos foram realizados quantas vezes necessários para obtenção das fêmeas, de forma aleatória na baía, em profundidades de 15 a, aproximadamente, 25 metros e tiveram duração máxima de 10 minutos, com intuito de amostrar fêmeas vivas em eminente desova.

Para cada estação, foram obtidas cerca de 40 fêmeas, identificadas morfológicamente como *Xiphopenaeus kroyeri*, de acordo com Pérez-Farfante & Kensley (1997) e Costa *et al.* (2003), com as gônadas desenvolvidas, ou seja, apresentando coloração verde intensa (petróleo), preenchendo praticamente todo corpo da fêmea e perfeitamente visíveis, dorsalmente, através do exoesqueleto (Bauer & Lin, 1994; Almeida *et al.*, 2012). Após o arrasto e triagem, as fêmeas selecionadas foram acondicionadas em caixas com água e aeração constante, e transportadas para o Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo (IOUSP), base Ubatuba para análises posteriores.

Durante as amostragens, coletou-se amostras de água de fundo com auxílio de uma garrafa de Van Dorn, das quais foram medidos os valores de temperatura com um termômetro de mercúrio (precisão de 0,1°C) e salinidade com um refratômetro óptico (precisão de 0,1).

Cultivo dos camarões

No IOUSP, aproximadamente 20 fêmeas por estação foram individualizadas em baldes de 8 a 10 litros sem substrato, com aeração constante, cobertos por uma malha para evitar a fuga das fêmeas até o momento da desova (Figura 2A). A temperatura e salinidade foram mantidas de acordo com as condições medidas em campo em cada coleta, além do fotoperíodo. Posteriormente às desovas, que ocorreram todas no período noturno, as fêmeas foram fixadas em álcool 100% e os ovos transferidos para recipientes menores (500ml), devidamente identificados com o número da fêmea correspondente, com aeração forte e constante, por até 72h (Figura 2B). Após esse período todo o material foi fixado em álcool 100% e transportado para o Laboratório de Biologia de Camarões Marinhos e de Água Doce (LABCAM – UNESP/Bauru) para análises posteriores.

Além disso, parte das fêmeas amostradas tiveram sua identidade taxonômica confirmada por meio de ferramentas moleculares, seguindo Carvalho-Batista *et al.* (2019).



Figura 2. (A) Cultivo individualizado das fêmeas de *Xiphopenaeus* spp. e (B) aeração dos ovos, pós desova no Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo (IOUSP), base Ubatuba/SP.

Análises de dados

Fecundidade e fertilidade

A fecundidade e fertilidade foram estimadas de forma geral para *Xiphopenaeus* spp. e separadamente, por espécie utilizando as fêmeas identificadas por ferramentas moleculares.

A fecundidade foi estimada seguindo a metodologia utilizada por Pérez-Velázquez & Gracia (2000), com adaptações. As fêmeas foram fixadas em Boiun, mensurou-se o comprimento da carapaça (CC) com um paquímetro (0,01 mm), peso total

(PT g) e peso das gônadas (PG g) utilizando uma balança analítica (0,0001 g). Após o processo de dissecação e pesagem das gônadas, retirou-se 3 subamostras de 0,001 g da região próxima aos gonóporos feminino, ou seja, no terceiro somito pereopodal para posterior contagem dos ovócitos.

Os ovócitos foram contados somente após serem separados do tecido conjuntivo, passando, primeiramente, por um processo de desidratação, transferindo-os, consecutivamente, para soluções de etanol a 30%, 50% e 70% durante 24 horas cada. A *posteriori*, o tecido ovariano foi transferido para solução de Gilson (ácido nítrico concentrado 15ml; ácido acético glacial 4ml; cristais de cloreto mercúrio 20g; álcool etílico a 60% 100ml; e água destilada 880ml) e armazenado por no mínimo duas semanas para soltar os ovócitos, possibilitando a contagem.

Para estimar a fecundidade (F) utilizou-se a seguinte fórmula: $F = A * (PG / 0,001)$, em que A é o número médio de ovos das subamostras por fêmea; PG é o peso total das gônadas (g) e 0,001 é o peso de cada subamostra (Pérez-Velázquez & Gracia, 2000).

A fertilidade (FT) foi estimada, individualmente, por regra de três simples: $FT = (No / 15) * 300$, onde No é a soma do número de ovos e náuplios encontrados nas 5 subamostras/fêmea; 15 é a alíquota total das subamostras e 300 é o volume total da amostra, seguindo metodologia utilizada por Uddin & Rahman (2015), com adaptações. Para isso, todo o material fixado oriundo da desova foi colocado em um *becker* de vidro, totalizando um volume 300 ml de solução aquosa. Após homogeneização da amostra, retirou-se 5 subamostras de 3 ml com uma pipeta. Os ovos e os náuplios, quando existentes, de cada subamostra foram contabilizados com auxílio de um estereomicroscópio trinocular Zeiss Stemi 2000–C equipado com uma câmera AxioCam ERc 5s. Para cada subamostra, foi mensurado o diâmetro de cinco ovos, com o auxílio do sistema de imagem anteriormente citado, juntamente com o programa computacional

AxioVision v.4.8.2 Carl Zeiss MicroImaging GmbH®, totalizando 20 ovos por fêmea, dos quais também foram utilizados para estimar a porcentagem de fecundação dos ovos. Os ovos fecundados e não fecundados foram detectados pela presença ou ausência de clivagem do zigoto, respectivamente.

A taxa de eclosão (E) foi calculada através da razão entre o número total de náuplios da amostra (Na) e o No: $E = (Na / No) * 100$. O volume dos ovos foi estimado pela seguinte fórmula: $V = \pi * (d_1)^2 * d_2 / 6$, onde V é o volume em mm³; d₁ é o diâmetro menor em mm e d₂ é o diâmetro maior em mm (Bauer, 1991).

Os dados foram testados quanto à normalidade (teste de Shapiro-Wilk) e homoscedasticidade (teste de Levene), considerando um nível de significância de 5% e de acordo com o resultado, foram empregados os testes estatísticos mais adequados para cada análise (Zar, 2010).

Para analisar a variação da abundância dentre as classes de tamanho, bem como a estimativa média da fecundidade e fertilidade em cada classe, as fêmeas amostradas foram distribuídas em classes de tamanho de 2 mm.

Diferenças no CC, PT e PG entre as estações do ano foram testadas por meio da análise de variância (ANOVA *one-way*, $P < 0,05$), seguida *a posteriori* do teste de Tukey. Diferenças no CC, volume dos ovos e taxa de eclosão entre as estações foram testadas utilizando o teste de Kruskal-Wallis (ANOVA não-paramétrica), seguido do teste de Dunn (Zar, 2010). Ambas as análises foram realizadas utilizando o programa R v.3.5.3.

A diferença na fecundidade e fertilidade entre as estações do ano e entre as espécies foi averiguada pela análise de covariância (ANCOVA, $P < 0,05$), pelo programa R v.3.5.3.

A diferença no tamanho médio das fêmeas utilizadas nas análises de fecundidade e fertilidade foi verificado por meio do teste T ($P < 0,05$) e o teste de Mann-Whitney ($\alpha = 0,05$), respectivamente (Zar, 2010), utilizando o programa R v.3.5.3.

Os valores de CC, PT, PG e a estimativa de fecundidade e fertilidade foram logaritmizados para a linearização dos dados. A relação entre fecundidade e CC, PT e PG e a relação entre fertilidade e CC foram testadas por regressão linear simples (programa R versão 3.5.3, $\alpha = 0,05$).

Índice gonadosomático (IGS) e fator de condição (FC)

O IGS e o FC foram estimados de forma geral para *Xiphopenaeus* spp. e separadamente por espécie, utilizando as fêmeas identificadas pelas análises moleculares para as estimativas de fecundidade.

O IGS foi calculado individualmente utilizando a seguinte fórmula: $IGS = (PG/PT) \times 100$ (López-Greco & Rodríguez, 1999). O FC foi estimado para cada fêmea através da função potência: $FC = PT / CC^b$, sendo b o coeficiente de alometria obtido através da relação peso/comprimento de todas as fêmeas (Okon & Sikoki, 2014; Taddei *et al.*, 2017).

Para analisar a estimativa média do IGS e FC por classes de tamanho, as fêmeas foram distribuídas em classes de 2 mm.

A variação sazonal dos valores de IGS e FC foi verificada utilizando ANOVA *one-way* seguida *a posteriori* do teste de Tukey. Adicionalmente, a diferença do IGS e FC entre as espécies foi averiguado pela ANCOVA ($P < 0,05$). A correlação entre tais parâmetros com o CC foi averiguada por meio da Correlação de Pearson ($P < 0,05$). As respectivas análises foram realizadas pelo programa R v.3.5.3.

RESULTADOS

Xiphopenaeus spp.

Fecundidade

Para as análises de fecundidade geral de *Xiphopenaeus* spp. foram utilizadas 74 fêmeas. O comprimento da carapaça (CC) das fêmeas variou entre 14,56 mm e 27,51 mm ($19,63 \pm 2,92$ mm). A abundância, tamanho médio, mínimo e máximo de CC por estação estão apresentados na Tabela 1. Houve diferença no tamanho médio das fêmeas amostradas entre as estações do ano (ANOVA *one-way*, $P < 0,05$), com o inverno diferindo do verão e outono (Tukey, $P < 0,05$) (Figura 3).

Tabela 1. *Xiphopenaeus* spp. Número de fêmeas (N), média, desvio padrão (DP) e valores mínimo (Mín.) e máximo (Máx.) do comprimento da carapaça (CC) por estação do ano, das fêmeas amostradas para as análises de fecundidade durante julho/2018 (inverno), outubro/2018 (primavera), janeiro/2019 (verão) e abril/2019 (outono) na região de Ubatuba/SP.

Estação	N	CC (mm)		
		Média $\pm$ DP	Mín.	Máx.
Inverno	15	21,33 $\pm$ 3,16	17,45	27,51
Primavera	19	20,57 $\pm$ 2,67	17,32	26,12
Verão	20	18,80 $\pm$ 2,34	14,56	22,72
Outono	20	18,30 $\pm$ 2,72	14,67	23,88
Total	74	19,63 $\pm$ 2,92	14,56	27,51

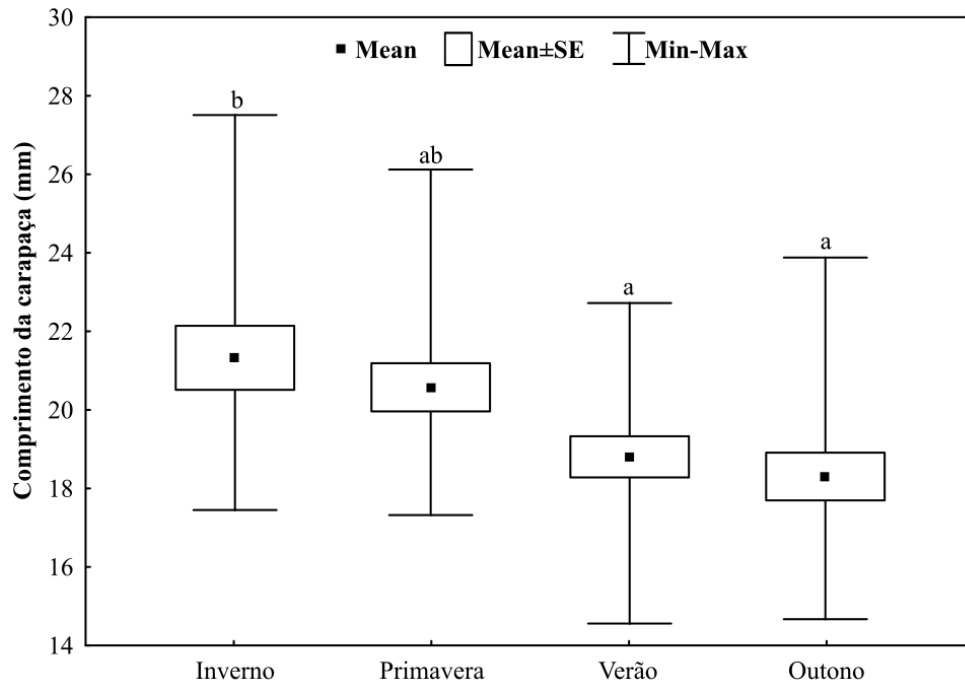


Figura 3. *Xiphopenaeus* spp. Tamanho médio (mean), erro padrão (mean±SE) e valores mínimo e máximo (min-max) do comprimento da carapaça por estação do ano, das fêmeas amostradas para as análises de fecundidade durante julho/2018 (inverno), outubro/2018 (primavera), janeiro/2019 (verão) e abril/2019 (outono) na região de Ubatuba/SP. Letras diferentes indicam diferença estatística pelo teste de Tukey ($P < 0,05$).

A fecundidade média estimada para *Xiphopenaeus* spp. foi de 108.432 ± 58.896 ovócitos, apresentando variação mínima estimada de 21.372 (classe de tamanho 16[-18 mm) e máxima de 257.040 ovócitos (classe 26[-28 mm) (Tabela 2; Figura 4). Houve correlação positiva entre a estimativa de fecundidade e o CC (Regressão linear: $F = 197,60$; $R^2 = 0,73$; $P < 0,05$), evidenciando o aumento do número de ovócitos com o tamanho das fêmeas (Figura 5).

Tabela 2. *Xiphopenaeus* spp. Número de fêmeas (N), estimativa média, desvio padrão (DP) e valores mínimo e máximo da fecundidade por classes de tamanho (mm) das fêmeas amostradas durante julho/2018 (inverno), outubro/2018 (primavera), janeiro/2019 (verão) e abril/2019 (outono) na região de Ubatuba/SP.

Classes de tamanho	N	Estimativa de Fecundidade		
		Média ± DP	Mín.	Máx.
14[-16	5	37.781 ± 11.234	21.565	44.850
16[-18	23	67.074 ± 29.515	21.372	140.675
18[-20	14	89.013 ± 28.798	45.397	158.446
20[-22	18	132.580 ± 39.243	69.336	196.603
22[-24	10	177.015 ± 39.418	118.784	247.997
24[-26	1	244.300	-	-
26[-28	3	215.079 ± 38.146	182.497	257.040
Total	74	108.432 ± 58.896	21.372	257.040

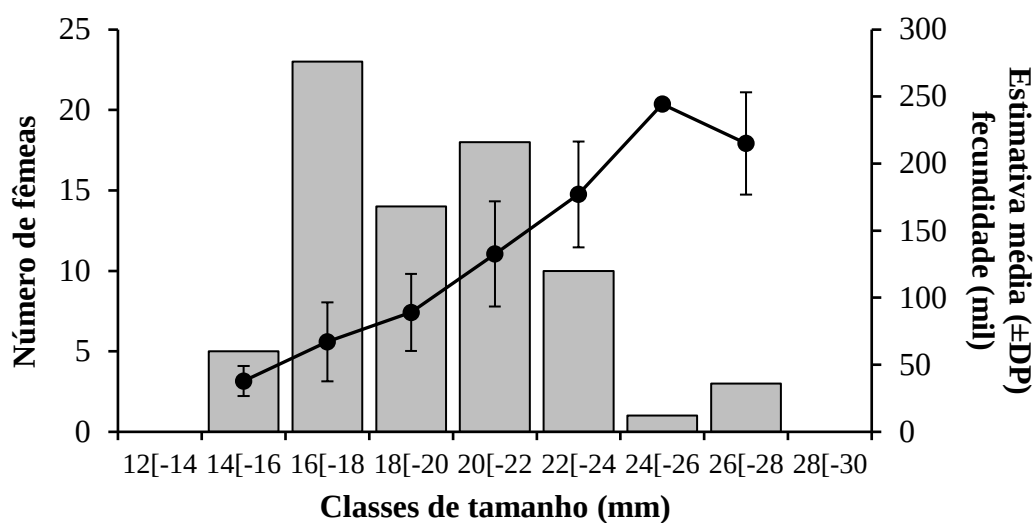


Figura 4. *Xiphopenaeus* spp. Distribuição da frequência de tamanho (barras) e a estimativa média (± desvio padrão – DP) de fecundidade (linha) por classes de tamanho das fêmeas amostradas durante julho/2018 (inverno), outubro/2018 (primavera), janeiro/2019 (verão) e abril/2019 (outono) na região de Ubatuba/SP.

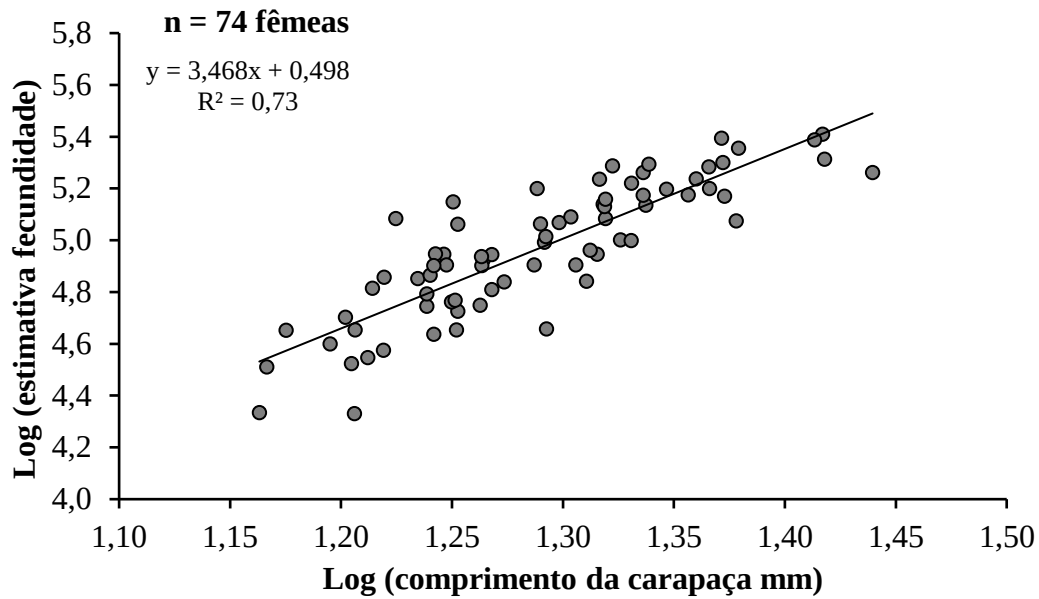


Figura 5. *Xiphopenaeus* spp. Correlação entre a estimativa de fecundidade e o comprimento da carapaça das fêmeas amostradas durante julho/2018 (inverno), outubro/2018 (primavera), janeiro/2019 (verão) e abril/2019 (outono) na região de Ubatuba/SP.

No outono observou-se a menor média de fecundidade (78.057 ± 44.051 ovócitos), enquanto que a maior foi observada na primavera (138.803 ± 66.857 ovócitos) (Tabela 3). Não houve diferenças na fecundidade entre as estações do ano (ANCOVA, $P > 0,05$).

Tabela 3. *Xiphopenaeus* spp. Número de fêmeas (N), média, desvio padrão (DP) e valores mínimos e máximos da estimativa de fecundidade por estação do ano das fêmeas amostradas durante julho/2018 (inverno), outubro/2018 (primavera), janeiro/2019 (verão) e abril/2019 (outono) na região de Ubatuba/SP.

Estação	N	Estimativa de Fecundidade		
		Média $\pm$ DP	Mín.	Máx.
Inverno	15	135.745 $\pm$ 58.655	43.254	247.997
Primavera	19	138.803 $\pm$ 66.857	45.036	257.040
Verão	20	89.468 $\pm$ 41.904	21.565	158.446
Outono	20	78.057 $\pm$ 44.051	21.372	196.603
Total	74	108.432 $\pm$ 58.896	21.372	257.040

O peso total (PT) das fêmeas variou de 1,33 g a 9,51 g, apresentando PT médio de $4,27 \pm 1,92$ g. Já o peso das gônadas (PG) apresentou média de $0,415 \pm 0,252$ g variando de 0,095 g a 1,260g. Houve correlação positiva entre a estimativa da fecundidade, o PT (Regressão linear: $F = 194,40$; $R^2 = 0,70$; $P < 0,05$) e o PG (Regressão linear: $F = 374,00$; $R^2 = 0,84$; $P < 0,05$), evidenciando um aumento proporcional do número de ovócitos com o peso das fêmeas (Figura 6).

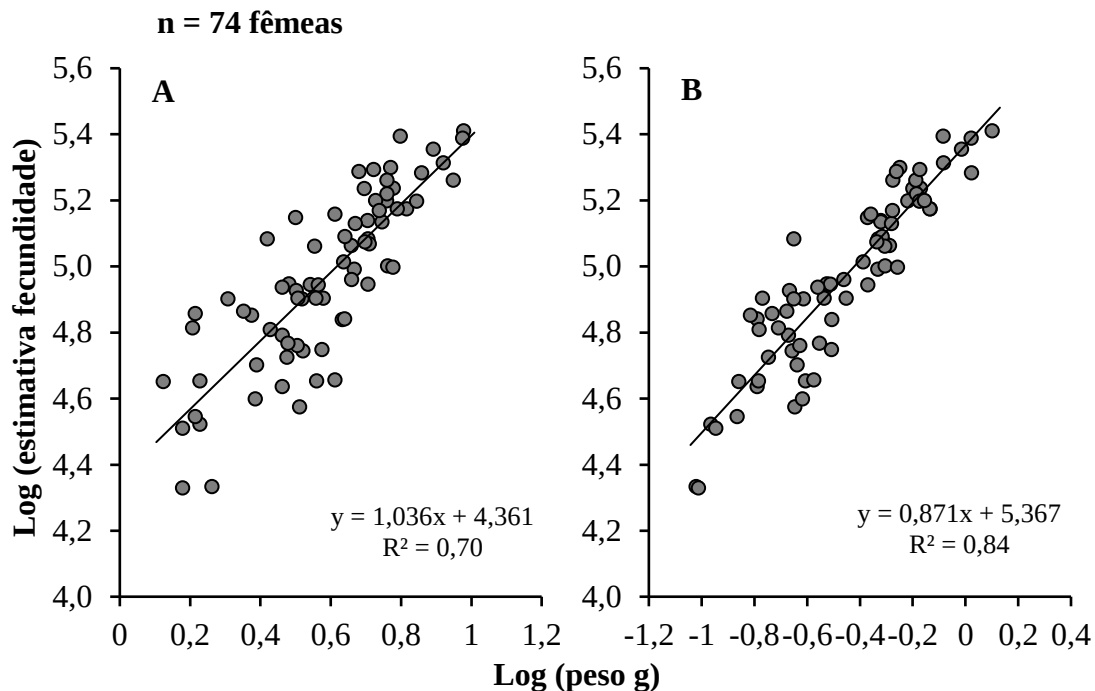


Figura 6. *Xiphopenaeus* spp. Correlação entre a estimativa de fecundidade, o peso total (A) e o peso das gônadas (B) das fêmeas amostradas durante julho/2018 (inverno), outubro/2018 (primavera), janeiro/2019 (verão) e abril/2019 (outono) na região de Ubatuba/SP.

As menores médias de PT ($2,82 \pm 1,39$ g) e PG ($0,244 \pm 0,158$ g) ocorreram no outono e as maiores médias de PT ($5,21 \pm 1,79$ g) e PG ($0,561 \pm 0,319$ g) ocorreram no inverno e primavera, respectivamente (Figura 7). Houve diferença no PT e PG entre as estações (ANOVA *one-way*, $P < 0,05$), com o PT e PG do outono diferindo do inverno e da primavera (Tukey, $P < 0,05$).

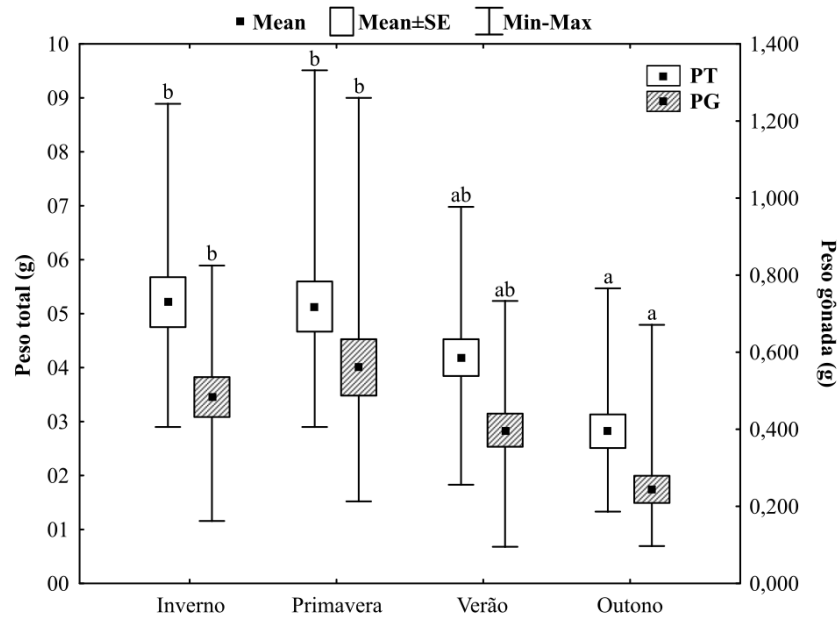


Figura 7. *Xiphopenaeus* spp. Valores mínimo e máximo (min-max), médios (mean) e erro padrão (mean±SE) do peso total (PT) e peso das gônadas (PG) por estação do ano, das fêmeas amostradas para as análises de fecundidade durante julho/2018 (inverno), outubro/2018 (primavera), janeiro/2019 (verão) e abril/2019 (outono) na região de Ubatuba/SP. Letras diferentes indicam diferença estatística pelo teste de Tukey ($P < 0,05$).

Índice gonadosomático (IGS) e fator de condição (FC)

O IGS variou de 3,72% a 14,58%, apresentando média geral de $9,35 \pm 2,41\%$. A menor ($8,47 \pm 2,14\%$) e a maior média ($11,12 \pm 1,77\%$) do IGS entre as classes de tamanho foram observadas nas classes 14[-16 mm e 22[-24 mm, respectivamente (Tabela 4). Houve correlação positiva entre o IGS e o CC (Correlação de Pearson: $r = 0,319$; $P < 0,05$) (Figura 8).

A média geral do FC foi de $0,00024 \pm 0,00004$, com variação de 0,00016 a 0,00034. A classe de tamanho 26[-28 mm apresentou a menor média de FC ($0,00020 \pm 0,00002$), enquanto que as classes 14[-16 mm e 18[-20mm apresentaram as maiores médias, $0,00027 \pm 0,00005$ e $0,00027 \pm 0,00004$, respectivamente (Tabela 4). Não houve correlação entre o FC e o CC (Correlação de Pearson: $r = -0,228$; $P > 0,05$) (Figura 8).

Tabela 4. *Xiphopenaeus* spp. Número de fêmeas (N), estimativa média, desvio padrão (DP) e valores mínimos e máximos do índice gonadosomático e do fator de condição por classes de tamanho (mm) das fêmeas amostradas para as análises de fecundidade durante julho/2018 (inverno), outubro/2018 (primavera), janeiro/2019 (verão) e abril/2019 (outono) na região de Ubatuba/SP.

Classes de tamanho	N	Índice gonadosomático (%)			Fator de condição		
		Média ± DP	Mín.	Máx.	Média ± DP	Mín.	Máx.
14[-16	5	8,47 ± 2,14	5,19	10,38	0,00027±0,00005	0,00019	0,00031
16[-18	23	8,79 ± 2,41	5,59	13,80	0,00024 ±0,00005	0,00017	0,00034
18[-20	14	8,90 ± 2,11	6,16	13,07	0,00027 ±0,00004	0,00020	0,00033
20[-22	18	9,52 ± 2,63	3,72	12,73	0,0024 ±0,00002	0,00020	0,00027
22[-24	10	11,12 ± 1,77	9,26	14,58	0,00022 ±0,00004	0,00016	0,00028
24[-26	1	11,11	-	-	-	-	-
26[-28	3	9,51 ± 3,65	5,96	13,25	0,00020 ±0,00002	0,00018	0,00023
Total	74	9,35 ± 2,41	3,72	14,58	0,00024 ±0,00004	0,00016	0,00034

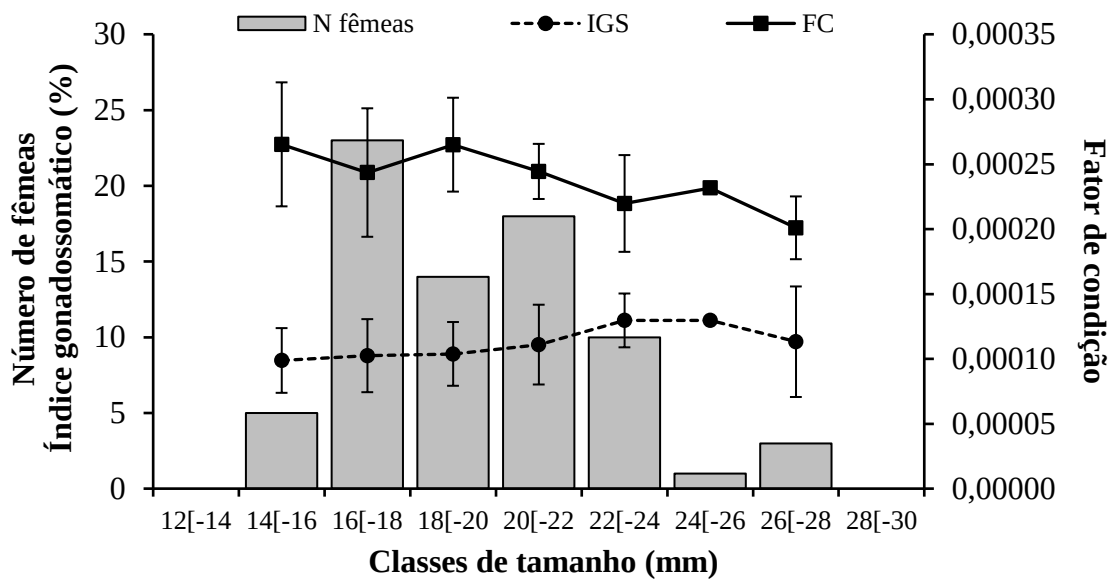


Figura 8. *Xiphopenaeus* spp. Distribuição da frequência de tamanho (barras) e variação da média do índice gonadosomático (IGS – linha tracejada) (± desvio padrão) e do fator de condição (FC – linha contínua) (± desvio padrão) por classes de tamanho das fêmeas amostradas para as análises de fecundidade durante julho/2018 (inverno), outubro/2018 (primavera), janeiro/2019 (verão) e abril/2019 (outono) na região de Ubatuba/SP.

A maior média de IGS ($10,32 \pm 2,62\%$) foi observada na primavera, enquanto que a menor ($8,65 \pm 2,46\%$) ocorreu no outono (Tabela 5). Não houve diferença no IGS entre as estações do ano (ANOVA *one-way*, $P > 0,05$) (Figura 9). Já o FC apresentou a maior média no verão ($0,00028 \pm 0,00003$) e a menor média no outono ($0,00020 \pm 0,00002$) (Tabela 5). Houve diferença no FC entre as estações (ANOVA *one-way*, $P < 0,05$) e somente o FC das fêmeas amostradas no inverno e na primavera não diferiram entre si (Tukey, $P < 0,05$) (Figura 9).

Tabela 5. *Xiphopenaeus* spp. Número de fêmeas (N), estimativa média, desvio padrão (DP) e valores mínimos e máximos do índice gonadosomático e do fator de condição por estação do ano das fêmeas amostradas para as análises de fecundidade durante julho/2018 (inverno), outubro/2018 (primavera), janeiro/2019 (verão) e abril/2019 (outono) na região de Ubatuba/SP.

Estação	N	Índice gonadosomático (%)			Fator de condição		
		Média $\pm$ DP	Mín.	Máx.	Média $\pm$ DP	Mín.	Máx.
Inverno	15	9,13 $\pm$ 2,03	5,59	13,11	0,00024 $\pm$ 0,00004	0,00018	0,00030
Primavera	19	10,32 $\pm$ 2,62	6,50	14,58	0,00026 $\pm$ 0,00002	0,00023	0,00030
Verão	20	9,28 $\pm$ 2,29	5,19	13,80	0,00028 $\pm$ 0,00003	0,00024	0,00034
Outono	20	8,65 $\pm$ 2,46	3,72	12,73	0,00020 $\pm$ 0,00002	0,00016	0,00024
Total	74	9,35 $\pm$ 2,41	3,72	14,58	0,00024 $\pm$ 0,00004	0,00016	0,00034

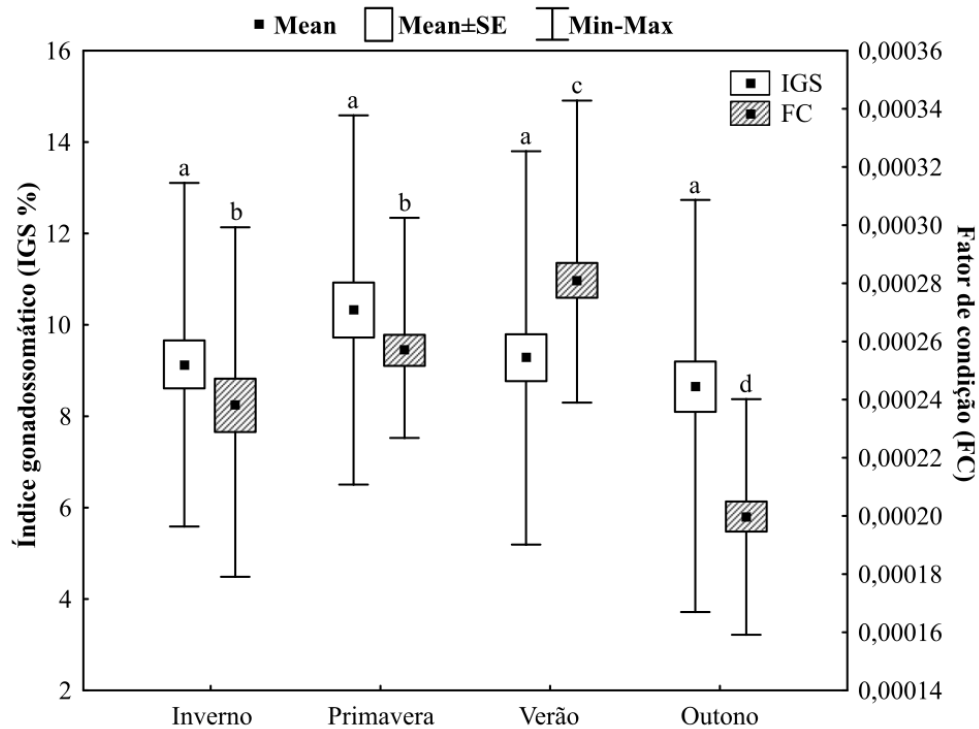


Figura 9. *Xiphopenaeus* spp. Média (mean), desvio padrão (mean±SD) e valores mínimos e máximos do índice gonadosomático (IGS) e fator de condição (FC) por estação do ano, das fêmeas amostradas para as análises de fecundidade durante julho/2018 (inverno), outubro/2018 (primavera), janeiro/2019 (verão) e abril/2019 (outono) na região de Ubatuba/SP. Letras diferentes indicam diferença estatística pelo teste de Tukey ($P < 0,05$).

Fertilidade

Das fêmeas direcionadas para as análises de fertilidade geral de *Xiphopenaeus* spp. seis abortaram e foram excluídas destas análises. Logo, para estimar a fertilidade foram utilizadas 68 fêmeas. O CC variou entre 15,55 mm e 28,35 mm ($20,93 \pm 2,64$ mm). A abundância, tamanho médio, mínimo e máximo de CC por estação estão apresentados na Tabela 6. Houve diferença no tamanho médio das fêmeas amostradas entre as estações do ano (Kruskal-Wallis, $P < 0,05$), com o tamanho médio da primavera diferindo do verão (Dunn, $P < 0,05$) (Figura 10).

Tabela 6. *Xiphopenaeus* spp. Número de fêmeas (N), média, desvio padrão ($\pm$ DP) e valores mínimo e máximo do comprimento da carapaça (CC) por estação do ano, das fêmeas amostradas para as análises de fertilidade durante julho/2018 (inverno), outubro/2018 (primavera), janeiro/2019 (verão) e abril/2019 (outono) na região de Ubatuba/SP.

Estação	N	CC (mm)		
		Média $\pm$ DP	Mín.	Máx.
Inverno	17	21,66 $\pm$ 2,85	18,52	28,35
Primavera	15	22,01 $\pm$ 1,66	18,47	24,34
Verão	18	20,05 $\pm$ 2,43	16,95	27,60
Outono	18	20,24 $\pm$ 2,96	15,55	26,70
Total	68	20,93 $\pm$ 2,64	15,55	28,35

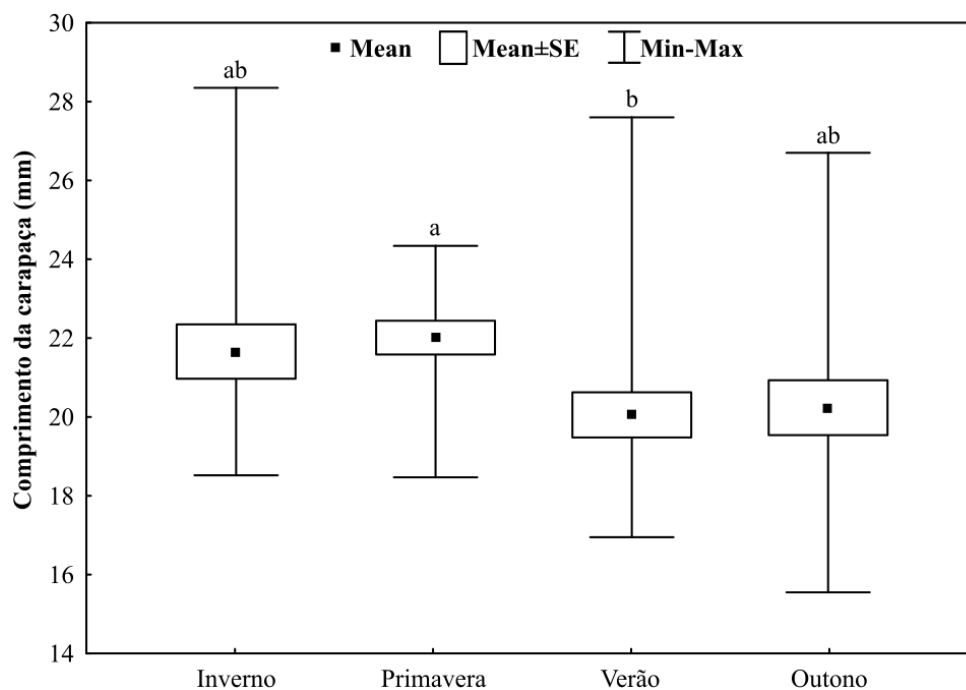


Figura 10. *Xiphopenaeus* spp. Tamanho médio (mean), erro padrão (mean $\pm$ SE) e valores mínimo e máximo (min-max) do comprimento da carapaça por estação do ano, das fêmeas amostradas para as análises de fertilidade durante julho/2018 (inverno), outubro/2018 (primavera), janeiro/2019 (verão) e abril/2019 (outono) na região de Ubatuba/SP. Letras diferentes indicam diferença estatística pelo teste de Dunn ($P < 0,05$).

A fertilidade média estimada para *Xiphopenaeus* spp. foi de 27.865 ± 15.961 ovos, apresentando variação mínima estimada de 8.240 (classe de tamanho 18[-20 mm) e máxima de 79.740 ovos (classe 26[-28 mm) (Tabela 7; Figura 11). Houve correlação positiva entre a estimativa de fertilidade e o CC (Regressão linear: $F = 4,61$; $R^2 = 0,07$; P

< 0,05), evidenciando um aumento proporcional do número de ovos e o tamanho das fêmeas (Figura 12).

Tabela 7. *Xiphopenaeus* spp. Número de fêmeas (N), estimativa média, desvio padrão (DP) e valores mínimo e máximo da fertilidade por classes de tamanho (mm) das fêmeas amostradas durante julho/2018 (inverno), outubro/2018 (primavera), janeiro/2019 (verão) e abril/2019 (outono) na região de Ubatuba/SP.

Classes de tamanho	N	Estimativa de Fertilidade		
		Média $\pm$ DP	Mín.	Máx.
14[-16	1	14.280	-	-
16[-18	7	17.583 $\pm$ 8.420	11.120	35.140
18[-20	19	25.713 $\pm$ 15.055	8.240	57.320
20[-22	21	30.768 $\pm$ 16.952	9.640	78.486
22[-24	10	30.468 $\pm$ 11.344	17.040	52.320
24[-26	6	28.273 $\pm$ 16.730	11.660	51.820
26[-28	3	45.380 $\pm$ 30.320	22.380	79.740
28[-30	1	12.360	-	-
Total	68	27.865 $\pm$ 15.961	8.240	79.740

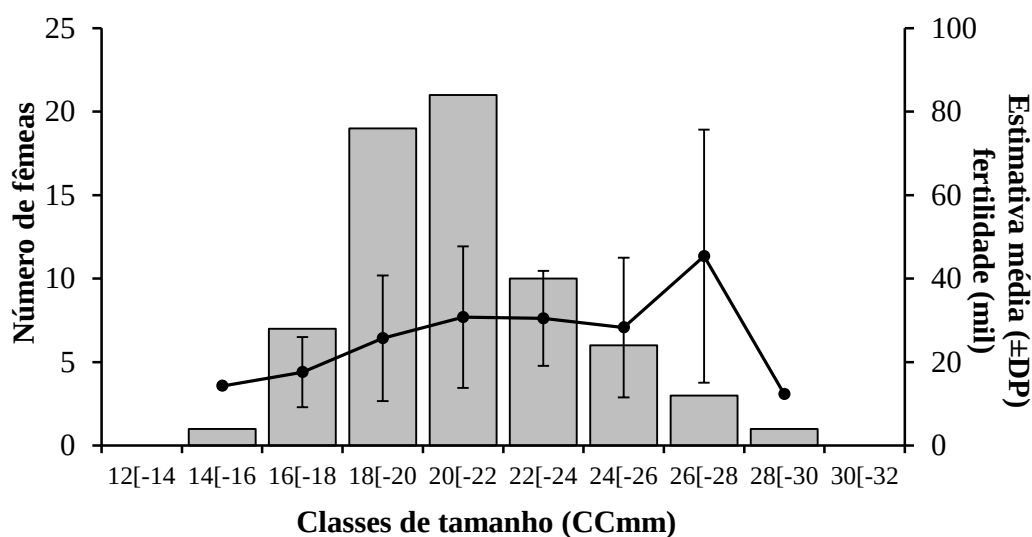


Figura 11. *Xiphopenaeus* spp. Distribuição da frequência de tamanho (barras) e a estimativa média (desvio padrão – DP) da fertilidade (linha) por classes de tamanho das fêmeas amostradas durante julho/2018 (inverno), outubro/2018 (primavera), janeiro/2019 (verão) e abril/2019 (outono) na região de Ubatuba/SP.

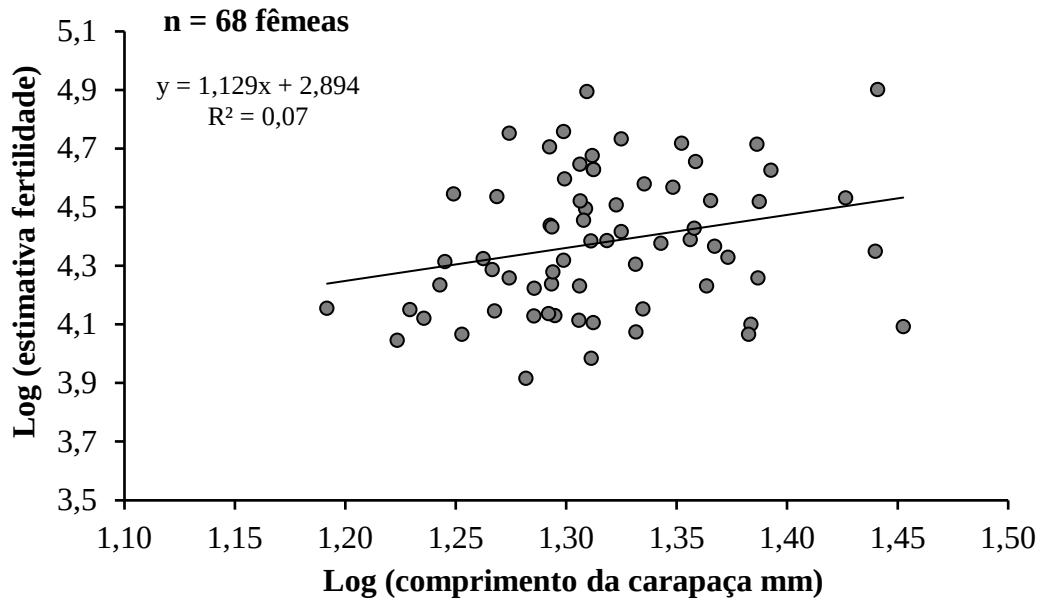


Figura 12. *Xiphopenaeus* spp. Correlação entre o comprimento da carapaça e a estimativa de fertilidade das fêmeas amostradas durante julho/2018 (inverno), outubro/2018 (primavera), janeiro/2019 (verão) e abril/2019 (outono) na região de Ubatuba/SP.

A menor média da fertilidade foi observada no inverno (19.821 ± 9.451 ovos) e o a maior no verão (35.739 ± 21.749 ovos) (Tabela 8). Houve diferença na estimativa de fertilidade entre as estações, com a fertilidade do inverno diferindo do verão (ANCOVA: $F = 4,199$; $P < 0,05$) e outono (ANCOVA: $F = 7,904$, $P < 0,05$) (Tabela 9).

Tabela 8. *Xiphopenaeus* spp. Número de fêmeas (N), média, desvio padrão (DP) e valores mínimos e máximos da estimativa de fertilidade e volume dos ovos por estação do ano das fêmeas amostradas durante julho/2018 (inverno), outubro/2018 (primavera), janeiro/2019 (verão) e abril/2019 (outono) na região de Ubatuba/SP.

Estação	N	Estimativa de Fertilidade			N	Volume dos ovos (mm ³)		
		Média $\pm$ DP	Mín.	Máx.		Média $\pm$ DP	Mín.	Máx.
Inverno	17	19.821 $\pm$ 9.451	11.880	42.580	375	0,010 $\pm$ 0,002	0,005	0,017
Primavera	15	24.721 $\pm$ 10.019	9.640	51.820	320	0,012 $\pm$ 0,002	0,005	0,016
Verão	18	35.739 $\pm$ 21.749	8.240	79.740	360	0,008 $\pm$ 0,002	0,004	0,013
Outono	18	30.209 $\pm$ 14.810	11.120	51.160	400	0,009 $\pm$ 0,002	0,005	0,014
Total	68	27.865 $\pm$ 15.961	8.240	79.740	1.455	0,010 $\pm$ 0,002	0,004	0,017

Tabela 9. *Xiphopenaeus* spp. Resultados da análise de covariância (ANCOVA) entre o comprimento da carapaça e a fertilidade estimada por estação do ano das fêmeas amostradas durante julho/2018 (inverno), outubro/2018 (primavera), janeiro/2019 (verão) e abril/2019 (outono) na região de Ubatuba/SP.

Relação	Par. (<i>log</i>)	<i>F</i>	<i>P</i>
Inverno vs. Primavera	<i>a</i>	2,318	0,139
	<i>b</i>	0,074	0,788
Inverno vs. Verão	<i>a</i>	-	-
	<i>b</i>	4,199	0,048*
Inverno vs. Outono	<i>a</i>	7,904	0,008*
	<i>b</i>	1,269	0,269
Primavera vs. Verão	<i>a</i>	7,258	0,011*
	<i>b</i>	1,558	0,222
Primavera vs. Outono	<i>a</i>	2,782	0,106
	<i>b</i>	0,267	0,609
Verão vs. Outono	<i>a</i>	0,569	0,456
	<i>b</i>	1,60	0,290

Foram analisados 1455 ovos. Os ovos apresentaram um formato esférico com o diâmetro variando de 0,20 mm a 0,32 mm ($0,26 \pm 0,02$ mm). O volume médio foi de $0,010 \pm 0,002$ mm³. O volume dos ovos diferiu entre as estações do ano (Kruskal-Wallis/Dunn, $P < 0,05$), com os ovos amostrados na primavera apresentando o maior volume médio ($0,012 \pm 0,002$ mm³) e os ovos amostrados no verão, o menor volume médio ($0,008 \pm 0,002$ mm³) (Tabela 8; Figura 13).

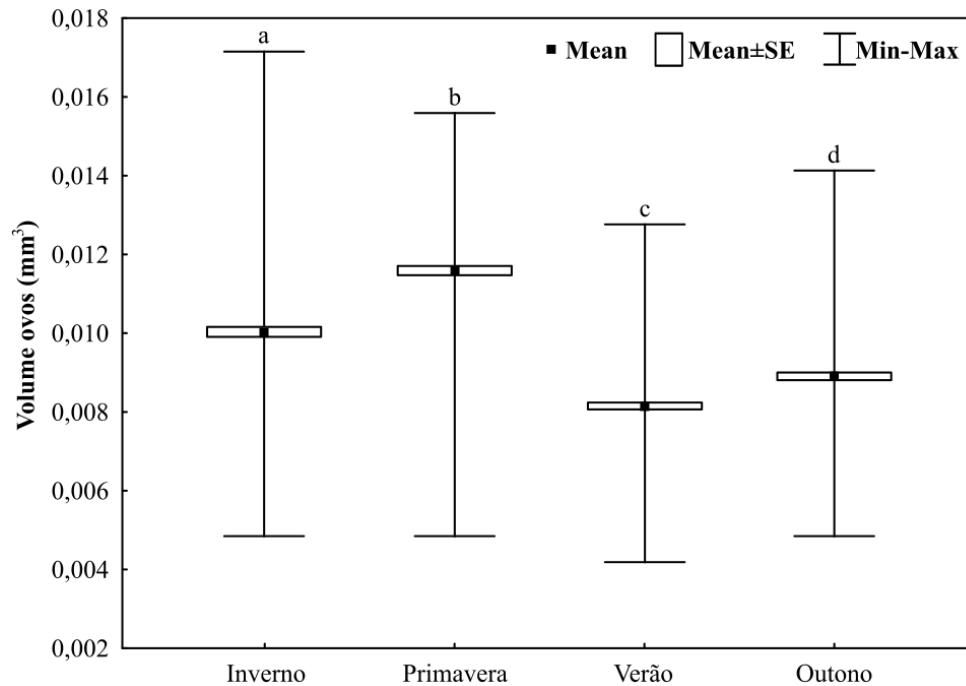


Figura 13. *Xiphopenaeus* spp. Valores mínimo e máximo (min-max), médios (mean) e erro padrão (mean±SE) do volume dos ovos (mm³) por estação do ano, das fêmeas amostradas durante julho/2018 (inverno), outubro/2018 (primavera), janeiro/2019 (verão) e abril/2019 (outono) na região de Ubatuba/SP. Letras diferentes indicam diferença estatística pelo teste de Dunn ($P < 0,05$).

Dos ovos analisados, apenas 13,61% não estavam fecundados. A estação que apresentou a menor porcentagem de ovos fecundados foi o inverno (77,87%), seguido da primavera (88,75%), outono (89%) e verão com a maior porcentagem de fecundação (90,28%). A taxa de eclosão da larva náuplios variou de 0% a 79,51% ($12,39 \pm 19,08\%$). A menor taxa média de eclosão ($1,37 \pm 2\%$) foi observada no inverno e a maior ($22,31 \pm 22,83\%$) no outono. A taxa de eclosão apresentou diferença entre as estações do ano (Kruskal-Wallis, $P < 0,05$), com as taxas do inverno e primavera diferindo das taxas do verão e outono. (Dunn, $P < 0,05$) (Figura 14).

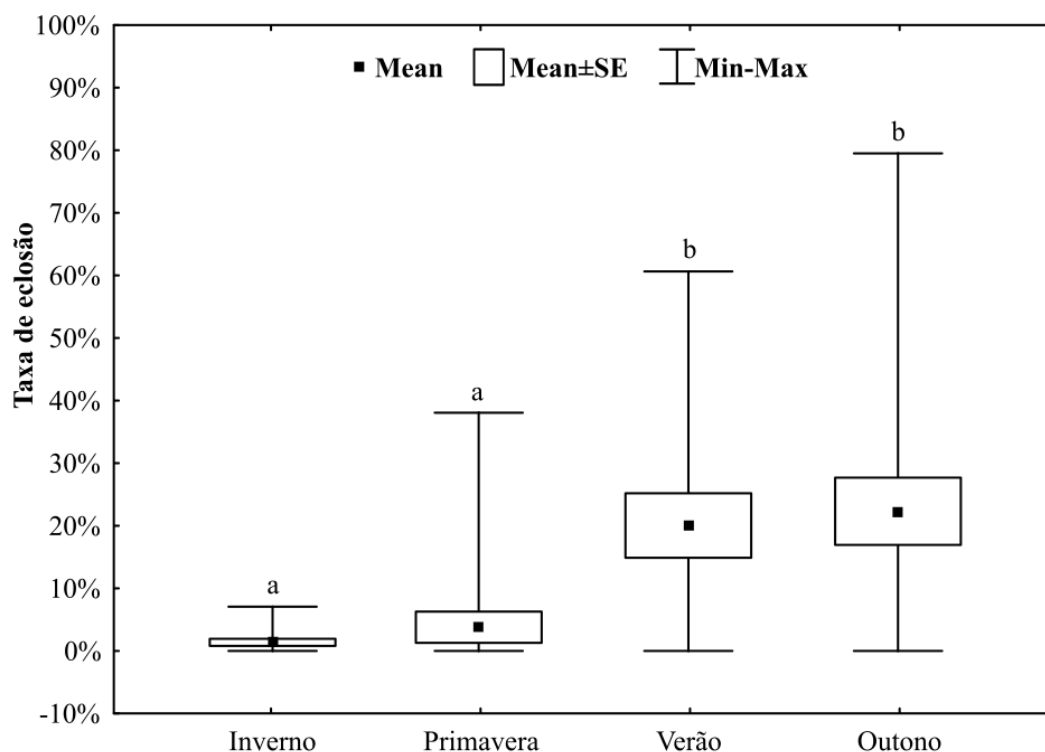


Figura 14. *Xiphopenaeus* spp. Valores mínimo e máximo (min-max), médios (mean) e erro padrão (mean±SE) da taxa de eclosão de náuplios (%) por estação do ano, das fêmeas amostradas durante julho/2018 (inverno), outubro/2018 (primavera), janeiro/2019 (verão) e abril/2019 (outono) na região de Ubatuba/SP. Letras diferentes indicam diferença estatística pelo teste de Dunn ($P < 0,05$).

Xiphopenaeus kroyeri e *X. dincao*

Fecundidade

Para as análises de estimativa de fecundidade, separadamente por espécies, foram utilizadas 18 fêmeas de *X. kroyeri* e 16 fêmeas de *X. dincao*. A média do CC das fêmeas de *X. kroyeri* foi de $19,79 \pm 2,93$ mm e de *X. dincao* foi de $19,17 \pm 3,02$ mm (Tabela 10). Não houve diferença entre os tamanhos médios das fêmeas de ambas as espécies (Teste T: $T = -0,605$; $df = 32$; $P > 0,05$).

Tabela 10. Fêmeas analisadas (N), média, desvio padrão (DP) e valores mínimos e máximos do comprimento da carapaça (CC) por estação do ano das fêmeas de *Xiphopenaeus kroyeri* e *X. dincao* amostradas durante julho/2018 (inverno), outubro/2018 (primavera), janeiro/2019 (verão) e abril/2019 (outono) na região de Ubatuba/SP.

Estação	N	<i>Xiphopenaeus kroyeri</i> CC (mm)			N	<i>Xiphopenaeus dincao</i> CC (mm)		
		Média ± DP	Mín.	Máx.		Média ± DP	Mín.	Máx.
Inverno	4	21,86 ± 2,56	17,45	23,55	2	19,17 ± 1,69	17,48	20,85
Primavera	0	-	-	-	5	21,40 ± 3,02	17,80	25,90
Verão	11	19,17 ± 2,88	14,56	22,72	2	18,66 ± 0,77	17,89	19,42
Outono	3	19,27 ± 1,50	17,16	20,44	7	17,72 ± 2,50	14,67	21,81
Total	18	19,79 ± 2,93	14,56	23,55	16	19,17 ± 3,02	14,67	25,90

A fecundidade média estimada para *X. kroyeri* foi de 101.878 ± 63.608 ovócitos, apresentando variação mínima de 21.565 e máxima de 247.997 ovócitos. Já *X. dincao* apresentou estimativa média de fecundidade de 118.794 ± 65.980 ovócitos, com variação de 35.133 a 244.300 ovócitos. Houve diferença entre as fecundidades estimadas de ambas as espécies (ANCOVA: $F = 13,789$; $P < 0,001$). *Xiphopenaeus kroyeri* e *X. dincao* apresentaram correlação positiva entre a estimativa de fecundidade e o CC (*X. kroyeri* Regressão linear: $F = 136,60$; $R^2 = 0,90$; $P < 0,05$; *X. dincao* Regressão linear: $F = 60,93$; $R^2 = 0,81$; $P < 0,05$) (Figura 15).

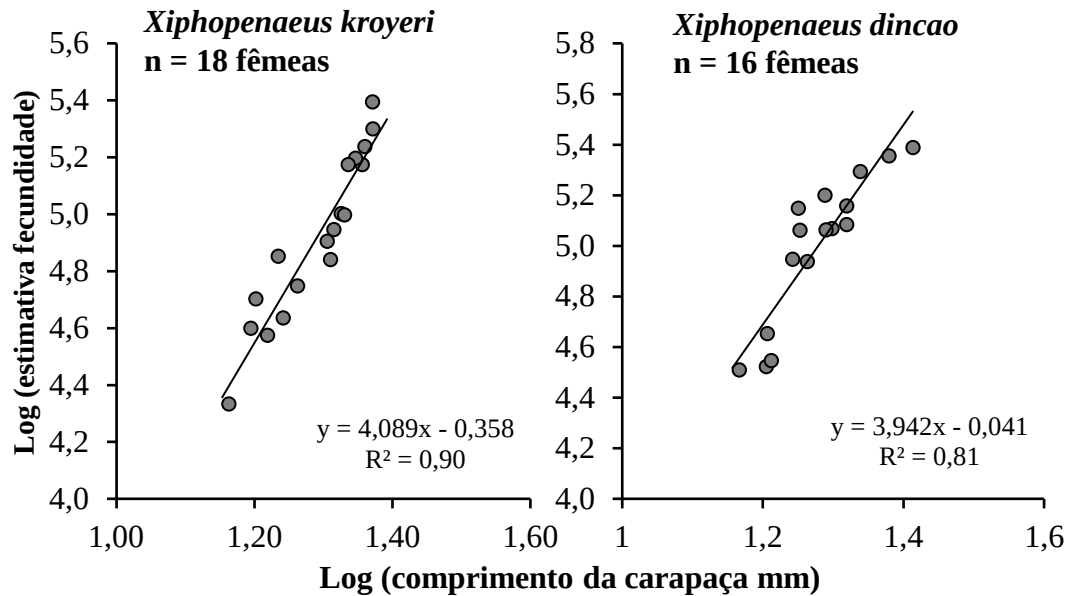


Figura 15. Correlação entre o comprimento da carapaça e a estimativa de fecundidade das fêmeas de *Xiphopenaeus kroyeri* e *X. dincao* amostradas durante julho/2018 (inverno), outubro/2018 (primavera), janeiro/2019 (verão) e abril/2019 (outono) na região de Ubatuba/SP.

O PT das fêmeas *X. kroyeri* variou de 1,83 g a 6,98 g ($4,54 \pm 1,72$ g), enquanto o PT das fêmeas de *X. dincao* variou entre 1,64 g e 9,45 g ($4,12 \pm 2,24$ g). Já o PG para *X. kroyeri* apresentou uma média de $0,406 \pm 0,246$ g com variação de 0,095 g a 0,823 g. Para *X. dincao*, o PG variou de 0,136 g a 1,050 g com média de $0,457 \pm 0,284$ g. Ambas as espécies apresentaram correlação positiva entre a estimativa da fecundidade, o PT (*X. kroyeri* Regressão linear: $F = 60,53$; $R^2 = 0,79$; $P < 0,05$; *X. dincao* Regressão linear: $F = 131,70$; $R^2 = 0,90$; $P < 0,05$) e o PG (*X. kroyeri*; Regressão linear: $F = 50,99$; $R^2 = 0,75$; $P < 0,05$; *X. dincao* Regressão linear: $F = 402,90$; $R^2 = 0,96$; $P < 0,05$), evidenciando um aumento proporcional do número de ovócitos com o peso das fêmeas (Figura 16).

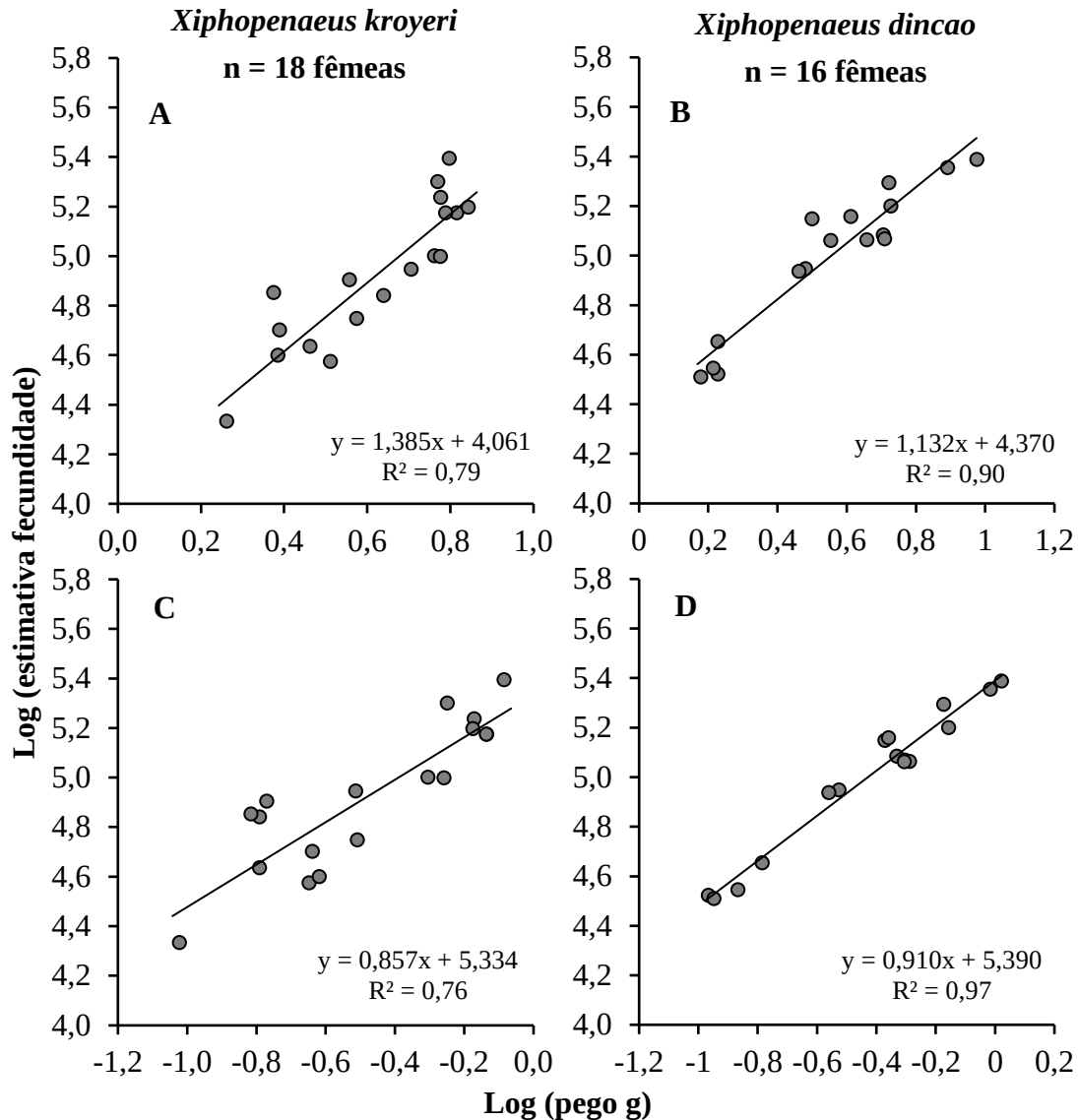


Figura 16. Correlação entre a estimativa de fecundidade, o peso total (A, B) e o peso das gônadas (C, D) das fêmeas de *Xiphopenaeus kroyeri* e *X. dincao* amostradas durante julho/2018 (inverno), outubro/2018 (primavera), janeiro/2019 (verão) e abril/2019 (outono) na região de Ubatuba/SP.

Índice gonadosomático (IGS) e fator de condição (FC)

A média do IGS para *X. kroyeri* foi de $8,37 \pm 2,69\%$, apresentando correlação positiva com o CC (Correlação de Pearson: $r = 0,500$; $P < 0,05$). A média do FC foi de $0,00026 \pm 0,00004$ apresentando variação de 0,00020 a 0,00034, apresentando correlação negativa com o CC (Correlação de Person: $r = -0,609$; $P < 0,05$) (Figura 17; Tabela 11).

Para *X. dincao*, a média do IGS foi de $10,54 \pm 2,18\%$, não apresentando correlação com o CC (Correlação de Pearson: $r = 0,471$; $P > 0,05$). A média do FC foi de $0,00025 \pm 0,00004$, variando de 0,00018 a 0,00033, não apresentando correlação com o CC (Correlação de Pearson: $r = 0,148$; $P > 0,05$) (Figura 17; Tabela 11). Houve diferença no IGS (ANCOVA: $F = 9,724$; $P = 0,004$) e no FC (ANCOVA: $F = 6,019$; $P = 0,020$) entre as espécies.

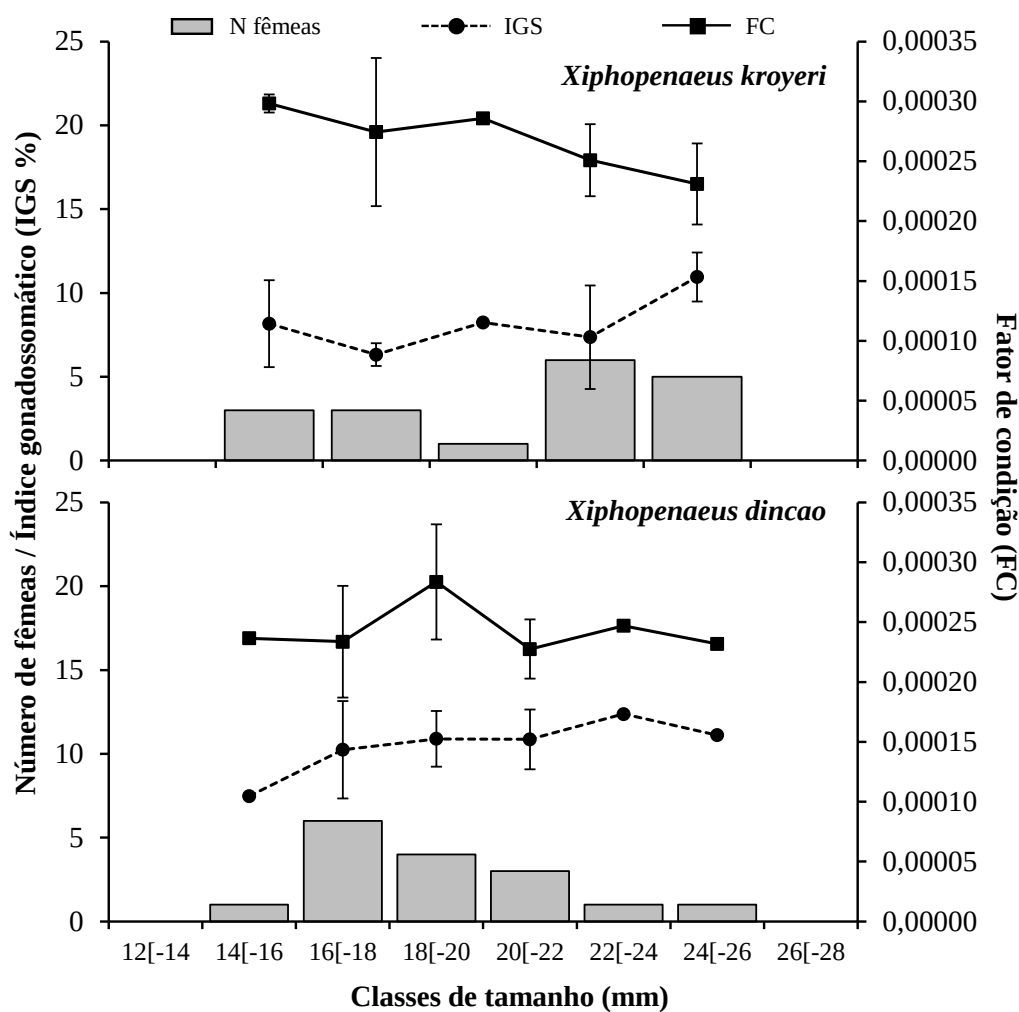


Figura 17. Distribuição da frequência de tamanho (barras), média do índice gonadosomático (IGS – linha tracejada) ($\pm$ desvio padrão) e média do fator de condição (FC – linha contínua) ($\pm$ desvio padrão) por classes de tamanho das fêmeas de *Xiphopenaeus kroyeri* e *X. dincao* amostradas durante julho/2018 (inverno), outubro/2018 (primavera), janeiro/2019 (verão) e abril/2019 (outono) na região de Ubatuba/SP.

Tabela 11. Fêmeas analisadas (N), estimativa média, desvio padrão (DP) e valores mínimos e máximos do índice gonadossomático e do fator de condição das fêmeas de *Xiphopenaeus kroyeri* e *X. dincao* amostradas durante julho/2018 (inverno), outubro/2018 (primavera), janeiro/2019 (verão) e abril/2019 (outono) na região de Ubatuba/SP.

spp.	Estação	N	Índice gonadossomático (%)				Fator de condição		
			Média ± DP	Mín.	Máx.		Média ± DP	Mín.	Máx.
<i>Xiphopenaeus kroyeri</i>	Inverno	4	9,88 ± 2,56	5,59	13,11		0,00022 ± 0,00002	0,00020	0,00026
	Primavera	0	-	-	-		-	-	-
	Verão	11	8,75 ± 1,96	5,19	11,90		0,00028 ± 0,00002	0,00025	0,00034
	Outono	3	4,96 ± 1,13	3,72	6,46		0,00022 ± 0,00001	0,00020	0,00023
	Total	18	8,37 ± 2,69	3,72	13,11		0,00026 ± 0,00004	0,00020	0,00034
<i>Xiphopenaeus dincao</i>	Inverno	2	9,50 ± 0,33	9,17	9,83		0,00026 ± 0,00001	0,00025	0,00027
	Primavera	5	11,59 ± 1,26	9,71	13,45		0,00026 ± 0,00002	0,00023	0,00030
	Verão	2	13,44 ± 0,36	13,07	13,80		0,00031 ± 0,00002	0,00029	0,00033
	Outono	7	9,25 ± 1,95	6,39	12,73		0,00021 ± 0,00002	0,00018	0,00024
	Total	16	10,54 ± 2,18	6,39	14,58		0,00025 ± 0,00004	0,00018	0,00033

Fertilidade

Para as análises de estimativa de fertilidade, separadamente por espécies, foram utilizadas 28 fêmeas de *X. kroyeri* e 15 fêmeas de *X. dincao*. A média do CC das fêmeas de *X. kroyeri* foi de $21,61 \pm 2,65$ mm e de *X. dincao* foi de $20,10 \pm 1,72$ mm, porém não houve diferença dos tamanhos médios entre as espécies (Mann-Whitney, $P > 0,05$) (Tabela 12).

Tabela 12. Fêmeas analisadas (N), estimativa média, desvio padrão (DP), mínima e máxima da fertilidade por estação do ano das fêmeas amostradas durante julho/2018 (inverno), outubro/2018 (primavera), janeiro/2019 (verão) e abril/2019 (outono) na região de Ubatuba/SP.

Estação	N	<i>Xiphopenaeus kroyeri</i>			N	<i>Xiphopenaeus dincao</i>		
		Média ± DP	Mín.	Máx.		Média ± DP	Mín.	Máx.
Inverno	6	21,74 ± 1,77	19,29	24,40	2	19,37 ± 1,20	18,52	20,22
Primavera	9	22,70 ± 1,40	20,48	24,34	1	23,10	-	-
Verão	11	20,47 ± 3,00	16,95	27,60	2	19,60 ± 1,12	18,80	20,39
Outono	2	22,63 ± 5,76	18,56	26,70	10	20,05 ± 1,77	17,20	22,50
Total	28	21,61 ± 2,65	16,95	27,60	15	20,10 ± 1,72	17,20	23,10

A fertilidade média estimada para *X. kroyeri* foi de 27.865 ± 15.961 ovos, apresentando variação mínima de 8.240 e máxima 79.740 ovos. Já *X. dincao* apresentou estimativa média de fertilidade de 34.198 ± 20.833 ovos, com variação de 13.020 a 78.486 ovos. Não houve diferença na fertilidade estimada entre ambas as espécies (ANCOVA: $F = 0,487$, $P = 0,489$). *Xiphopenaeus kroyeri* apresentou correlação positiva entre a estimativa de fertilidade e o CC (Regressão linear: $F = 4,85$; $R^2 = 0,16$; $P < 0,05$). Já para *X. dincao* não houve correlação entre tais fatores (Regressão linear: $F = 2,69$; $R^2 = 0,17$; $P > 0,05$) (Figura 18).

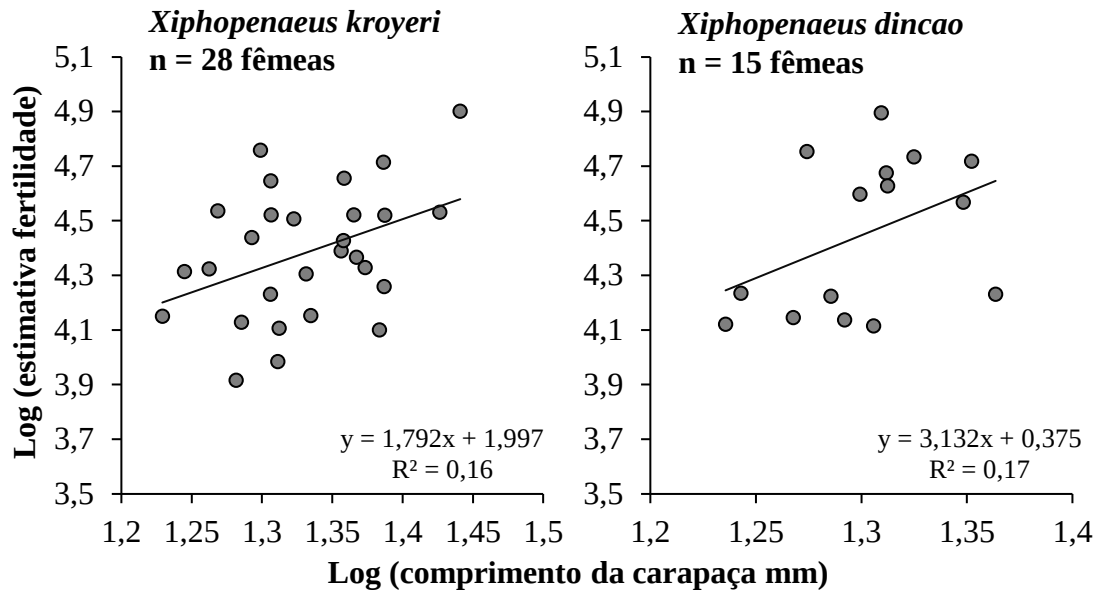


Figura 18. Correlação entre o comprimento da carapaça e a estimativa de fertilidade das fêmeas de *Xiphopenaeus kroyeri* e *X. dincao* amostradas durante julho/2018 (inverno), outubro/2018 (primavera), janeiro/2019 (verão) e abril/2019 (outono) na região de Ubatuba/SP.

Foram analisados 595 ovos de *X. kroyeri* e 320 ovos de *X. dincao*. O diâmetro dos ovos de *X. kroyeri* variou de 0,20 mm a 0,32 mm, apresentando volume médio de $0,010 \pm 0,003 \text{ mm}^3$, enquanto os ovos de *X. dincao* apresentaram diâmetro mínimo de 0,21 mm e máximo de 0,31 mm e volume médio de $0,009 \pm 0,002 \text{ mm}^3$ (Figura 19). Houve diferença do volume médio dos ovos entre ambas as espécies (Mann-Whitney, $P < 0,05$).

Xiphopenaeus kroyeri apresentou 87,39% de ovos fecundados, já *X. dincao* apresentou uma porcentagem superior, 90%. A taxa média de eclosão de náuplios de *X. dincao* também foi superior ($13,73 \pm 21\%$) a *X. kroyeri* ($10,37 \pm 15\%$), variando de 0% a 79,51%, enquanto que *X. kroyeri* apresentou variação de 0% a 47,61% (Figura 19). Não houve diferença na taxa média de eclosão entre as espécies (Mann-Whitney, $P > 0,05$).

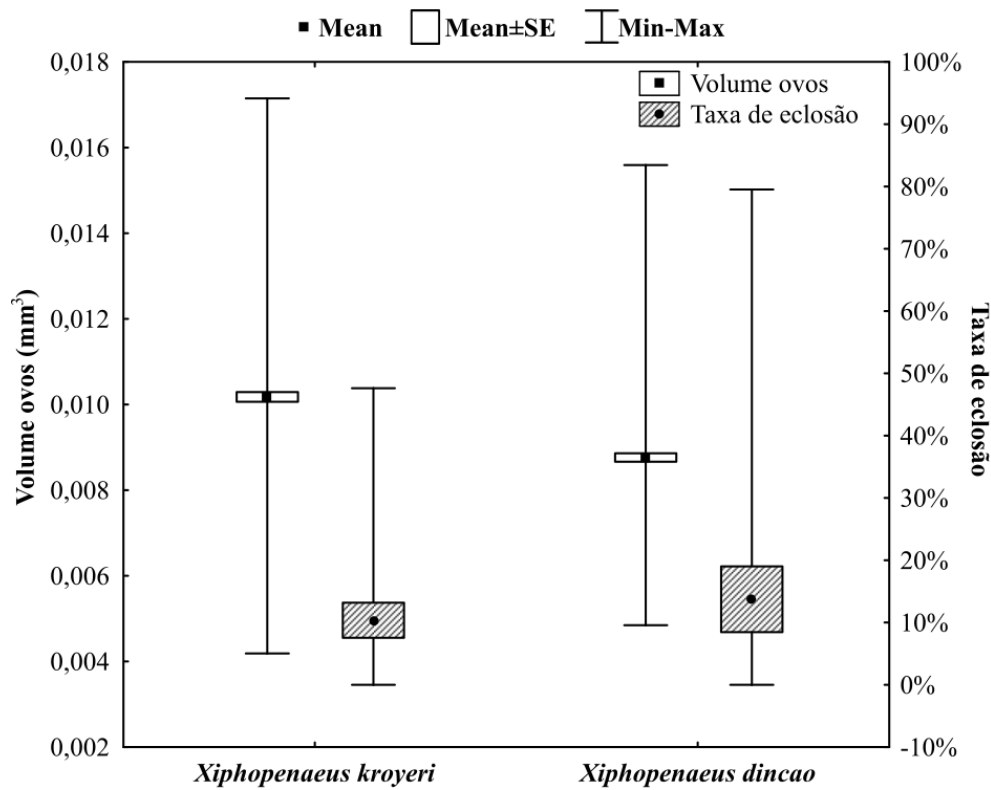


Figura 19. Média (mean), erro padrão (mean±SE) e valores mínimos e máximos do volume dos ovos (mm³) e da taxa de eclosão de náuplios (%) das fêmeas *Xiphopenaeus kroyeri* (Heller, 1862) e *X. dincao* Carvalho-Batista, Terossi, Zara, Mantelatto & Costa, 2020 amostradas durante julho/2018 (inverno), outubro/2018 (primavera), janeiro/2019 (verão) e abril/2019 (outono) na região de Ubatuba/SP.

DISCUSSÃO

Esse estudo traz as primeiras informações a respeito da biologia dos camarões sete-barbas sendo tratados como táxons distintos e não apenas como uma única espécie. Além de trazer informações sobre parâmetros reprodutivos para o gênero *Xiphopenaeus* não investigados em estudos anteriores.

Estudos a respeito da fecundidade e fertilidade em Dendrobranchiata são escassos, possivelmente devido à grande dificuldade de estimar tais parâmetros, em função da estratégia reprodutiva do grupo, uma vez que animais desse táxon não incubam ovos, liberando os ovos na coluna d'água (Pérez-Farfante & Kensley, 1997).

A média geral da fecundidade para os camarões sete-barbas *Xiphopenaeus* spp. foi superior a 100 mil ovócitos e está melhor relacionada com o peso das gônadas (PG), do que com o peso corporal (PT) e/ou com o tamanho (CC). Segundo Pérez-Velázquez & Gracia (2000) o peso da gônada é um parâmetro mais confiável para estimar a fecundidade desses camarões, pois ele reflete diretamente o número de ovos que podem ser produzidos e representa um bom preditor para avaliar a variação da fecundidade devido à desova múltipla ou influência ambiental. Tal relação também foi observada para *Farfantepenaeus duorarum* (Burkenroad, 1939), *F. aztecus* (Ives, 1891) e *Litopenaeus setiferus* (Linnaeus, 1767) (Martosubroto, 1974; Pérez-Velázquez & Gracia, 2000). Estudos anteriores estimam que a fecundidade de algumas espécies de camarões peneídeos que possuem téllico fechado, assim como os camarões sete-barbas, podem superar 500 mil de ovócitos/fêmea, podendo atingir até 1 milhão de ovócitos/fêmea, como foi relatado por Heldt (1938) para *Penaeus kerathurus* (Forskål, 1775) e por Motoh (1981) para *P. monodon* Fabricius, 1798.

A maior média de fecundidade sazonal ocorreu na primavera, confirmando a hipótese de que nas estações que apresentam condições ambientais favoráveis ao

desenvolvimento larval há um maior investimento reprodutivo das fêmeas de *Xiphopenaeus* spp. O camarão sete-barbas possui reprodução contínua na região de Ubatuba, com picos na primavera e verão ou início do outono (Almeida *et al.*, 2012; Heckler *et al.*, 2013b; Castilho *et al.*, 2015a). O grande número de ovos desovados por uma única fêmea, juntamente com a reprodução contínua ao longo do ano, confere um alto potencial reprodutivo a esses camarões, o que aumenta as possibilidades de sobrevivência das larvas.

Segundo Vega-Pérez (1993), a região de Ubatuba é considerada oligomesotrófica, ou seja, apresenta valores moderados de clorofila- α . Porém, durante a primavera e o verão ocorrem valores mais elevados de clorofila, geralmente quando há a intrusão da ACAS nessa região, e a maior produção de fitoplâncton deve promover a produção subsequente de zooplâncton herbívoro, como observado nos resultados: maior fecundidade e fertilidade nessas estações. Adicionalmente, Castilho *et al.* (2015b) sugerem que em animais marinhos costeiros, os eventos de desova geralmente coincidem com a produção de fitoplâncton na primavera, sobre os quais as larvas recém eclodidas se alimentam. Além disso, outros estudos de Castilho *et al.* (2007, 2008a; b, 2012, 2015a) demonstram que a produção primária é um recurso essencial para os camarões peneoideos corroborando a teoria de ‘*match-mismatch*’ de Cushing (1975), onde o investimento reprodutivo máximo de espécies marinhas planctotróficas é coincidente com a abundância máxima sazonal de fitoplâncton.

Apesar de *X. dincao* ter apresentado um tamanho médio menor e, aparentemente, atingir tamanhos máximos menores que *X. kroyeri*, como também foi observado por Carvalho-Batista (comunicação pessoal), *X. dincao* apresentou maior fecundidade e fertilidade e, conseqüentemente, um maior índice gonadosomático (IGS) que *X. kroyeri*. Foi observado que *X. kroyeri* apresenta ovos maiores que os de *X. dincao*, corroborando

a tendência de que o tamanho do ovo varia inversamente com a fecundidade e influencia diretamente o tamanho da larva e seu potencial de crescimento (Fonteles-Filho, 2011). Assim, constata-se aqui que os resultados obtidos são indicativos de estratégias reprodutivas distintas, que viabilizam a coexistência entre ambas as espécies.

A fecundidade dos crustáceos apresenta alta plasticidade intra e interespecífica (Corey & Reid, 1991; Pinheiro & Fransozo, 1995; Anger & Moreria, 1998), e diversos fatores podem influenciar na produção de ovos nesse táxon, desde fatores genéticos a fatores bióticos e abióticos, como competição, predação, salinidade, temperatura, fotoperíodo e disponibilidade e qualidade em termos energéticos dos recursos alimentares (Sastry, 1983; Cavalli *et al.*, 1999).

Adicionalmente, os fatores proximais, como por exemplo a temperatura e salinidade, influenciam o início e o término da incubação e desova. Outro parâmetro, denominado de fator final (pressão seletiva), está relacionado à época da liberação dos ovos ou a eclosão das larvas. Um exemplo desse fator é a disponibilidade de nutrientes na coluna d'água, que para espécies planctotróficas pode-se citar a produtividade fitoplanctônica (Bauer & Lin, 1994). O período reprodutivo ocorre quando as condições são favoráveis para adultos e larvas, pois para a eclosão destas é necessária uma alimentação planctônica adequada (Sastry, 1983). Desse modo, o investimento reprodutivo e, conseqüentemente, o volume dos ovos também podem variar temporalmente, decorrente de mudanças das condições ambientais em determinadas localidades (Ramirez-Llodra, 2002).

O fator de condição (FC), tanto geral quanto entre as espécies, foi maior no verão, indicando melhores condições para os camarões sete-barbas durante este período. Tal fato coincide com o período com as maiores temperaturas. Estudos anteriores sugerem que o camarão sete-barbas tem preferência por temperaturas superiores a 21°C, uma vez que foi

observado a diminuição na abundância desses camarões em períodos de temperaturas inferiores a esta, principalmente quando houve influência da ACAS na região de Ubatuba, ocasionando a diminuição da temperatura da água (Castro *et al.*, 2005; Costa *et al.*, 2007; Castilho *et al.*, 2008c, 2015a).

O FC também pode ser influenciado pela disponibilidade de alimentos no ambiente (Pinheiro & Fiscarelli, 2009). Além disso, o valor elevado do FC pode ser resultado de uma recuperação energética em função do pico reprodutivo anterior (primavera) e uma preparação para o outro pico reprodutivo dos camarões sete-barbas que geralmente ocorre no verão, como relatado anteriormente. Adicionalmente, o menor valor de FC foi observado no outono, possivelmente, decorrente ao pico reprodutivo do verão.

Apesar de ter apresentado alta fecundidade, os camarões sete-barbas apresentaram fertilidade reduzida. A fertilidade estimada foi cerca de 3 a 4 vezes menor que a estimativa de fecundidade. A baixa fertilidade, provavelmente, está relacionada com o estresse que as fêmeas sofreram desde o momento da coleta. Em alguns casos, houve fêmeas que desovaram, porém não esgotavam completamente as gônadas, sendo possível observar ainda algumas manchas verdes dorsalmente. Além disso, após a desova, os embriões estão sujeitos a fatores externos e, até mesmo, podem servir como alimento para as fêmeas, pois estas não foram alimentadas após a captura.

As menores taxas de eclosão ocorreram no inverno e primavera, onde foram observados as menores temperaturas e o maior volume dos ovos. Quando comparado entre as espécies, *X. kroyeri* apresentou menor taxa de eclosão e maior volume dos ovos em relação a *X. dincao*. Possivelmente, em períodos de menor temperatura e ovos com maior volume necessitam de um maior período para a eclosão das larvas. Adicionalmente, Kerkhove *et al.* (2019) reportaram que encontraram *Xiphopenaeus* sp. 2 (*X. dincao*)

somente em áreas de estuário e em regiões costeiras até 10 m ao longo da costa norte do Atlântico da América do Sul, regiões ricas em alimentos. O menor volume dos ovos e a eclosão mais rápida das larvas de *X. dincao* também pode estar relacionado a este fato.

A maior abundância de *X. dincao* ocorreu durante o outono, estação em que ocorre o fechamento da pesca dos camarões, podendo atribuir uma maior proteção para essa espécie. O período de defeso acontece anualmente de 1º de março a 31 de maio no litoral Sudeste e Sul do Brasil (IBAMA, 2008), sendo a única estratégia que visa diminuir a pressão pesqueira sobre esses camarões. Estudos anteriores indicaram que o defeso tem beneficiado *X. kroyeri* sensu lato (incluindo as duas espécies presentes no sudeste) (Heckler *et al.*, 2013b, 2014b; Miazaki *et al.*, 2016). Em contrapartida, outros estudos apontam que o defeso não está totalmente adequado para *X. kroyeri* sensu lato (Heckler *et al.*, 2013a; Fernandes *et al.*, 2014; Castilho *et al.*, 2015a; Davanzo *et al.*, 2017), provavelmente, porque o defeso está beneficiando mais uma espécie do que outra, salientando a importância de adequações e melhorias no gerenciamento da pesca, bem como a acuracidade na identificação das espécies.

A hipótese de que *X. kroyeri* e *X. dincao* apresentam estratégias reprodutivas diferentes foi confirmada. O presente estudo evidenciou diferenças na biologia reprodutiva dessas espécies, como por exemplo diferenças na fecundidade e no IGS, bem como evidenciou diferenças no FC entre as espécies. As informações geradas aqui auxiliam na elucidação da história de vida dos camarões sete-barbas *X. kroyeri* e *X. dincao* presentes no litoral paulista, disponibilizando subsídios para um melhor manejo e gerenciamento desses importantes recursos pesqueiros. Este estudo, além de trazer informações básicas essenciais sobre estratégias reprodutivas desses camarões, também encoraja novos estudos relacionados a tais aspectos pouco estudados nos camarões peneídeos.

REFERÊNCIAS

- AB'SABER, A. N., 2001. Litoral do Brasil. (Metalivros, São Paulo).
- ALMEIDA, A. C., J. A. BAEZA, V. FRANSOZO, A. L. CASTILHO & A. FRANSOZO, 2012. Reproductive biology and recruitment of *Xiphopenaeus kroyeri* in a marine protected area in the western atlantic: Implications for resource management. *Aquat. Biol.*, **17**: 57–69. <https://doi.org/10.3354/ab00462>
- ALMEIDA, A. S., S. de P. BARROS-ALVES, G. L. HIROSE & D. F. R. ALVES, 2018. Reproductive output of the ornamental shrimp *Lysmata vittata* (Stimpson, 1860) (decapoda: Caridea) in wild populations and under different maturation diets. *Invertebr. Reprod. Dev.*, **62**: 257–267. <https://doi.org/10.1080/07924259.2018.1509903>
- ANDERSON, S. L., W. H. CLARK JR. & E. S. CHANG, 1985. Multiple spawning and molt synchrony in a free spawning shrimp (*Sicyonia ingentis*: Penaeoidea). *Biol. Bull.*, **168**: 377–394. <https://doi.org/10.2307/1541519>
- ANDRADE, L. S., G. BERTINI, V. FRANSOZO, G. M. TEIXEIRA, S. P. BARROS-ALVES & A. FRANSOZO, 2014. Differential occupation of habitat as a reproductive strategy of the blue crab *Callinectes ornatus* Ordway, 1968 (Crustacea: Decapoda). *Mar. Biodivers.*, **44**: 27–36. <https://doi.org/10.1007/s12526-013-0179-y>
- ANGER, K. & G. S. MORERIA, 1998. Morphometric and reproductive traits of tropical caridean shrimps. *J. Crustac. Biol.*, **18**: 823–838. <https://doi.org/10.2307/1549156>
- ARAÚJO, M. de S. L. C. de & J. J. P. R. de LIRA, 2012. Condition factor and carapace width versus wet weight relationship in the swimming crab *Callinectes danae* Smith 1869 (Decapoda: Portunidae) at the Santa Cruz Channel, Pernambuco State, Brazil. *Nauplius*, **20**: 41–50. <https://doi.org/10.1590/s0104-64972012000100005>
- ÁVILA-DA-SILVA, A. O., M. H. CARNEIRO, J. T. MENDONÇA, G. C. C. BASTOS, L. V. MIRANDA, W. do R. RIBEIRO & S. dos SANTOS, 2018. Produção pesqueira marinha e estuarina do estado de São Paulo: Dezembro de 2017. *Inf. Pesqueiro São Paulo*, **92**: 1–4
- ÁVILA-DA-SILVA, A. O., M. H. CARNEIRO, J. T. MENDONÇA, G. C. C. BASTOS, L. V. MIRANDA, W. do R. RIBEIRO & S. dos SANTOS, 2019. Produção pesqueira marinha e estuarina do estado de São Paulo: Dezembro de 2018. *Inf. Pesqueiro São Paulo*, **104**: 1–22
- ÁVILA-DA-SILVA, A. O., M. H. CARNEIRO, J. T. MENDONÇA, L. V. MIRANDA, W. do R. RIBEIRO & S. dos SANTOS, 2017. Produção pesqueira marinha e estuarina do estado de São Paulo: Dezembro de 2016. *Inf. Pesqueiro São Paulo*, **80**: 1–4
- BARRY, J. P. & P. K. DAYTON, 1991. Physical Heterogeneity and the Organization of Marine Communities. In: J. KOLASA & S. T. A. PICKETT (eds.): *Ecological Heterogeneity*. 270–320. (Springer New York, New York, NY).
- BAUER, R. T., 1991. Analysis of embryo production in a caridean shrimp guild from a tropical seagrass meadow. In: A. WENNER & A. KURIS (eds.): *Crustacean Egg Production*. 181–191. (A.A Balkema, Rotterdam).
- BAUER, R. T. & J. LIN, 1994. Temporal patterns of reproduction and recruitment in populations of the penaeid shrimps *Trachypenaeus similis* (Smith) and *T. constrictus* (Stimpson) (Crustacea: Decapoda) from the Northcentral Gulf of Mexico. *J. Exp.*

- Mar. Bio. Ecol., **182**: 205–222. [https://doi.org/10.1016/0022-0981\(94\)90052-3](https://doi.org/10.1016/0022-0981(94)90052-3)
- BAUER, R. T. & L. W. RIVERA-VEGA, 1992. Pattern of reproduction and recruitment in two sicyoniid shrimp species (Decapoda: Penaeoidea) from a tropical seagrass habitat. J. Exp. Mar. Bio. Ecol., **161**: 223–240. [https://doi.org/10.1016/0022-0981\(92\)90099-V](https://doi.org/10.1016/0022-0981(92)90099-V)
- BERTINI, G. & J. A. BAEZA, 2014. Fecundity and fertility in a freshwater population of the neotropical amphidromous shrimp *Macrobrachium acanthurus* from the southeastern Atlantic. Invertebr. Reprod. Dev., **58**: 207–217. <https://doi.org/10.1080/07924259.2014.894948>
- BICKFORD, D., D. J. LOHMAN, N. S. SODHI, P. K. L. NG, R. MEIER, K. WINKER, K. K. INGRAM & I. DAS, 2007. Cryptic species as a window on diversity and conservation. Trends Ecol. Evol., **22**: 148–155. <https://doi.org/10.1016/j.tree.2006.11.004>
- BLAIR, C. P., W. G. ABRAHAMSON, J. A. JACKMAN & L. TYRRELL, 2005. Cryptic speciation and host-race formation in a purportedly generalist tumbling flower beetle. Evolution (N. Y.), **59**: 304–316. <https://doi.org/10.1111/j.0014-3820.2005.tb00991.x>
- BOCHINI, G. L., G. STANSKI, A. L. CASTILHO & R. C. COSTA, 2019. The crustacean bycatch of seabob shrimp *Xiphopenaeus kroyeri* (Heller, 1862) fisheries in the Cananéia region, southern coast of São Paulo, Brazil. Reg. Stud. Mar. Sci., **31**: 100799. <https://doi.org/10.1016/j.rsma.2019.100799>
- BRANCO, J. O., 2005. Biologia e pesca do camarão sete-barbas *Xiphopenaeus kroyeri* (Heller) (Crustacea, Penaeidae), na Armação do Itapocoroy, Penha, Santa Catarina, Brasil. Rev. Bras. Zool., **22**: 1050–1062. <https://doi.org/10.1590/s0101-81752005000400034>
- CARVALHO-BATISTA, A., M. TEROSI, F. J. ZARA, F. L. MANTELATTO & R. C. COSTA, 2019. A multigene and morphological analysis expands the diversity of the seabob shrimp *Xiphopenaeus* Smith, 1869 (Decapoda: Penaeidae), with descriptions of two new species. Sci. Rep., **9**: 15281. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-51484-3>
- CASTILHO, A. L., R. T. BAUER, F. A. M. FREIRE, V. FRANZOZO, R. C. COSTA, R. C. GRABOWSKI & A. FRANZOZO, 2015a. Lifespan and reproductive dynamics of the commercially important sea bob shrimp *Xiphopenaeus kroyeri* (Penaeoidea): Synthesis of a 5-year study. J. Crustac. Biol., **35**: 30–40. <https://doi.org/10.1163/1937240X-00002300>
- CASTILHO, A. L., R. C. COSTA, A. FRANZOZO & M. L. NEGREIROS-FRANZOZO, 2008a. Reproduction and recruitment of the South American red shrimp, *Pleoticus muelleri* (Crustacea: Solenoceridae), from the southeastern coast of Brazil. Mar. Biol. Res., **4**: 361–368. <https://doi.org/10.1080/17451000802029536>
- CASTILHO, A. L., M. FURLAN, R. C. COSTA & V. FRANZOZO, 2008b. Reproductive biology of the rock shrimp *Sicyonia dorsalis* (Decapoda: Penaeoidea) from the southeastern coast of Brazil. Invertebr. Reprod. Dev., **52**: 59–68. <https://doi.org/10.1080/07924259.2008.9652273>
- CASTILHO, A. L., M. A. GAVIO, R. C. COSTA, E. E. BOSCHI, R. T. BAUER & A. FRANZOZO, 2007. Latitudinal variation in population structure and reproductive pattern of the endemic South American shrimp *Artemesia longinaris* (Decapoda: Penaeoidea). J. Crustac. Biol., **27**: 548–552. <https://doi.org/https://doi.org/10.1651/S-2788.1>

- CASTILHO, A. L., R. C. GRABOWSKI, S. M. SIMÕES, A. P. F. SANTOS, R. C. COSTA & A. FRANSOZO, 2015b. Lifespan and population dynamics of the endemic South American shrimp *Artemesia longinaris* (Crustacea: Penaeidae) in southeastern Brazil. *An. Acad. Bras. Cienc.*, **87**: 2123–2138. <https://doi.org/10.1590/0001-3765201520140698>
- CASTILHO, A. L., M. R. PIE, A. FRANSOZO, A. P. PINHEIRO & R. C. COSTA, 2008c. The relationship between environmental variation and species abundance in shrimp community (Crustacea: Decapoda: Penaeoidea) in south-eastern Brazil. *J. Mar. Biol. Assoc. U. K.*, **88**: 119–123. <https://doi.org/10.1017/S0025315408000313>
- CASTILHO, A. L., M. R. WOLF, S. M. SIMÕES, G. L. BOCHINI, V. FRANSOZO & R. C. COSTA, 2012. Growth and reproductive dynamics of the South American red shrimp, *Pleoticus muelleri* (Crustacea: Solenoceridae), from the southeastern coast of Brazil. *J. Mar. Syst.*, **105–108**: 135–144. <https://doi.org/10.1016/j.jmarsys.2012.07.004>
- CASTRO-FILHO, B. M. de, L. B. de MIRANDA & S. Y. MIYAO, 1987. Condições hidrográficas na plataforma continental ao largo de Ubatuba: variações sazonais e em média escala. *Bol. do Inst. Ocean.*, **35**: 135–151. <https://doi.org/10.1590/s0373-55241987000200004>
- CASTRO, R. H., R. C. COSTA, A. FRANSOZO & F. L. MANTELATTO, 2005. Population structure of the seabob shrimp *Xiphopenaeus kroyeri* (Heller, 1862) (Crustacea: Penaeoidea) in the littoral of São Paulo, Brazil. *Sci. Mar.*, **69**: 105–112. <https://doi.org/10.3989/scimar.2005.69n1105>
- CAVALLI, R. O., P. LAVENS & P. SORGELOOS, 1999. Performance of *Macrobrachium rosenbergii* broodstock fed diets with different fatty acid composition. *Aquaculture*, **179**: 387–402. [https://doi.org/10.1016/S0044-8486\(99\)00173-8](https://doi.org/10.1016/S0044-8486(99)00173-8)
- COREY, S. & D. M. REID, 1991. Comparative fecundity of decapod crustaceans I. The fecundity of thirty-three species of nine families of caridean shrimp. *Crustaceana*, **60**: 270–294. <https://doi.org/10.1163/156854091X00056>
- COSTA, R. C., A. FRANSOZO, F. A. M. FREIRE & A. L. CASTILHO, 2007. Abundance and ecological distribution of the “sete-barbas” shrimp *Xiphopenaeus kroyeri* (Heller, 1862) (Decapoda: Penaeoidea) in three bays of the Ubatuba region, southeastern Brazil. *Gulf Caribb. Res.*, **19**: 33–41. <https://doi.org/10.18785/gcr.1901.04>
- COSTA, R. C., A. FRANSOZO, G. A. S. MELO & F. A. M. FREIRE, 2003. An illustrated key for Dendrobranchiata shrimps from the northern coast of São Paulo, Brazil. *Biota Neotrop.*, **3**: 1–12
- COSTA, R. C., M. LOPES, A. L. CASTILHO, A. FRANSOZO & S. M. SIMÕES, 2008. Abundance and distribution of juvenile pink shrimps *Farfantepenaeus* spp. in a mangrove estuary and adjacent bay on the northern shore of São Paulo state, southeastern Brazil. *Invertebr. Reprod. Dev.*, **52**: 51–58. <https://doi.org/10.1080/07924259.2008.9652272>
- LE CREN, E. D., 1951. The length-weight relationship and seasonal cycle in gonad weight and condition factor in the perch (*Perca fluviatilis*). *J. Anim. Ecol.*, **20**: 201–219. <https://doi.org/10.2307/1540>
- CROOS, M. D. S. T., S. PÁLSSON & R. M. G. N. THILAKARATHNA, 2011. Sex ratios, sexual maturity, fecundity, and spawning seasonality of *Metapenaeus dobsoni* off the western coastal waters of Sri Lanka. *Invertebr. Reprod. Dev.*, **55**: 110–123.

- <https://doi.org/10.1080/07924259.2010.548649>
- CUSHING, D. H., 1975. Marine Ecology and Fisheries. (Cambridge University Press, Cambridge).
- D'INCAO, F., H. VALENTINI & L. F. RODRIGUES, 2002. Avaliação da pesca de camarões nas regiões sudeste e sul do Brasil. 1965-1999. *Atlântica*, **24**: 103–116
- DALL, W., B. J. HILL, P. C. ROTHLSBERG & D. J. SHARPLES, 1990. The biology of the Penaeidae. (Academic Press, London).
- DAVANSO, T. M., G. L. HIROSE, D. R. HERRERA, A. FRANZOZO & R. C. COSTA, 2017. Does the upwelling phenomenon influence the population dynamics and management of the seabob shrimp *Xiphopenaeus kroyeri* (Heller, 1862) (Crustacea, Penaeidae)? *Hydrobiologia*, **795**: 295–311. <https://doi.org/10.1007/s10750-017-3152-0>
- FERNANDES, L. P., K. A. KEUNECKE & A. P. M. DI BENEDITTO, 2014. Analysis of mortality and exploitation of a stock of shrimp *Xiphopenaeus kroyeri* in the Southwestern Atlantic Ocean. *Int. J. Fish. Aquat. Stud.*, **2**: 57–63
- FIŠER, C., C. T. ROBINSON & F. MALARD, 2018. Cryptic species as a window into the paradigm shift of the species concept. *Mol. Ecol.*, **27**: 613–635. <https://doi.org/10.1111/mec.14486>
- FONTELES-FILHO, A. A., 2011. Oceanografia, biologia e dinâmica populacional de recursos pesqueiros. (Expressão Gráfica e Editora, Fortaleza).
- GARCIA, J. R., M. R. WOLF, R. C. COSTA & A. L. CASTILHO, 2016. Growth and reproduction of the shrimp *Rimapenaeus constrictus* (Decapoda: Penaeidae) from the southeastern coast of Brazil. *Reg. Stud. Mar. Sci.*, **6**: 1–9. <https://doi.org/10.1016/j.rsma.2016.02.006>
- GAUTAM, K., A. R. NAZAR, E. ANAND GANESH, S. MAHENDRAN & G. MAHADEVAN, 2014. Study of length and weight relationship of *Litopenaeus vannamei* (Boone, 1931) from east coast of India. *Int. J. Sci. Invent. Today*, **3**: 365–376
- GOPAL, C., G. GOPIKRISHNA, G. KRISHNA, S. S. JAHAGEERDAR, M. RYE, B. J. HAYES, S. PAULPANDI, R. P. KIRAN, S. M. PILLAI, P. RAVICHANDRAN, A. G. PONNIAH & D. KUMAR, 2010. Weight and time of onset of female-superior sexual dimorphism in pond reared *Penaeus monodon*. *Aquaculture*, **300**: 237–239. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2010.01.007>
- GRABOWSKI, R. C., M. L. NEGREIROS-FRANZOZO & A. L. CASTILHO, 2016. Reproductive ecology of the seabob shrimp *Xiphopenaeus kroyeri* (Heller, 1862) in a coastal area of Southern Brazil. *Chinese J. Oceanol. Limnol.*, **34**: 125–135. <https://doi.org/10.1007/s00343-015-4279-3>
- GRABOWSKI, R. C., S. M. SIMÕES & A. L. CASTILHO, 2014. Population structure, sex ratio and growth of the seabob shrimp *Xiphopenaeus kroyeri* (Decapoda, Penaeidae) from coastal waters of southern Brazil. *Zookeys*, **457**: 253–269. <https://doi.org/10.3897/zookeys.457.6682>
- GULLAND, J. A. & B. J. ROTHCHILD, 1981. Penaeid shrimps: their biology and management. (Fishing News Books Limited, Florida).
- HATTORI, G. Y. & M. A. A. PINHEIRO, 2003. Fertilidade do caranguejo de mangue *Ucides cordatus* (Linnaeus) (Crustacea, Brachyura, Ocypodidae), em Iguape (São Paulo,

- Brasil). Rev. Bras. Zool., **20**: 309–313. <https://doi.org/10.1590/s0101-81752003000200022>
- HEBERT, P. D. N., E. H. PENTON, J. M. BURNS, D. H. JANZEN & W. HALLWACHS, 2004. Ten species in one: DNA barcoding reveals cryptic species in the neotropical skipper butterfly *Astraptes fulgerator*. Proc. Natl. Acad. Sci. U. S. A., **101**: 14812–14817. <https://doi.org/10.1073/pnas.0406166101>
- HECKLER, G. S., R. C. COSTA, A. FRANZOZO, S. ROSSO & R. M. SHIMIZU, 2014a. Long-term patterns of spatial and temporal distribution in the seabob shrimp *Xiphopenaeus kroyeri* (Decapoda: Penaeidae) population in southeastern Brazil. J. Crustac. Biol., **34**: 326–333. <https://doi.org/10.1163/1937240X-00002231>
- HECKLER, G. S., M. LOPES, S. M. SIMÕES, R. M. SHIMIZU & R. C. COSTA, 2014b. Annual, Seasonal and spatial abundance of the seabob shrimp *Xiphopenaeus kroyeri* (Decapoda, Penaeidae) off the Southeastern coast of Brazil. An. Acad. Bras. Cienc., **86**: 1337–1346. <https://doi.org/10.1590/0001-3765201420130230>
- HECKLER, G. S., S. M. SIMÕES, M. LOPES, F. J. ZARA & R. C. COSTA, 2013a. Biologia populacional e reprodutiva do camarão sete-barbas na Baía de Santos, São Paulo. Bol. Inst. Pesca, **39**: 283–297. <https://doi.org/10.20950/1678-2305.2013v39n3p283>
- HECKLER, G. S., S. M. SIMÕES, A. P. F. SANTOS, A. FRANZOZO & R. C. COSTA, 2013b. Population dynamics of the seabob shrimp *Xiphopenaeus kroyeri* (Dendrobranchiata, Penaeidae) in south-eastern Brazil. African J. Mar. Sci., **35**: 17–24. <https://doi.org/10.2989/1814232X.2013.769901>
- HELDT, J. H., 1938. La reproduction chez les crustacés décapodes de la famille des Pénéides. Ann. l'Institut Oceanogr., **18**: 31–206
- IBAMA, 2008. Instrução Normativa No 189, de 23 de setembro de 2008.
- IWAI, M., 1973. Pesca exploratória e estudo biológico sobre o camarão na costa Centro/Sul do Brasil com o Navio Oceanográfico “Prof. W. Besnard” em 1969-1971. (SUDELPA, IOUSP, São Paulo).
- JOÃO, M. C. A. & M. A. A. PINHEIRO, 2019. Reproductive potential of *Ucides cordatus* (Linnaeus, 1763) (Decapoda: Brachyura: Ocypodidae) from two mangrove areas subject to different levels of contaminants. J. Crustac. Biol., **39**: 74–81. <https://doi.org/10.1093/jcbiol/ruy087>
- KERKHOVE, T. R. H., J. BOYEN, A. DE BACKER, J. H. MOL, F. A. M. VOLCKAERT, F. LELIAERT & M. DE TROCH, 2019. Multilocus data reveal cryptic species in the Atlantic seabob shrimp *Xiphopenaeus kroyeri* (Crustacea: Decapoda). Biol. J. Linn. Soc., **127**: 847–862. <https://doi.org/10.1093/biolinnean/blz065>
- LEITE JR., N. O. & M. PETRERE JR., 2006. Growth and mortalities of the pink-shrimp *Farfantepenaeus brasiliensis* Latreille, 1970 and *F. paulensis* Pérez-Farfante 1967 in southeast Brazil. Brazilian J. Biol., **66**: 523–536. <https://doi.org/10.1590/S1519-69842006000300019>
- DE LÉO, F. C. & A. M. S. PIRES-VANIN, 2006. Benthic megafauna communities under the influence of the South Atlantic Central Water intrusion onto the Brazilian SE shelf: A comparison between an upwelling and a non-upwelling ecosystem. J. Mar. Syst., **60**: 268–284. <https://doi.org/10.1016/j.jmarsys.2006.02.002>
- LÓPEZ-GRECO, L. S. & E. M. RODRÍGUEZ, 1999. Annual reproduction and growth of adult crabs *Chasmagnathus granulata* (Crustacea, Brachyura, Grapsidae). Cah. Biol.

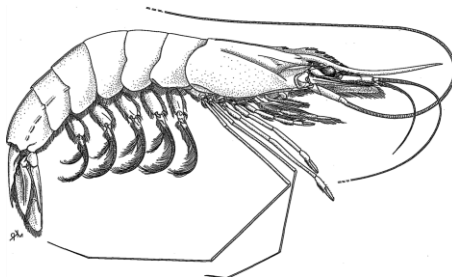
- Mar., **40**: 155–164
- MANTELATTO, F. L., C. H. BERNARDO, T. E. SILVA, V. P. BERNARDES, V. J. COBO & A. FRANZOZO, 2016. Composição e distribuição de crustáceos decápodes associados à pesca do camarão-sete-barbas *Xiphopenaeus kroyeri* (Heller, 1862) no litoral norte do estado de São Paulo. Bol. Inst. Pesca, **42**: 307–326. <https://doi.org/10.20950/1678-2305.2016v42n2p307>
- MANTELATTO, F. L. & A. FRANZOZO, 1999. Characterization of the physical and chemical parameters of Ubatuba Bay, Northern Coast of São Paulo State, Brazil. Rev. Bras. Biol., **59**: 23–31. <https://doi.org/10.1590/s0034-71081999000100004>
- MARTOSUBROTO, P., 1974. Fecundity of pink shrimp, *Penaeus duorarum* Burkenroad. Bull. Mar. Sci., **24**: 606–627
- MIAZAKI, L. F., A. P. F. SANTOS, D. S. SALVATI, F. A. ALVES-COSTA & R. C. COSTA, 2016. Temporal variations in biomass and size of seabob shrimp *Xiphopenaeus kroyeri* (Heller, 1862) (Decapoda: Penaeoidea) on the southern coast of São Paulo state, Brazil. Nauplius, **24**: e2016025. <https://doi.org/10.1590/2358-2936e2016025>
- MORAES, I. R. R., M. R. WOLF, G. R. L. GONÇALVES & A. L. CASTILHO, 2017. Fecundity and reproductive output of the caridean shrimp *Periclimenes paivai* associated with scyphozoan jellyfish. Invertebr. Reprod. Dev., **61**: 71–77. <https://doi.org/10.1080/07924259.2017.1282890>
- MOTOH, H., 1981. Technical Report No. 7 Studies on the fisheries biology of the giant tiger prawn, *Penaeus monodon*. (Tigbauan, Iloilo, Philippines)
- NAKAGAKI, J. M. & M. L. NEGREIROS-FRANZOZO, 1998. Population biology of *Xiphopenaeus kroyeri* (Heller 1862) (Decapoda: Penaeidae) from Ubatuba Bay, São Paulo Brazil. J. Shellfish Res., **17**: 931–935
- OKON, E. A. & F. D. SIKOKI, 2014. Length-weight relationship and condition factor of the West African fiddler crab (*Uca tangeri*) in Mbo River, Akwalbom state, Nigeria. J. Nat. Sci. Res., **4**: 33–41
- PANTALEÃO, J. A. F., A. CARVALHO-BATISTA, S. S. A. TEODORO & R. C. COSTA, 2018. The influence of environmental variables in the reproductive performance of *Macrobrachium amazonicum* (Heller, 1862) (Caridea: Palaemonidae) females in a continental population. An. Acad. Bras. Cienc., **90**: 1445–1458. <https://doi.org/10.1590/0001-3765201820170275>
- PEIRÓ, D. F., I. S. WEHRTMANN & F. L. MANTELATTO, 2014. Reproductive strategy of the ghost shrimp *Callichirus major* (Crustacea: Axiidea: Callinassidae) from the southwestern Atlantic: Sexual maturity of females, fecundity, egg features, and reproductive output. Invertebr. Reprod. Dev., **58**: 294–305. <https://doi.org/10.1080/07924259.2014.944672>
- PÉREZ-FARFANTE, I. & B. KENSLEY, 1997. Penaeoid and Segestoid shrimps and pawns of the world. Keys and diagnoses for the families and genera. (Editions du Museum National d'Histoire Naturelle, Paris).
- PÉREZ-VELÁZQUEZ, M. & A. GRACIA, 2000. Fecundity of *Litopenaeus setiferus*, *Farfantepenaeus aztecus* and *F. duorarum*, in the Southwestern Gulf of Mexico. Gulf Caribb. Res., **12**: 1–9. <https://doi.org/10.18785/gcr.1201.01>
- PESCINELLI, R. A., T. M. DAVANSO & R. C. COSTA, 2017. Social monogamy and egg production in the snapping shrimp *Alpheus brasiliensis* (Caridea: Alpheidae) from the

- south-eastern coast of Brazil. J. Mar. Biol. Assoc. U. K., **97**: 1519–1526. <https://doi.org/10.1017/S0025315416000904>
- PINHEIRO, M. A. A. & A. G. FISCARELLI, 2009. Length-weight relationship and condition factor of the mangrove crab *Ucides cordatus* (Linnaeus, 1763) (Crustacea, Brachyura, Ucididae). Brazilian Arch. Biol. Technol., **52**: 397–406. <https://doi.org/10.1590/S1516-89132009000200017>
- PINHEIRO, M. A. A. & A. FRANSOZO, 1995. Fecundidade de *Pachycheles haigae* Rodrigues da Costa, 1960 (Crustacea, Anomura, Porcellanidae) em Ubatuba (SP), Brasil. Rev. Bras. Biol., **55**: 623–631
- PINHEIRO, M. A. A. & F. G. TADDEI, 2005. Relação peso/largura da carapaça e fator de condição em *Dilocarcinus pagei* Stimpson (Crustacea, Trichodactylidae), em São José do Rio Preto, São Paulo, Brasil. Rev. Bras. Zool., **22**: 825–829. <https://doi.org/10.1590/s0101-81752005000400002>
- RAMIREZ-LLODRA, E., 2002. Fecundity and life-history strategies in marine invertebrates. Adv. Mar. Biol., **43**: 87–170. [https://doi.org/10.1016/s0065-2881\(02\)43004-0](https://doi.org/10.1016/s0065-2881(02)43004-0)
- SANCINETTI, G. S., A. L. CASTILHO, M. R. WOLF, R. C. COSTA, A. AZEVEDO & A. FRANSOZO, 2019. Population dynamics of shrimp *Pleoticus muelleri* in an upwelling region and new implications for latitudinal gradient theories. J. Mar. Biol. Assoc. U. K., **99**: 1807–1815. <https://doi.org/10.1017/S002531541900081X>
- SANTOS, H., J. JUSTE, C. IBÁÑEZ, J. M. PALMEIRIM, R. GODINHO, F. AMORIM, P. ALVES, H. COSTA, O. PAZ, G. PÉREZ-SUAREZ, S. MARTÍNEZ-ALOS, G. JONES & H. REBELO, 2014. Influences of ecology and biogeography on shaping the distributions of cryptic species: three bat tales in Iberia. Biol. J. Linn. Soc., **112**: 150–162. <https://doi.org/10.1111/bij.12247>
- SASTRY, A. N., 1983. Ecological aspects of reproduction. In: F. J. VERNBERG & W. B. VERNBERG (eds.): The biology of Crustacea: Environmental Adaptations. 179–270. (Academic Press, New York).
- SHIH, N. T., Y. H. CAI & I. H. NI, 2009. A concept to protect fisheries recruits by seasonal closure during spawning periods for commercial fishes off Taiwan and the East China Sea. J. Appl. Ichthyol., **25**: 676–685. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0426.2009.01328.x>
- SILVA, E. R., G. S. SANCINETTI, A. FRANSOZO, A. AZEVEDO & R. C. COSTA, 2016. Abundance and spatial-temporal distribution of the shrimp *Xiphopenaeus kroyeri* (Decapoda: Penaeidae): an exploited species in southeast Brazil. Brazilian J. Biol., **76**: 764–773. <https://doi.org/10.1590/1519-6984.01814>
- SILVA, S. L. R., R. D. C. SANTOS, R. C. COSTA & G. L. HIROSE, 2019. Growth and population structure of the seabob shrimp *Xiphopenaeus kroyeri* (Decapoda: Penaeidae) on the continental shelf of Sergipe, Brazil. J. Mar. Biol. Assoc. U. K., **99**: 81–92. <https://doi.org/10.1017/S0025315417002041>
- SIMÕES, S. M., R. C. COSTA, A. FRANSOZO & A. L. CASTILHO, 2010. Diel variation in abundance and size of the seabob shrimp *Xiphopenaeus kroyeri* (Crustacea, Penaeoidea) in the Ubatuba region, southeastern Brazil. An. Acad. Bras. Cienc., **82**: 369–378. <https://doi.org/10.1590/s0001-37652010000200013>
- STIREMAN, J. O., J. D. NASON & S. B. HEARD, 2005. Host-associated genetic differentiation in phytophagous insects: general phenomenon or isolated exceptions?

- Evidence from a goldenrod-insect community. *Evolution* (N. Y.), **59**: 2573–2587. <https://doi.org/10.1554/05-222.1>
- SUKUMARAN, K. K. & B. NEELAKANTAN, 1999. Spawning biology of two marine portunid crabs, *Portunus* (*Portunus*) *sanguinolentus* (Herbst) and *Portunus* (*Portunus*) *pelagicus* (Linnaeus) from the Karnataka Coast. Fourth Indian Fish. Forum Proc., **24–28**: 35–38
- TADDEI, F. G., D. R. HERRERA, T. M. DAVANSO, T. E. da SILVA, R. C. COSTA & A. FRANZOZO, 2017. Length/weight relationship and condition factor of *Macrobrachium jelskii* (Miers, 1877) and *M. brasiliense* (Heller, 1862) (Decapoda, Palaemonidae) in two locations in the state of São Paulo. *Nauplius*, **25**: 1–11. <https://doi.org/10.1590/2358-2936e2017022>
- UDDIN, S. A. & M. M. RAHMAN, 2015. Gonadal maturation, fecundity and hatching performance of wild caught tiger shrimp *Penaeus monodon* using unilateral eyestalk ablation in captivity. *J. Bangladesh Agric. Univ.*, **13**: 315–322. <https://doi.org/10.3329/jbau.v13i2.28804>
- VASCONCELLOS, M., A. C. DIEGUES & D. C. KALIKOSKI, 2011. Coastal fisheries of Brazil. In: S. SALAS, R. CHUENPAGDEE, A. CHARLES, & J. C. SEJO (eds.): Coastal fisheries of Latin America and the Caribbean. 73–116. (FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper No. 544, Rome).
- VEGA-PÉREZ, L. A., 1993. Estudo do zooplâncton da região de Ubatuba , Estado de São Paulo. Publicação Espec. Inst. Ocean. São Paulo: 65–84
- ZAIRION, Z., Y. WARDIATNO & A. FAHRUDIN, 2015. Sexual maturity, reproductive pattern and spawning female population of the blue swimming crab, *Portunus pelagicus* (Brachyura: Portunidae) in east Lampung coastal waters, Indonesia. *Indian J. Sci. Technol.*, **8**: 596–607
- ZAR, J. H., 2010. Biostatistical analysis. 5th ed. (Prentice Hall, New Jersey).

Capítulo 3

Growth parameters, longevity, and mortality of the seabob shrimp *Xiphopenaeus* spp. (Decapoda: Penaeidae) in four important fishing regions of southeastern Brazil



ABSTRACT

We investigated and compared growth parameters, longevity, mortality (total, natural, and fishing), and exploitation rates of the seabob shrimp *Xiphopenaeus* spp. in four important fishing regions of southeastern Brazil. The hypothesis that the growth and mortality characteristics of distinct populations differ along a latitudinal gradient was tested. Sampling was performed monthly in Macaé, Ubatuba, Santos/São Vicente, and Cananéia over a 1- to 2-year period. Growth and longevity parameters were estimated by the von Bertalanffy growth equation models. Total mortality (Z) was estimated by length-converted catch curves. Growth parameters differed between sexes: males reached smaller sizes, showed larger growth coefficients (k) and higher mortality, and lived less than females in the four studied regions. Rather than finding a latitudinal gradient, our results support the hypothesis that distinct local environmental characteristics and fishing pressures alter the growth and population dynamics of *Xiphopenaeus* spp. in different areas. Our study indicates that the stocks of *Xiphopenaeus* spp. are overexploited, highlighting the importance of management plans to prevent the collapse of stocks and maintain them at sustainable levels for long-term exploitation.

Keywords: Cananéia, exploitation rate, Macaé, Santos, shrimp fishing, Ubatuba, von Bertalanffy.

Miazaki, L. F., Heckler, G. S., Freitas Santos, A. P., Castilho, A. L., Pescinelli, R. A., & Costa, R. C. (2021). Growth parameters, longevity, and mortality of the seabob shrimp *Xiphopenaeus* spp. (Decapoda: Penaeidae) in four important fishing regions of southeastern Brazil. *Fisheries Oceanography*. <https://doi.org/10.1111/fog.12533>

Available in: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/fog.12533>

Epílogo

Os resultados obtidos por meio de uma abordagem interdisciplinar proporcionaram um maior entendimento da história de vida dos camarões sete-barbas. Além de reforçar que uma abordagem integrativa fornece resultados robustos, auxiliando na resolução de diversas indagações dentro da biologia.

O presente estudo traz as primeiras informações a respeito da biologia dos camarões sete-barbas, sendo tratados como táxons distintos e não apenas como uma única espécie. Além de trazer informações sobre parâmetros reprodutivos para o gênero *Xiphopenaeus* não investigados anteriormente.

A hipótese de que o télico apresenta diferenças morfológicas capaz de separar as fêmeas de *X. kroyeri* e *X. dincao* foi confirmada. Foram detectadas diferenças morfológicas sob a placa e no formato do télico, capazes de separar as fêmeas adultas de *X. kroyeri* e *X. dincao*. A conhecimento de um carácter morfológico para a separação das fêmeas é de extrema importância para facilitar a identificação das espécies, principalmente em pesquisas e trabalhos em campo. A combinação de ferramentas moleculares e morfológicas se mostrou válida e extremamente útil para fortalecer e aprofundar as investigações do presente estudo.

Os resultados evidenciaram além diferenças morfológicas, diferenças na distribuição sazonal e nas estratégias reprodutivas de ambas as espécies dos camarões sete-barbas, *X. kroyeri* e *X. dincao*, ocorrentes na região de Ubatuba, que provavelmente possibilitam a coexistência dessas espécies na região de estudo.

A metodologia empregada para as estimativas dos parâmetros reprodutivos foi eficiente e os resultados foram condizentes a biologia dos camarões peneídeos, podendo ser reproduzida por estudos futuros, objetivando o melhor entendimento da biologia reprodutiva dos camarões Penaeoidea. Estudos sobre essas temáticas são extremamente

importantes para um manejo e gerenciamento eficiente e sustentável dos recursos pesqueiros.

Aspectos populacionais como o crescimento, a longevidade e a mortalidade (total, natural e pesqueira) de *Xiphopenaeus* spp. em quatro importantes regiões do sudeste brasileiro (Macaé no estado do Rio de Janeiro, Ubatuba, Santos/São Vicente e Cananéia no estado de São Paulo), também foram investigados. Os resultados evidenciaram a sobreexploração dos estoques naturais nessas regiões, fomentando a necessidade de adequações no gerenciamento pesqueiro a fim de evitar um novo colapso dos estoques naturais; buscando mantê-los a níveis sustentáveis de exploração a longo prazo, pois além da importância biológica e ecológica, há também a importância econômica e social desses recursos, da comunidade litorânea que depende economicamente da atividade pesqueira.

As análises dos parâmetros de crescimento, longevidade e principalmente de mortalidade (total, natural e por pesca) em populações naturais, auxiliam no esclarecimento do estado real de seus estoques. Estudos sobre esses aspectos, somados a investigações sobre morfologia e parâmetros reprodutivos dos camarões sete-barbas, são necessários e de extrema importância para a identificação, manutenção e conservação dos estoques pesqueiros. O conhecimento da estrutura dos estoques é um requisito básico para que medidas de manejo de pesca sejam efetivas. Com o conhecimento detalhado sobre as espécies em um determinado ecossistema, pode-se inferir sobre os diversos efeitos causados pela ação antrópica e/ou natural no perfil populacional de tais organismos e, assim, traçar estratégias de manejo e conservação destes recursos naturais. Este estudo traz informações básicas essenciais sobre a identificação e a biologia dos camarões sete-barbas *X. kroyeri* e *X. dincao*, e disponibiliza subsídios para um melhor manejo e gerenciamento desses camarões. Além de encorajar novos estudos para o maior entendimento da bioecologia desses importantes recursos pesqueiros.