INSTITUTO DE BIOCIÊNCIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BIOLOGIA ANIMAL

AMANDA PORCIUNCULA HORCH

Parasitos Bopyridae e Entoniscidae (Isopoda, Epicaridea) associados à espécies de camarões do gênero *Synalpheus* Spence Bate, 1888 (Caridea, Alpheidae) no Oceano Atlântico Oeste

PORTO ALEGRE
2025

AMANDA PORCIUNCULA HORCH

Parasitos Bopyridae e Entoniscidae (Isopoda, Epicaridea) associados à espécies de camarões do gênero *Synalpheus* Spence Bate, 1888 (Caridea, Alpheidae) no Oceano Atlântico Oeste

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Biologia Animal, Instituto de Biociências da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, como requisito parcial à obtenção do título de Doutor(a) em Biologia Animal.

Área de concentração: Biologia Animal

Linha de pesquisa: Sistemática, Evolução e Biologia Comparada.

Orientador(a): Profa. Dra. Mariana Terossi Rodrigues

PORTO ALEGRE
2025

AMANDA PORCIUNCULA HORCH

Parasitos Bopyridae e Entoniscidae (Isopoda, Epicaridea) associados à espécies de camarões do gênero Synalpheus Spence Bate, 1888 (Caridea, Alpheidae) no Oceano Atlântico Oeste

Aprovada em_____de_____de_____.

BANCA EXAMINADORA

Profa. Dra. Cristiana Serejo

Prof. Dr. Felipe Bezerra Ribeiro

Dra. Tammy Iwasa Arai

AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com apoio do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq Processo 140920/2021-8). As coletas foram financiadas com verba da taxa de bancada da bolsa de doutorado do CNPq, do Programa de Apoio à Pós Graduação (PROAP) da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) via Programa de Pós-Graduação em Biologia Animal/UFRGS (PPGBAN/UFRGS), e dos seguintes financiamentos concedidos à Profa. Dra. Mariana Terossi: Fundação de Amparo à Pesquisa do Rio Grande Do Sul (FAPERGS, 24/2551-0001357-1), CNPq Universal (421193/2018-2) e PQ (311340/2021-0). O presente trabalho foi em parte realizado com apoio da CAPES - Código de Financiamento 001, através de uma bolsa CAPES/PRINT concedida à Amanda P. Horch (88887.717347/2022-00) e pelo CNPq através de uma bolsa de Doutorado Sandwich no Exterior - SWE (200239/2023-6) concedida à Amanda P. Horch via o projeto 401442/2022-5 concedido à Profa. Dra. Mariana Terossi. Sou grata a todos estes financiamentos.

À Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), o Instituto de Biociências, o Departamento de Zoologia e o PPGBAN/UFRGS pela infraestrutura e apoio para desenvolvimento do trabalho, e assim como pelo ensino de alta qualidade durante todos estes anos. À todos os professores, funcionários e técnicos do PPGBAN pelos ensinamentos, apoio e auxilio. À Hofstra University pelo acolhimento, apoio logístico e infraestrutura durante meu período em Nova York. Também agradeço todos os professores, funcionários e técnicos da Hofstra pelo apoio e aprendizado. À Autarquia Territorial Distrito Estadual de Fernando de Noronha - ATDEFN, ao Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio NGI Noronha), e à Operadora de Mergulho Atlantis pelo apoio logístico no trabalho de campo. Também ao Leonardo Lopes Gonçalves da Silva, à Isabella Moraes, à Karmine Pasinatto, à Mariana Terossi e à Victória Cássel pelo auxílio durante as coletas. Ao Prof. Dr. Ulisses Pinheiro (UFPE) pela identificação da espécie de esponja coletada em Fernando de Noronha e hospedeira das espécies estudadas no Capítulo III.

Um agradecimento muito grande à minha orientadora, Profa. Dra. Mariana Terossi Rodrigues, que desde 2018 me ensina e me guia na carreira acadêmica. Eu sou extremamente grata por toda a tua paciência, apoio e força. Uma das frases que eu mais te ouvi falar durante estes sete anos foi *"o não a gente já tem"* e com certeza este será um lema que levarei para a vida, e tenho certeza que ele me ajudará a lembrar de sempre manter o otimismo e não desistir dos meus sonhos. Eu escrevi algo similar nos meus agradecimentos da dissertação de mestrado,

mas quatro anos depois eu sigo acreditando que ter te escolhido como orientadora foi uma das minhas melhores escolhas. Tu é uma inspiração para mim em vários sentidos e espero poder contar com a tua parceria e aprendizados por muitos anos mais. Foi uma honra enorme ser orientada por ti, muito obrigada por sempre me receber na tua sala, mesmo quando eu chego com ideias um pouco ambiciosas (como adicionar mais um capítulo na tese), e por confiar em mim e no meu trabalho, especialmente quando eu mesma duvido dele. Eu não teria chegado aqui sem o teu apoio. Muito obrigada por tudo.

A very, very special thank you to my advisor Prof. Dr. Jason D. Williams. I am forever grateful that you replied to that email I sent you back in 2022 with the, perhaps overly ambitious, idea of spending some time in your lab at Hofstra University. Thank you for being so kind from the very beginning, and for not hesitating to open the doors of your lab for me. You helped me so much during my time in the U.S., and it meant the world to me, thank you. I'm very grateful for your patience, your teachings and your constant support. This PhD dissertation would not be the same without your collaboration and guidance, I truly cannot thank you enough for everything you've done for me. Those eleven months in the Williams and Boyko lab were genuinely an amazing experience, and it was in large part because of you and how much you strove to make me feel at home.

And with that, of course, I also need to thank Dr. Christopher B. Boyko, who patiently helped me in the lab and was always available to look at any specimens with me. I'm very thankful for all your patience while teaching me and for always being kind while correcting my mistakes. And thank you for always being good humored in the lab and through email! I'm incredibly grateful that both of you, Chris and Jason, trusted me to work on the *Synalpheus* parasites, this project has only cemented my awe of these incredible isopods. It's been an honor to work on these amazing critters with you and I hope to continue collaborating in the future. A big thank you to all the other members of the Williams and Boyko lab who welcomed me during my time there, Grace Kokasko, Gianna Sancetta and Justin Zheng, you made the work days lighter! I'm also grateful to Prof. Dr. Kristin Hultgren, who allowed me to bring this study to fruition. I hope it lives up to all the effort you and your colleagues went through during the sampling expeditions. Your kind collaboration during this work on the Caribbean parasites has been invaluable, thank you for trusting me to bring this study to life.

Agradeço à Profa. Dra. Paula Beatriz de Araujo e o Dr. Ivanklin Soares Campos Filho pela participação na minha banca de acompanhamento do doutorado durante os quatro anos, contribuindo muito para o desenvolvimento da minha tese. Agradeço também aos membros da

minha banca de qualificação, o Prof. Dr. Alexandre Oliveira Almeida, o Prof. Dr. Jesser Fidelis de Souza Filho, e a Dra. Giovanna Monticelli Cardoso, assim como os membros da banca do seminário público de acompanhamento do PPG Biologia Animal/UFRGS, o Prof. Dr. Luiz Alexandre Campos e o Prof. Dr. Luiz Roberto Malabarba. Por fim, agradeço aos membros da minha banca de doutorado, a Profa. Dra. Cristiana Silveira Serejo, o Prof. Dr. Felipe Bezerra Ribeiro, a Dra. Tammy Iwasa Arai, e a Profa. Dra. Cláudia Calegaro Marques por terem aceitado participar da defesa, com certeza farão importantes contribuições para a melhoria da presente tese.

Agradeço imensamente a minha mãe Clarice Stella Porciuncula e a minha irmã Vittoria Porciuncula Horch, por todo o apoio e paciência comigo durante todos esses anos de trajetória acadêmica. Mãe, obrigada por sempre acreditar em mim e me incentivar a seguir meus sonhos. Tu é a minha maior inspiração e eu nunca teria chegado aqui sem tua força, teus ensinamentos e teu apoio incondicional. Obrigada agora e sempre. Aos felinos que me acompanharam durante esse doutorado, Simba, Amora e Kiki, vocês fazem os dias mais leves e felizes. À minha avó, Ivy Carmem Frittoli, que não pôde estar aqui pra me ver finalizar essa tese, mas que era muito interessada no meu trabalho e sempre esteve disposta a ter conversas filosóficas comigo.

Às minhas amigas do Bioleguismo, nosso grupo desde que entramos no curso de Ciências Biológicas da UFRGS em 2013: Karine, Marceli, Natália, Natasha e Victória. Vocês são incríveis e amo ter vocês como amigas. À Elis e a Deia, minhas companheiras da academia que me ajudaram a manter a sanidade durante esse doutorado e me fizeram gostar de fazer academia. Eu adoro nossas aulas juntas e nossas festinhas depois do treino, obrigada por todo o apoio e companheirismo! À uma das minhas amigas mais antigas, Luli Reis, que sempre me acompanhou nessa jornada acadêmica e compartilha do meu amor pela natureza, muito obrigada por tudo.

Aos amigos e colegas do Laboratório de Carcinologia da UFRGS, Bruno Grassi, Giovanna Moreira, Giovanna Reis, Guilherme Mendes, Isabela Moraes, Karmine Pasinatto, Maria Clara Mendonça, Nicolas Bottaro, Thea Souza e Victória Cassel, muito obrigada por fazerem os meus dias mais leves e por sermos um laboratório tão divertido e acolhedor. Agradeço pelo apoio, colaboração e trocas durante todos esses anos.

Às minhas parceiras, as “pistoleiras” do meu coração, Isabela Moraes, Karmine Pasinatto e Victória Cassel, um obrigada extremamente especial. Sou muito grata por vocês estarem comigo nos momentos bons e nos ruins, sempre dispostas a me ouvir e me acolher.

Espero que vocês saibam o quão importantes vocês são para mim, e que essa tese não teria sido terminada, ou pelo menos com certeza teria sido muito mais difícil de terminar, sem a companhia e o carinho de vocês. Que sigamos juntas por muitos anos mais, sempre torcendo umas pelas outras e se apoiando enquanto conquistamos nossos sonhos. Quero daqui alguns anos ainda estar mandando áudios com fofocas para vocês. Muito obrigada por tudo!

Por fim, muito obrigada a todes que de alguma forma participaram e me auxiliaram durante o processo deste doutorado.

"The winds, the sea, and the moving tides are what they are. If there is wonder and beauty and majesty in them, science will discover these qualities... If there is poetry in my book about the sea, it is not because I deliberately put it there, but because no one could write truthfully about the sea and leave out the poetry."

— Rachel Carson, The Sea Around Us

"Because the history of evolution is that life escapes all barriers.
Life breaks free. Life expands to new territories.
Painfully, perhaps even dangerously. But life finds a way."

— Michael Crichton, Jurassic Park

SUMÁRIO

APRESENTAÇÃO……...…….....……...…..……1
RESUMO…….....……..……...2
ABSTRACT…….....……...……...……...4
INTRODUÇÃO GERAL..…….....……..….6
OBJETIVOS DA TESE..…….....……...…19
CAPÍTULO I: A new species of *Parapleurocrypta* Chopra, 1923 parasitizing shrimps of the genus *Synalpheus* Spence Bate, 1888 (Decapoda, Caridea, Alpheidae) from the Fernando de Noronha Archipelago, Brazil.....…….....……...20
Abstract.....…….....……...…..…..21
Background.....…….....……....21
Material and methods.....…….....……...…..…..22
Results.....…….....……....23
Discussion.....…….....……....30
Conclusions.....…….....……....31
References.....…….....……....32
CAPÍTULO II: New species and new records of isopods (Epicaridea: Bopyridae and Entoniscidae) parasitizing shrimps of the genus *Synalpheus* Spence Bate, 1888 (Caridea: Alpheidae) in the Caribbean Sea and the Gulf of Mexico, with description of larval stages and comments on bopyrid phylogeny.....…….....……..34
Abstract.....…….....……...…..…..35
Introduction.....…….....……....36
Material and methods.....…….....……...…..…..39
Results.....…….....……....41
Discussion.....…….....……....80
References.....…….....……....86
Figures.....…….....……....103
Tables.....…….....……....129
CAPÍTULO III: New species of *Eophrixus* Caroli, 1930 (Epicaridea, Bopyridae) parasitizing a shrimp host (Caridea, Alpheidae) from a Brazilian oceanic island, with an updated diagnosis of the genus and a discussion on the subfamily Hemiarthrinae Markham, 1972.....….....……...……135

Abstract.....136
Introduction.....136
Material and methods.....138
Results.....139
Discussion.....145
References.....147
Figures.....156
Table.....160
CONSIDERAÇÕES FINAIS.....170
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....172
ANEXOS.....183

APRESENTAÇÃO

A presente tese de doutorado se encontra estruturada em “Resumo”, “Abstract”, “Introdução Geral”, “Capítulo I”, “Capítulo II”, “Capítulo III”, “Considerações Finais” e “Referências Bibliográficas Gerais”, sendo o tema principal da tese a taxonomia e sistemática de isópodos parasitos da subordem Epicaridea, com foco nas famílias Bopyridae e Entoniscidae, que infestam camarões carídeos do gênero *Synalpheus* Spence Bate, 1888.

A Introdução Geral aborda o conhecimento atual acerca dos isópodos epicarídeos, com foco especial nas famílias Bopyridae e Entoniscidae, dando contexto relativo a diversidade e distribuição do grupo no Oceano Atlântico Oeste, principalmente nas regiões do Brasil e do Mar do Caribe em conjunto com o Golfo do México. O manuscrito contido no Capítulo I traz a descrição da primeira espécie de isópodo parasito para o Arquipélago Fernando de Noronha no Brasil, infestando duas espécies de camarões do gênero *Synalpheus*.

O Capítulo II aborda parasitos na região do Mar do Caribe e do Golfo do México, trazendo sete novos registros de localidade e hospedeiros para espécies das famílias Bopyridae e Entoniscidae, realizando a descrição de duas novas espécies de bopirídeos pleonais do gênero *Eophrixus* Caroli, 1930 e um novo gênero e espécie de entoniscídeo, em conjunto com a descrição do estágio larval epicardium para cinco das espécies, e provendo novas sequências do gene mitocondrial COI para diversas das espécies estudadas com a geração de uma filogenia da subordem Epicaridea; também são compiladas todas as informações disponíveis na literatura sobre parasitos bopirídeos e entoniscídeos que infestam camarões *Synalpheus* mundialmente. Por fim, no Capítulo III é realizada a descrição da segunda espécie de isópodo parasito para Fernando de Noronha, uma espécie de bopirídeo do gênero *Eophrixus* parasitando uma espécie hospedeira do gênero *Synalpheus*, em conjunto com um compilado e discussão sobre informações acerca da distribuição e escolha do hospedeiro de todas as espécies atualmente válidas da subfamília Hemiarthrinae.

A Introdução Geral, o Capítulo II e as Referências Bibliográficas Gerais foram redigidos de acordo com as normas do periódico Zootaxa. O Capítulo I foi publicado no periódico Zoological Studies em 2024, estando formatado de acordo com as normas deste periódico. O Capítulo III foi redigido de acordo com as normas do periódico Acta Zoologica.

RESUMO

Os isópodos da subordem Epicaridea são conhecidos por utilizarem outros crustáceos como hospedeiros, tanto intermediários, durante um dos seus três estágios larvais, quanto definitivos. A superfamília Bopyroidea é formada por três famílias, sendo as famílias de ectoparasitos Bopyridae (~640 spp.) e de endoparasitos Entoniscidae (~45 spp.) as mais diversas. Apesar dos camarões carídeos possuírem as maiores taxas de parasitismo por bopirídeos entre os Decapoda, pouco se conhece acerca dos parasitos de camarões-de-estalo do gênero *Synalpheus* Spence Bate, 1888, e ainda menos sobre os entoniscídeos. O objetivo da presente tese é estudar a diversidade de bopirídeos e entoniscídeos que parasitam camarões do gênero *Synalpheus*, com um foco principal nas espécies do Oceano Atlântico Oeste. Foram descritas duas novas espécies de bopirídeos (uma da subfamília Bopyrinae e uma da subfamília Hemiarthrinae) para o arquipélago de Fernando de Noronha, Brasil, sendo estas as primeiras espécies de crustáceos parasitos registradas para o arquipélago. Foi realizado um estudo aprofundado na região do Mar do Caribe e Golfo do México acerca da diversidade de parasitos epicarídeos infestando tais camarões, oriundos de coletas realizadas ao longo de 22 anos em seis países. Por meio da análise destes espécimes, foram descritas duas novas espécies de bopirídeos do gênero *Eophrixus* Caroli, 1930 (subfamília Hemiarthrinae) com base em dados morfológicos e moleculares, e um novo gênero e espécie de entoniscídeo da subfamília Entoniscinae com base em dados morfológicos. O registro de distribuição e escolha do hospedeiro foi ampliado para seis espécies de bopirídeos (*Azygopleon schmitti* (Pearse, 1932), *Bopyrione synalphei* Bourdon & Markham, 1980, *Eophrixus subcaudalis* (Hay, 1917), *Hemiarthrus synalphei* (Pearse, 1950), *Parapleurocrypta* cf. *duofratres* Horch, Williams & Terossi, 2024 e *Synsynella choprae* (Pearse, 1932)) e uma de entoniscídeo (*Synalpheion giardi* Coutière, 1908), sendo possível obter dados moleculares pela primeira vez para todas elas exceto P. cf. duofratres. A partir destas novas sequências geradas, em conjunto com outras previamente disponíveis na literatura para as espécies de Epicaridea, foi gerada uma hipótese filogenética para subordem utilizando como marcador o gene mitocondrial citocromo C oxidase subunidade I (COI). Características morfológicas inéditas foram encontradas para fêmeas adultas das espécies *A. schmitti, E. subcaudalis*, e *H. synalphei*, e o primeiro estágio larval foi descrito para cinco espécies (*A. schmitti, E. subcaudalis, H. synalphei*, Species H sp. nov., e *S. giardi*). Com base nos novos dados gerados e em informações previamente disponíveis na literatura, foi realizada uma compilação de espécies das famílias Bopyridae e Entoniscidae que parasitam camarões *Synalpheus* mundialmente, trazendo a distribuição e hospedeiros conhecidos de cada uma. De

modo similar, foi realizada uma compilação de todas as 69 espécies válidas de bopirídeos da subfamília Hemiarthrinae, também contendo dados de distribuição e ocorrência nos hospedeiros carídeos. A presente tese amplia o conhecimento acerca das espécies de isópodos bopirídeos e entoniscídeos parasitos no Atlântico, fornecendo informações sobre este grupo negligenciado.

Palavras-chave: Filogenia, Mar do Caribe, MEV, morfologia larval, Oceano Atlântico

ABSTRACT

The isopods of the suborder Epicaridea are known for using other crustaceans both as intermediate, during one of their three larval stages, and definitive hosts. The superfamily Bopyroidea is composed of three families, with the ectoparasitic family Bopyridae (~640 spp.) and the endoparasitic family Entoniscidae (~45 spp.) being the most diverse. Despite the caridean shrimps having the highest rates of parasitism by bopyrids within the Decapoda, little is known regarding the parasites of the snapping-shrimps of the genus *Synalpheus* Spence Bate, 1988, and even less regarding the entoniscids. The objective of the present thesis is to study the diversity of bopyrids and entoniscids parasitic on shrimps of the genus *Synalpheus*, focusing primarily on the species of the West Atlantic Ocean. Two new species of bopyrids (one from the subfamily Bopyrinae and one from the subfamily Hemiarthrinae) were described from the Fernando de Noronha Archipelago, Brazil, which are the first species of parasitic crustaceans recorded for the archipelago. A comprehensive study was conducted regarding the diversity of epicaridean parasites infesting said shrimps in the region of the Caribbean Sea and the Gulf of Mexico, all from collections carried out over 22 years in six countries. Two new species of the bopyrid genus *Eophrixus* Caroli, 1930 (subfamily Hemiarthrinae) were described on the basis of morphology and genetics, and a new genus and species of entoniscid from the subfamily Entoniscinae was described on the basis for morphology through the analysis of these specimens. The records of distribution and host choice were expanded for six species of bopyrids (*Azygopleon schmitti* (Pearse, 1932), *Bopyrione synalphei* Bourdon & Markham, 1980, *Eophrixus subcaudalis* (Hay, 1917), *Hemiarthrus synalphei* (Pearse, 1950), *Parapleurocrypta* cf. *duofratres* Horch, Williams & Terossi, 2024, and *Synsynella choprae* (Pearse, 1932)) and one of entoniscid (*Synalpheion giardi* Coutière, 1908), all from which was possible to obtain molecular data for the first time except for P. cf. duofratres. Combining these newly generated sequences, alongside previously available data for epicaridean species from the literature, a phylogenetic hypothesis for the suborder was generated using as a marker the mitochondrial gene cytochrome c oxidase subunit I (COI). New morphological characters were found for the adult females of the species *A. schmitti, E. subcaudalis*, and *H. synalphei*, and the first larval stage was described for five species (*A. schmitti, E. subcaudalis, H. synalphei*, Species H sp. nov., and *S. giardi*). Using the new data generated in the thesis, alongside information previously available in the literature, a table was constructed containing all species from the families Bopyridae and Entoniscidae that parasitize *Synalpheus* shrimps worldwide, compiling the known distribution and hosts for each one. Similarly, another table was

constructed with all currently valid species of the bopyrid subfamily Hemiarthrinae, also compiling the distribution and host data of each. The present thesis expands the knowledge regarding the species of parasitic crustaceans from the Atlantic Ocean, providing information on such a neglected group. These results also shed light on the importance of conducting taxonomical studies focusing on historically ignored groups like the epicaridean parasites.

Keywords: Atlantic Ocean, Caribbean Sea, larval morphology, Phylogeny, SEM