

RESSALVA

Atendendo solicitação do(a)
autor(a), o texto completo desta
Tese será disponibilizado
somente a partir de 28/05/2022.

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

“JULIO DE MESQUITA FILHO”

Campus de Botucatu – Instituto de Biociências
Pós-Graduação em Ciências Biológicas – Zoologia

TESE DE DOUTORADO

**MORFOLOGIA DAS CERDAS EM CARANGUEJOS
DECORADORES (DECAPODA: BRACHYURA: MAJOIDEA):
AVALIAÇÃO FISIOLÓGICA E FUNCIONAL**



LAIRA LIANOS

Orientador: Prof. Dr. William Ricardo Amancio Santana
Coorientador: Prof. Dr. Fernando José Zara

BOTUCATU

2021



Instituto de Biociências – Pós-graduação em Ciências Biológicas- Zoologia
Laboratório de Sistemática Zoológica - LSZ

LAIRA LIANOS

**MORFOLOGIA DAS CERDAS EM CARANGUEJOS
DECORADORES (DECAPODA: BRACHYURA:
MAJOIDEA): AVALIAÇÃO FISIOLÓGICA E
FUNCIONAL**

BOTUCATU
2021

LAIRA LIANOS

**MORFOLOGIA DAS CERDAS EM CARANGUEJOS
DECORADORES (DECAPODA: BRACHYURA:
MAJOIDEA): AVALIAÇÃO FISIOLÓGICA E
FUNCIONAL**

Tese apresentada ao Instituto de
Biociências, como pré-requisito para
obtenção do título de doutora em Ciências
Biológicas – Zoologia, sob orientação do
Prof. Dr. William R. A. Santana e
coorientação do Prof. Dr. Fernando José
Zara.

BOTUCATU
2021

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

Lianos, Laira.

Morfologia das cerdas em caranguejos decoradores
(Decapoda: Brachyura: Majoidea) : avaliação fisiológica e
funcional / Laira Lianos. - Botucatu, 2021

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

Orientador: William Ricardo Amancio Santana

Coorientador: Fernando José Zara

Capes: 20402007

1. Caranguejos. 2. Decapoda (Crustacea). 3. Decoração e
ornamento. 4. Sensilas - Morfologia. 5. Camuflagem
(Biologia).

Palavras-chave: Adesão química; Crustacea; Decoração;
Morfologia das cerdas.

LAIRA LIANOS

**MORFOLOGIA DAS CERDAS EM CARANGUEJOS
DECORADORES (DECAPODA: BRACHYURA:
MAJOIDEA): AVALIAÇÃO FISIOLÓGICA E
FUNCIONAL**

Tese apresentada ao Instituto de Biociências, pós-graduação em Ciências Biológicas - Zoologia, como parte dos requisitos para obtenção do título de doutora em Zoologia, sob orientação do Prof. Dr. William R. A. Santana e coorientação do Prof. Dr. Fernando José Zara.

Banca examinadora:

Prof. Dr. William R. A. Santana
Universidade Regional do Cariri

Profa. Dra. Daniela Carvalho dos Santos
Universidade Estadual Paulista - Botucatu

Profa. Dra. Laura Lopez Greco
Universidade de Buenos Aires

Profa. Dra. Maria Lucia Negreiros Fransozo
Universidade Estadual Paulista - Botucatu

Prof. Dr. Marcos Domingues Tavares
Museu de Zoologia da USP

Botucatu, 28 de maio de 2021.

Minha família, o que seria da minha vida sem vocês?

Agradeço pelo apoio e incentivo incondicional, espero orgulha-los muito mais daqui para frente.

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao Professor Doutor William Santana por todo apoio, paciência, incentivo e principalmente pelos valiosos conhecimentos adquiridos durante esta jornada. Meu pai científico que têm me ensinado muito mais do que orientações profissionais.

Ao Professor Doutor Fernando José Zara por ter me auxiliado grandemente nesta pesquisa, pela paciência, pelo acolhimento em seu laboratório e por todos os ensinamentos.

Ao CNPq (Conselho Nacional de Pesquisa) pela bolsa de estudos concedida.

A minha querida amiga e companheira de laboratório Michelle por todos os anos de amizade, companheirismo e por me aturar em todos os momentos. Sem ela essa jornada não teria sido possível. Obrigada por toda ajuda e incentivo durante a execução deste trabalho, me mantendo firme e centrada nos períodos de dificuldade, me fazendo rir logo após os surtos desesperados.

A minha amiga e companheira de laboratório Jéssica, por toda ajuda, incentivo e apoio, sempre prontamente solícita para auxiliar a desvendar os mistérios sobre a decoração.

As demais companheiras do Laboratório de Sistemática Zoológica Tassia e Janaína pelo apoio, amizade, auxílio e cervejas.

Ao laboratório IML e a todos os companheiros Maria Alice, Camila, Timóteo e Fernanda por terem me acolhido tão bem, pelo apoio e ajuda. À técnica Márcia que tanto nos ajudou e ensinou durante esses anos.

À minha família, Pai, Mãe e Tata pelo eterno apoio, pelos puxões de orelha e por me aturarem nessa fase de autoconhecimento. Amo muito vocês e espero que essa fase sirva como um alicerce para que eu posso orgulha-los cada vez mais. Ao meu noivo Glauber que sempre me incentivou e me cobriu de amor nos momentos mais difíceis.

Ao meu tio José e minha tia Lurdes por desde pequenina contribuírem para minha educação, mas infelizmente meu segundo pai faleceu e não pode assistir a essa vitória.

A minha avó de consideração Dona Maria que nos acolheu em Jaboticabal e abriu não só as portas de sua casa, mas também do seu coração.

A Deus por nunca me abandonar e sempre manter acesa a minha fé, provando que mesmo nos momentos mais difíceis ele é o socorro presente.

A todos os outros que participaram direta ou indiretamente deste trabalho e que porventura não foram listados. Muito obrigado, eu não teria chegado até aqui sem vocês.

SUMARIO

CONSIDERAÇÕES INICIAIS	7
Objetivos gerais e organização do estudo	9
Referências	10
 CAPÍTULO 1	14
Much more than hooked: setal adaptations for camouflage in <i>Macrocoeloma trispinosum</i> (Latreille, 1825) (Crustacea: Decapoda: Brachyura)	14
Abstract	15
1. Introduction	16
2. Material and Methods	19
2.1 Studied species	19
2.2 Light microscopy	19
2.3 Scanning electron microscopy (SEM)	20
3. Results	21
4. Discussion	32
5. Conclusions	37
Acknowledgements	37
Funding	37
References	38
 CAPÍTULO 2	43
Cerdas presentes na carapaça dos caranguejos Psinae Dana, 1851 (Decapoda: Brachyura: Majoidea): morfologia e mapeamento	43
Resumo	44
1. Introdução	45
2. Objetivos	49
3. Material e Métodos	50
3.1 Espécimes estudados	50
3.2 Microscopia eletrônica de varredura (MEV)	50
4. Resultados	52
<i>Libinia spinosa</i> H. Milne Edwards in Guérin, 1832	52
<i>Notolopas brasiliensis</i> Miers, 1886	59
<i>Pelia rotunda</i> A. Milne-Edwards, 1875 – Figura 10	65
<i>Stenocionops furcatus</i> (Olivier, 1791) – Figura 13	69

5. Discussão	76
6. Conclusão	85
REFERENCIAS	86
 CONSIDERAÇÕES FINAIS	 92
Referências.....	95

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO 1

Figure 1 - <i>Macrocoeloma trispinosum</i> (Latreille, 1825).....	25
Figure 2 - Carapace diagram of <i>Macrocoeloma trispinosum</i>	25
Figure 3 - Hooked setae of <i>Macrocoeloma trispinosum</i>	26
Figure 4 - Velvet setae of <i>Macrocoeloma trispinosum</i>	27
Figure 5 - Velvet variation setae of <i>Macrocoeloma trispinosum</i>	28
Figure 6 - Depressa setae of <i>Macrocoeloma trispinosum</i>	29
Figure 7 - Cattail setae of <i>Macrocoeloma trispinosum</i>	30
Figure 8 - Internal morphology of the setae.....	31

CAPÍTULO 2

Figura 1 - <i>Libinia spinosa</i> H. Milne Edwards in Guérin, 1832.....	54
Figura 2 - Cerda Ls-1 na carapaça de <i>Libinia spinosa</i>	55
Figura 3 - Cerdas Ls-2 na carapaça de <i>Libinia spinosa</i>	56
Figura 4 - Cerdas Ls-3 e Ls-4 na carapaça de <i>Libinia spinosa</i>	57
Figura 5 - Cerdas Ls-5 na carapaça de <i>Libinia spinosa</i>	58
Figura 6 - Cerdas Nb-1 na carapaça de <i>Notolopas brasiliensis</i> Miers, 1886.....	61
Figura 7 - Cerdas Nb-2 na carapaça de <i>Notolopas brasiliensis</i>	62
Figura 8 - Cerdas Nb-3 na carapaça de <i>Notolopas brasiliensis</i>	63
Figura 9 - Cerdas Nb-4 e Nb-5 na carapaça de <i>Notolopas brasiliensis</i>	64
Figura 10 - <i>Pelia rotunda</i> A. Milne-Edwards, 1875.....	66
Figura 11 - Cerdas Pr-1 e Pr-2 na carapaça de <i>Pelia rotunda</i>	67
Figura 12 - Cerdas Pr-3 na carapaça de <i>Pelia rotunda</i>	68
Figura 13 - <i>Stenocionops furcatus</i> (Olivier, 1791).....	71
Figura 14 - Cerdas Sf-1 na carapaça de <i>Stenocionops furcatus</i>	72
Figura 15 - Cerdas Sf-2 na carapaça de <i>Stenocionops furcatus</i>	73
Figura 16 - Cerdas Sf-3 na carapaça de <i>Stenocionops furcatus</i>	74
Figura 17 - Cerdas Sf-4 na carapaça de <i>Stenocionops furcatus</i>	75

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Figura 18 - Compilado com todas as cerdas encontradas nas cinco espécies analisadas.....	94
--	----

CONSIDERAÇÕES INICIAIS

Desde os primeiros esboços sobre a teoria da seleção natural, a predação tem sido considerada uma intensa força motriz para a evolução e adaptação das espécies (Darwin, 1859; Ruxton et al., 2004), o que pode ser observado nos mais variados táxons, refletido em alterações fenotípicas, morfológicas e comportamentais (Ruxton et al., 2004). Fundamentalmente, o processo de predação pode ser dividido em três etapas: detecção, identificação e captura, portanto, para reduzir as chances de uma caça bem-sucedida, tornar-se imperceptível é a principal estratégia utilizada pelas presas (Hall et al., 2013). A camuflagem é um fenômeno que esconde ou impede que os organismos sejam notados (Ruxton et al., 2004; Jiang et al., 2019; Nokelainen et al., 2019). De forma geral, esse comportamento abrange várias estratégias envolvidas na ocultação, onde alguns animais se mascaram ao fundo, outros, utilizam colorações para esconder seus contornos corporais, e até mesmo há os que utilizem luz e sombra para dificultar sua detecção (Endler, 1978; Ruxton et al., 2004; Stevens & Merilaita, 2009; Skelhorn & Rowe, 2016).

No ambiente marinho, os caranguejos-aranha são um dos grupos que se escondem com maior maestria, dominando as mais variadas técnicas de ocultação (Wicksten, 1980). Nestes animais estão presentes especializações cuticulares, visíveis a olho nu, que recobrem várias regiões do seu exoesqueleto (Garm & Watling, 2013), dentre elas, estão estruturas articuladas semelhantes à pelos, denominadas cerdas. As cerdas possuem ampla distribuição e abrangência, o que as tornam vastamente diversas, com inúmeras adaptações funcionais, dependendo do grupo ou local em que estão inseridas (Watling, 1989; Garm, 2004; Garm & Watling, 2013).

O distinto grupo dos caranguejos Majoidea Samouelle, 1819 evoluiu estruturas únicas e singulares para auxiliar no comportamento de camuflagem (Wicksten, 1980),

cerdas em formato de gancho que são utilizadas para fixar mecanicamente o material decorativo (Wicksten, 1980, 1993). Estas cerdas estão amplamente distribuídas sobre sua carapaça, rostro e pereópodos, e após a fricção mecânica exercida pelo próprio animal, diversos tipos de elementos são anexados (Wicksten, 1980, 1993). Majoidea Samouelle, 1819 é o grupo de decoradores mais amplamente estudado (Ruxton & Stevens, 2015), com cerca de 200 gêneros e 1000 espécies (Ng et al., 2008; Davie et al., 2015), onde aproximadamente 75% de seus representantes decoram pelo menos parte da sua carapaça em alguma fase da vida (Hultgren & Stachowicz, 2009). As cerdas em gancho são exclusivas desse grupo (Aurivillius, 1889; Rathbun, 1925; Wicksten, 1976), a sua haste distalmente curvada se assemelha ao sistema de ganchos e argolas, comumente conhecido como “velcro” (Hultgren & Stachowicz, 2011), o que nos fornece analogias sobre como ocorre esse mecanismo de adesão da decoração.

O comportamento decorativo dos majóideos, assim como a morfologia das cerdas da carapaça foram abordados em alguns estudos (e.g. Wicksten, 1976, 1980, 1993; Cruz-Rivera, 2001; Thanh et al., 2003; Berke & Woodin, 2006; Hultgren & Stachowicz, 2009, 2011); contudo, o mecanismo da decoração ainda é atribuído exclusivamente às cerdas em gancho. Há uma ampla diversidade de cerdas descritas sobre a carapaça de algumas espécies de majóideos (ver Szebeni & Hartnoll, 2005; Salazar & Brooks, 2012), logo, é de se imaginar que outros tipos de cerdas também possam participar deste mecanismo. Dada à escassa literatura, quase nada é conhecido sobre estes outros tipos de estruturas. Análises detalhadas da morfologia das cerdas, assim como, aspectos comportamentais decorativos destas espécies possibilitarão uma melhor compreensão do comportamento decorativo em Majoidea, assim como, fornecer *insights* relacionados aos padrões evolutivos associados a esse mecanismo.

Objetivos gerais e organização do estudo

Este estudo visa descrever detalhadamente a morfologia interna e externa de diferentes tipos de cerdas encontradas na carapaça de cinco espécies da subfamília Pisinae Dana, 1851. As espécies foram selecionadas de acordo com a prevalência da pubescência aveludada encontrada na carapaça, tais como: *Libinia spinosa* H. Milne Edwards in Guérin, 1832, *Macrocoeloma trispinosum* (Latreille, 1825), *Notolopas brasiliensis* Miers, 1886, *Pelia rotunda* A. Milne-Edwards, 1875 e *Stenocionops furcatus* (Olivier, 1791). Também relacionar a morfologia interna de algumas cerdas com possíveis mecanismos de adesão distintos aos já descritos, além de traçar correlações sobre a morfologia das cerdas e o hábito decorativo de cada espécie.

Esta tese está organizada em dois capítulos: o primeiro trata-se de um artigo com informações detalhadas da morfologia externa e interna das cerdas encontradas sobre a carapaça de *Macrocoeloma trispinosum*. Já o segundo, explora os resultados oriundos das análises em microscopia eletrônica de varredura de *Libinia spinosa*, *Notolopas brasiliensis*, *Pelia rotunda* e *Stenocionops furcatus*, bem como, as análises histológicas das cerdas de *Notolopas brasiliensis*.

Referências

- Aurivillius, C.W. 1889. Die Maskirung der oxyrrhynchen Decapoden. *Kongliga Svenska vetenskaps Akademiens Handlingar*, 23(4): 1-72.
- Berke, S.K., Miller, M., Woodin, S.A. 2006. Modelling the energy–mortality trade-offs of invertebrate decorating behavior. *Evolutionary Ecology Research*, 8: 1409-1425.
- Cruz-Rivera, E. 2001. Generality and specificity in the feeding and decoration preferences of three Mediterranean crabs. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 266: 17–31.
- Darwin, C. 1859. On the origin of species by means of natural selection or the preservation of favored races in the struggle for life. London: Murray.
- Davie, P.J.F., Guinot, D., NG, P.K.L. 2015. Anatomy and functional morphology of Brachyura. In *Treatise on Zoology - Anatomy, Taxonomy, Biology. The Crustacea 9C (71-2) Decapoda: Brachyura (part 1)* (eds Castro, P.J.F. Davie, D. Guinot, F.R. Schram, J.C. von Vaupel Klein). Leiden, NL: Brill. pp. 11-163.
- Endler, J.A. 1978. A predator's view of animal color patterns. In M.K. Hecht, W.C. & B. Wallace (Eds.), *Evolutionary biology, evolutionary biology*. US: Springer. pp.319–364.
- Garm, A. 2004. Revising the definition of the crustacean seta and setal classification systems based on examinations of the mouthpart setae of seven species of decapods. *Zool. J. Linnean Soc*, 142, 233–252.
- Garm, A., Watling, L. 2013. The crustacean integument: setae, setules, and other ornamentation. In Watling, L. and Thiel, M. (Eds), *Functional Morphology and Diversity*. Oxford University Press, Oxford, pp. 167–198.

- Hall, J.R., Cuthill, I.C., Baddeley, R., Shohet, A.J., Scott-Samuel, N.E. 2013. Camouflage, detection and identification of moving targets. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 280 (1758): 20130064.
- Hultgren, K.M., Stachowicz, J.J. 2009. Evolution of decoration in majoid crabs: A comparative phylogenetic analysis of the role of body size and alternative defensive strategies. *The American Naturalist*, 173, 566–578.
- Hultgren, K.M., Stachowicz, J.J. 2011. Camouflage in decorator crabs: integrating ecological, behavioral and evolutionary approaches. In *Animal Camouflage* (eds M, Stevens, S, Merilaita). University College London, UCL: Cambridge University Press. pp. 212-236.
- Jiang, T., Szwedo, J., Wang, B. 2019. A unique camouflaged mimarachnid planthopper from mid-Cretaceous Burmese amber. *Scientific Reports*, 13112 (9): 1-11.
- Ng, P.K.L., Guinot, D., Davie, P.J.F. 2008. Systema Brachyurorum: Part I. An annotated checklist of extant brachyuran crabs of the world. *The Raffles Bulletin of Zoology Supplement*, 17: 1–286.
- Nokelainen, O., Maynes, R., Mynott, S., Price, N., Stevens, M. 2019. Improved camouflage through ontogenetic colour change confers reduced detection risk in shore crabs. *Functional Ecology*, 00: 1–16.
- Rathbun, M.J. 1925. The spider crabs of America. Washington, Smithsonian Institution: United States Government Publishing Office.
- Ruxton, G.D., Sherratt, T.N., Speed, M.P. 2004. *Avoiding Attack: The Evolutionary Ecology of Crypsis, Warning Signals and Mimicry*. Oxford Univ. Press, New York.
- Ruxton, G.D., Stevens, M. 2015. The evolutionary ecology of decorating behaviour. *Biology Letters*, 11: 20150325.

- Salazar, M.A., Brooks, W.R. 2012. Morphology, distribution and comparative functional morphology of setae on the carapace of the Florida speck claw decorator crab *Microphrys bicornutus* (Decapoda, Brachyura). *Journal of Marine Science: Research and Development*, 2(3): 109.
- Skelhorn, J.; Rowe, C. 2016. Cognition and the evolution of camouflage. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 283: 20152890.
- Stevens, M., Merilaita, S. 2009. Animal camouflage: current issues and new perspectives. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 364: 423 – 427.
- Szebeni, T., Hartnoll, R.G. 2005. Structure and distribution of carapace setae in British spider crabs. *Journal of Natural History*, 39(44): 3795-3809.
- Thanh, P.D., Wada, K., Sato, M., Shirayama, Y. 2003. Decorating behaviour by the majid crab *Tiarinia cornigera* as protection against predators. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 83: 1235-1237.
- Watling, L. 1989. A classification system for crustacean setae based on the homology concept. In Felgenhauer, B.E., Watling, L. and Thistle, A.B. (Eds), *Functional morphology of feeding and grooming in Crustacea*. CRC Press / Balkema, Rotterdam, pp. 15–26
- Wicksten, M.K. 1976. Observations on decorating behavior following molting in *Loxorhynchus crispatus* Stimpson (Decapoda, Majidae). *Crustaceana*, 315–316.
- Wicksten, M.K. 1980. Decorator Crabs. *Scientific American*, 242(2): 146-157.
- Wicksten, M.K. 1993. A review and a model of decorating behavior in spider crabs (Decapoda, Brachyura, Majidae). *Crustaceana*, 64(3): 314-325.