

RESSALVA

Atendendo solicitação do(a) autor(a), o texto completo desta dissertação será disponibilizado somente a partir de 25/10/2026.

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA 'JULIO DE MESQUITA FILHO'

INSTITUTO DE BIOCÊNCIAS - CAMPUS DE BOTUCATU

ROMULO AUGUSTO DE OLIVEIRA BAZZO



Taxonomia Integrativa e Padrões de Distribuição das Esponjas Calcareas (Porifera,
Calcareia) da Ecorregião Marinha Sudeste do Brasil

BOTUCATU

2025

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA 'JULIO DE MESQUITA FILHO'

INSTITUTO DE BIOCÊNCIAS - CAMPUS BOTUCATU

ROMULO AUGUSTO DE OLIVEIRA BAZZO

**Taxonomia Integrativa e Padrões de Distribuição das esponjas calcareas
(Porifera, Calcarea) da ecorregião marinha Sudeste do Brasil**

Dissertação apresentada à Universidade Estadual Paulista (UNESP), Instituto de Biociências, Botucatu, para a obtenção do título de Mestre em Zoologia.

Orientador: Dr. Sérgio Nascimento Stampar

Coorientadora: Dra. Fernanda Correia Azevedo

Bolsista: Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – (CAPES), CAPES/PROEX, (Processo N° 88887.826890/2023-00).

BOTUCATU

2025

B364t

Bazzo, Romulo Augusto de Oliveira

Taxonomia Integrativa e Padrões de Distribuição das esponjas calcareas (Porifera, Calcarea) da ecorregião marinha Sudeste do Brasil / Romulo Augusto de Oliveira Bazzo. -- Botucatu, 2025

92 p. : il., tabs., fotos, mapas

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista (UNESP), Instituto de Biociências, Botucatu

Orientador: Sérgio Nascimento Stampar

Coorientadora: Fernanda Azevedo

1. Zoologia. 2. Esponjas Calcareas. 3. Litoral Paulista. 4. Biodiversidade. 5. Taxonomia. I. Título.



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

Câmpus de Botucatu



CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO: Taxonomia integrativa e padrões de distribuição das esponjas calcareas (Porifera, Calcarea) da ecorregião marinha Sudeste do Brasil

AUTOR: ROMULO AUGUSTO DE OLIVEIRA BAZZO

ORIENTADOR: SÉRGIO NASCIMENTO STAMPAR

COORIENTADORA: FERNANDA CORREIA AZEVEDO

Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de Mestre em Ciências Biológicas (Zoologia), pela Comissão Examinadora:

Prof. Dr. SÉRGIO NASCIMENTO STAMPAR (Participação Presencial)
Departamento de Ciências Biológicas / Faculdade de Ciências de Bauru UNESP

Profª. Drª. FERNANDA FERNANDES CAVALCANTI (Participação Virtual)
Departamento de Zoologia / Instituto de Biologia - Universidade Federal da Bahia

Prof. Dr. ROGERIO CAETANO DA COSTA (Participação Presencial)
Departamento de Ciências Biológicas / Faculdade de Ciências – Unesp/ Câmpus Bauru

Botucatu, 25 de abril de 2025

Documento assinado digitalmente
gov.br WILLIAN GABRIEL MIRANDA
Data: 13/05/2025 11:10:41-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Willian Gabriel Miranda
Assistente Administrativo II da Seção Técnica de Pós-Graduação
Instituto de Biociências de Botucatu

AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer a todos aqueles que de alguma maneira ajudaram na realização desta dissertação de mestrado.

Ao meu orientador, Dr. Sérgio Nascimento Stampar, pelo apoio ao longo destes dois anos, somado aos anos em que foi meu professor durante a graduação em Ciências Biológicas. Sempre de fácil comunicação e presente com apoio durante todo esse percurso.

A minha coorientadora, Dra. Fernanda Azevedo, sem a qual este trabalho teria sido impossível de executar. São alguns bons anos desde minha iniciação científica trocando conhecimentos sobre esponjas calcáreas, com ideias e mentorias que me ajudaram muito durante a realização deste projeto.

Aos meus colegas e amigos do laboratório, que estiveram presentes durante todos esses meses, trocando sugestões, ensinamentos e incentivos ao longo dessa trajetória que não é fácil, mas se torna mais leve com as amizades. Com especial carinho para Thais Barbosa, Barbara Mariah, Luana Deoclécio e Dalton Cruz pelas várias fofocas acadêmicas ou não.

Ao meu namorado, Sérgio Rocha, que sempre me apoiou durante toda essa trajetória e que, apesar de ser de outra área do conhecimento, entende como a pós-graduação é um desafio. Muito obrigado por me levar em pontos de coleta, compartilhar com entusiasmo aquilo que faço e ser sempre tão carinhoso.

Aos meus pais e à minha irmã, que sempre estiveram presentes nesse processo, perguntando como andavam as coisas e me incentivando a prosseguir. Obrigado por todos os apoios durante esta e outras aventuras.

Ao Programa de Pós-graduação em Ciências Biológicas (Zoologia) e todos os funcionários que compõem o Instituto de Biociências de Botucatu pela organização e empenho no oferecimento de uma educação de qualidade ímpar.

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela bolsa de mestrado durante o período deste projeto.

*I live by the ocean
And during the night
I dive into it
Down to the bottom
Underneath all currents
And drop my anchor
And this is where I'm staying
This is my home*

Björk

Sumário

Resumo.....	7
Abstract	8
Introdução Geral	9
Chapter 01: Areas of Endemism of Calcareous Sponges (Porifera: Calcarea) in the Western Atlantic	12
Abstract	12
Introduction	13
Materials and Methods.....	14
Results	21
Discussion.....	25
Conclusion	28
References.....	29
Chapter 02: Discovering the biodiversity of Calcareous Sponges (Porifera: Calcarea) along the Coast of São Paulo by integrative approaches using molecular and morphological data.....	36
Abstract	36
Introduction	37
Materials and Methods.....	38
Results	45
Taxonomy and descriptions	49
Considerations about Calcarea Biodiversity at Southeastern Brazil Ecoregion	68
Zoogeographical Affinities of São Paulo Species.....	69
Conclusions	71
References.....	72
Chapter 03: New Records of Invasive Calcareous Sponge <i>Heteropia glomerosa</i> (Calcarea, Calcaronea, Leucosolenida, Heteropiidae) on the Coast of São Paulo, Brazil	76
Abstract	76
Introduction	75
Material and methods.....	77
Results	80
Discussion.....	85
References.....	87
Referências da Introdução Geral.....	90

Taxonomia Integrativa e Padrões de Distribuição das esponjas calcareas (Porifera, Calcarea) da ecorregião marinha Sudeste do Brasil

Romulo Augusto de Oliveira Bazzo

romulo.bazzo@unesp.br

Resumo

As esponjas marinhas desempenham funções ecológicas essenciais nas comunidades bentônicas dos ecossistemas costeiros; entretanto, apesar de seus relevantes serviços ecossistêmicos, o conhecimento relativo à composição taxonômica, riqueza específica, distribuição geográfica e afinidades biogeográficas do filo Porifera permanece desigual entre as diferentes ecorregiões marinhas globais. A classe Calcarea, composta por mais de 800 espécies descritas e reconhecidas cientificamente, enfrenta desafios adicionais relacionados ao seu porte reduzido e à preferência por habitats críticos de baixa luminosidade, características que dificultam a exploração desse grupo. Nos últimos anos, esforços de amostragem na região neotropical têm contribuído para a descrição de uma expressiva gama de novas espécies, bem como para a ampliação das áreas conhecidas de dezenas de táxons; contudo, no Brasil, dados do World Porifera Database revelam lacunas significativas ao longo da faixa litorânea dos estados do Paraná, Rio Grande do Sul e em grande parte do litoral de São Paulo. A presente dissertação está organizada em três capítulos: o primeiro aborda padrões de endemismo de Calcarea no Atlântico Ocidental; o segundo dedica-se à taxonomia integrativa dos exemplares coletados na porção norte do litoral paulista; e o terceiro consiste em uma nota sobre a ocorrência da espécie exótica invasora *Heteropia glomerosa* em três praias de São Paulo.

Palavra-chave: Zoologia, Esponjas Calcareas, Litoral Paulista, Biodiversidade, Taxonomia

Taxonomia Integrativa e Padrões de Distribuição das esponjas calcareas (Porifera, Calcarea) da ecorregião marinha Sudeste do Brasil

Romulo Augusto de Oliveira Bazzo

romulo.bazzo@unesp.br

Abstract

Marine sponges perform essential ecological functions within benthic communities of coastal ecosystems; however, despite their significant ecosystem services, knowledge concerning the taxonomic composition, species richness, geographic distribution, and biogeographic affinities of Phylum Porifera remains uneven across global marine ecoregions. Class Calcarea, which comprises over 800 scientifically described and recognized marine species, faces additional challenges related to its diminutive body size and preference for cryptic, low-light habitats, traits that hinder comprehensive exploration of this group. In recent years, sampling efforts in the Neotropical region have contributed to the description of a substantial array of new species and to the expansion of known distributional ranges for dozens of taxa; nevertheless, in Brazil, data from the World Porifera Database reveal significant knowledge gaps along the coastline of Paraná, Rio Grande do Sul, and much of São Paulo. This dissertation is organized into three chapters: the first addresses endemism patterns of Calcarea in the Western Atlantic; the second is devoted to the integrative taxonomy of specimens collected from the northern portion of the São Paulo coast; and the third presents a brief note on the occurrence of the exotic invasive species *Heteropia glomerosa* on three beaches in São Paulo.

Keyword: Zoology; Calcareous sponges; São Paulo Coast; Biodiversity; Taxonomy

Introdução Geral

As esponjas fazem parte da complexa comunidade bentônica dos ecossistemas marinhos. Elas fornecem habitat e suporte para diversos animais (Miller et al., 2012; Padua, Lanna and Klautau, 2013; Kersken et al., 2014; Ribeiro et al., 2018; García-Hernández et al., 2019), servem como fonte de alimento (Pawlik, 1998; McClintock, 2005; Ruzicka and Gleason, 2008) e desempenham um papel significativo no fluxo de matéria orgânica dissolvida na água (de Goeij et al., 2013). Apesar de seus importantes serviços ecossistêmicos, o conhecimento sobre a composição, riqueza, distribuição e afinidades biogeográficas das espécies permanece desigual entre as ecorregiões marinhas ao redor do mundo (Van Soest et al., 2012). Este é um problema com diversos fatores atuantes, entre eles a dificuldade em treinar taxonomistas locais, produzir conhecimento em forma de artigos, guias, livros, fatores político-econômicos entre outros (Miloslavich et al., 2011).

Sobre o filo Porifera existem desafios para uma melhor compreensão biogeográfica e nem todas as classes de esponjas recebem a mesma atenção (Van Soest et al., 2012). Entre elas, a classe Calcarea é composta por mais de 800 espécies com descrições aceitas pela comunidade científica (de Voogd et al., 2025). São animais exclusivamente marinhos, pequenos, com uma preferência por habitats crípticos, pouco iluminados. Tais características são desafiadoras para uma difusão adequada de conhecimentos gerados na academia para além dos especialistas do grupo. Apesar disso, esforços de amostragem no neotrópico, nas últimas décadas, têm contribuído para a descrição de uma expressiva variedade de novas espécies para a ciência (Azevedo et al., 2017; Cavalcanti et al., 2013; Klautau et al., 2017; Lanna et al., 2007, 2009), bem como para a expansão da área de distribuição de dezenas de espécies (Cóndor-Luján et al., 2018; Fontana et al., 2018; Lopes et al., 2018; Lopes et al., 2025). No Brasil, de acordo com as informações contidas no banco de dados World Porifera Database (<https://www.marinespecies.org/porifera/>), não há registros de ocorrência de esponjas calcareas em toda a faixa litorânea dos estados do Paraná, Rio Grande do Sul e em grande parte do litoral de São Paulo (Figura 1A).

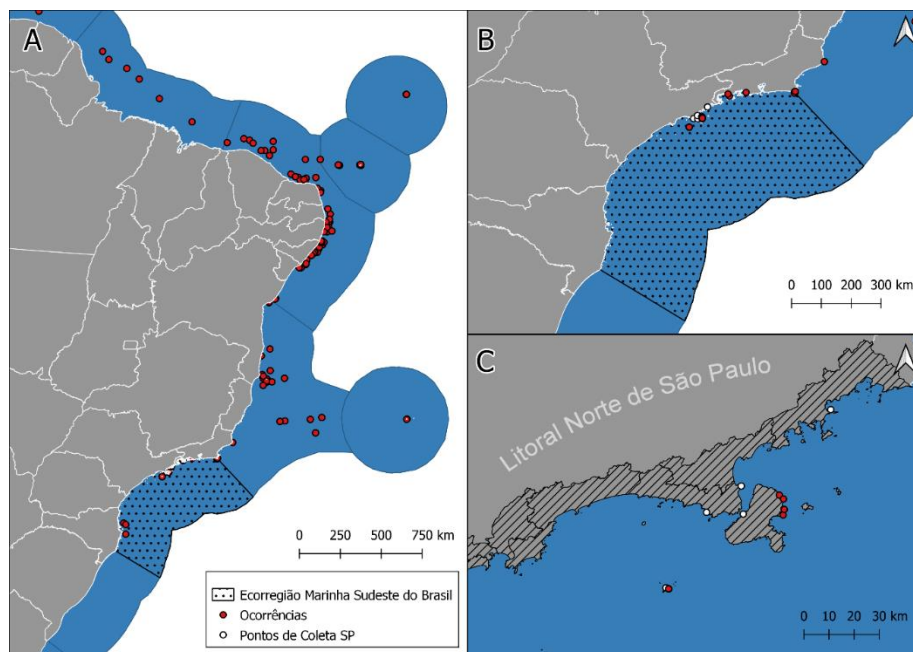


Figura 1. Mapa contendo a classificação das ecorregiões marinhas ao longo da costa brasileira de acordo com a proposta de Spalding et al. (2007). A – Esforço amostral das esponjas calcareas no Brasil sendo representado pelos círculos vermelhos. B – Destaque para a ecorregião marinha do Sudeste do Brasil, a qual contempla os estados do Rio de Janeiro, São Paulo, Paraná e Santa Catarina. C – Destaque para o Litoral Norte de São Paulo, contendo os círculos brancos representando as localidades amostradas neste projeto.

Na ecorregião marinha Sudeste do Brasil (Figura 1B), a área mais ao norte, incluindo o estado do Rio de Janeiro, possui dados de ocorrência para as esponjas calcareas resultantes de amostragens mais frequentes. Em cenários como esse, investigar áreas pouco amostradas dentro dessa ecorregião pode revelar padrões de distribuição que sustentam ou desafiam a proposta de delimitação espacial atual das espécies segundo Spalding et al. (2007). Uma dessas áreas pouco exploradas faz parte do litoral do estado de São Paulo, caracterizado por uma faixa de 880 km de paisagens costeiras diversificadas entre serra do mar, bancos de areia e manguezais (Ab’Saber, 1955). Uma análise das principais coleções marinhas do estado de São Paulo revelou uma notável escassez de material do filo Porifera depositado em comparação com outros grupos taxonômicos (Borges et al., 2022). Neste estudo, realizamos levantamentos na porção norte da costa de São Paulo (Figura 1C) em praias ou pontos ainda não documentados quanto à presença de esponjas calcareas.

Atualmente, um total de 11 espécies distribuídas em 10 gêneros são documentadas para uma área restrita da costa de São Paulo, são elas: *Amphoriscus pedunculatus* Klautau, Cavalcanti & Borojevic, 2017, *Arturia alcatraziensis* Lanna, Rossi, Cavalcanti, Hajdu & Klautau, 2007, *Clathrina aurea* Solé-Cava, Klautau, Boury-Esnault, Borojevic & Thorpe, 1991, *C. conifera* Klautau & Borojevic, 2001, *C. primordialis* (Haeckel, 1872), *Heteropia glomerata* (Bowerbank, 1873), *Leucandra serrata* Azevedo & Klautau, 2007, *Leucascus*

roseus Lanna, Rossi, Cavalcanti, Hajdu & Klautau, 2007, *Neoernsta tetractina* (Klautau & Borojević, 2001), *Paraleucilla magna* Klautau, Monteiro & Borojevic, 2004, *Sycon pentactinale* Rossi, Farina, Borojevic & Klautau, 2006, *Leucosolenia* e *Grantia* (Custódio & Hajdu, 2011; Klautau et al., 2017, 2020; Lanna et al., 2007; Muricy et al., 2011). Registros de esponjas calcareas no estado de São Paulo remontam às décadas de 1970s (Borojevic, 1971), 2000s (Lanna et al., 2007), e 2010s (Oricchio et al., 2019; Cavalcanti et al., 2020) restritos aos municípios de São Sebastião, Ilhabela e Ubatuba.

O primeiro capítulo apresenta o estudo sobre os padrões de endemismo de esponjas calcareas no Atlântico Ocidental, com intenção de submissão à revista *Biota Neotropica* (ISSN-online: 1676-0611). O segundo capítulo trata das identificações, por meio de abordagem integrativa, dos espécimes coletados no presente estudo na costa de São Paulo. O terceiro capítulo traz um “short communication” sobre a presença da espécie exótica invasora *Heteropia glomerosa* em três praias de São Paulo, o qual foi submetido à revista *Zoologia* (ISSN-online: 1984-4689).

Referências da Introdução Geral

AB’SÁBER, A. N. Contribuição à Geomorfologia do Litoral Paulista. **Revista Brasileira de Geografia**, v. 17, n. 1, p. 3–48, mar. 1955.

AZEVEDO, F. et al. Taxonomy and phylogeny of calcareous sponges (Porifera: Calcarea: Calcinea) from Brazilian mid-shelf and oceanic islands. **Zootaxa**, v. 4311, n. 3, p. 301, 24 ago. 2017.

BORGES, M. et al. Marine planktonic and benthic organisms: an ocean of diversity in the collections of the State of São Paulo. **Biota Neotropica**, v. 22, n. spe, p. e20221406, 2022.

CAVALCANTI, F. F. et al. Population differentiation supports multiple human-mediated introductions of the transatlantic exotic sponge *Paraleucilla magna* (Porifera, Calcarea). **Hydrobiologia**, v. 847, n. 17, p. 3571–3590, out. 2020.

CAVALCANTI, F. F.; RAPP, H. T.; KLAUTAU, M. Taxonomic revision of *Leucascus Dendy*, 1892 (Porifera: Calcarea) with revalidation of *Ascoleucetta Dendy & Frederick*, 1924 and description of three new species. **Zootaxa**, v. 3619, n. 3, p. 275–314, 28 fev. 2013.

CÓNDOR-LUJÁN, B. et al. Morphological and molecular taxonomy of calcareous sponges (Porifera: Calcarea) from Curaçao, Caribbean Sea. **Zoological Journal of the Linnean Society**, v. 183, n. 3, p. 459–525, 28 jun. 2018.

CUSTÓDIO, M. R.; HAJDU, E. Checklist de Porifera do Estado de São Paulo, Brasil. **Biota Neotropica**, v. 11, n. suppl 1, p. 427–444, dez. 2011.

DE GOEIJ, J. M. et al. Surviving in a Marine Desert: The Sponge Loop Retains Resources Within Coral Reefs. **Science**, v. 342, n. 6154, p. 108–110, 4 out. 2013.

DE VOOGD, N. et al. **World Porifera Database**. Accessed at <https://www.marinespecies.org/porifera>. 2025. Disponível em: <<https://www.marinespecies.org/imis.php?dasid=546&doiid=359>>. Acesso em: 26 jan. 2025

FONTANA, T. et al. Diversity and distribution patterns of Calcareous sponges (subclass Calcinea) from Martinique. **Zootaxa**, v. 4410, n. 2, p. 331, 17 abr. 2018.

GARCÍA-HERNÁNDEZ, J. E. et al. Associated organisms inhabiting the calcareous sponge *Clathrina lutea* in La Parguera, Puerto Rico. **Caribbean Journal of Science**, v. 49, n. 2–3, p. 239, 22 out. 2019.

KERSKEN, D. et al. The infauna of three widely distributed sponge species (Hexactinellida and Demospongiae) from the deep Ekström Shelf in the Weddell Sea, Antarctica. **Deep Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography**, v. 108, p. 101–112, out. 2014.

KLAUTAU, M. et al. *Heteropia glomerosa* (Bowerbank, 1873) (Porifera, Calcarea, Calcaronea), a new alien species in the Atlantic. **Systematics and Biodiversity**, v. 18, n. 4, p. 362–376, 18 maio 2020.

KLAUTAU, M.; CAVALCANTI, F. F.; BOROJEVIC, R. The new sponge species *Amphoriscus pedunculatus* (Porifera, Calcarea). **Zootaxa**, v. 4341, n. 1, p. 105, 30 out. 2017.

LANNA, E. et al. Calcareous sponges from São Paulo State, Brazil (Porifera: Calcarea: Calcinea) with the description of two new species. **Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom**, v. 87, n. 6, p. 1553–1561, dez. 2007.

LANNA, E. et al. Taxonomy of calcareous sponges (Porifera, Calcarea) from Potiguar Basin, NE Brazil. **Zootaxa**, v. 1973, n. 1, p. 1–27, 9 jan. 2009.

- LOPES, M. V. et al. Calcareous sponges (Porifera, Calcarea) from Florida: new species, new records and biogeographical affinities. **Zootaxa**, v. 4526, n. 2, p. 127, 29 nov. 2018.
- LOPES, M. V. et al. Integrative taxonomy of Calcarea (Porifera) from Espírito Santo, Eastern Brazil. **Zootaxa**, v. 5618, n. 2, p. 151–205, 2 abr. 2025.
- MCCLINTOCK, J. B. Ecology of Antarctic Marine Sponges: An Overview. **Integrative and Comparative Biology**, v. 45, n. 2, p. 359–368, 1 abr. 2005.
- MILLER, R. J. et al. Structure-Forming Corals and Sponges and Their Use as Fish Habitat in Bering Sea Submarine Canyons. **PLoS ONE**, v. 7, n. 3, p. e33885, 21 mar. 2012.
- MURICY, G. et al. **Catalogue of Brazilian Porifera**. Rio de Janeiro: Museu Nacional, 2011.
- ORICCHIO, F. T. et al. Exotic species dominate marinas between the two most populated regions in the southwestern Atlantic Ocean. **Marine Pollution Bulletin**, v. 146, p. 884–892, set. 2019.
- PADUA, A.; LANNA, E.; KLAUTAU, M. Macrofauna inhabiting the sponge *Paraleucilla magna* (Porifera: Calcarea) in Rio de Janeiro, Brazil. **Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom**, v. 93, n. 4, p. 889–898, jun. 2013.
- PAWLIK, J. R. Coral reef sponges: Do predatory fishes affect their distribution? **Limnology and Oceanography**, v. 43, n. 6, p. 1396–1399, set. 1998.
- RIBEIRO, B. et al. Exploitation of micro refuges and epibiosis: survival strategies of a calcareous sponge. **Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom**, v. 98, n. 3, p. 495–503, maio 2018.
- RUZICKA, R.; GLEASON, D. F. Latitudinal variation in spongivorous fishes and the effectiveness of sponge chemical defenses. **Oecologia**, v. 154, n. 4, p. 785–794, jan. 2008.
- SPALDING, M. D. et al. Marine Ecoregions of the World: A Bioregionalization of Coastal and Shelf Areas. **BioScience**, v. 57, n. 7, p. 573–583, 1 jul. 2007.
- VAN SOEST, R. W. M. et al. Global Diversity of Sponges (Porifera). **PLoS ONE**, v. 7, n. 4, p. e35105, 27 abr. 2012.