



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS**

**INSTITUTO DE BIOLOGIA**

**ARAMYS ROCCHETTI DE MELLO CESAR**

**DIVERSIDADE MALACOLÓGICA ASSOCIADA AOS BANCOS DE  
RODOLITOS DE ILHAS DA COSTA BRASILEIRA (FERNANDO DE  
NORONHA, ABROLHOS E QUEIMADA GRANDE)**

**CAMPINAS  
2020**

ARAMYS ROCCHETTI DE MELLO CESAR

DIVERSIDADE MALACOLÓGICA ASSOCIADA AOS BANCOS DE  
RODOLITOS DE ILHAS DA COSTA BRASILEIRA (FERNANDO DE  
NORONHA, ABROLHOS E QUEIMADA GRANDE)

Dissertação apresentada ao Instituto de Biologia da  
Universidade Estadual de Campinas como parte dos  
requisitos exigidos para a obtenção do título de Mestre em  
Biologia Animal, na área de Biodiversidade Animal.

*ORIENTADOR: PROF. DR. FLAVIO DIAS PASSOS*

ESTE ARQUIVO DIGITAL CORRESPONDE À VERSÃO  
FINAL DA DISSERTAÇÃO DEFENDIDA PELO ALUNO  
ARAMYS ROCCHETTI DE MELLO CESAR E  
ORIENTADA PELO PROF. DR. FLAVIO DIAS PASSOS.

**CAMPINAS**

**2020**

## FICHA CATALOGRÁFICA

Ficha catalográfica  
Universidade Estadual de Campinas  
Biblioteca do Instituto de Biologia  
Mara Janaina de Oliveira - CRB 8/6972

C337d Cesar, Aramys Rocchetti de Mello, 1995-  
Diversidade malacológica associada aos bancos de rodolitos de ilhas da costa brasileira (Fernando de Noronha, Abrolhos e Queimada Grande) / Aramys Rocchetti de Mello Cesar. – Campinas, SP : [s.n.], 2020.

Orientador: Flávio Dias Passos.  
Dissertação (mestrado) – Universidade Estadual de Campinas, Instituto de Biologia.

1. Molusco. 2. Alga vermelha. 3. Algas calcárias. 4. Ilhas - Brasil. I. Passos, Flávio Dias, 1971-. II. Universidade Estadual de Campinas. Instituto de Biologia. III. Título.

### Informações para Biblioteca Digital

**Título em outro idioma:** Malacological diversity associated with rhodolith beds from Brazilian coastal islands (Fernando de Noronha, Abrolhos and Queimada Grande)

### **Palavras-chave em inglês:**

Mollusks

Red algae

Coralline algae

Islands - Brasil

**Área de concentração:** Biodiversidade Animal

**Titulação:** Mestre em Biologia Animal

### **Banca examinadora:**

Flávio Dias Passos [Orientador]

Fosca Pedini Pereira Leite

Paula Spotorno de Oliveira

**Data de defesa:** 25-06-2020

**Programa de Pós-Graduação:** Biologia Animal

### **Identificação e informações acadêmicas do(a) aluno(a)**

- ORCID do autor: <https://orcid.org/0000-0003-3291-4002>

- Currículo Lattes do autor: <http://lattes.cnpq.br/2461376485942762>

Campinas, 25 de Junho de 2020

**COMISSÃO EXAMINADORA**

Prof. Dr. Flavio Dias Passos

Profa. Dra. Fosca Pedini Pereira Leite

Profa. Dra. Paula Spotorno de Oliveira

*Os membros da Comissão Examinadora acima assinaram a Ata de Defesa, que se encontra no processo de vida acadêmica do aluno.*

A Ata da defesa com as respectivas assinaturas dos membros encontra-se no SIGA/Sistema de Fluxo de Dissertação/Tese e na Secretaria do Programa de Biologia Animal do Instituto de Biologia da Universidade Estadual de Campinas.

Dedico esse trabalho a todos que me apoiaram nessa etapa da minha vida.

## AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço meu orientador Flávio Dias Passos, por todo apoio, por literalmente ter me salvado durante a pós graduação, todas as conversas e motivação que me incentivaram a fazer esse trabalho e por todo conhecimento transmitido, você foi e continua sendo incrível na minha trajetória acadêmica.

Agradeço aos professores e pesquisadores que participaram das bancas de avaliações dessa dissertação (qualificação, pré-banca e defesa), contribuindo com dicas e comentários para melhoria do trabalho: Dra. Marcela Conceição do Nascimento (qualificação); Dr. Guilherme Henrique Pereira Filho (qualificação); Dra. Fosca Pedini Leite (qualificação e defesa); Dr. Fabrizio Marcondes Machado (pré-banca); Dr. Jessie Pereira dos Santos (pré-banca); Dra. Antonia Cecília Zacagnini Amaral (pré-banca); Dra. Paula Spotorno de Oliveira (defesa); Dr. André Victor Lucci Freitas (defesa).

Agradeço aos meus colegas de laboratório, Marcel Miranda, Alan Rodrigo Batistão, Amanda Tognoli, Bruna Eduarda, Thais Marinho pelo auxílio, conversas e ajuda com o trabalho.

Agradeço em especial ao Fabrizio Marcondes por todas as dicas de pós-graduação e conselhos acadêmicos proporcionados no meu período acadêmico.

Agradeço ao Prof. Dr. Guilherme e a todos os membros do LABECMAR pelas coletas, triagem e separação dos moluscos que foram examinados neste trabalho em especial a Ana Carolina Becker, Natália Ribeiro, Gustavo Shintate (Shin) e Vinícius Giglio por auxiliarem nas análises finais e também na realização dos scripts, gráficos e dendrogramas do R.

Agradeço aos pesquisadores Alexandre Dias Pimenta, Maurício Fernandes e Leonardo Santos por terem ajudado nas identificações de alguns espécimes.

Agradeço ao Laboratório de Microscopia Eletrônica da UNICAMP, em especial a Adriane Sprogis e Denise que me auxiliaram durante toda a parte técnica e resolvendo todos os problemas durante a microscopia, preparação do material e pelas desventuras vividas.

Um agradecimento especial a Izabela Felice Paes, que me ajudou arduamente desde o começo deste trabalho triando, identificando, discutindo, tombando e me divertindo mesmo quando tudo parecia que iria dar errado, você foi essencial do começo ao fim!

Agradeço aos meus amigos Kelly Fernanda Acosta (Coqueta 1), Patrícia Pereira de Andrade (Coqueta 2), Thais Azevedo Maetsuka, Laís Fernanda de Paula, Thales Guimarães Parolari, Gabriel Senaubar, Priscila Bonometti (Feline), Bruno Alves Rocha, Matheus Campista, Axell Minowa, Fernanda Santos Mairós, Gustavo Miquelino, Alex Avelino entre tantas outras pessoas que sempre estiveram na minha vida e fizeram ela ser melhor, me acompanhando diariamente e sempre me motivando, eu amo **demais** vocês!

Agradeço aos meus pais Lilian e Cândido, meu irmão Bruno, minha vó Zezé, meus tios Waddell e Rosana, meus primos Tati e Guto que me apoiaram a conquistar esse sonho, saibam que a minha vitória também é a de vocês, amo todos vocês!

Agradeço a ONG Idea Wild pelo fornecimento de equipamentos durante essa pesquisa.

O material analisado neste trabalho foi coletado no âmbito do Auxílio Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) 2016/14017-0 coordenado pelo Prof. Dr. Guilherme Henrique Pereira Filho.

“O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.”

“Sometimes in life you don't always feel like a winner, but that doesn't mean you're not a winner, you want to be like yourself.”

Stefani Joanne Angelina Germanotta

## RESUMO

No ambiente marinho, os mais diversos tipos de algas desempenham um papel importante na cadeia trófica fornecendo recursos necessários como alimento, refúgio e proteção. Em águas tropicais, são encontrados bancos de recifes formados por espécies coralinas (O. Corallinales) ou bancos de algas calcárias de vida livre, sendo chamados de bancos de rodolitos, que não são fixos ao substrato e vagam livremente, à mercê das correntes marinhas. Tendo um potencial explorado economicamente por serem constituídos de  $\text{CaCO}_3$ , os rodolitos também possuem um papel ecológico fundamental, uma vez que outros organismos vivem associados à eles. Dentre estes organismos, é possível encontrar moluscos como gastrópodes, bivalves e polioplacóforos que exploram os recursos fornecidos pelos rodolitos. Neste trabalho, foram realizadas análises faunísticas sobre malacofauna associada aos bancos de rodolitos da Zona Econômica Exclusiva (ZEE) de três ilhas da costa brasileira (Fernando de Noronha-PE, Abrolhos-BA e Queimada Grande-SP), cujos indivíduos coletados foram triados e identificados ao menor nível taxonômico possível. Além disso, foram avaliadas as principais variáveis ambientais que influenciaram as assembleias de moluscos associados aos bancos de rodolitos, bem como a riqueza, abundância e diversidade em cada uma das ilhas. No processo de identificação, os indivíduos melhor preservados foram selecionados e fotografados, observando-se os aspectos conchiliológicos de cada espécie. Algumas dessas espécies foram submetidas à Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV) para obtenção de detalhes que não são facilmente visualizados apenas sob estereomicroscópio. Para análise das variáveis ambientais preditoras, foram utilizadas as técnicas de Árvore de Regressão Multivariada (MRT) e a Análise de Componentes Principais (PCA), enquanto o índice de Shannon-Wiener foi calculado para medir a diversidade da malacofauna associada aos rodolitos de cada ilha. Os resultados mostraram a presença 1254 indivíduos de 41 famílias, sendo 25 delas de Gastropoda contendo 58 espécies, 14 de Bivalvia com 26 espécies, e 2 de Polyplacophora com 4 espécies. As variáveis que influenciaram as assembleias de moluscos foram a densidade média dos bancos de rodolitos e a profundidade em que foram coletados. Dos três bancos de rodolitos estudados, o que se mostrou ser o mais diverso foi o de Abrolhos, seguido de Fernando de Noronha e da Queimada Grande. Este estudo mostra a importância da proteção e conservação de locais que habitam uma grande diversidade de organismos que estão suscetíveis a perturbações antrópicas como a exploração petrolífera.

## ABSTRACT

In the marine environment, the most diverse type of algae plays an important role in the food chain, providing necessary resources such as food, refuge and protection. In tropical waters, banks of reefs formed by coralline species (*O. Corallinales*) or banks of free calcareous algae are found, called rhodoliths beds, they are not fixed to the substrate and roam freely, at the sea currents. Having such an economic potential, because their composition of calcium carbonate ( $\text{CaCO}_3$ ), rhodoliths also have a fundamental ecological role, since other organisms associated with them. Among these organisms, it is possible to find mollusks such as gastropods, bivalves and polyplacophorans that uses the resources provided by rhodoliths. The aim of this dissertation, is to analyze the fauna of mollusks associated with rhodolith beds in the Exclusive Economic Zone (EEZ) of three islands of Brazilian coast (Fernando de Noronha-PE, Abrolhos-BA and Queimada Grande-SP). Each rhodolith were collected sorted and identified at the lowest taxonomic level. In addition, the main environmental variables that influence the assemblage of mollusks associated with the rhodolith beds were evaluated, as well as the richness, abundance and diversity in each island. For the identification process, the well-preserved specimens were selected to be photographed, observing the conchological aspects. Some of these species have been subjected to Scanning Electron Microscopy (SEM) to obtain details that are not easily seen by stereomicroscope. For the analysis of predictive environmental variables, Multivariate Regression Tree (MRT) and Principal Component Analysis (PCA) techniques were used, while the Shannon-Wiener index was calculated to measure the diversity of malacofauna associated with the rhodoliths of each island. The results showed the presence of 1254 individuals of 41 families, 25 of them from Gastropoda containing 58 species, 14 from Bivalvia with 26 species and 2 from Polyplacophora with 4 species. The variables that influence mollusk assemblages were the average density of rhodoliths beds and the depth that they were collected. Comparing the the three rhodoliths beds studied, the one that proved to be the most diverse was Abrolhos Archipelago, followed by Fernando de Noronha and Queimada Grande. This study shows the importance of protecting and conserving places that inhabit a great diversity of organisms that are susceptible to anthropogenic disturbances such as oil exploitation.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

- Figura 1.** Localização do Arquipélago de Fernando de Noronha no Atlântico Sul e suas cinco ilhas (modificada de Matheus *et al.*, 2019). ..... 27
- Figura 2.** Localização do Arquipélago de Abrolhos no Atlântico Sul e suas cinco ilhas (modificada de Schaefer *et al.* 2006). ..... 28
- Figura 3.** Localização geográfica e vista topográfica da ilha da Queimada Grande (modificado de Martins *et al.*, 2008). ..... 29
- Figura 4.** Proporção de indivíduos associada aos bancos de rodolitos. .... 36
- Figura 5.** Fotomicrografias das espécies de gastrópodes associados aos rodolitos das três ilhas estudadas. (A) Rissoidae: *Alvania auberiana*, (B) *Simulamereлина caribaea*; (C) Columbellidae: *Columbella mercatoria*, (D) *Zafrona idalina*, (E) *Zafrona idalina* (variação), (F) *Astyris lunata*, (G) *Anachis fenneli*; (H) Phasianellidae: *Eulithidium affine*; (I) Cerithiopsidae: *Seila adamsii*, (J) *Cerithiopsis cf. gemmulosa*, (K) *Cerithiopsis flava*. Escalas: A-B= 500 µm; C= 2000 µm; D-H= 1000 µm; I= 2000 µm; J= 500 µm; K= 1000 µm. .... 41
- Figura 6.** Fotomicrografias das espécies de gastrópodes associados aos rodolitos das três ilhas estudadas. (A) Muricidae: *Aspella* sp., (B) *Trachypolia turricula*, (C) *Favartia* sp., (D) *Coraliophilla* sp., (E) *Stramonita brasiliensis*; (F) Nassariidae: *Nassarius albus*; (G) Triviidae: *Niveria suffusa*, (H) *Pusula pediculus*; (I) Caecidae: *Meioceras nitidum*, (J) *Caecum ryssotitum*, (K) *Caecum brasiliicum*. Escalas: A-B= 500 µm; C-D= 1000 µm; E= 2000 µm; F= 500 µm; G-H= 2000 µm; I-K= 500 µm. .... 42
- Figura 7.** Fotomicrografias das espécies de gastrópodes associados aos rodolitos das três ilhas estudadas. (A) Eulimidae: *Hemiliostraca auricincta*, (B) *Melanella* sp., (C) *Vitreollina* sp. 1, (D) *Vitreollina* sp. 2, (E) *Eulima fulvocincta*; (F) Zebinidae: *Zebina* sp.; (G) Litiopidae: *Alaba incerta*; (H) Marginellidae: Marginellidae 1, (I) Marginellidae 2, (J) Marginellidae 3, (K) *Volvarina albolineata*. Escalas: A= 500 µm; B= 1000 µm; C-K= 500µm. .... 43

**Figura 8.** Fotomicrografias das espécies de gastrópodes associados aos rodolitos das três ilhas estudadas. (A) Triphoridae: *Metaxia excelsa*, (B) *Cosmotriphora melanura*, (C) *Marshallora* sp., (D) *Nanaphora verbenei*, (E) *Isotriphora* sp., (F) *Iniforis pseudothomae*, (G) *Latitriphora albida*; (H) Pyramidellidae: *Turbonilla pupoides*, (I) *Turbonilla multicosata*, (J) *Eulimastoma didymum*, (K) *Fargoa bushiana*. Escalas: A= 1000 µm; B-K= 500 µm..... 44

**Figura 9.** Fotomicrografias das espécies de gastrópodes associados aos rodolitos das três ilhas estudadas. (A) Fissurellidae: *Emarginula* sp. 1, (B) *Emarginula* sp. 2; (C) Calyptraeidae: *Bostrycapulus aculeatus*; (D) Naticidae: *Sinum perspectivum*; (E) Olividae: *Olivella nivea*; (F) Pisaniidae: *Engina turbinella*. Escalas: A= 500 µm B= 1000 µm; C= 2000 µm; D= 500 µm; E= 1000 µm; F= 2000 µm..... 45

**Figura 10.** Fotomicrografias das espécies de gastrópodes associados aos rodolitos das três ilhas estudadas. (A) Barleeiidae: *Pseudodiala puncturina*, (B) *Caelatura spirocordata*, (C) *Caelatura barcellosi*; (D) Anabathridae *Amphitalamus glabrus*; (E) Tornidae: *Parviturbo weberi*; (F) Rissoellidae: *Rissoella ornata*; (G) Scissurellidae: *Scissurella* sp.; (H) Skeneidae: *Cyclostrema* sp.; (I) Turbinidae: *Astrea latispina*. Escalas: A-G= 500 µm; H= 1000 µm; I= 2000 µm..... 46

**Figura 11.** *Alvania auberiana* (Rissoidae). Eletromicrofotografia da (A) vista apertural, (B) vista abapertural, (C) aspecto conquiliológico da coloração do animal coletado e fixado em álcool 70% observada em estereomicroscópio, (D) vista apical para contagem do número de voltas, (E) detalhe observado na protoconcha do espécime com pústulas (F) detalhe da escultura espiral da protoconcha formando linhas multiseriadas. Escalas: A= 200 µm; B= 100 µm; C=500 µm; D= 100 µm; E-F= 50 µm. .... 48

**Figura 12.** *Simulamereлина caribaea* (Rissoidae). Eletromicrografia da (A) vista apertural, a seta indica a protoconcha “ombrada”, (B) aspecto geral da vista apertural, abapertural do animal coletado e fixado em álcool 70% para observação das bandas espirais douradas, (C) vista apical

para contagem do número de voltas, **(D)** detalhe da protoconcha. Escalas: **A**= 200 µm; **B**= 500 µm; **C**=100 µm; **D**= 50 µm.....49

**Figura 13.** *Cerithiopsis flava* (Cerithiopsidae). Eletromicrografia da **(A)** vista apertural, **(B)** aspecto geral da vista apertural, abapertural do animal coletado e fixado em álcool 70% para observação da coloração marrom claro, **(C)** vista apical para contagem do número de voltas, **(D)** detalhe da protoconcha multiespiral sem escultura. Escalas: **A**= 500 µm; **B**= 1000 µm; **C**=100 µm.....50

**Figura 14.** *Turbonilla pupoides* (Pyramidellidae). Eletromicrografia da **(A)** vista apertural e abapertural, escultura espiral presente na volta do corpo (seta), **(B)** aspecto geral da vista apertural, abapertural do animal coletado e fixado em álcool 70% para observação coloração com bandas espirais douradas nas suturas, **(C)** vista apical para contagem do número de voltas com observação da protoconcha heterostrófica, **(D-E)** detalhe da protoconcha heterostrófica. Escalas: **A**= 200 µm; **B**= 500 µm; **C**=100 µm; **D-E**= 50 µm. ....52

**Figura 15.** Fotomicrografias das espécies de Bivalvia associados aos rodolitos. **(A)** Arcidae: *Barbatia domingensis*, **(B)** *Barbatia cancellaria*, **(C)** Arcidae 1, **(D)** Arcidae 2; **(E)** Spondylidae: *Spondylus americanus*; **(F)** Pteriidae: *Pinctada imbricata*; **(G)** Pectinidae: *Leptopecten bavayi*; **(H)** Limidae: *Lima caribaea*; **(I)** Crassatellidae: *Crassinella lunulata*; **(J)** Condyllocardiidae: *Carditopsis smithi*; **(K)** Chamidae: *Chama sinuosa*; **(L)** Gastrochaenidae: *Lamychaena hians* Escalas: **A-E**= 1000 µm; **F**= 2000 µm; **G-I**= 1000 µm; **J**= 500 µm; **K-L**= 1000 µm.....53

**Figura 16.** Fotomicrografias das espécies de Bivalvia associados aos rodolitos. **(A)** Mytilidae: *Gregariella* sp., **(B)** *Leiosolenus bisulcatus*, **(C)** *Crenella decussata*, **(D)** *Musculus laterallis*; **(E)** Cardiidae: *Americardia media*, **(F)** *Papyridea semisulcata*; **(G)** Veneriidae: Chioninae, **(H)** *Gouldia cerina*; **(I)** Limopsidae: Limopsidae 1; **(J)** Lyonsiidae: *Entodesma* sp. Escalas: **A-D**= 1000 µm; **E-F**= 500 µm; **G**= 1000 µm; **H**= 1000µm; **I**= 500 µm; **J**= 1000 µm.....54

**Figura 17.** *Acanthochitona terezae*. (A) Vistas dorsal, (B) lateral direita e (C) ventral do animal íntegro. (D) Vista dorsal da placa cefálica (pc), intermediária (pV) e placa anal (pa). (E) Eletromicrografia dos espinhos longos do cinturão e detalhes da superfície lisa. (F) Eletromicrografia dos espinhos curtos do cinturão apresentando uma superfície com ranhuras por toda sua extensão. Escalas: A-C: 1000  $\mu\text{m}$ ; D (pc e pa) = 500  $\mu\text{m}$ , D(pV)= 1000  $\mu\text{m}$ ; E= 100  $\mu\text{m}$  e F= 20  $\mu\text{m}$ . .....56

**Figura 18.** *Acanthochitona terezae* (Acanthochitonidae). Eletromicrografias da (A) vista dorsal da placa cefálica, (B) vista dorsal da placa anal, (C) vista dorsal da placa intermediária VI, (D) vista ventral da placa II. (E) Eletromicrografia dos espinhos longos do cinturão e detalhes da superfície lisa. (F) Eletromicrografia dos espinhos curtos do cinturão apresentando uma superfície com ranhuras por toda sua extensão. Escalas: A-C: 1000  $\mu\text{m}$ ; D (pc e pa) = 500  $\mu\text{m}$ , D (pV)= 1000  $\mu\text{m}$ ; E= 100  $\mu\text{m}$  e F= 20  $\mu\text{m}$ . ..... 57

**Figura 19.** Variação policromática em *A. terezae* com as 5 variações encontradas associadas aos rodolitos..... 58

**Figura 20.** *Acanthochitona* sp. (Acanthochitonidae). (A) Vista dorsal do indivíduo íntegro, (B) vista lateral direita, (C) vista ventral, (D) detalhe dos tufos de espinhos no cinturão (seta), (E) vista dorsal das placas, (F) vista ventral das placas; placa cefálica (pc); placa intermediárias V (pV), placa anal (pa), boca (bo), cabeça (ca), brânquias (b), cinturão (c). Escalas: A-E= 1000  $\mu\text{m}$ . ..... 59

**Figura 21.** *Achantochitona* sp. (Acanthochitonidae). (A) Vista dorsal da placa cefálica, (B) eletromicrografia da vista dorsal da placa anal; (C) vista dorsal da placa intermediária II, (D) vista ventral da placa intermediária III, (E) detalhe da organização dos tufos do cinturão, (F) ampliação de um dos tufos do cinturão para observar o agrupamento denso dos espinhos (G) Detalhe para observação da escultura da placa intermediária II (H) Microestetos e

megalostetos presentes nas pústulas da placa.. Escalas: A= 500 µm; B-D= 100 µm, E= 200 µm; F-G= 100 µm; H= 20 µm. .... 60

**Figura 22.** *Ischnochiton striolatus* (Ischnochitonidae). (A) Vista dorsal do indivíduo, (B) vista lateral, (C) vista ventral (D) ampliação do cinturão com a presença de escamas, (E) vista dorsal das placas, (F) vista ventral das placas. Legenda: placa cefálica (pc); placa intermediária II (pII), placa intermediária VII (pVII), placa anal (pa), boca (bo), cabeça (ca), brânquias (b), cinturão (c). Escalas: A-B= 500 µm; C-E= 1000 µm, F= 500 µm..... 62

**Figura 23.** *Ischnochiton striolatus* (Ischnochitonidae). (A) Vista dorsal da placa cefálica, (B) eletromicrografia da vista ventral da placa cefálica, (C) eletromicrografia da placa intermediária VII (D) eletromicrografia da vista dorsal da placa anal, (E) eletromicrografia da vista dorsal do indivíduo íntegro, (F) ampliação do cinturão (G) detalhe no formato das escamas do cinturão (H) parte da rádula exposta em eletromicrografia. Escalas: A= 500 µm; B-D= 100 µm, E-F= 200 µm, G=20 µm, H= 50 µm..... 63

**Figura 24.** *Ischnochiton* sp. (Ischnochitonidae). (A) Vista dorsal do indivíduo, (B) vista lateral, (C) vista ventral (D) ampliação do cinturão com a presença de escamas, (E) vista dorsal das placas, (F) vista ventral das placas. Legenda: placa cefálica (pc); placa intermediária V(pV), placa anal (pa), boca (bo), cabeça (ca), brânquias (b), cinturão (c). Escalas: A-B: 500 µm; C-F= 1000 µm. .... 64

**Figura 25.** *Ischnochiton* sp. (Ischnochitonidae). Eletromicrografia da (A) vista dorsal das placa cefálica, (B) vista ventral da placa cefálica para observação das suturas; (C) vista dorsal da placa anal, (D) vista dorsal da placa intermediária V, (E) ampliação da lâmina sutural e escultura presente na placa anal, (F) escultura em forma de depressões e linhas de crescimento. Escalas: A= 100 µm; B= 500 µm; C-E= 100 µm; F= 20 µm ..... 65

<b>Figura 26.</b> Curva de rarefação da riqueza de espécies por abundância de indivíduos dos três bancos de rodolitos estudados (Abrolhos, Fernando de Noronha e Queimada Grande) com intervalo de 95% de confiança.....	67
<b>Figura 27.</b> Dominância das Classes de moluscos das ilhas (Fernando de Noronha, Abrolhos e Queimada Grande).....	69
<b>Figura 28.</b> (A) Multivariate Regression Tree (MRT) para a malacofauna do Arquipélago de Fernando de Noronha, Abrolhos e Queimada Grande. O modelo representa 21,7% da variação das estruturas das assembleias (Erro = 0,78, representa ao R <sup>2</sup> de 0,216) (B) Gráfico de Análise de Componentes Principais (PCA) gerada a partir da matriz de Famílias de moluscos associada aos rodolitos, a análise explica 100% dos dados (Eixo X= 51.44%; Eixo Y= 48.56%), com a formação de 3 assembleias distintas de Mollusca diferenciadas pela coloração Vermelha, Azul e Verde. (C) Distribuição das assembleias com as variáveis preditoras profundidade (m) e densidade média do banco de rodolito (m <sup>2</sup> ) (FNA= Fernando de Noronha; ABR= Abrolho; QG= Queimada Grande).....	72
<b>Figura 29.</b> Assembleias de moluscos em (A) Queimada Grande (B) Fernando de Noronha e (C) Arquipélago de Abrolhos encontradas a partir dos resultados da MRT baseado na dominância de cada uma das famílias encontradas. ....	73
<b>Figura 30.</b> Dendrograma biogeográfico de Gastropoda .....	75

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1.</b> Estações de coleta dos rodolitos com as coordenadas geográficas e batimétricas.....	29
<b>Tabela 2.</b> Malacofauna associada aos rodolitos de FNA – PE. Classe, Família, Espécie, Literatura utilizada para identificação, Local de coleta e quantidade de indivíduos (n)..	37
<b>Tabela 3.</b> Malacofauna associada aos rodolitos de ABR – BA. Classe, Família, Espécie, Literatura utilizada para identificação, Local de coleta e quantidade de indivíduos (n). Legenda: BU (Buraca), RR (Rodolito Raso), PN (Portinho Norte), NO (Banco Nordeste).....	38
<b>Tabela 4.</b> Malacofauna associada aos rodolitos de QG – SP. Classe, Família, Espécie, Literatura utilizada para identificação, Local de coleta e quantidade de indivíduos (n).....	40
<b>Tabela 5.</b> Abundância, Riqueza, Diversidade de Shannon-Wiener das ilhas estudadas. ....	66

## **LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS**

FNA – Arquipélago de Fernando de Noronha

ABR – Arquipélago de Abrolhos

QG – Ilha da Queimada Grande

ZEE – Zona Econômica Exclusiva

MEV – Microscopia Eletrônica de Varredura

# SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>20</b>
1.1. Fauna associada a algas .....	20
1.2. O que são rodolitos? .....	21
1.3. Qual a importância dos rodolitos? .....	23
<b>2. OBJETIVOS .....</b>	<b>25</b>
<b>3. MATERIAL E MÉTODOS.....</b>	<b>26</b>
3.1. Área de Estudo .....	26
3.2. Análise Faunística .....	30
3.3. Avaliação da diversidade de moluscos dos bancos de rodolitos.....	32
<b>4. RESULTADOS.....</b>	<b>36</b>
4.1 Análise Faunística.....	37
4.2. Avaliação da diversidade de moluscos dos bancos de rodolitos.....	66
<b>5. DISCUSSÃO .....</b>	<b>76</b>
<b>6. CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>79</b>
<b>7. REFERÊNCIAS .....</b>	<b>80</b>
<b>8. ANEXOS .....</b>	<b>89</b>
8.1. Declaração de Direitos Autorais .....	89
8.2. Declaração de Bioética e Biossegurança .....	90

## 1. INTRODUÇÃO

### 1.1. *Fauna associada a algas*

No ambiente marinho, comunidade de animais e algas se entremeiam formando habitats e ecossistemas complexos. Alguns exemplos dessas comunidades de algas são as macrófitas marinhas, responsáveis por formar grandes frondes que se estendem pela zona eufótica do assoalho marinho (Liu *et al.*, 2016).

Os mais diversos tipos de morfologias de algas contribuem fornecendo ambientes de proteção, como bancos de macrófitas, filamentosas, folhosas e calcárias (Nascimento & Rosso, 2007; Cruz, 2014; Riosmena-Rodriguez, 2017; Longo *et al.*, 2019). Dentre estas morfologias, as algas calcárias, podem ser subdivididas em dois grandes grupos, calcárias articuladas ou calcárias (nodulares) não-articuladas, sendo as de formato nodular, também conhecidas por rodolitos (ou *mäerl*).

Por possuir uma arquitetura que promove proteção e abrigo para os organismos associados a elas, tornam-se um ambiente de grande diversidade como esponjas, cnidários, anelídeos, equinodermos, crustáceos, briozoários e moluscos (Worthington & Fairweather, 1989; Jacobucci, 2006). Dentre estes grupos que são comumente encontrados associados às algas, o Filo Mollusca ocupa a terceira posição entre os táxons encontrados em abundância, ficando atrás apenas dos crustáceos e poliquetas (Tâmega *et al.*, 2013; Horta *et al.*, 2016; Veras *et al.*, 2020). Assim como os outros indivíduos, os moluscos também se beneficiam dessa associação entre algas. Entre as 7 Classes encontradas no Filo Mollusca (Aplacophora, Monoplacophora, Scaphopoda, Cephalopoda, Gastropoda, Bivalvia e Polyplacophora), as classes comumente encontradas em associação com algas são os gastrópodes, bivalves e os polioplacóforos.

Os organismos pertencentes a Gastropoda são o grupo mais diverso dos moluscos, contemplando cerca de 75% das ~110.000 espécies descritas atualmente (Brown & Lydeard,

2010). São caracterizados por uma concha assimétrica e retorcida e podem ser encontrados nos mais distintos ambientes como dulcícola, marinhos e terrestres. Seus hábitos são variados, que até talvez justifique a diversificação do grupo no ambiente, podendo ser carnívoros, detritívoros, herbívoros, parasitas e de vida livre (Kohn, 1983). Além disso, sua rádula, estrutura utilizada na alimentação, irradiou-se modificando nas mais diversas formas. Já os polioplacóforos são reconhecidos pela presença de 8 placas calcárias sobrepostas na região dorsal, também chamada de valvas, conectadas a um cinturão. Essas valvas são articuladas entre si que permitem que o animal se prostre caso sintá-se ameaçado (Kaas & Van Belle, 1985). São majoritariamente herbívoros, utilizando sua rádula para raspar biofilmes de algas que crescem em substratos consolidados. Por fim, entre os grupos mais abundantes que associam-se com algas, temos os bivalves – a segunda maior classe dentro do Filo Mollusca, com ~10,000 espécies descritas - caracterizados pela presença de uma concha dividida em duas valvas, um pé musculoso e a ausência de cabeça e rádula (Lemer, Bieler & Giribet, 2019). Seus hábitos alimentares são principalmente filtradores suspensívoros ou depositívoros, porém há espécies carnívoras que utilizam suas brânquias modificadas no processo de alimentação (Reid, 1975; Giribet, 2008).

Dessa maneira, os bancos de algas calcárias de vida livre (rodolitos) são importantes para preservação ambiental, em vista da sua grande diversidade que abriga e pelo fato de estarem suscetíveis à degradação antrópica devido ao turismo e à exploração comercial.

### ***1.2. O que são rodolitos?***

Rodolitos são nódulos de algas calcárias (Rhodophyta: Corallinophycidae) de vida livre, não articuladas e porosas que crescem em torno de um núcleo de origem orgânica (conchas, pedaços de corais, pedaços calcários de algas) ou inorgânica (sedimentos, rochas,

grãos de areia) (Kundal & Dharashivkar, 2005). São considerados bioengenheiros do assoalho marinho em virtude das suas ramificações interligadas que fornecem abrigo e refúgio para outros organismos, seu formato tridimensional também permite o acúmulo de sedimentos (Bruno & Bertness, 2001; Amado-Filho *et al.*, 2012). De acordo com Dias (2000), existem cerca de 30 gêneros e 300-500 espécies de algas compostas por CaCO<sub>3</sub> (carbonato de cálcio). Os rodolitos podem ser constituídos inteiramente por apenas uma ou mais espécies de algas calcárias vermelhas, podendo também formar grandes bancos no fundo marinho. Esses bancos de algas calcárias são presentes desde águas tropicais e até mesmo em zonas polares, porém são comumente encontrados associados a recifes, por servirem de arcabouço cimentante para outros organismos da comunidade bentônica de invertebrados e também servindo como substrato de fixação de macroalgas (Steller *et al.*, 2003).

Como os rodolitos são representantes de formas livres de algas calcárias, são facilmente coletados por coletas manuais, quando em águas rasas. Também podem ser coletados em profundidades superiores a 100 m por dragagens (Tâmega *et al.*, 2013) O formato de um rodolito pode ser esferoidal, elipsoidal e discoidal (Bosence, 1976), sendo que seu formato possivelmente esteja relacionado à profundidade em que é encontrado, hidrodinamismo e grau de sedimentação (Kempf, 1970; Dias, 2000, Amado-Filho *et al.*, 2007). Os principais gêneros de rodolitos encontrados no Brasil são *Lithophyllum* Philippi, 1837, *Titanoderma* Nägeli, 1858, *Hydrolithon* Foslie, 1909, *Neogoniolithon* Setchell & L.R.Mason, 1943, *Pneophyllum* Kützing, 1843, *Spongites* Kützing, 1841, *Lithothamnion* Heydrich, 1897, *Mesophyllum* Lemoine, 1928, *Phymatolithon* Foslie, 1898 e *Sporolithon* Heydrich, 1897 (Villas-Boas, 2008). Além disso, o Brasil conta com a maior riqueza de algas calcárias incrustantes, totalizando 34 espécies (Bahia, 2014).

De maneira geral os bancos de rodolitos são encontrados próximos ao topo e à margem dos recifes, principalmente em depósitos em que o sedimento não é consolidado. O tamanho de

um rodolito é variável, podendo atingir até 30 cm de diâmetro, porém são encontrados comumente de tamanhos menores, variando de 2 a 5 cm (Testa 1997; Leão *et al.* 2003; Paula *et al.* 2003; Figueiredo *et al.* 2006, 2007, 2008).

No Brasil, os bancos de rodolitos localizam-se principalmente na plataforma continental, sendo registrada a maior extensão de banco de rodolitos do mundo (Kempf, 1970; Foster, 2001) mas também são encontrados próximo à foz do Amazonas (Moura *et al.*, 2016). Na região de Abrolhos o banco de rodolitos ocupa boa parte assoalho marinho, ocupando cerca de 21.000 Km<sup>2</sup> (Amado-Filho, 2012). Existem bancos contínuos que se estendem entre a plataforma média e a externa (aproximadamente 50 m de profundidade), porém estes são menos explorados porque há limitação de dragagem.

### ***1.3. Qual a importância dos rodolitos?***

A principal importância dos rodolitos na formação de complexos recifais está relacionado a evitar fragmentação e transformação do substrato, que ocorrem em decorrência da ação das ondas que acabam por erodir os recifes (Harvey *et al.*, 2005).

Outra importância dos rodolitos é o fornecimento de micronutrientes obtidos a partir do CaCO<sub>3</sub> presente em sua composição (Amado-Filho *et al.*, 2012). Além disso, outro aspecto interessante dos rodolitos, constatado por Amado-Filho *et al.* (2012), está diretamente relacionado com a ciclagem do carbono, já que absorvem CO<sub>2</sub> atmosférico (encontrado na forma de bicarbonato dissolvido na água) para produzir sua matriz carbonática e por consequência resulta no controle do pH, evitando assim, a acidificação oceânica.

A exploração desses bancos de CaCO<sub>3</sub> é de interesse econômico e descritos por Briand (1976) como sendo utilizados em diversos setores como por exemplo, no setor agrícola para produção de fertilizantes, no processo de potabilização e tratamento da água, na indústria de cosméticos, complementação alimentar de humanos, na área médica como implantes ósseos, na

pecuária como suplemento de minerais essenciais para o gado.

Por serem encontrados na Zona Econômica Exclusiva (ZEE) são de grande interesse exploratório devido à presença de petróleo, tendo em vista o interesse econômico petrolífero e a possível problemática ambiental, são necessário estudos que compilem a fauna de cada local, servindo para possíveis planos de manejo e conservação de áreas sensíveis às ações antrópicas (Horta *et al.*, 2016).

Além da importância econômica e ecológica dos rodolitos sua conformação tridimensional, permite a associação com outros tipos de seres vivos, que incluem invertebrados epibiontes, animais perfuradores de estruturas calcárias além de indivíduos infaunais por fornecerem abrigo, alimento, berçário, assim como proteção contra predação e perturbações físicas (Riul *et al.*, 2009; Horta *et al.*, 2016; Metri & Rocha, 2008). Os rodolitos, quando vivos, sustentam uma grande riqueza de comunidades quando comparado aos rodolitos mortos, cascalhos ou fundos de areia, influenciando na diversidade de organismos associados (Cabioch, 1969; Keegan, 1974). Desta forma, os rodolitos representam uma grande lacuna a ser estudada em relação a biodiversidade brasileira de organismos associados.

## 2. OBJETIVOS

**Geral:** analisar a malacofauna associada aos rodolitos de três ilhas da costa brasileira (Fernando de Noronha-PE, Abrolhos-BA e Queimada Grande-SP).

**Específicos:** (1) fornecer um *checklist* das espécies de Mollusca encontradas nos rodolitos; (2) investigar a riqueza e abundância das ilhas; (3) investigar as variáveis preditoras que influenciam nas assembleias malacológicas das três ilhas da costa brasileira.

A partir destes objetivos, este trabalho tenta responder tais perguntas: Quais são os moluscos associados aos rodolitos dessas ilhas? Qual a diversidade de cada uma das ilhas? E quais as variáveis ambientais podem influenciar na formação das assembleias de moluscos?

### 3. MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1. Área de Estudo

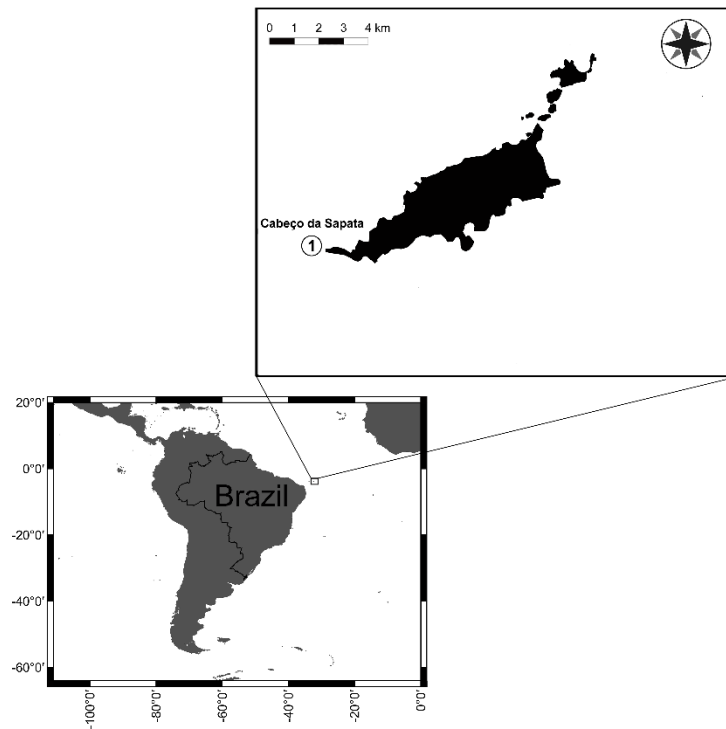
##### **Fernando de Noronha**

O arquipélago de Fernando de Noronha (3°51'13"N, 32°25'25"O) (Figura 1) é conhecido pela beleza de suas praias paradisíacas somadas à uma beleza natural de algas que rodeiam a ilha. Pertencente ao Estado de Pernambuco (PE) possui o total de 26 km<sup>2</sup> de extensão, formado pelo conjunto de 21 ilhas e ilhotas oceânicas de origem vulcânica, localizando-se a aproximadamente 360 km da costa nordestina brasileira (Almeida, 1958). Fernando de Noronha também é conhecido por ser um local que possui fauna e flora endêmicas, sendo importante do ponto de vista ecológico de preservação de espécies. (Couri, Barros, Orsini, 2008).

Em vista de ser um local muito procurado do ponto de vista turístico, são necessárias algumas medidas que possam conciliar o turismo e minimizar fatores antrópicos que interfiram na paisagem e no habitat da fauna e flora. Assim, o arquipélago é considerado uma Unidade de Conservação (UC), sendo limitada a visitação de turistas.

Mesmo com essas restrições, o Arquipélago Fernando de Noronha (FNA) sofre com consequências históricas da época quando a ilha servia como presídio; parte da sua vegetação foi desmatada, modificando seu ecossistema original. Além da adversidade do desmatamento, há também a problemática introdução de espécies invasoras no local.

Sobre a fauna marinha do arquipélago, já se tem registrado equinodermos (Lima & Fernandes, 2009), fauna bentônica de invertebrados (Eston *et al.*, 1986) e crustáceos decápodos (Alves; Ramos-Porto; Viana, 2008). Gastrópodes, poliplacóforos e bivalves também estão registrados nos trabalhos de Smith (1890) e Leal (1991). Outros trabalhos de levantamento faunístico de moluscos marinhos podem ser citados como, por exemplo, Matthews & Kempf (1970), que registraram as espécies de moluscos do norte e nordeste do Brasil, incluindo aqueles encontrados no FNA.



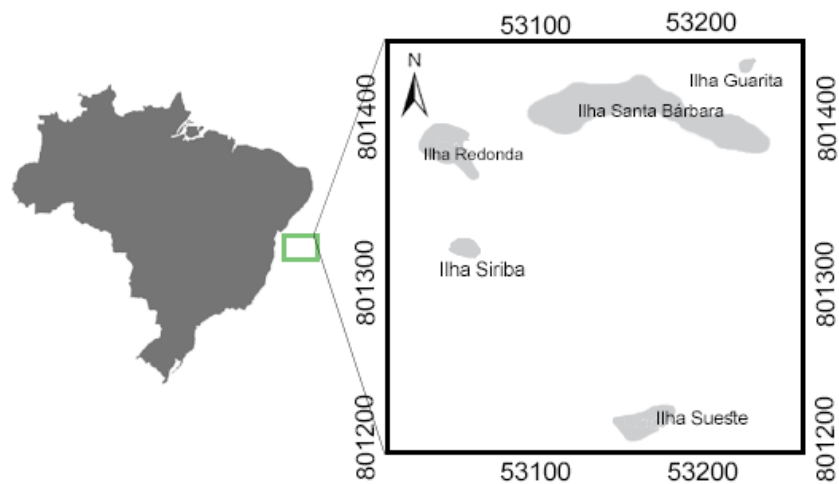
**Figura 1.** Localização do Arquipélago de Fernando de Noronha no Atlântico Sul (modificada de Matheus *et al.*, 2019).

## Abrolhos

Considerada pelo Ministério do Meio Ambiente como área prioritária de conservação de ecossistemas marinhos e patrimônio biológico natural, o Arquipélago de Abrolhos (17°58'S; 38°42'O) (Figura 2) é considerado o maior alargamento da plataforma continental brasileira, localizado próximo ao sul da Bahia e norte do Espírito Santo. O arquipélago é composto por bancos de corais e rochas sedimentares terrígenas sobre um substrato vulcânico basáltico do Cretáceo (Schaefer *et al.*, 2006).

Pertencente ao Estado da Bahia e localizada no Oceano Atlântico à 72 km da cidade de Caravelas, Abrolhos é constituído por cinco ilhas continentais, Redonda, Siriba, Sueste, Guarita e a maior delas, Santa Bárbara, totalizando uma área de 913 Km<sup>2</sup> (Figura 2). O clima tropical úmido de Abrolhos possui uma precipitação anual média de 720 mm principalmente entre os meses de maio a agosto, a temperatura do arquipélago varia entre 24,5°C e 27°C (Leão, 1999).

Além de sua beleza natural, o banco de recife de Abrolhos conta com uma grande biodiversidade local com alto grau de endemismo (Leão, 1999). Por este motivo, Abrolhos tornou-se o primeiro Parque Nacional Marinho da América do Sul, fazendo parte de uma unidade de conservação denominada Parque Nacional Marinho dos Abrolhos. Atualmente, sabe-se que essa região abriga o maior banco de rodólitos do mundo (Amado-Filho *et al.*, 2012).



**Figura 2.** Localização do Arquipélago de Abrolhos no Atlântico Sul e suas cinco ilhas (modificada de Schaefer *et al.* 2006).

### Queimada Grande

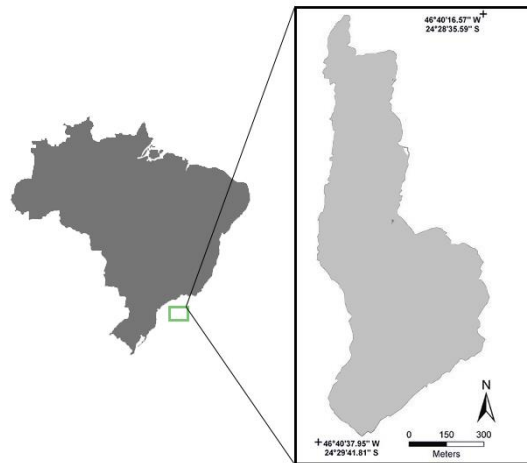
A ilha da Queimada Grande ( $24^{\circ}29'S$ ;  $46^{\circ}41'O$ ) (Figura 3) é bastante conhecida como a ilha das cobras, por sua famosa jararaca-ilhoa (*Bothrops insularis* Amaral, 1922), espécie endêmica do local, encontrada em alta densidade populacional (Campbell & Lamar, 2004).

Possui uma área 430 mil m<sup>2</sup> e localiza-se à 30 km da costa sul do litoral paulista (Figura 3), apresenta um clima tropical úmido com grande quantidade de chuvas e precipitação anual de 2200 mm com exceção das estações de outono-inverno onde as chuvas são mais esparsas (Silva, 1989). A temperatura da ilha varia de 18,3°C em agosto e 27,2°C em março (Nimer, 1989).

A vegetação dessa ilha continental é composta por remanescentes de Mata Atlântica, que ocupa cerca de 0.25 Km<sup>2</sup>, e o restante composto principalmente por gramíneas (Oliveira-

Filho & Fontes, 2000; Martins *et al.*, 2008). O solo e a geografia do local são rodeados por rochas e pedras, sendo bastante difícil o acesso à ilha.

Assim como Abrolhos, a Ilha da Queimada Grande também faz parte de uma Unidade de Conservação (UC) das Ilhas da Queimada Pequena e Queimada Grande, sendo classificada como Área de Proteção Ambiental (APA) das cidades de Cananéia, Iguape e Peruíbe, e também considerada uma Área de Relevante Interesse Ecológico (ARIE), possuindo algumas espécies endêmicas de morcegos, anfíbios, lagartos, anfisbenas e várias aves migratórias (Martins *et al.*, 2008; Marques *et al.* 2002).



**Figura 3.** Localização geográfica da ilha da Queimada Grande (modificado de Martins *et al.*, 2008).

### *Estações de Coleta*

Foram amostradas as estações de coleta de rodolitos demonstradas na Tabela 1.

**Tabela 1.** Pontos onde os rodolitos foram coletados com as coordenadas geográficas e batimétricas.

ESTADO	LOCAL	PONTO DE COLETA	LATITUDE	LONGITUDE	PROFUNDIDADE
Pernambuco	Fernando de Noronha	Cabeço da Sapata	3°52'40.9"S	32°29'3.8"W	45 m
Bahia	Abrolhos	Buraca	17°48'49.5"S	38°14'36.4"W	25 m
		Rodolito raso	17°46'20.0"S	38°43'22.4"W	7 m
		Portinho Norte	17°57'44.0"S	38°41'44.0"W	7 m
		Banco Nordeste	17°14'17.0"S	38°32'42.0"W	2 m
São Paulo	Queimada Grande	Queimada Grande	24°29'10.7"S	46°40'42.5"W	13 e 16 m

### ***3.2. Análise Faunística***

#### ***Obtenção do Material***

Através de mergulhos autônomos, as amostras de rodolitos foram obtidas em uma estação de coleta de FNA, quatro estações em ABR e apenas uma em QG (Tabela 1). Foram coletados 150 nódulos no total, as amostras foram coletadas entre 2013-2017 e, após triadas em laboratório, tiveram os exemplares de moluscos separados, para posterior identificação na UNICAMP.

#### ***Amostragem taxonômica e triagem***

Inicialmente, os exemplares de gastrópodes, bivalves e polioplacóforos foram separados em morfotipos, ou seja, em grupos de aparência semelhante. Após isso, com um novo refinamento taxonômico de cada indivíduo, foram identificados quais desses morfotipos representavam espécies verdadeiras, identificando-as, e também sendo reconhecidos aqueles que, na realidade, se tratavam de mais de uma espécie, ou aqueles (dois ou mais) que eram uma espécie somente. Depois desse refinamento, os indivíduos mais íntegros foram selecionados para serem fotografados sob um estereomicroscópio Stemi 2000 ZEISS, e outros também separados para preparação e observação sob microscopia eletrônica de varredura (MEV). Com isso, a maioria dos espécimes foram classificados ao nível de espécie, enquanto outros, até gênero ou família. As imagens obtidas sob estereomicroscópio ou pela MEV foram organizadas em pranchas, que no futuro poderão ser utilizadas por outros pesquisadores interessados nos estudos da biodiversidade de moluscos associados aos bancos de rodolitos.

Com base na bibliografia, a identificação das espécies foi feita pela observação das características da concha, sendo que para os gastrópodes as seguintes estruturas da teleoconcha (concha do indivíduo adulto) são particularmente importantes: (1) formato, (2) escultura e

coloração, (3) número de voltas e (4) características da abertura (como formato e detalhes dos lábios interno e externo; presença de canal sifonal). Além disso, quando preservada, (5) a concha larval é observada quanto ao número de voltas e ornamentação.

Para os polioplacóforos as principais estruturas observadas são (1) cinturão; (2) placa cefálica; (3) placa intermediária; (4) placa anal; (5) presença de ornamentações. A coloração entre esses indivíduos é bastante variável, podendo haver polimorfismo dentro de uma mesma espécie.

E por fim os bivalves são avaliados quanto o (1) formato da concha; (2) escultura; (3) posição do umbo; (4) posição do ligamento; (5) morfologia dos músculos adutores; (6) anatomia interna e (7) coloração (quando presente).

Foram utilizados artigos disponíveis em plataforma on-line específicos para algumas famílias, além dos catálogos de Rios (2009), Mikkelsen & Bieler (2008) e Moretzsohn, Barrera & Tunnell (2014).

### ***Microscopia eletrônica de varredura***

Os espécimes bem preservados foram selecionados para observação de detalhes conquiliológicos estudados sob microscópio eletrônico de varredura JEOL JSM5800LV (MEV). O aparelho é usado para estudar a superfície de espécimes que requerem grandes magnificações e um campo de visão profundo, que não podem ser obtidos opticamente. Para obter uma boa imagem, as amostras fixadas foram preparadas como descrito a seguir: os espécimes devem ser isolados e limpos, deixando-os secar durante o período de 24h; depois disso, é feita a montagem em *stubs* individuais usando fita adesiva dupla face própria para os *stubs*. Estes eram então cobertos por uma fina camada de ouro em um Sputter Coater SCD-050, que produz uma alta voltagem que pulveriza íons de ouro por cima da amostra. Para os indivíduos que possuem parte mole, como por exemplo os polioplacóforos, animais inteiros

passaram por um procedimento de desidratação em séries crescentes de álcool etílico e em um aparelho chamado de Ponto Crítico, previamente à montagem nos stubs e à metalização. Todo o procedimento de MEV foi realizado no Laboratório de Microscopia Eletrônica da Universidade Estadual de Campinas.

### ***Tombamento do material***

Depois de identificados, os espécimes foram tombados, com todas as informações de coleta como data, local, coordenadas geográficas, profundidade, entre outras, inseridas no banco de dados do Museu de Zoologia da Universidade Estadual de Campinas (ZUEC – UNICAMP).

### ***3.3. Avaliação da diversidade de moluscos dos bancos de rodolitos***

#### ***Dominância de espécies e índice de diversidade***

Para realização das análises ecológicas foram considerados apenas os indivíduos com parte mole, que indicam que utilizavam o rodolito como recurso. A partir da análise quantitativa e qualitativa das espécies encontradas associadas aos rodolitos foi possível obter a riqueza (número de espécies) e abundância (quantidade de indivíduos por espécie). Com isso foi realizado o cálculo de dominância e o índice de diversidade de cada uma das ilhas estudadas para realizar a comparação entre as três ilhas. As curvas de rarefação e extrapolação baseadas em número de indivíduos foram realizadas a partir do método de *bootstrap* com 200 repetições utilizando o pacote *iNEXT* no *R studio* (Hsieh *et al.*, 2016).

Para o cálculo de dominância foi utilizado o índice de Berger-Parker, que demonstra a importância numérica de cada espécie em determinado ponto de coleta. O cálculo de dominância pode ser demonstrado pela fórmula:

$$D_i = \frac{N_i}{N_1 + \dots + N_i + N_{i+1} + \dots + N_n} * 100$$

Onde:

$D_i$  = Dominância da espécie  $i$ , em que  $i=1, \dots, n$

$N_i$  = Número de indivíduos da espécie  $i$ , em que  $i= 1, \dots, n$

Obtendo o valor numérico de dominância de cada espécie, é possível calcular o índice de diversidade de cada uma das ilhas estudadas. A partir do índice de Shannon-Wiener (ISW) é possível avaliar a riqueza e equitabilidade das espécies encontradas levando em conta a semelhança da abundância entre diferentes espécies.

$$H' = - \sum D_i * (\log(D_i))$$

Onde:

$H'$  = *Diversidade*

$D_i$  = *Dominância*

### ***Multivariate Regression Tree***

Para a determinação das variáveis ecológicas que influenciam a comunidade de moluscos associado aos bancos de rodolitos, foi utilizada a *Multivariate Regression Tree* (MRT) (De'Ath, 2002) ao nível taxonômico das famílias de Mollusca (Gastropoda, Bivalvia e Polyplacophora).

Para realização desta análise, foi utilizada uma matriz quantitativa com a pré-transformação de Hellinger (Fórmula) dos pontos de coleta de rodolitos, número de indivíduos

com parte mole que foram encontrados e as variáveis ecológicas (volume do rodolito, diâmetro médio do rodolito, profundidade de coleta, distância entre a ilha e a costa, densidade média por rodolito e quantidade de sedimento aderido). Depois, foi utilizado o pacote *mvp* que quantifica e avalia qual das variáveis influencia as assembleias de moluscos encontradas, realizando múltiplas repetições (De'Ath, 2002). A árvore mais parcimoniosa é aquela que minimiza as somas dos quadrados sobre a média multivariada de cada nó, sendo selecionada aquela que possui o menor valor de erro relativo validado cruzado (CRVE) (De'Ath, 2002).

Depois de gerada a árvore MRT, foi feita uma Análise de Componentes Principais (PCA) para complementar as assembleias encontradas. A PCA auxilia a confirmação de dados a partir da árvore de MRT.

Todas as análises ecológicas foram feitas no software R (versão 3.1.0) e a montagem das matrizes no software Microsoft Excel ©.

$$\text{Hellinger} = \sqrt{\frac{\text{VAbundância por espécie}}{\text{Valor total da abundância}}}$$

#### ***Dendrograma biogeográfico das espécies de Gastropoda***

Foi utilizada uma matriz binária de presença (1) e ausência (0) fornecida no material suplementar de Barroso, Cruz-Lotufo & Matthews-Cascon (2016) que inclui as espécies encontradas nos Estados Brasileiros litorâneos (Amapá, Pará, Maranhão, Piauí, Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba, Pernambuco, Sergipe, Alagoas, Bahia, Espírito Santo, Rio de Janeiro, São Paulo, Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul) e ilhas brasileiras (Arquipélago de São Pedro e São Paulo, Atol das Rocas, Arquipélago de Fernando de Noronha, Arquipélago Trindade e Martin Vaz e Abrolhos).

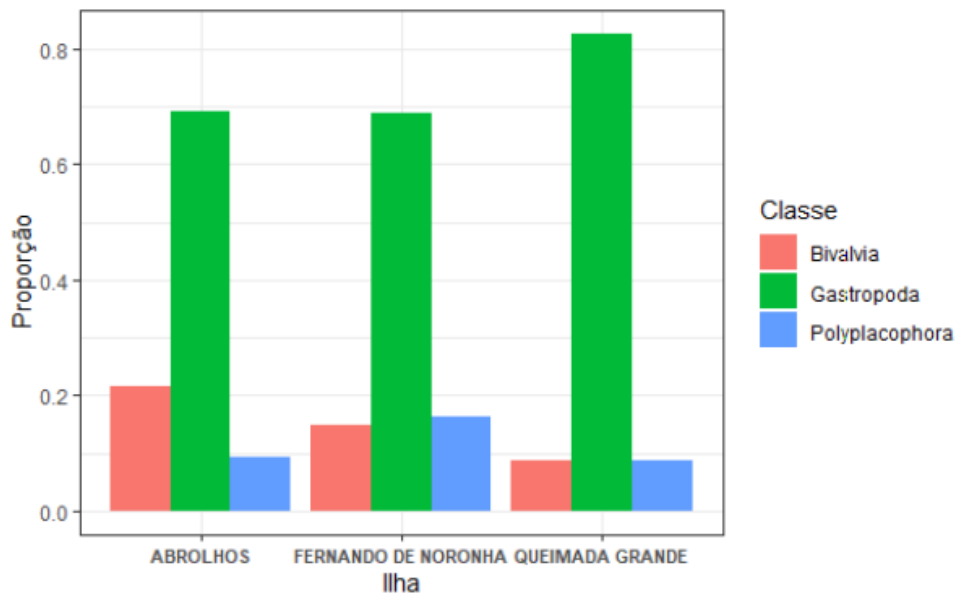
Juntamente com os dados fornecidos, foi incorporado à matriz disponível novos dados de fauna associada a algas. Foram utilizados os dados disponíveis em plataforma online de *Sargassum* (Jacobucci, 2006; Almeida, 2007; Longo, 2014) e de rodolitos do nordeste brasileiro (Bandeira, 2019).

Para obtenção do dendrograma, usamos os índices de Sørensen (avaliou os gradientes de diversidade, porém desconsidera os ganhos e perdas de espécies) e Simpson (avaliou a diferença composicional das espécies). Após isso, utilizou-se o pacote *recluster* para criação do dendrograma, para melhor credibilidade a análise, foram feitas repetições de 10.000 vezes para obtenção de um melhor *bootstrap* dos nós. O dendrograma auxilia no entendimento de como as regiões biogeográficas assemelham entre si.

#### 4. RESULTADOS

O número total de indivíduos encontrados associados aos bancos de rodolitos das três ilhas foi de 1254 indivíduos. Foi encontrada uma diversidade de 26 famílias e 59 espécies de Gastropoda, 14 famílias e 26 espécies de Bivalvia, e somente 2 famílias (Ischnochitonidae e Acanthochitonidae) com 4 espécies de Polyplacophora.

Comparando as três classes estudadas, Gastropoda mostrou ser a mais abundante entre os moluscos associados aos rodolitos (Figura 4), seguido de Bivalvia e Polyplacophora. Embora o número de espécies de Gastropoda seja expressivamente maior que as outras classes, todas as proporções mostraram um padrão semelhante de distribuição entre as classes de moluscos presentes nos bancos de rodolitos estudados.



**Figura 4.** Proporção de indivíduos por associada aos bancos de rodolitos.

#### 4.1 Análise Faunística

A malacofauna encontrada nas três ilhas é demonstrada nas tabelas abaixo. Para Fernando de Noronha, foram encontradas 18 famílias e 28 espécies sendo: 10 famílias e 16 espécies de Gastropoda; 6 famílias e 8 espécies de Bivalvia; e 2 famílias e 4 espécies de Polyplacophora (Tabela 2).

**Tabela 2.** Malacofauna associada aos rodolitos de FNA – PE. Classe, Família, Espécie, Literatura utilizada para identificação, Local de coleta e quantidade de indivíduos (n).

Classe	Família	Espécie	Literatura utilizada	Local	
GASTROPODA	Rissoiidae	<i>Simulamerelina caribaea</i>	Rios, 2009	Cabeço da Sapata (11)	
		<i>Alvania auberiana</i>	Abbott 1974, Rios 2009	Cabeço da Sapata (2)	
	Barleeiidae	<i>Pseudodiala puncturina</i>	Dos Santos & Absalão, 2006	Cabeço da Sapata (146)	
	Eulimidae	<i>Hemiliostraca auricineta</i>	Rios, 2009	Cabeço da Sapata (3)	
	Litiopidae	<i>Alaba incerta</i>	Houbrick 1987, Simone 2001	Cabeço da Sapata (6)	
	Marginellidae	Marginellidae 1	-	Cabeço da Sapata (2)	
		Marginellidae 2	-	Cabeço da Sapata (7)	
		Marginellidae 3	-	Cabeço da Sapata (11)	
	Columbellidae	<i>Zafrona idalina</i>	Rios, 2009	Cabeço da Sapata (108)	
	Pyramidellidae	<i>Eulimastoma didymum</i>	Pimenta & Absalão, 2004b	Cabeço da Sapata (1)	
	Muricidae	<i>Coralliophila</i> sp.	Rios, 2009	Cabeço da Sapata (6)	
		<i>Stramonita brasiliensis</i>	Rios, 2009	Cabeço da Sapata (1)	
	Triphoridae	<i>Cosmotriphora melanura</i>	Fernandes & Pimenta, 2019	Cabeço da Sapata (4)	
		<i>Isotriphora</i> sp.	Fernandes & Pimenta, 2019	Cabeço da Sapata (1)	
		<i>Latitriphora albida</i>	Fernandes & Pimenta, 2019	Cabeço da Sapata (1)	
	Phasianellidae	<i>Eulithidium affine</i>	Robertson 1958, Rios, 2009	Cabeço da Sapata (14)	
	Triviidae	<i>Pusula pediculus</i>	Rios, 2009	Cabeço da Sapata (1)	
	BIVALVIA	Arcidae	<i>Barbatia domingensis</i>	Mikkelsen & Bieler, 2008	Cabeço da Sapata (18)
			<i>Barbatia cancellaria</i>	Mikkelsen & Bieler, 2008	Cabeço da Sapata (20)
		Limidae	<i>Lima caribaea</i>	Mikkelsen & Bieler, 2008	Cabeço da Sapata (28)
Mytilidae		<i>Leiosolenus bisulcatus</i>	Mikkelsen & Bieler, 2008	Cabeço da Sapata (1)	
Pectinidae		Pectinidae 1	-	Cabeço da Sapata (1)	
		Pectinidae 2	-	Cabeço da Sapata (1)	
Spondylidae		<i>Spondylus americanus</i>	Mikkelsen & Bieler, 2008	Cabeço da Sapata (1)	
POLYPLACOPHORA		Acanthochitonidae	<i>Acanthochitona terezae</i>	Jardim, Almeida & Simone, 2017	Cabeço da Sapata (46)
	<i>Acanthochitona</i> sp.		-	Cabeço da Sapata (4)	
	Ischnochitonidae	<i>Ischnochiton striolatus</i>	Rios, 2009	Cabeço da Sapata (26)	
<i>Ischnochiton</i> sp.		Rios, 2009	Cabeço da Sapata (3)		
<b>TOTAL</b>	<b>18 FAMÍLIAS</b>	<b>28 ESPÉCIES</b>			

Para o Arquipélago de Abrolhos, foram encontradas 36 famílias e 66 espécies sendo: 20 famílias e 39 espécies de Gastropoda; 12 famílias e 22 espécies de Bivalvia; e 2 famílias e 4 espécies de Polyplacophora (Tabela 3).

**Tabela 3.** Malacofauna associada aos rodolitos de ABR – BA. Classe, Família, Espécie, Literatura utilizada para identificação, Local de coleta e quantidade de indivíduos (n). Legenda: BU (Buraca), RR (Rodolito Raso), PN (Portinho Norte), NO (Banco Nordeste).

Classe	Família	Espécie	Literatura utilizada	Local(is)
GASTROPODA	Rissoidae	<i>Simulamerelina caribaea</i>	Rios, 2009	RR (7), BU (4), PN (1)
		<i>Alvania auberiana</i>	Abbott 1974, Rios 2009	BU (1), RR (13), PN (5), NO (18)
	Barleeiidae	<i>Pseudodiala puncturina</i>	Dos Santos & Absalão, 2006	PN (2), NO (1)
		<i>Caelatura barcellosi</i>	Rios, 2009	BU (1), RR (8)
		<i>Caelatura spirocordata</i>	Rios, 2009	BU (7)
	Eulimidae	<i>Melanella sp.</i>	Rios, 2009	RR (5), NO (1)
		<i>Vitreolina sp. 1</i>	Warén, 1983	BU (1)
		<i>Vitreolina sp. 2</i>	Warén, 1983	BU (1)
		<i>Eulima fulvocincta</i>	De Folin & Périer, 1867	NO (1)
	Marginellidae	Marginellidae 2	-	BU (2), RR (2), PN (3), NO (1)
		Marginellidae 3	-	RR (1)
	Columbellidae	<i>Volvarina albolineata</i>	Rios, 2009	RR (1), NO (1)
		<i>Columbela mercatoria</i>	Rios, 2009	BU (1)
		<i>Zafra idalina</i>	Rios, 2009	RR (2)
	Pyramidellidae	<i>Turbonilla pupoides</i>	Pimenta & Absalão, 2004a	BU (21), RR (19), NO (22)
		<i>Eulimastoma didymum</i>	Pimenta & Absalão, 2004b	BU (1)
		<i>Fargoa bushiana</i>	Pimenta, Absalão & Miyaji, 2009	NO (1)
	Triphoridae	<i>Iniforis pseudothomae</i>	Fernandes & Pimenta, 2019	BU (1)
		<i>Metaxia excelsa</i>	Fernandes & Pimenta, 2011	BU (2)
	Phasianellidae	<i>Eulithidium affine</i>	Robertson 1958, Rios, 2009	BU (2), RR (28)
	Triviidae	<i>Niveria suffusa</i>	Rios, 2009	BU (1)
	Muricidae	<i>Favartia sp.</i>	Rios, 2009	RR (1)
		<i>Aspella sp.</i>	Rios, 2009	BU (1)
	Cerithiopsidae	<i>Seila adamsii</i>	Rios, 2009	PN (1)
		<i>Cerithiopsis cf. gemmulosa</i>	Rios, 2009	NO (1)
		<i>Cerithiopsis flava</i>	Rios, 2009	BU (1), NO (6)
	Pisaniidae	<i>Engina turbinella</i>	Rios, 2009	BU (1)
	Rissoellidae	<i>Rissoella ornata</i>	Simone 1995, Longo <i>et. al.</i> , 2014	RR (1)
	Anabathridae	<i>Amphitalamus glabrus</i>	Simone, 1995	BU (1), PN (2)
	Caecidae	<i>Caecum brasiliicum</i>	Mello 1986, Bendel 1996, Gomes & Absalão 1996	BU (4), RR (19), PN (4), NO (13)
		<i>Caecum ryssotitum</i>	Mello 1986, Bendel 1996, Gomes & Absalão 1996	BU (26), RR (17), NO (22)
		<i>Meioceras nitidum</i>	Mello 1986, Bendel 1996, Gomes & Absalão 1996	RR (14), NO (20)
	Skeneidae	<i>Cyclostrema sp.</i>	Rios, 2009	BU (1)
	Olividae	<i>Olivella nivea</i>	Rios, 2009	PN (3)
	Fissurellidae	<i>Emarginula sp. 1</i>	Rios, 2009	BU (1)
		<i>Emarginula sp. 2</i>	Rios, 2009	BU (1)

Tabela 3. Continuação

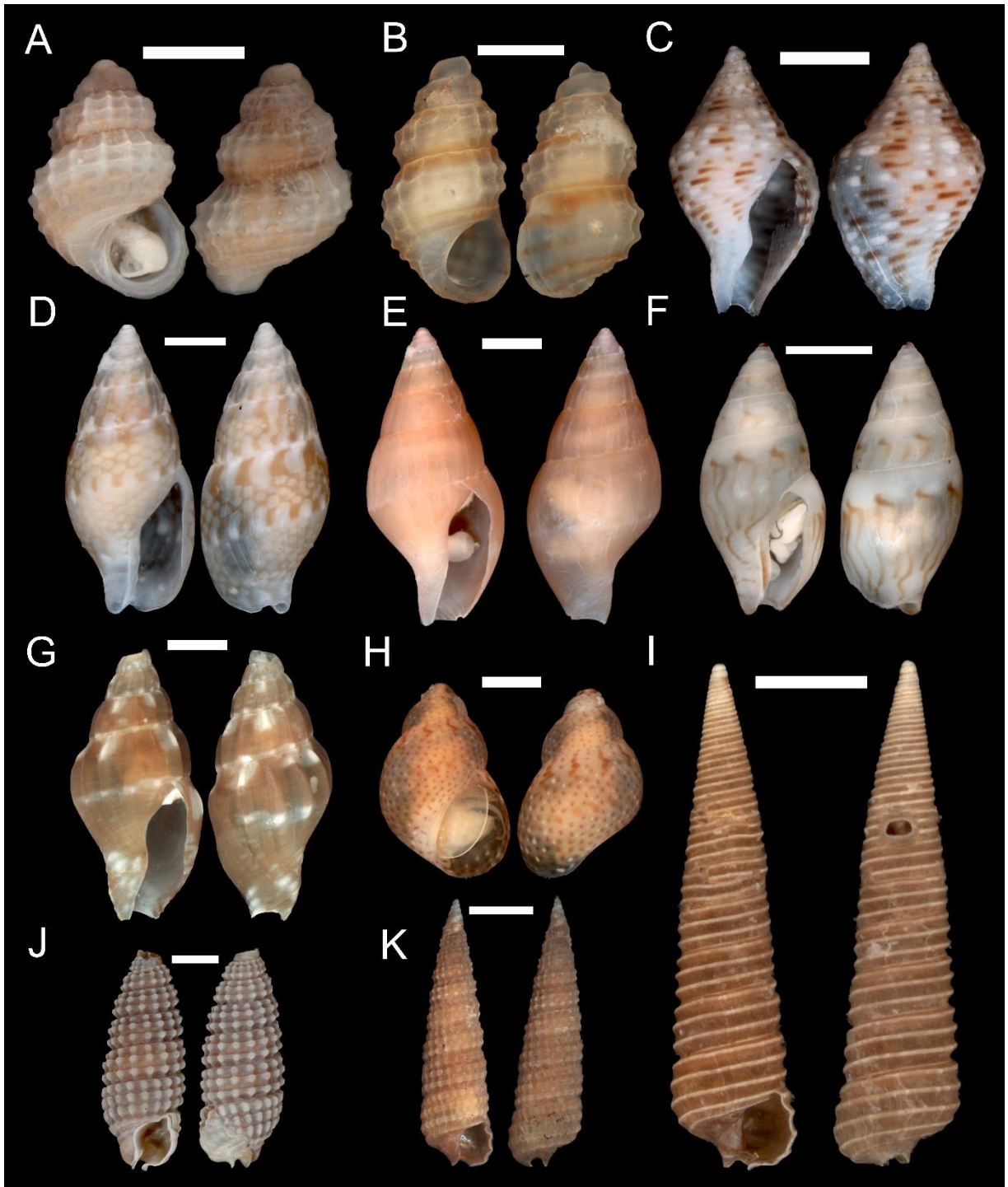
Classe	Família	Espécies	Literatura citada	Local(is)
GASTROPODA	Scissurellidae	<i>Scissurella</i> sp.	Rios, 2009	BU (1), RR (1)
	Turbinidae	<i>Parviturbo weberi</i>	Rios, 2009	RR (5)
		<i>Astrea latispina</i>	Rios, 2009	RR (1)
BIVALVIA	Zebinidae	<i>Zebina</i> sp.	Rios, 2009	NO (1), BU (1)
	Arcidae	<i>Barbatia domingensis</i>	Mikkelsen & Bieler, 2008	BU(3), RR (2), NO (1)
		<i>Barbatia cancellaria</i>	Mikkelsen & Bieler, 2008	BU (1), RR (1), NO (1)
		Arcidae 1	-	NO (1)
		Arcidae 2	-	NO (1)
	Limidae	<i>Lima caribaea</i>	Mikkelsen & Bieler, 2008	BU (2), RR (2)
	Limopsidae	Limopsidae	Mikkelsen & Bieler, 2008	NO (1)
	Mytilidae	<i>Musculus lateralis</i>	Mikkelsen & Bieler, 2008	BU (6), RR (9), NO (7)
		<i>Dacrydium hendersoni</i>	Mikkelsen & Bieler, 2008	BU (5), NO (1)
		<i>Crenella decussata</i>	Mikkelsen & Bieler, 2008	BU (1), RR (2), PN (2), NO (2)
		<i>Gregariella</i> sp.	Mikkelsen & Bieler, 2008	BU (1), NO (1)
		Cardiidae	<i>Americardia media</i>	Mikkelsen & Bieler, 2008
	<i>Papyridea semisulcata</i>		Mikkelsen & Bieler, 2008	BU (1), RR (13)
	Gastrochaenidae	<i>Lamychaena hians</i>	Mikkelsen & Bieler, 2008	BU (15), RR (1), NO (19)
	Pectinidae	<i>Leptopecten bavayi</i>	Mikkelsen & Bieler, 2008	NO (1)
	Pteriidae	<i>Pinctada imbricata</i>	Mikkelsen & Bieler, 2008	RR (10)
	Veneriidae	Chioninae	-	RR (20), PN (2)
		<i>Gouldia cerina</i>	Mikkelsen & Bieler, 2008	BU (1), RR (3), NO (9)
	Crassatellidae	<i>Crassinella lunulata</i>	Mikkelsen & Bieler, 2008	RR (8), PN (1)
	Condylocardiidae	<i>Carditopsis smithi</i>	Mikkelsen & Bieler, 2008	RR (9)
Chamidae	<i>Chama sinuosa</i>	Mikkelsen & Bieler, 2008	RR (4), PN (3), NO (3)	
Lyonsiidae	Lyonsiidae 1	Mikkelsen & Bieler, 2008	BU (1), RR (3), NO (2)	
	Lyonsiidae 2	Mikkelsen & Bieler, 2008	RR (1)	
POLYPLACOPHORA	Acanthochitonidae	<i>Acantochitona terezae</i>	Jardim, Almeida & Simone, 2017	BU (31), RR (9), PN (6), NO (7)
		<i>Acantochitona</i> sp.	-	BU (1), RR (1)
	Ischnochitonidae	<i>Ischnochiton striolatus</i>	Rios, 2009	BU (5), PN (2), NO (1)
<i>Ischnochiton</i> sp.		Rios, 2009	BU (3), RR (2), NO (2)	
<b>TOTAL</b>	<b>36 FAMÍLIAS</b>	<b>66 ESPÉCIES</b>		

Para a Ilha da Queimada Grande, foram encontradas 21 famílias e 27 espécies sendo: 14 famílias e 19 espécies de Gastropoda; 6 famílias e 7 espécies de Bivalvia; e somente 1 família e 1 espécie de Polyplacophora (Tabela 4).

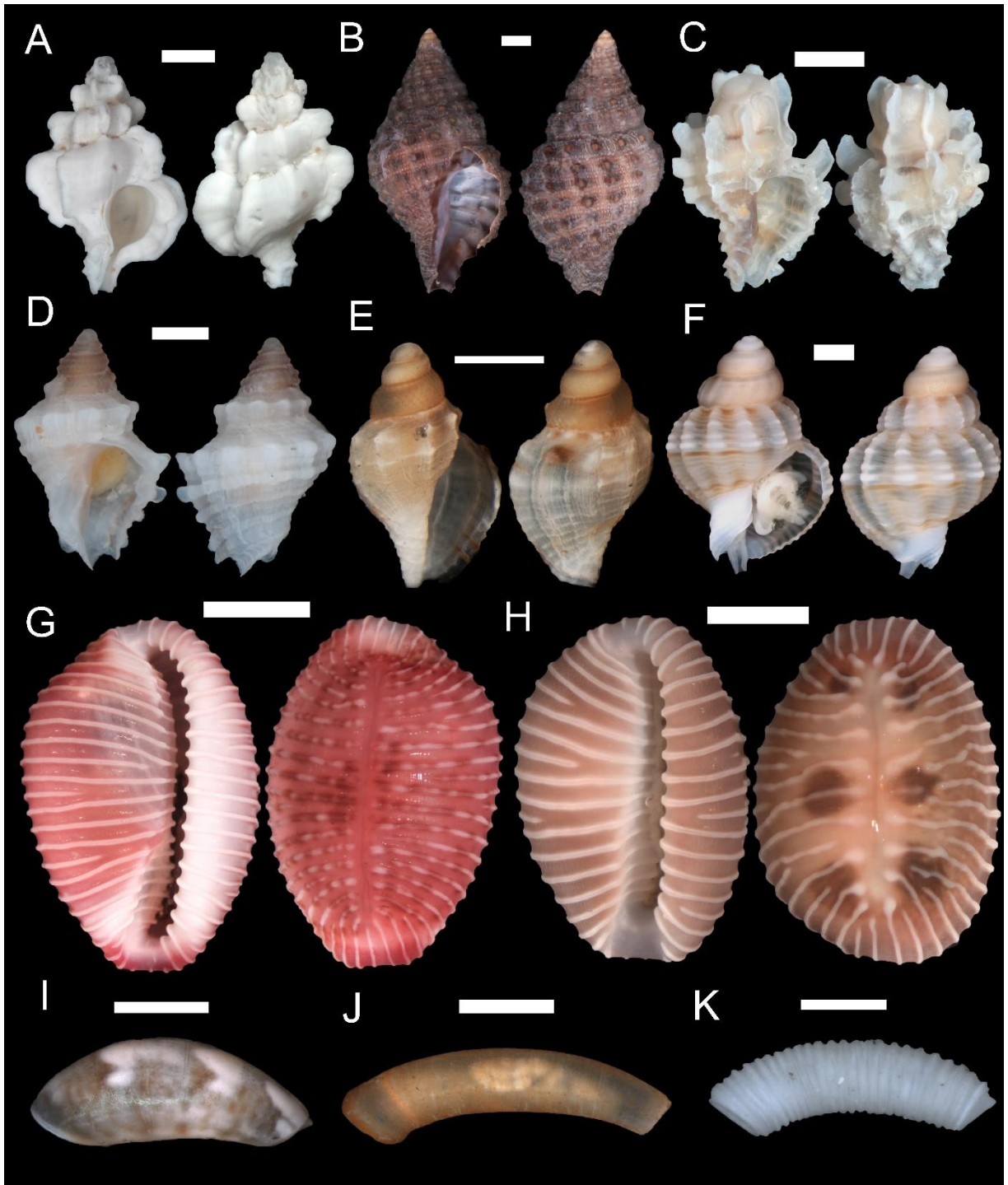
**Tabela 4.** Malacofauna associada aos rodolitos de QG – SP. Classe, Família, Espécie, Literatura utilizada para identificação, Local de coleta e quantidade de indivíduos (n).

Classe	Família	Espécie	Literatura utilizada	Local	
GASTROPODA	Rissoidae	<i>Alvania auberiana</i>	Rios, 2009	Fundo (1)	
	Barleeiidae	<i>Pseudodiala puncturina</i>	Dos Santos & Absalão, 2006	Raso (1)	
		<i>Caelatura spirocordata</i>	Rios 2009	Fundo (1)	
	Columbellidae	<i>Astyris lunata</i>	Rios, 2009	Raso (10) e Fundo (23)	
		<i>Anachis femeli</i>	Rios, 2009	Raso (1)	
	Pyramidellidae	<i>Turbonilla multicosata</i>	Longo <i>et. al.</i> 2014	Fundo (2)	
	Triphoridae	<i>Marshallora</i> sp.	Fernandes & Pimenta 2019	Fundo (1)	
		<i>Nanaphora verbenei</i>	Fernandes & Pimenta 2019	Fundo (1)	
	Pisaniidae	<i>Engina turbinella</i>	Rios, 2009	Fundo (1)	
	Naticidae	<i>Sinum perspectivum</i>	Rios, 2009	Raso (4)	
	Muricidae	<i>Coralliophila aberrans</i>	Rios, 2009	Fundo (2)	
		<i>Trachypolia turricula</i>	Rios, 2009	Fundo (1)	
	Rissoellidae	<i>Rissoella ornata</i>	Simone 1995, Longo <i>et. al.</i> , 2014	Raso (2)	
	Anabathridae	<i>Amphitalamus glabrus</i>	Simone, 1995	Raso (2)	
	Cerithiopsidae	<i>Cerithiopsis</i> cf. <i>gemmulosa</i>	Rios, 2009	Raso (2)	
		<i>Cerithiopsis flava</i>	Rios, 2009	Raso (1) e Fundo (4)	
	Nassariidae	<i>Nassarius albus</i>	Rios, 2009	Fundo (1)	
	Calyptraeidae	<i>Bostrycapulus aculeatus</i>	Rios, 2009	Raso (5) e Fundo (56)	
	Turbinidae	<i>Parviturbo weberi</i>	Rios, 2009	Fundo (1)	
	BIVALVIA	Arcidae	<i>Barbatia domingensis</i>	Mikkelsen & Bieler, 2008	Raso (1)
		Mytilidae	<i>Musculus lateralis</i>	Mikkelsen & Bieler, 2008	Raso (1)
			<i>Leiosolenus bisulcatus</i>	Mikkelsen & Bieler, 2008	Raso (2) e Fundo (4)
		Pteriidae	<i>Pinctada imbricata</i>	Mikkelsen & Bieler, 2008	Raso (1)
Crassatellidae		<i>Crassinella lunulata</i>	Mikkelsen & Bieler, 2008	Raso (1)	
Veneridae		<i>Gouldia cerina</i>	Mikkelsen & Bieler, 2008	Fundo (7)	
Lyonsiidae		Lyonsiidae	Mikkelsen & Bieler, 2008	Raso (1)	
POLYPLACOPHORA		Ischnochitonidae	<i>Ischnochiton striolatus</i>	Rios, 2009	Raso (9) e Fundo (3)
<b>TOTAL</b>	<b>21 FAMÍLIAS</b>	<b>27 ESPÉCIES</b>			

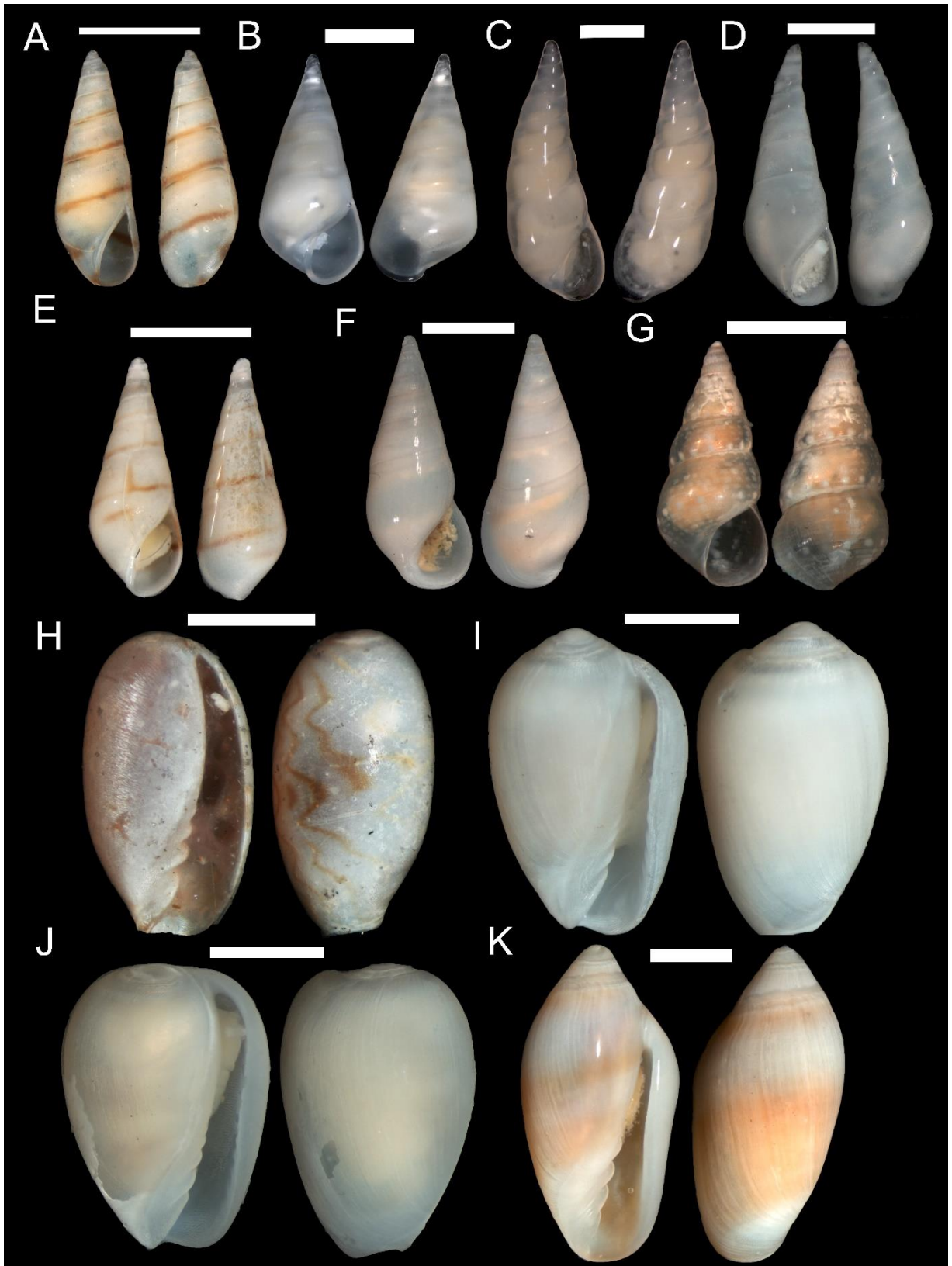
Todas as espécies foram fotografadas e são mostradas nas Figuras 5 a 25.



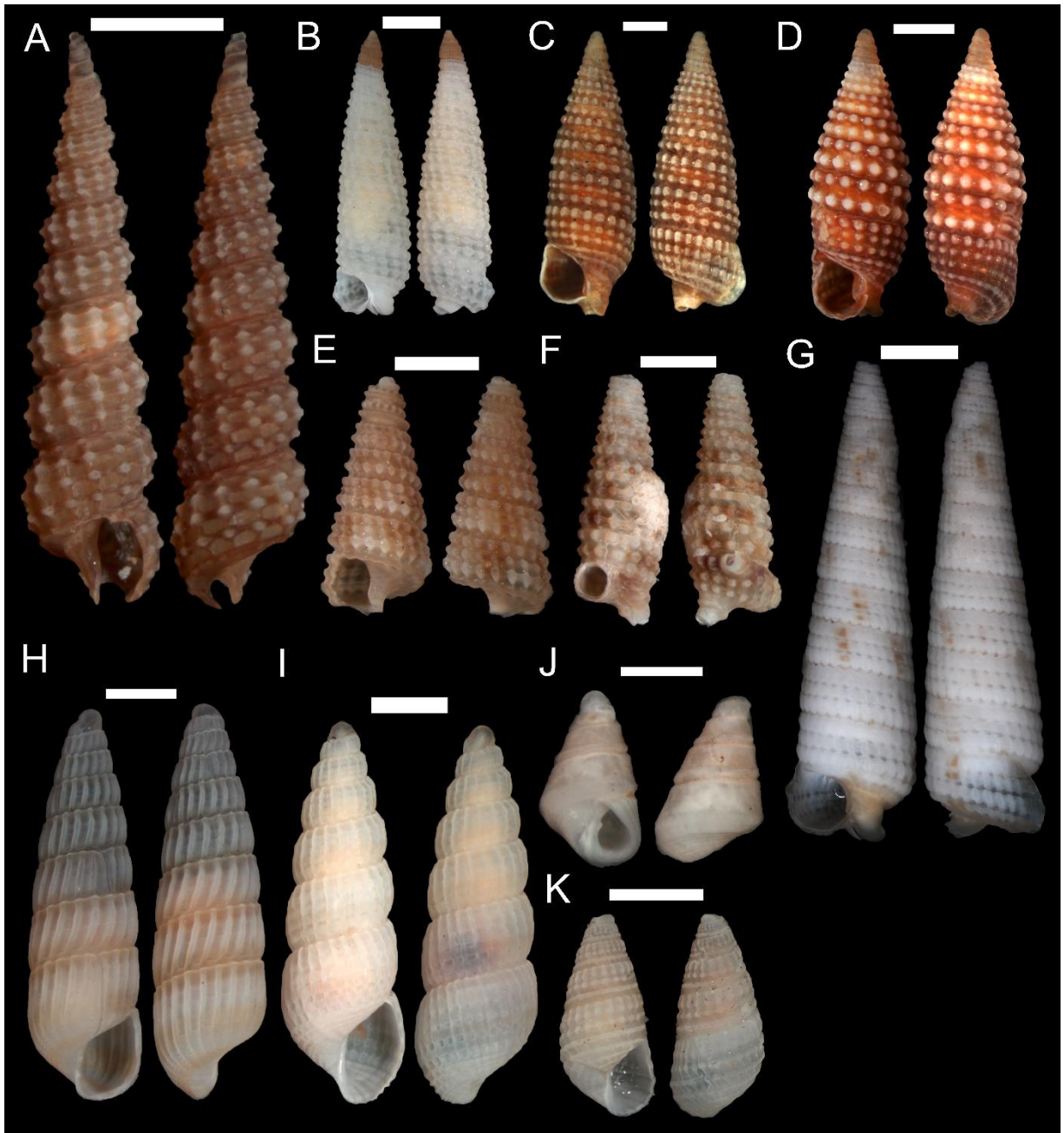
**Figura 5.** Fotomicrografias das espécies de gastrópodes associados aos rodólitos das três ilhas estudadas. (A) Rissoidae: *Alvania auberiana*, (B) *Simulamerelina caribaea*; (C) Columbellidae: *Columbela mercatoria*, (D) *Zafrona idalina*, (E) *Zafrona idalina* (variação), (F) *Astyris lunata*, (G) *Anachis fenneli*; (H) Phasianellidae: *Eulithidium affine*; (I) Cerithiopsidae: *Seila adamsii*, (J) *Cerithiopsis* cf. *gemmulosa*, (K) *Cerithiopsis flava*. Escalas: A-B= 500 µm; C= 2000 µm; D-H= 1000 µm; I= 2000 µm; J= 500 µm; K= 1000 µm.



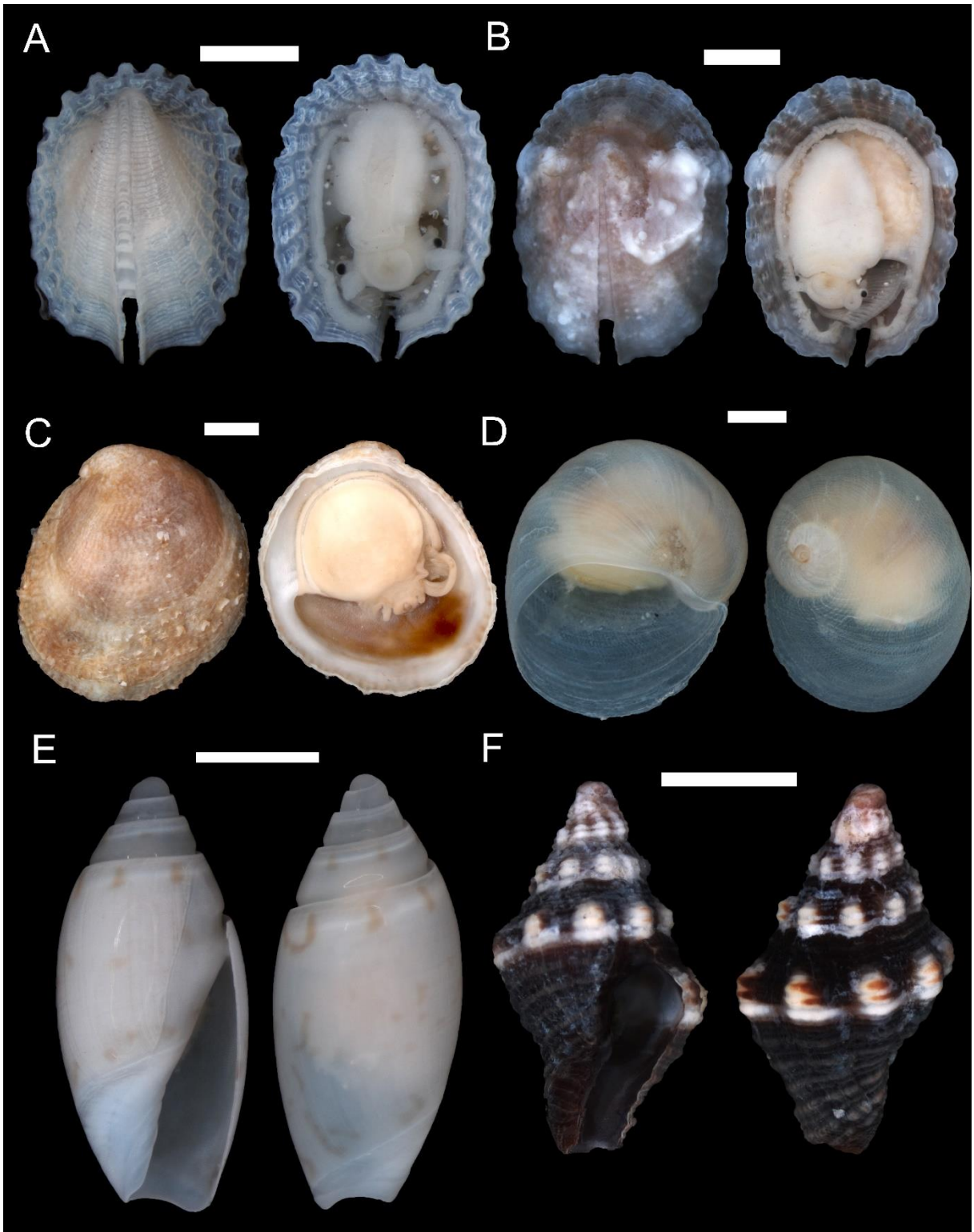
**Figura 6.** Fotomicrografias das espécies de gastrópodes associados aos rodólitos das três ilhas estudadas. (A) Muricidae: *Aspella* sp., (B) *Trachypolia turricula*, (C) *Favartia* sp., (D) *Coraliophilla* sp., (E) *Stramonita brasiliensis*; (F) Nassariidae: *Nassarius albus*; (G) Triviidae: *Niveria suffusa*, (H) *Pusula pediculus*; (I) Caecidae: *Meioceras nitidum*, (J) *Caecum ryssotitum*, (K) *Caecum brasilicum*. Escalas: A-B= 500  $\mu$ m; C-D= 1000  $\mu$ m; E= 2000  $\mu$ m; F= 500  $\mu$ m; G-H= 2000  $\mu$ m; I-K= 500  $\mu$ m.



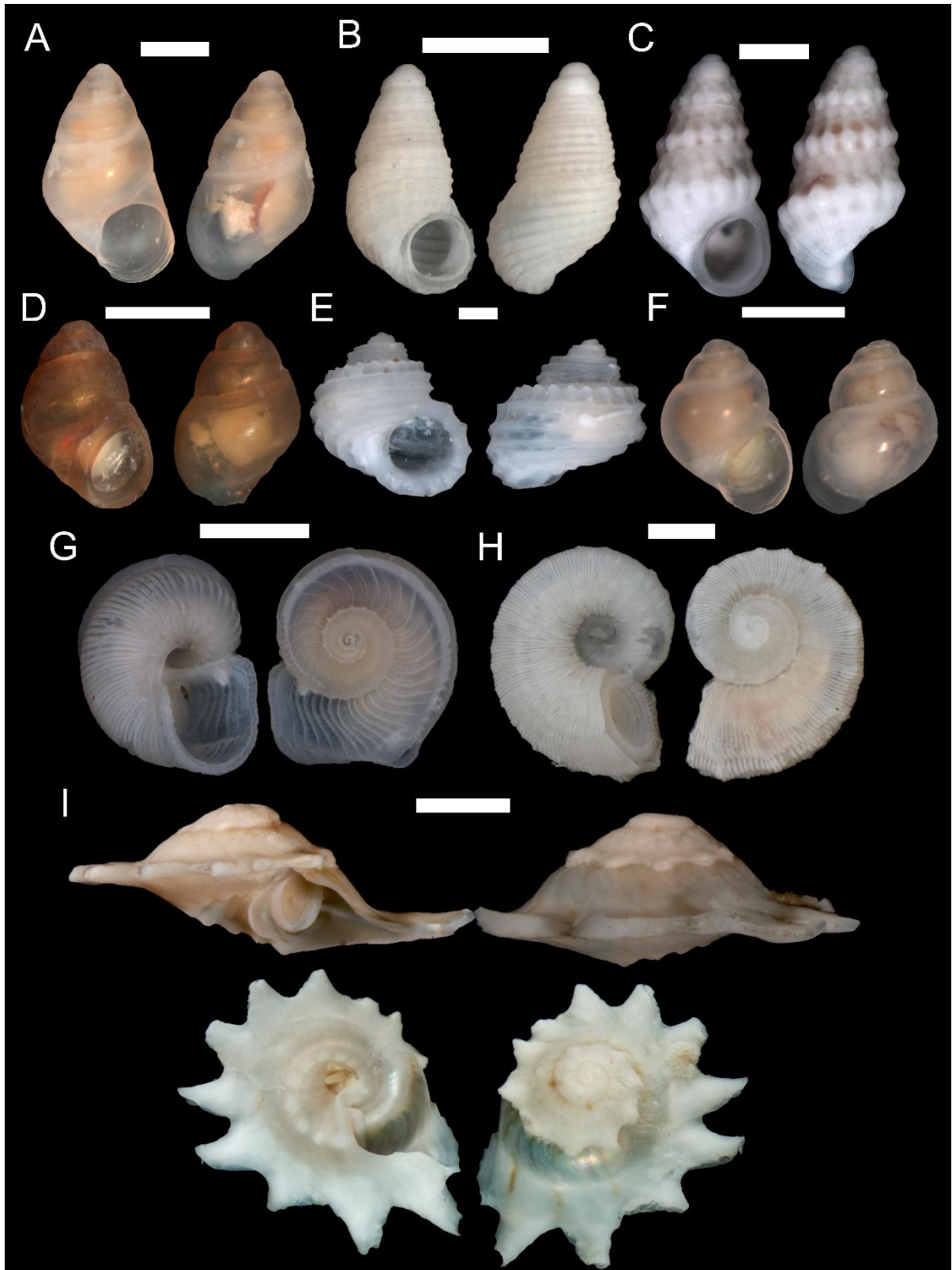
**Figura 7.** Fotomicrografias das espécies de gastrópodes associados aos rodólitos das três ilhas estudadas. **(A)** Eulimidae: *Hemiliostraca auricincta*, **(B)** *Melanella* sp., **(C)** *Vitreollina* sp. 1, **(D)** *Vitreollina* sp. 2, **(E)** *Eulima fulvocincta*; **(F)** Zebinidae: *Zebina* sp.; **(G)** Litiopidae: *Alaba incerta*; **(H)** Marginellidae: Marginellidae 1, **(I)** Marginellidae 2, **(J)** Marginellidae 3, **(K)** *Volvarina albolineata*. Escalas: **A**= 500  $\mu$ m; **B**= 1000  $\mu$ m; **C-K**= 500  $\mu$ m.



**Figura 8.** Fotomicrografias das espécies de gastrópodes associados aos rodolitos das três ilhas estudadas. (A) Triphoridae: *Metaxia excelsa*, (B) *Cosmotriphora melanura*, (C) *Marshallora* sp., (D) *Nanaphora verbenei*, (E) *Isotriphora* sp., (F) *Iniforis pseudothomae*, (G) *Latitriphora albida*; (H) Pyramidellidae: *Turbonilla pupoides*, (I) *Turbonilla multicostata*, (J) *Eulimastoma didymum*, (K) *Fargoa bushiana*. Escalas: A= 1000  $\mu\text{m}$ ; B-K= 500  $\mu\text{m}$ .



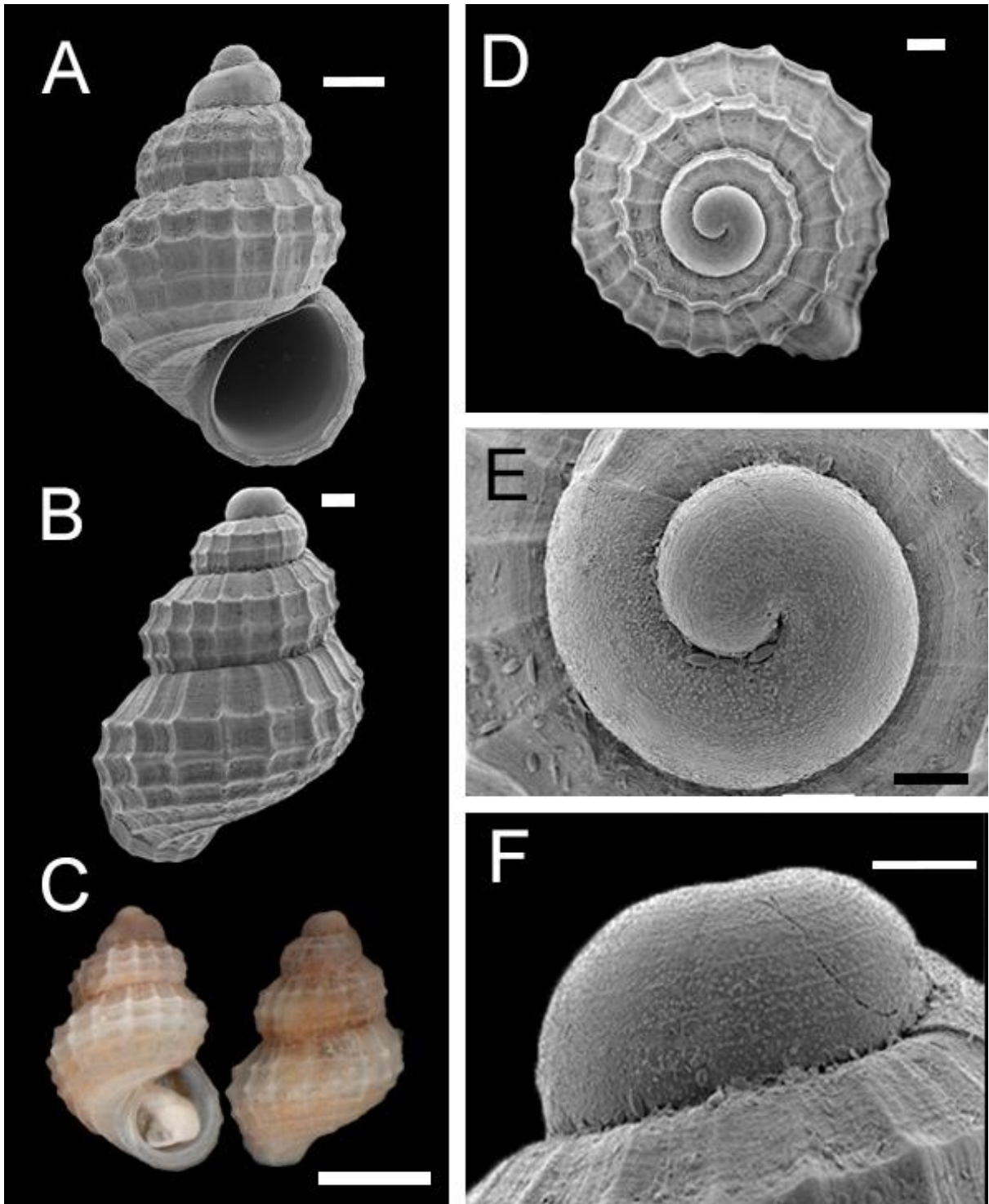
**Figura 9.** Fotomicrografias das espécies de gastrópodes associados aos rodólitos das três ilhas estudadas. (A) Fissurellidae: *Emarginula* sp. 1, (B) *Emarginula* sp. 2; (C) Calyptraeidae: *Bostrycapulus aculeatus*; (D) Naticidae: *Sinum perspectivum*; (E) Olividae: *Olivella nivea*; (F) Pisaniidae: *Engina turbinella*. Escalas: A= 500 µm B= 1000 µm; C= 2000 µm; D= 500 µm; E= 1000 µm; F= 2000 µm.



**Figura 10.** Fotomicrografias das espécies de gastrópodes associados aos rodolitos das três ilhas estudadas. (A) Barleeiidae: *Pseudodiala puncturina*, (B) *Caelatura spirocordata*, (C) *Caelatura barcellosi*; (D) Anabathridae: *Amphitalamus glabrus*; (E) Tornidae: *Parviturbo weberi*; (F) Rissoellidae: *Rissoella ornata*; (G) Scissurellidae: *Scissurella* sp.; (H) Skeneidae: *Cyclostrema* sp.; (I) Turbinidae: *Astrea latispina*. Escalas: A-G= 500 µm; H= 1000 µm; I= 2000 µm.

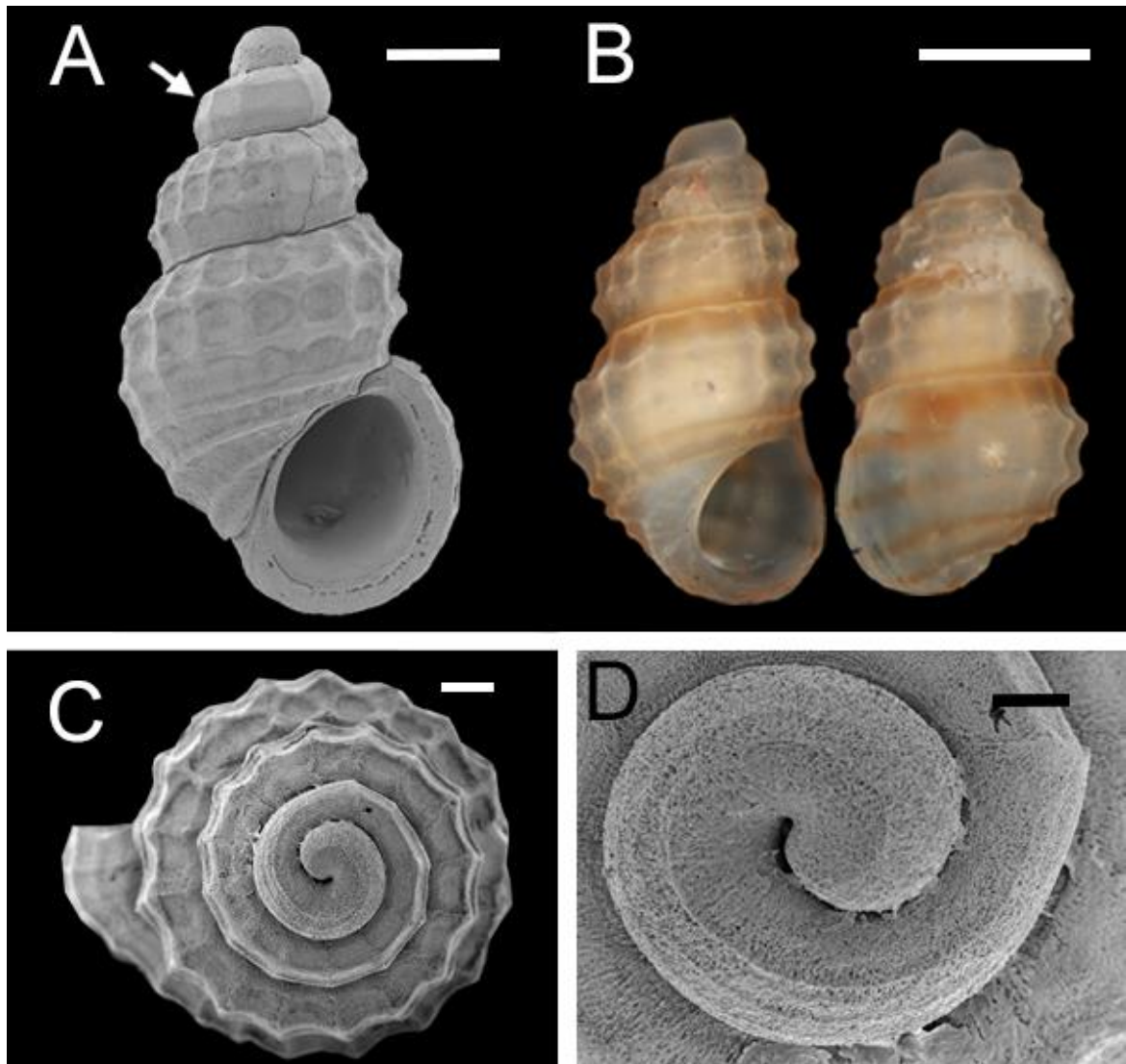
Nas pranchas a seguir são representadas as eletromicrografias das espécies mais abundantes associadas aos rodolitos para a Família Rissoidae: *Alvania auberiana* (d'Orbigny, 1842) e *Simulamereлина caribaea* (d'Orbigny, 1842). As características da família Rissoidae são conchas diminutas, com espiro alta em relação à volta do corpo, e a escultura cancelada (radial + espiral), além do opérculo fino.

*Alvania auberiana* é caracterizada por ter uma concha de tamanho diminuto de formato oval-alongada com coloração creme-amarelada, escultura cancelada sendo que sua a espiral se sobrepõe à radial formando elevações na intersecção das mesmas (Figura 11A, B); a protoconcha possui 1,25 voltas com a presença de pequenas linhas zigzagueadas (Figura 11C, D, E).



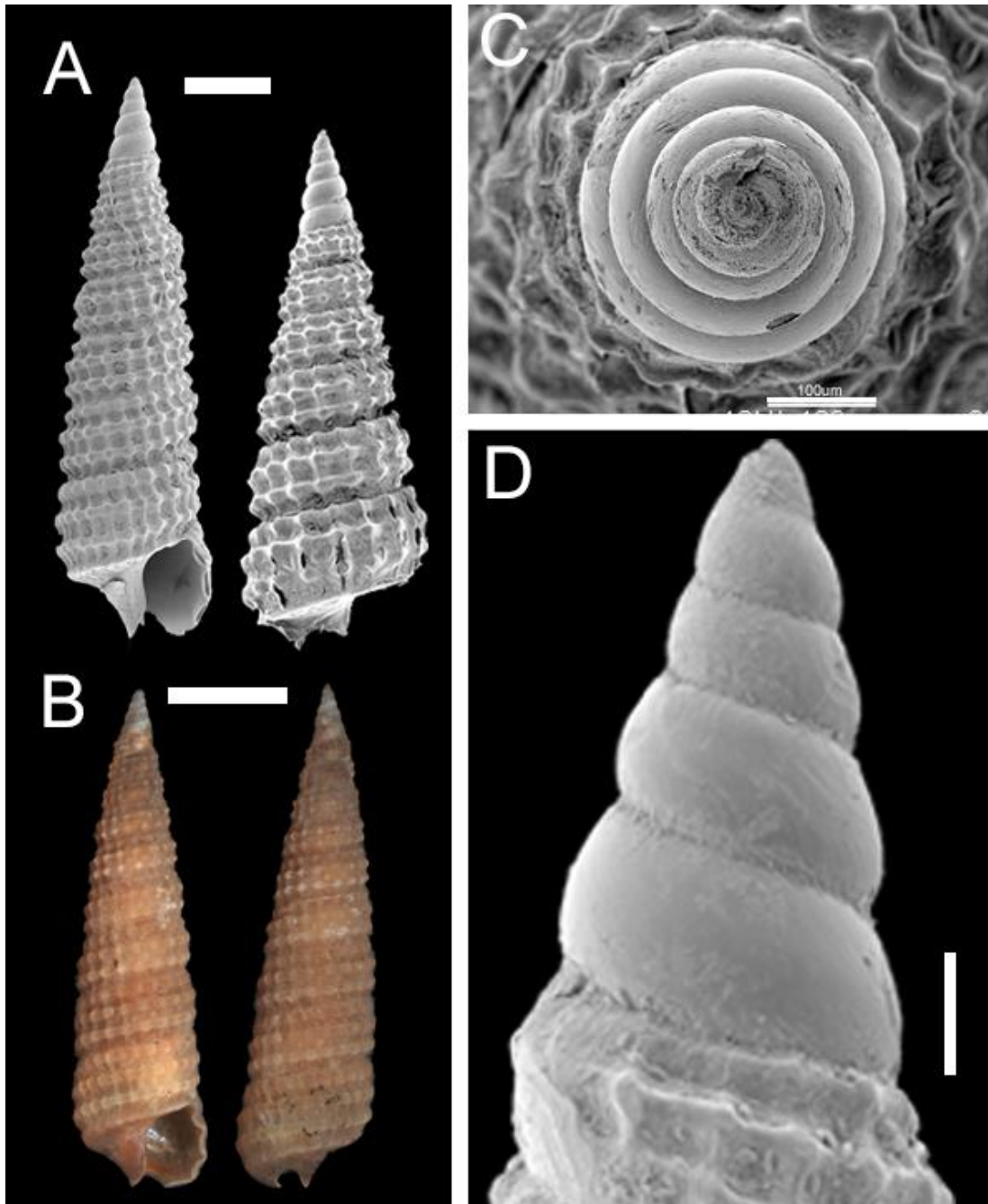
**Figura 11.** *Alvania auberiana* (Rissoidae). Eletromicrofotografia da (A) vista apertural, (B) vista abapertural, (C) aspecto conchiliológico da coloração do animal coletado e fixado em álcool 70% observada em estereomicroscópio, (D) vista apical para contagem do número de voltas, (E) detalhe observado na protoconcha do espécime com pústulas (F) detalhe da escultura espiral da protoconcha formando linhas multiseriadas. Escalas: A= 200  $\mu$ m; B= 100  $\mu$ m; C=500  $\mu$ m; D= 100  $\mu$ m; E-F= 50  $\mu$ m.

*Simulamerelina caribaea* possui uma concha mais alongada que a de *Alvania auberiana*, porém algumas variações ou estados mais jovens da espécie podem ser facilmente confundidos com *A. auberiana*. Possui coloração creme-esbranquiçada com faixas espirais douradas; a escultura é similar à de *A. auberiana*, cancelada, formando 2 fileiras de “pústulas” no encontro das duas esculturas (Figura 12B). Sua protoconcha possui 1,25 voltas (Figura 12C, D), porém uma característica melhor observada na MEV é a protoconcha ombrada, que aparenta uma leve quilha ao ver o perfil da concha (Figura 12A).



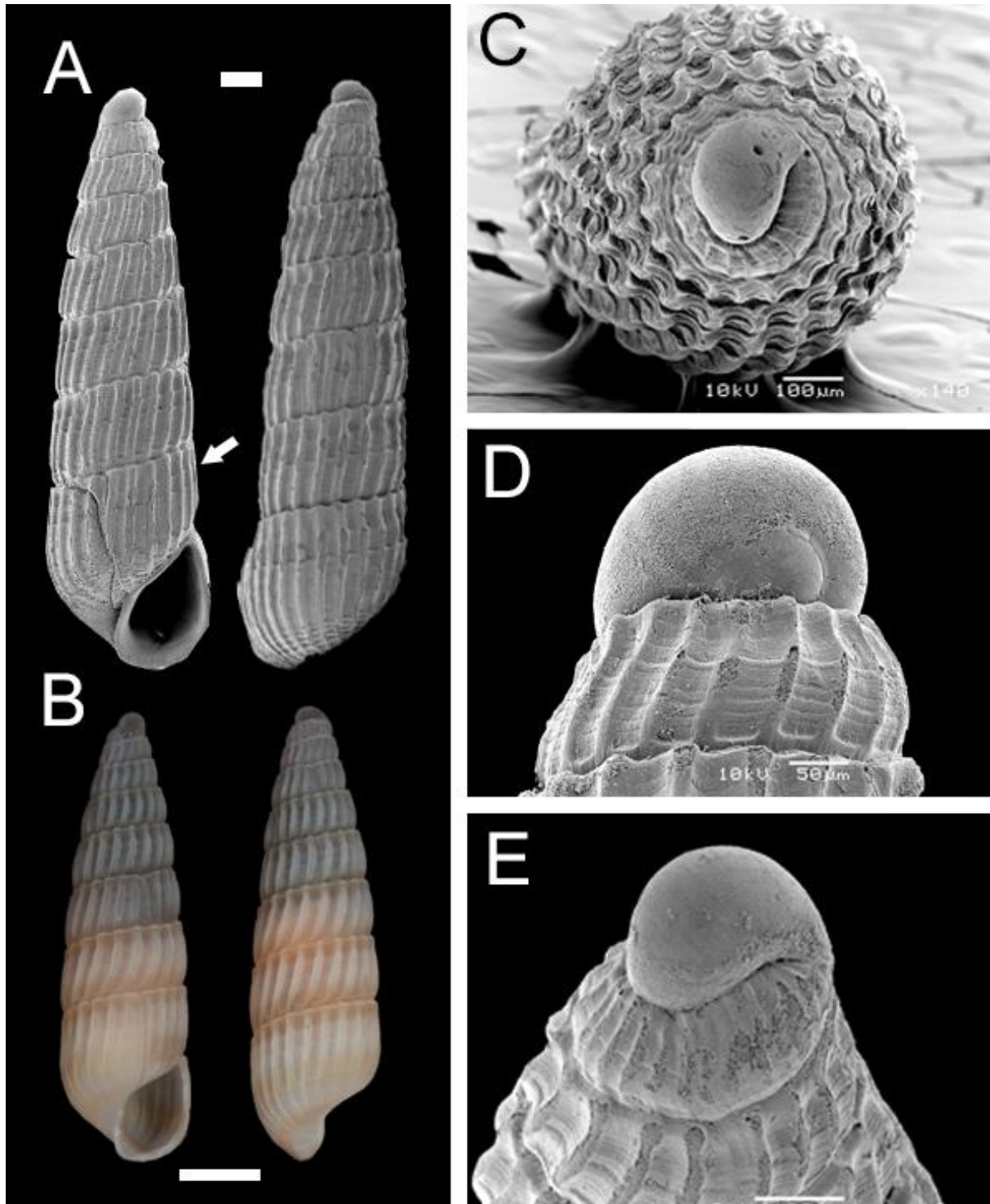
**Figura 12.** *Simulamerelina caribaea* (Rissoidae). Eletromicrografia da (A) vista apertural, a seta indica a protoconcha “ombrada”, (B) aspecto geral da vista apertural, abapertural do animal coletado e fixado em álcool 70% para observação das bandas espirais douradas, (C) vista apical para contagem do número de voltas, (D) detalhe da protoconcha. Escalas: A= 200  $\mu\text{m}$ ; B= 500  $\mu\text{m}$ ; C=100  $\mu\text{m}$ ; D= 50  $\mu\text{m}$ .

Em *Cerithiopsis flava* (C. B. Adams, 1850), é característico o aspecto conquiliológico da família Cerithiopsidae a concha larval mamilada multiespiral, com 5 ou mais voltas, abertura dextrogira. Sua concha possui coloração castanho escura sendo que a escultura espiral é bastante evidente, formando duas fileiras de pústulas em cada volta (Figura 13A). Sua protoconcha não possui escultura e tem 5,25 voltas (Figura 13C, D).



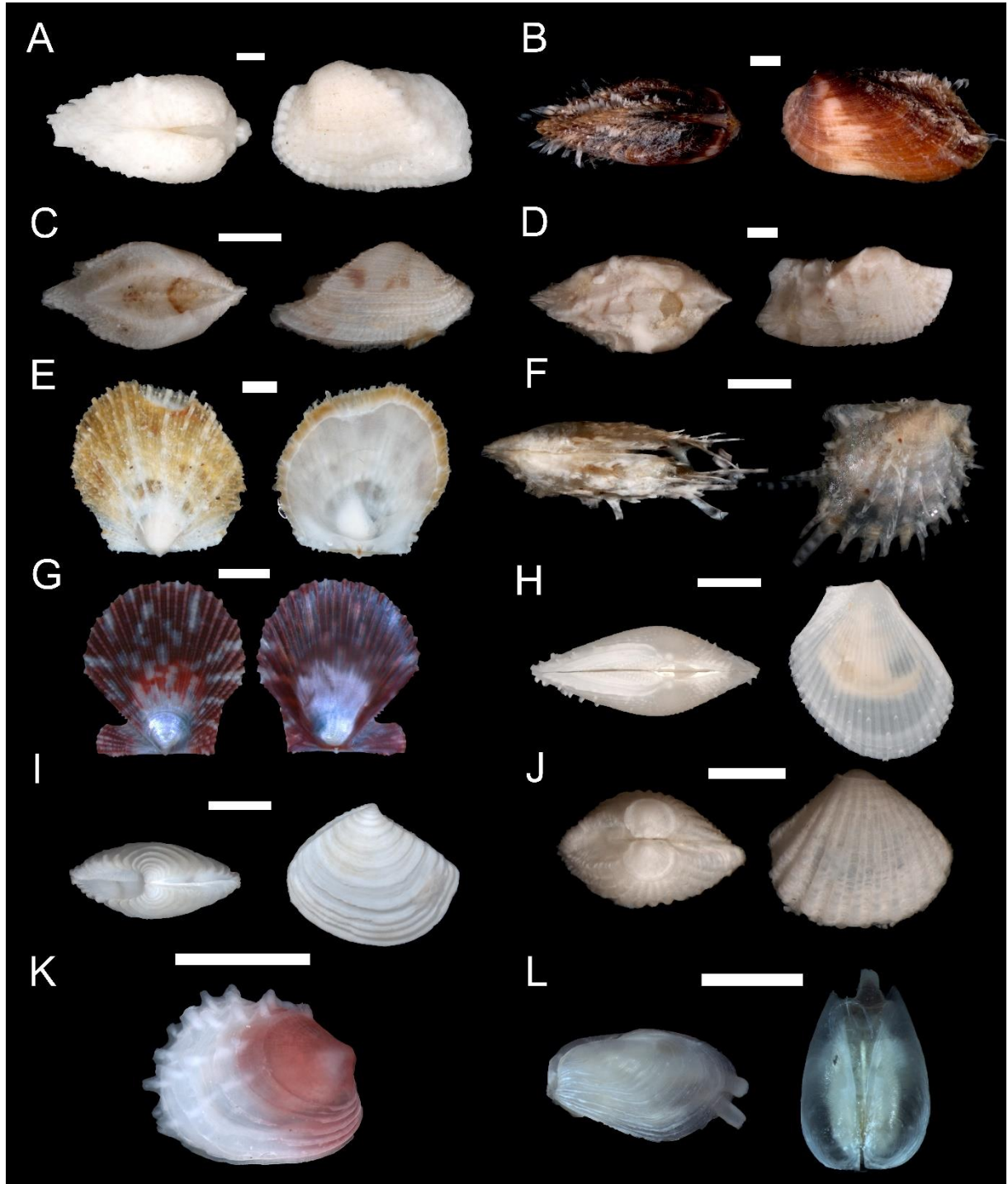
**Figura 13.** *Cerithiopsis flava* (Cerithiopsidae). Eletromicrografia da (A) vista apertural, (B) aspecto geral da vista apertural, abapertural do animal coletado e fixado em álcool 70% para observação da coloração marrom claro, (C) vista apical para contagem do número de voltas, (D) detalhe da protoconcha multiespiral sem escultura. Escalas: A= 500 µm; B= 1000 µm; C-D=100 µm.

*Turbonilla pupoides* (d'Orbigny, 1841), que foi uma das espécies mais dominantes do banco de Abrolhos, é facilmente identificável pelo formato de sua concha, “pupóide”, com uma escultura axial bem evidente, característica do gênero *Turbonilla*, mas com o diferencial da escultura espiral formando duas linhas no meio da volta do corpo (Figura 14A), como observado por Pimenta & Absalão (2004). Sua protoconcha auxilia na identificação da Família, por ser denominada protoconcha heterostrófica, isto é, durante seu estágio larval, o seu crescimento segue o sentido oposto do enrolamento espiral (Figura 14C, D e E).

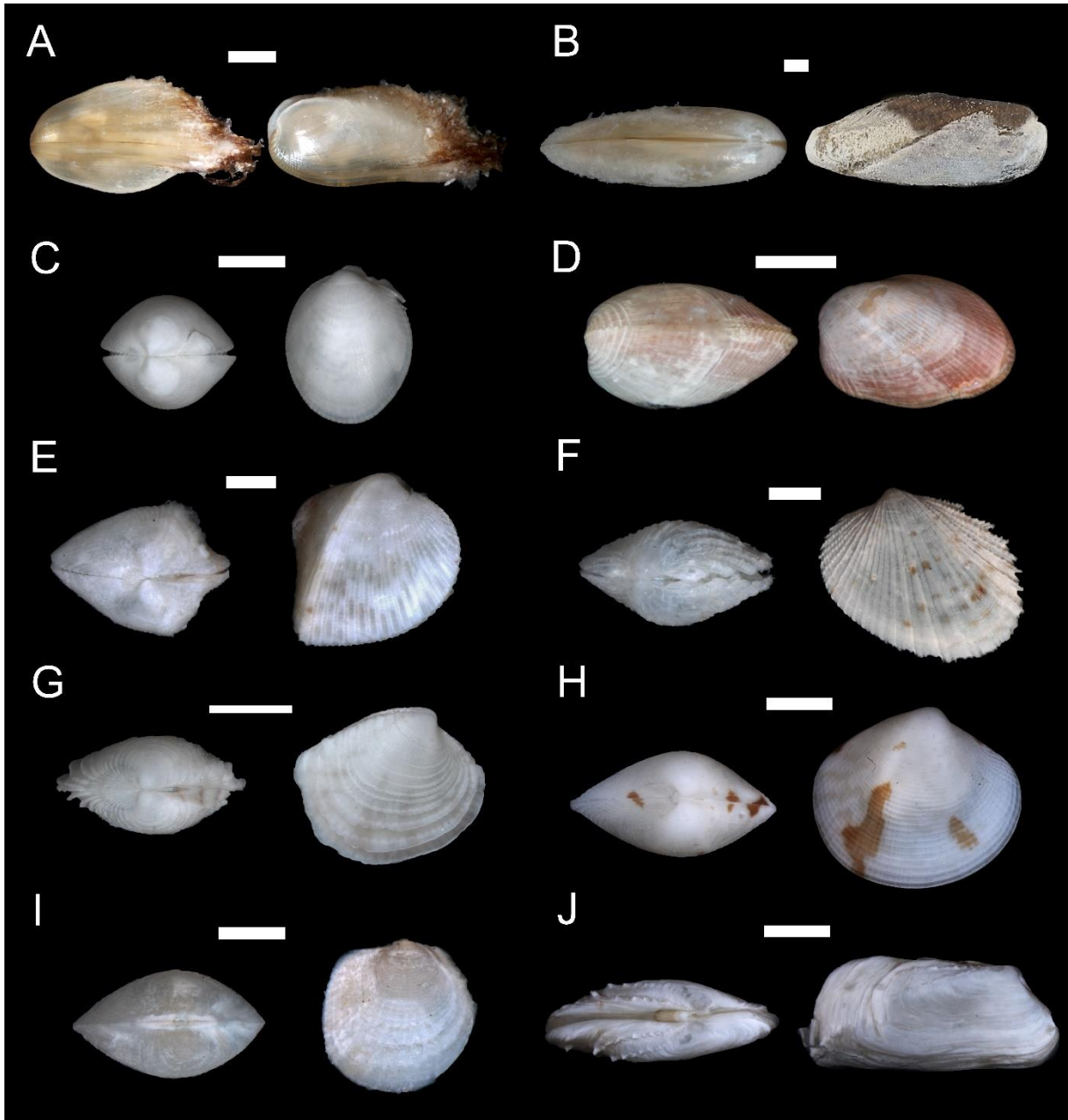


**Figura 14.** *Turbonilla pupoides* (Pyramidellidae). Eletromicrografia da (A) vista apertural e abapertural, escultura espiral presente na volta do corpo (seta), (B) aspecto geral da vista apertural, abapertural do animal coletado e fixado em álcool 70% para observação coloração com bandas espirais douradas nas suturas das voltas, (C) vista apical para contagem do número de voltas com observação da protoconcha heterostrófica, (D-E) detalhe da protoconcha heterostrófica. Escalas: A= 200  $\mu\text{m}$ ; B= 500  $\mu\text{m}$ ; C=100  $\mu\text{m}$ ; D-E= 50  $\mu\text{m}$ .

Para os bivalves foram identificados 22 indivíduos, sendo 18 a nível de espécie e 4 a nível de família (Figura 15 e 16). Os únicos indivíduos que não foram fotografados foram duas espécies de Pectinidae e uma espécie de Lyonsiidae, devido seu estado de conservação.



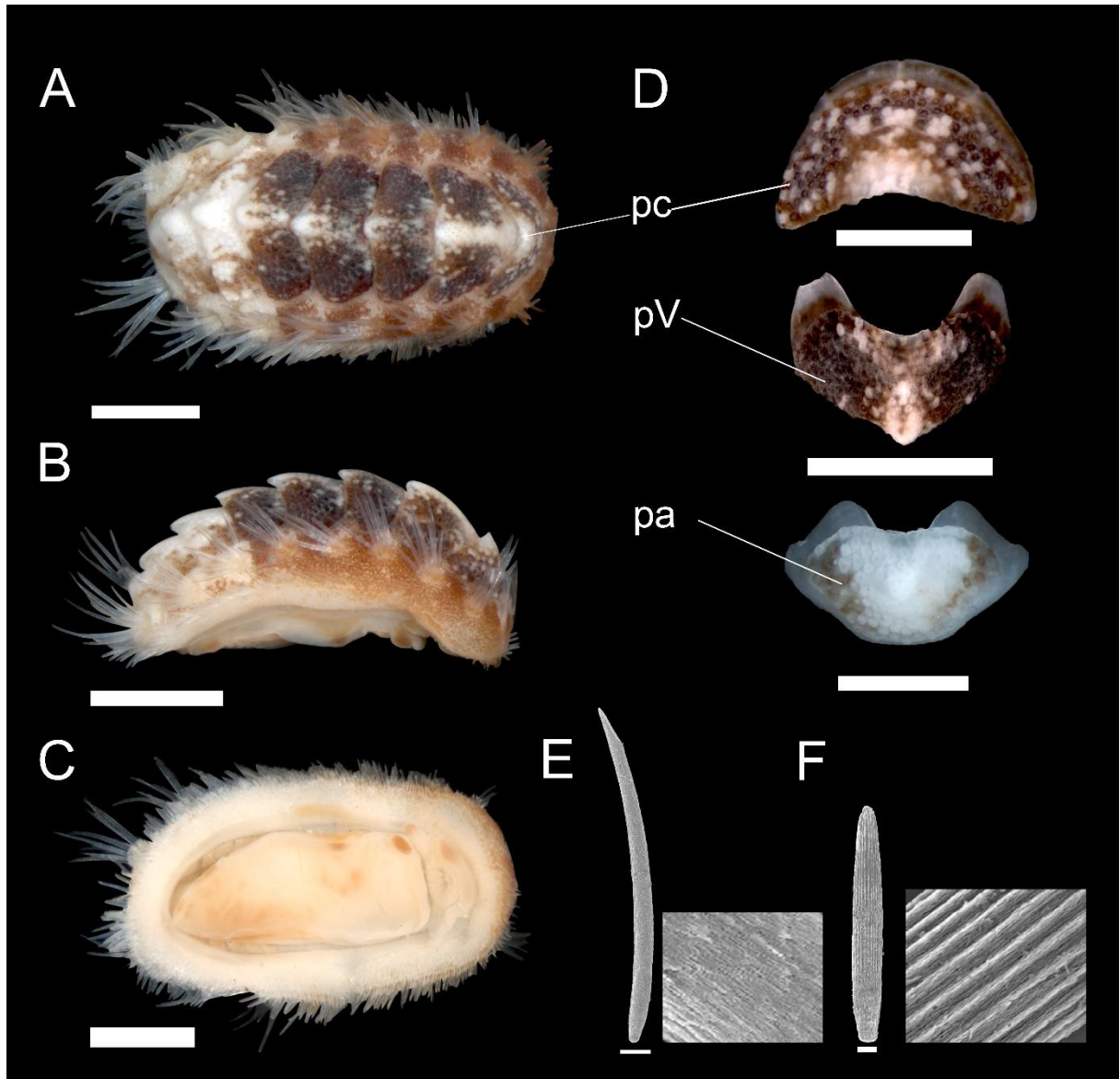
**Figura 15.** Fotomicrografias das espécies de Bivalvia associados aos rodolitos. (A) Arcidae: *Barbatia domingensis*, (B) *Barbatia cancellaria*, (C) Arcidae 1, (D) Arcidae 2; (E) Spondylidae: *Spondylus americanus*; (F) Pteriidae: *Pinctada imbricata*; (G) Pectinidae: *Leptopecten bavayi*; (H) Limidae: *Lima caribaea*; (I) Crassatellidae: *Crassinella lunulata*; (J) Condyllocardiidae: *Carditopsis smithi*; (K) Chamidae: *Chama sinuosa*; (L) Gastrochaenidae: *Lamychaena hians* Escalas: A-E= 1000  $\mu\text{m}$ ; F= 2000  $\mu\text{m}$ ; G-I= 1000  $\mu\text{m}$ ; J= 500  $\mu\text{m}$ ; K-L= 1000  $\mu\text{m}$ .



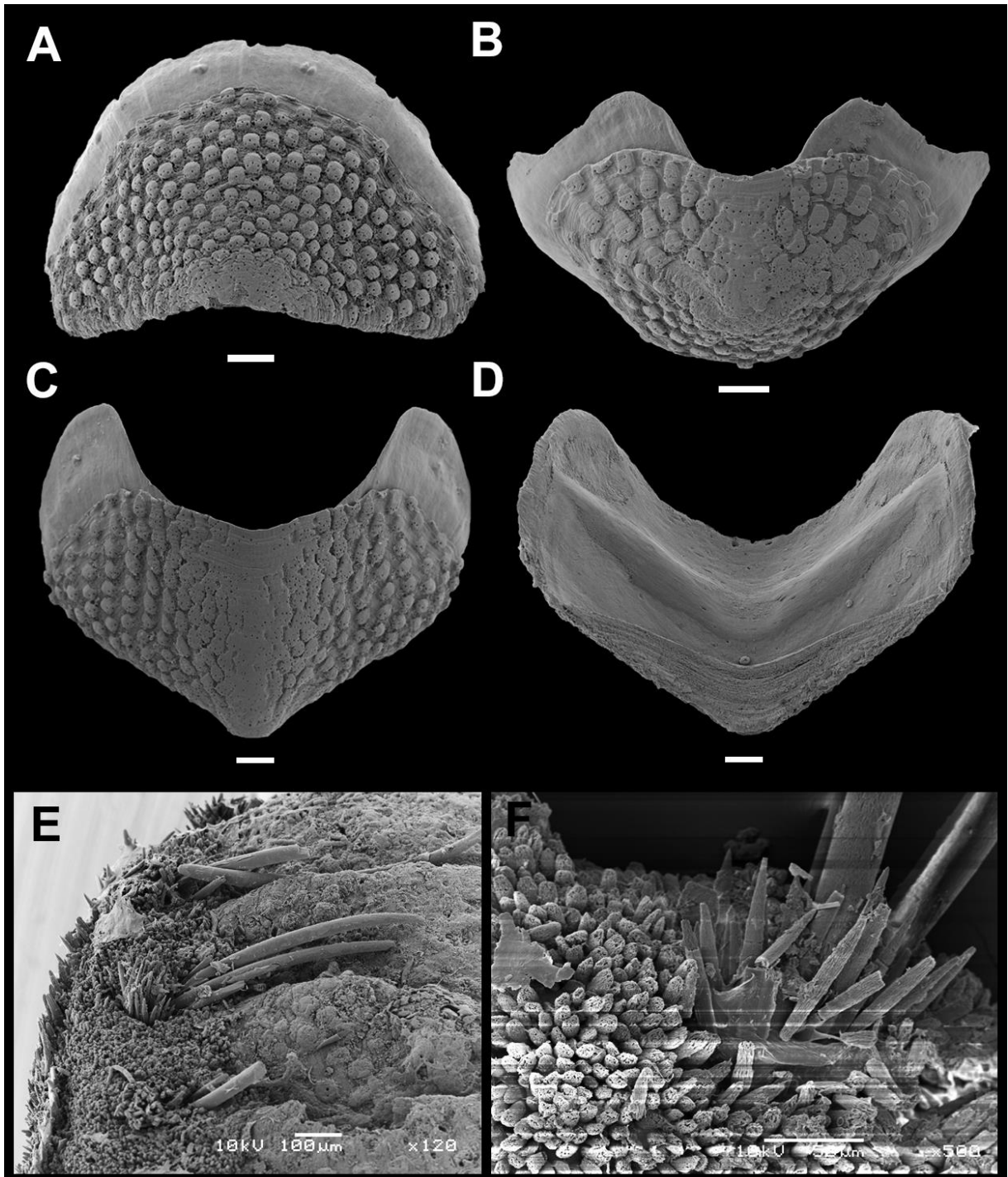
**Figura 16.** Fotomicrografias das espécies de Bivalvia associados aos rodolitos. **(A)** Mytilidae: *Gregariella* sp., **(B)** *Leiosolenus bisulcatus*, **(C)** *Crenella decussata*, **(D)** *Musculus laterallis*; **(E)** Cardiidae: *Americardia media*, **(F)** *Papyridea semisulcata*; **(G)** Veneriidae: Chioninae, **(H)** *Gouldia cerina*; **(I)** Limopsidae: Limopsidae 1; **(J)** Lyonsiidae: *Entodesma* sp. Escalas: **A-D**= 1000  $\mu$ m; **E-F**= 500  $\mu$ m; **G-H**= 1000  $\mu$ m; **I**= 500  $\mu$ m; **J**= 1000  $\mu$ m.

Foram encontradas quatro espécies de Polyplacophora associadas a rodolitos sendo duas da família Acanthochitonidae e duas da família Ischnochitonidae. Um dos Acanthochitonidae trata-se de *Acanthochitona terezae* Guerra Júnior, 1983 (Figura 17) e a outra espécie é possivelmente uma nova ocorrência para o Brasil ou até mesmo uma espécie nova de *Acanthochitona* (Figura 20). Em relação aos Ischnochitonidae, uma das espécies foi identificada como sendo *Ischnochiton striolatus* (Gray, 1828) (Figura 22) e outra ainda está indefinida, *Ischnochiton* sp. (Figura 24).

A família Acanthochitonidae é caracterizada pela presença de tufo de espinhos no cinturão e as placas parcialmente recobertas pelo cinturão. *Acanthochitona terezae* (Figura 17) possui um formato alongado, cinturão com cerca de 18 tufo de espinhos longos e curtos; foram encontrados dois tipos de espinhos nos indivíduos: uns mais longos e sem aparente escultura (Figura 17E), e outros curtos, com escultura radial (Figura 17F); suas placas são esculturadas com pústulas na região dorsal sendo que a placa cefálica na região ventral possui cerca de 3-5 suturas. As placas intermediárias também são esculturadas por pústulas com exceção da área jugal, que é lisa (Figura 18A, B, C); possuem lâminas suturais bem desenvolvidas (Figura 17D pV; Figura 18B, C). Por fim, a placa anal também possui uma grande quantidade de pústulas na região dorsal (Figura 17D pa; Figura 18B). Alguns indivíduos foram submetidos à MEV para observação de detalhes das placas e a organização dos espinhos no cinturão (Figura 18).

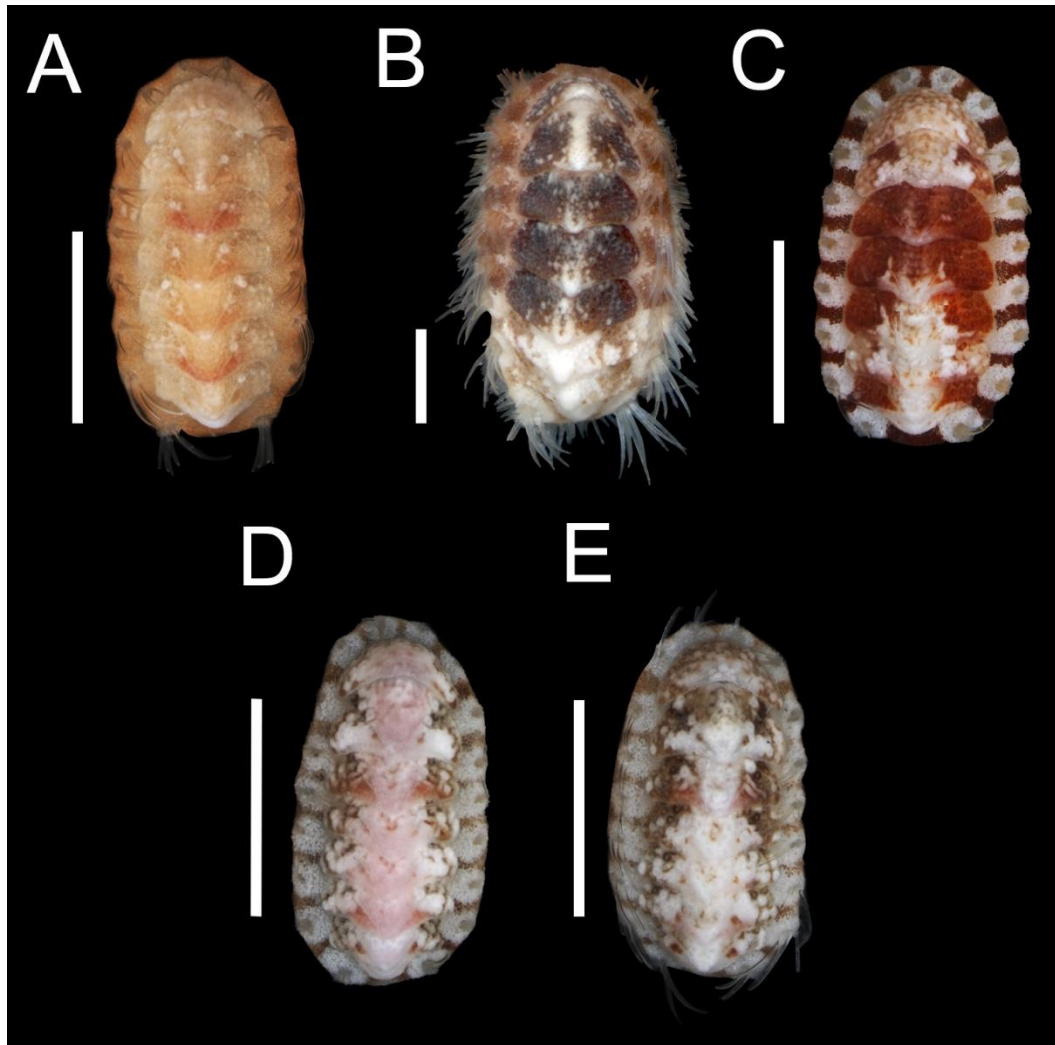


**Figura 17.** *Acanthochitona terezae* (Acanthochitonidae). **(A)** Vistas dorsal, **(B)** lateral direita e **(C)** ventral do animal íntegro. **(D)** Vista dorsal da placa cefálica (pc), intermediária (pV) e placa anal (pa). **(E)** Eletromicrografia dos espinhos longos do cinturão e detalhes da superfície lisa. **(F)** Eletromicrografia dos espinhos curtos do cinturão apresentando uma superfície com ranhuras por toda sua extensão. Escalas: **A-C:** 1000  $\mu\text{m}$ ; **D** (pc e pa) = 500  $\mu\text{m}$ , **D**(pV)= 1000  $\mu\text{m}$ ; **E**= 100  $\mu\text{m}$  e **F**= 20  $\mu\text{m}$  .



**Figura 18.** *Acanthochitona terezae* (Acanthochitonidae). Eletromicrografias da (A) vista dorsal da placa cefálica, (B) vista dorsal da placa anal, (C) vista dorsal da placa intermediária VI, (D) vista ventral da placa II. (E) Eletromicrografia dos espinhos longos do cinturão e detalhes da superfície lisa. (F) Eletromicrografia dos espinhos curtos do cinturão apresentando uma superfície com ranhuras por toda sua extensão. Escalas: A-C: 1000  $\mu\text{m}$ ; D (pc e pa) = 500  $\mu\text{m}$ , D (pV) = 1000  $\mu\text{m}$ ; E = 100  $\mu\text{m}$  e F = 20  $\mu\text{m}$ .

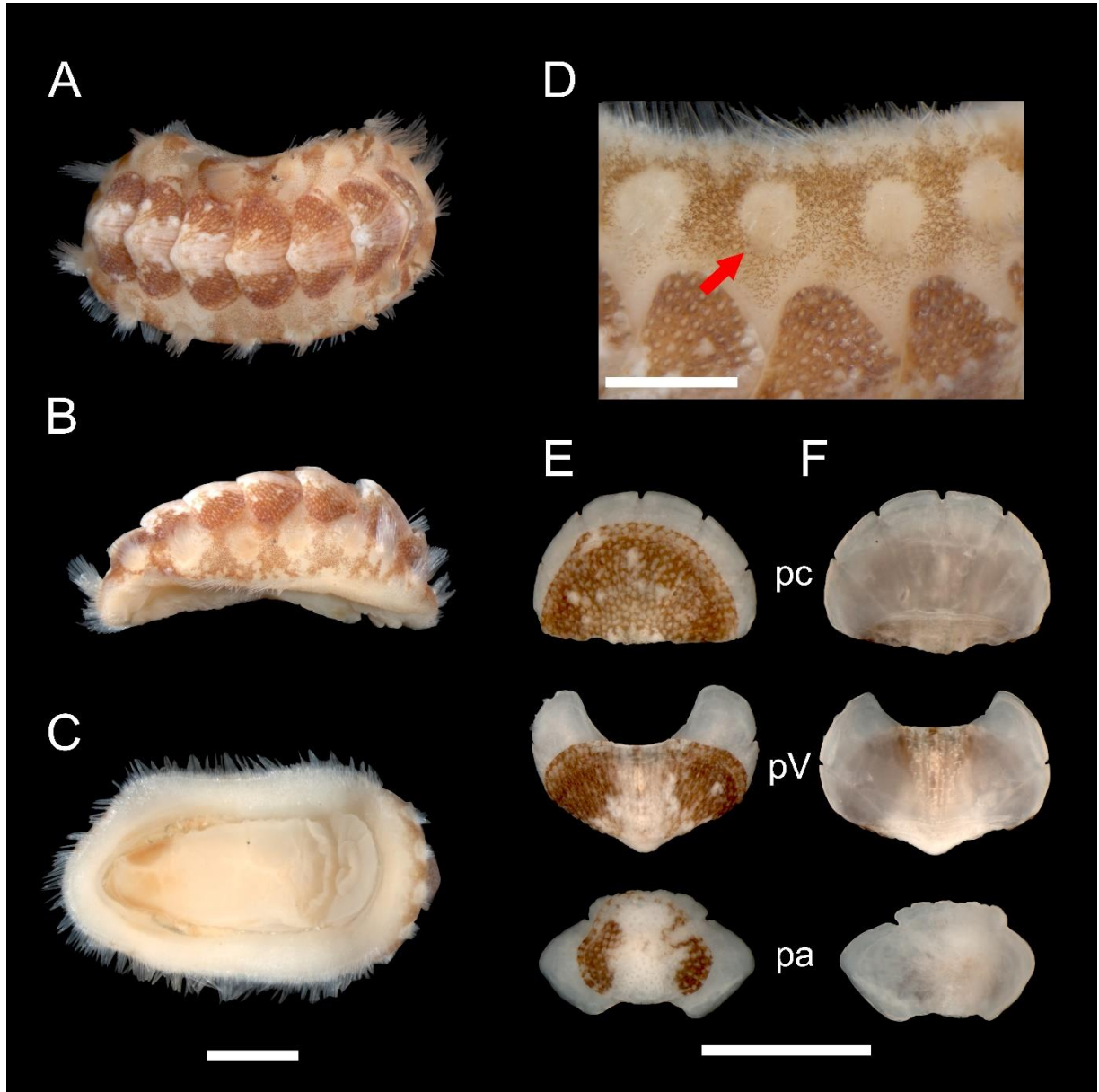
Além das características morfológicas, foi constatada também a existência de um policromatismo (variação no padrão da coloração) em *A. terezae*, demonstrado na Figura 19. Não há nenhum registro de variação polimórfica desta espécie, sendo apenas constatada em *Ischnochiton striolatus* (Rodrigues & Absalão, 2005).



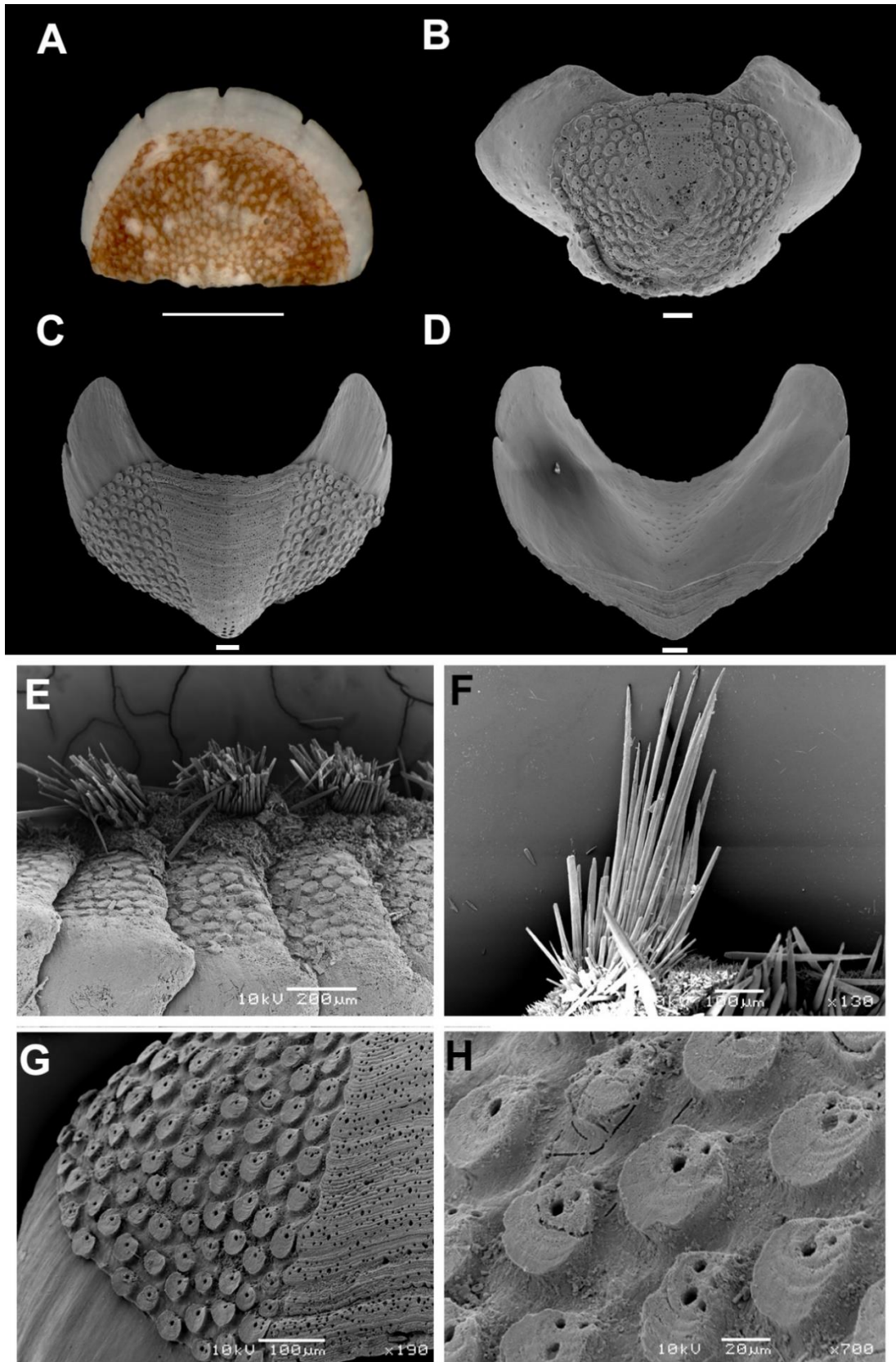
**Figura 19.** Variação policromática em *A. terezae* com as 5 variações encontradas associadas aos rodolitos.  
Escala A-E: 1000  $\mu$ m.

A outra espécie de *Acanthochitona* (Figura 20) difere de *A. terezae* em alguns aspectos, como na presença de tufo de espinhos curtos e densos em menores quantidades (Figura 20D, 21E, F). Suas placas também são esculpidas com pústulas dorsais, mas estas são menores em comparação com às de *A. terezae*, sendo também distribuídas em maior quantidade na superfície da placa (Figura 21G, H); a área jugal da placa intermediária mostrou-se maior em

comparação com a da outra espécie, tendo também uma lâmina sutural na placa anal mais expandida (Figura 21B) Essas foram as principais diferenças encontradas entre as duas espécies de *Acanthochitona*.

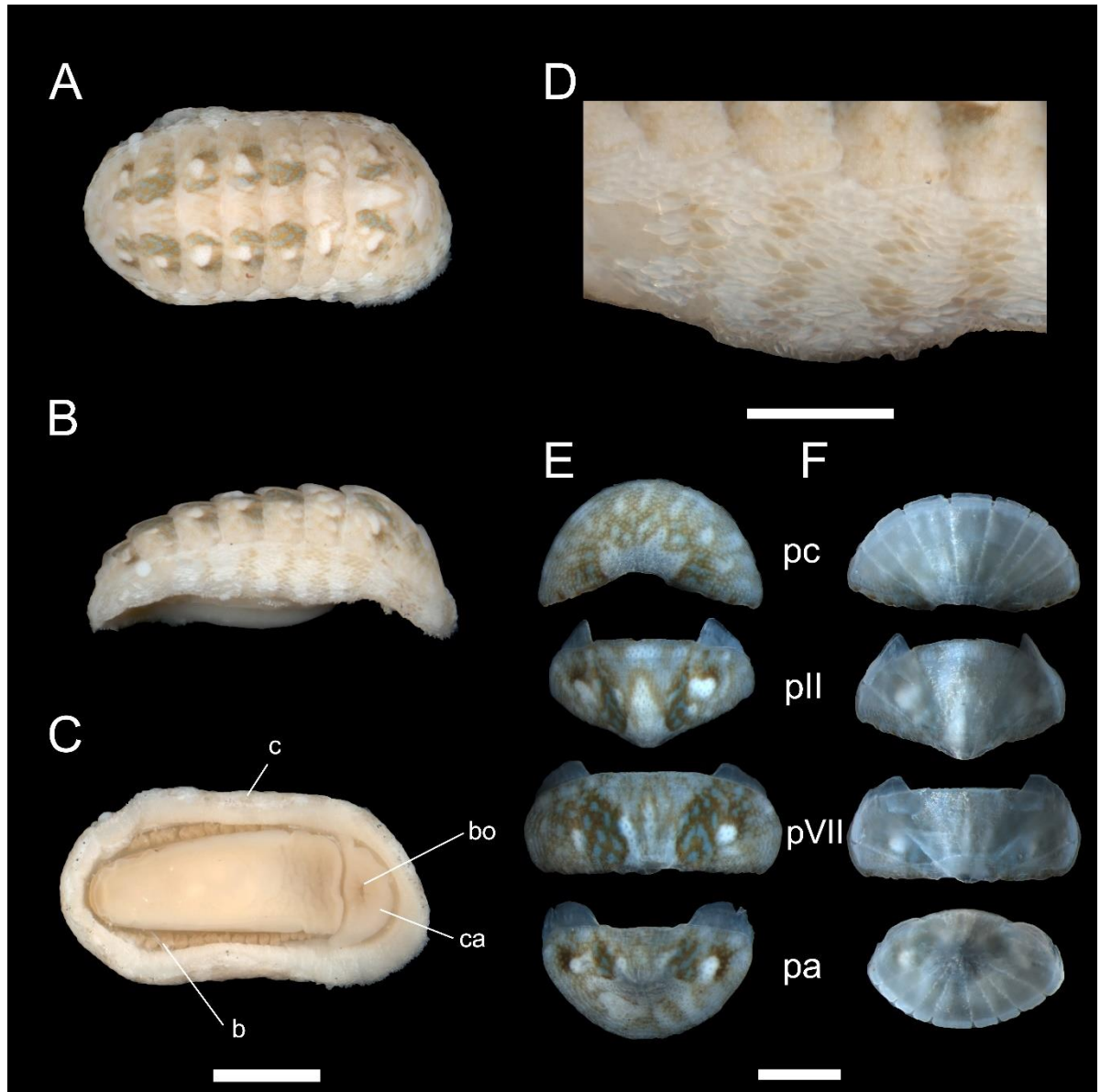


**Figura 20.** *Acanthochitona* sp. (Acanthochitonidae). (A) Vista dorsal do indivíduo íntegro, (B) vista lateral direita; (C) vista ventral, (D) detalhe dos tufos de espinhos no cinturão (seta), (E) vista dorsal das placas, (F) vista ventral das placas; placa cefálica (pc); placa intermediárias V (pV), placa anal (pa), boca (bo), cabeça (ca), brânquias (b), cinturão (c). Escalas: A-E= 1000  $\mu$ m.

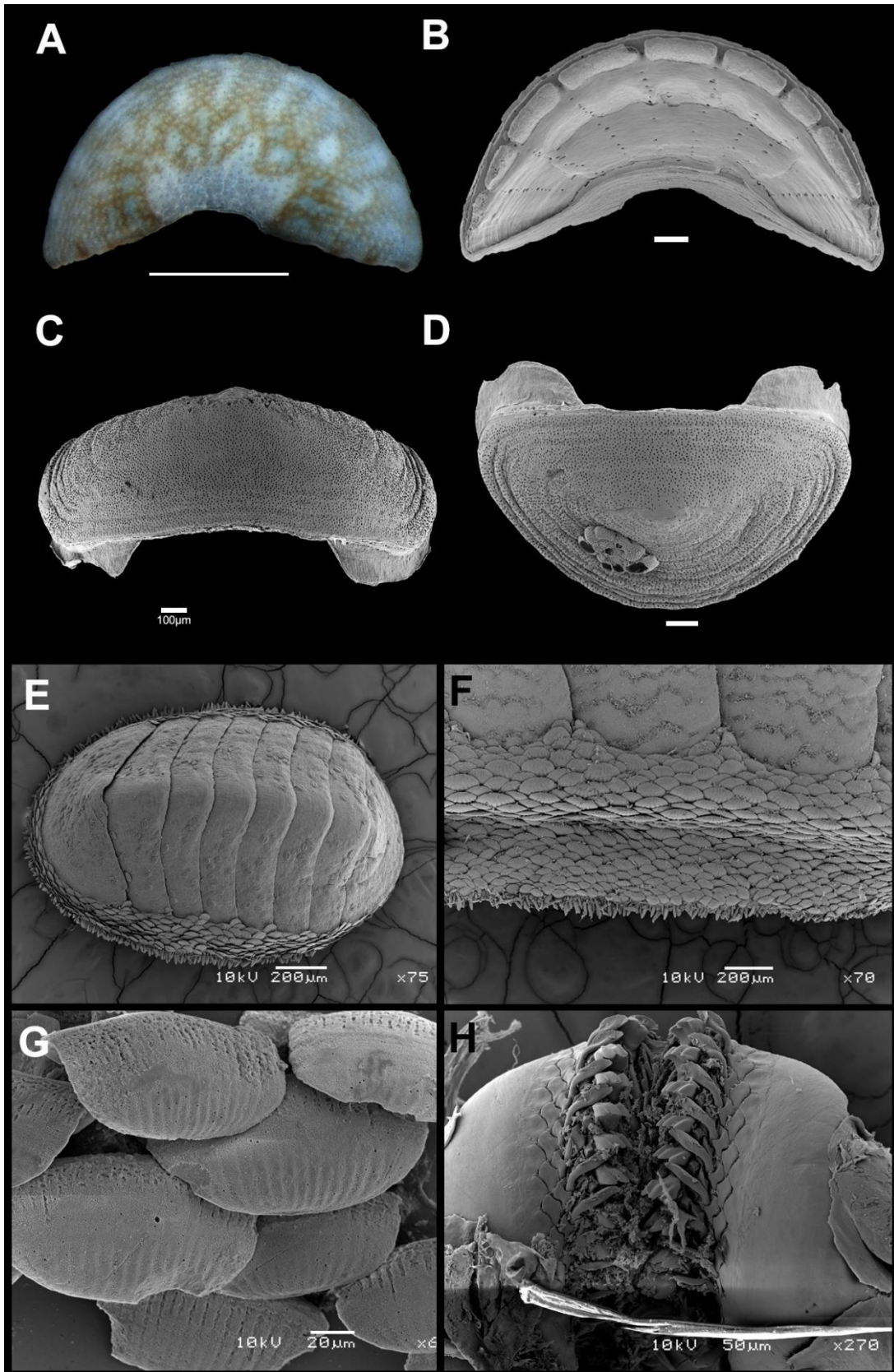


**Figura 21.** *Achantochitona* sp. (Acanthochitonidae). (A) Vista dorsal da placa cefálica, (B) eletromicrografia da vista dorsal da placa anal; (C) vista dorsal da placa intermediária II, (D) vista ventral da placa intermediária III, (E) detalhe da organização dos tufos do cinturão, (F) ampliação de um dos tufos do cinturão para observar o agrupamento denso dos espinhos (G) Detalhe para observação da escultura da placa intermediária II (H) Microestetos e megalostetos presentes nas pústulas da placa.. Escalas: A= 500  $\mu$ m; B-D= 100  $\mu$ m, E= 200  $\mu$ m; F-G= 100  $\mu$ m; H= 20  $\mu$ m.

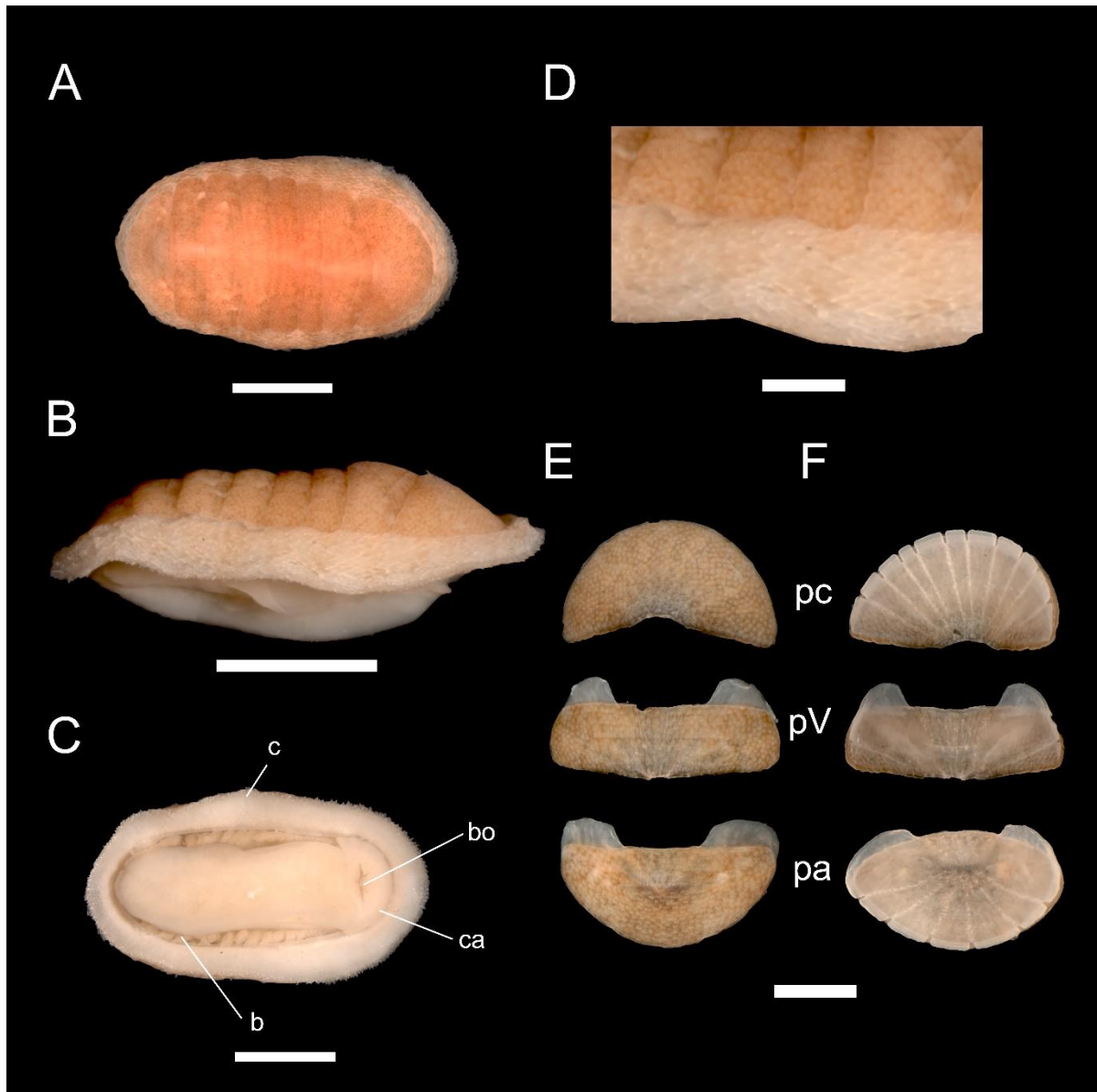
No caso da família Ischnochitonidae, as principais características utilizadas para identificação são a presença de escamas no cinturão, o corpo ovalado-alongado e a presença de várias suturas nas placas cefálica e anal (Figura 22F pc, pa; Figura 22B). *Ischnochiton striolatus* (Gray, 1828) é a espécie com maior ocorrência para o Atlântico Sul, principalmente para o Brasil (Figura 22 e 23). A comparação entre as duas espécies consideradas nessa dissertação sugere que são diferentes entre si porém há poucas características morfológicas que consigam delimitar em espécies distintas, sendo necessário levar em consideração também um polimorfismo de coloração entre as duas espécies (Figura 24 e 25) assim como observado por Rodrigues & Absalão (2005).



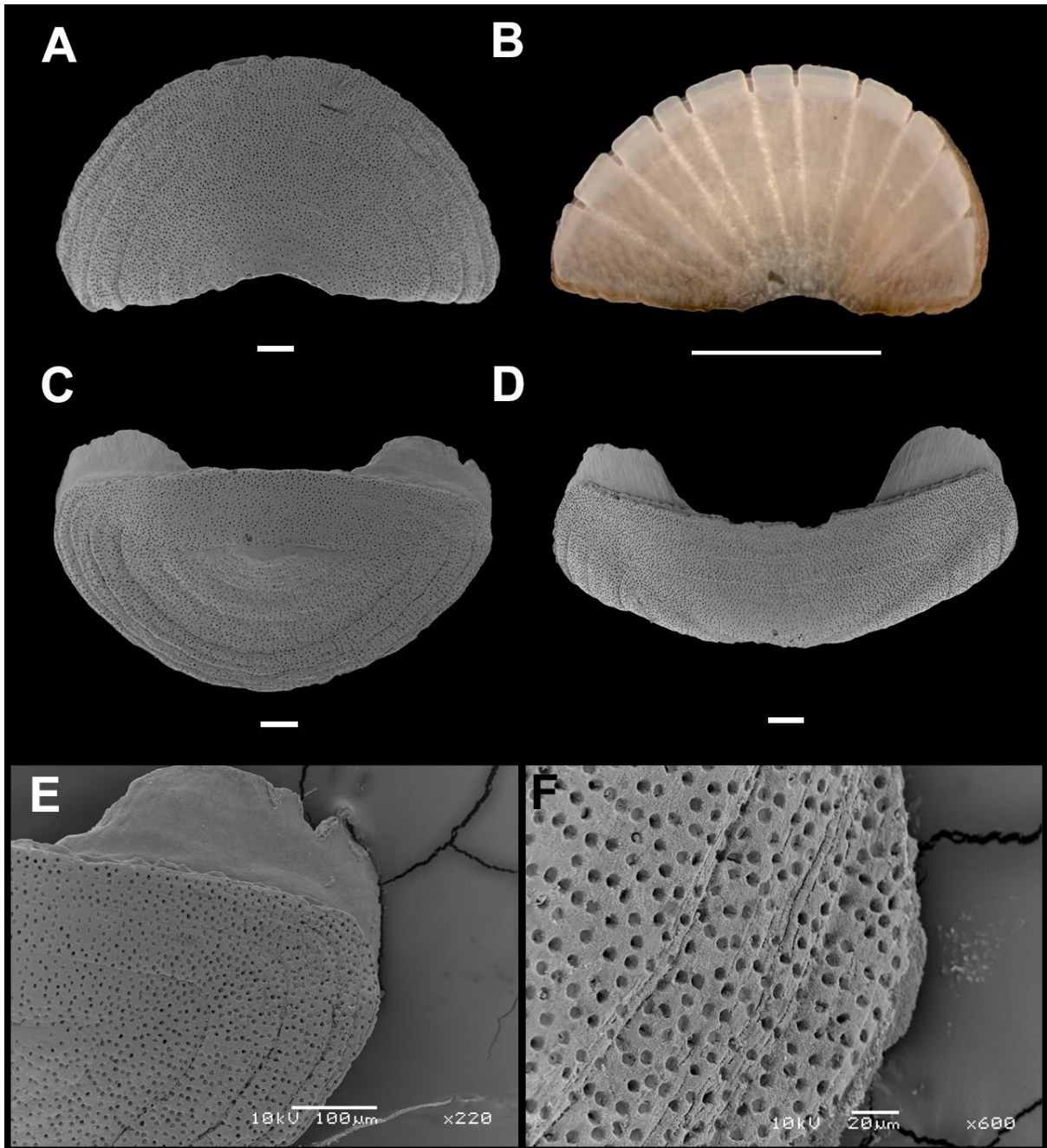
**Figura 22.** *Ischnochiton striolatus* (Ischnochitonidae). (A) Vista dorsal do indivíduo, (B) vista lateral direita, (C) vista ventral (D) ampliação do cinturão com a presença de escamas, (E) vista dorsal das placas, (F) vista ventral das placas. Legenda: placa cefálica (pc); placa intermediária II (pII), placa intermediária VII (pVII), placa anal (pa), boca (bo), cabeça (ca), brânquias (b), cinturão (c). Escalas: A-B= 500 µm; C-E= 1000 µm, F= 500 µm.



**Figura 23.** *Ischnochiton striolatus* (Ischnochitonidae). (A) Vista dorsal da placa cefálica, (B) eletromicrografia da vista ventral da placa cefálica, (C) eletromicrografia da placa intermediária VII (D) eletromicrografia da vista dorsal da placa anal, (E) eletromicrografia da vista dorsal do indivíduo íntegro, (F) ampliação do cinturão (G) detalhe no formato das escamas do cinturão (H) parte da rádula exposta em eletromicrografia. Escalas: A= 500 μm; B-D= 100 μm, E-F= 200 μm, G=20 μm, H= 50 μm.



**Figura 24.** *Ischnochiton* sp. (Ischnochitonidae). (A) Vista dorsal do indivíduo, (B) vista lateral direita, (C) vista ventral (D) ampliação do cinturão com a presença de escamas, (E) vista dorsal das placas, (F) vista ventral das placas. Legenda: placa cefálica (pc); placa intermediária V(pV), placa anal (pa), boca (bo), cabeça (ca), brânquias (b), cinturão (c). Escalas: A-B: 500 µm; C-F= 1000 µm.



**Figura 25.** *Ischnochiton* sp. (Ischnochitonidae). Eletromicrografia da (A) vista dorsal da placa cefálica, (B) vista ventral da placa cefálica para observação das suturas; (C) vista dorsal da placa anal, (D) vista dorsal da placa intermediária V, (E) ampliação da lâmina sutural e escultura presente na placa anal, (F) escultura em forma de depressões e linhas de crescimento. Escalas: A= 100 µm; B= 500 µm; C-E= 100 µm; F= 20 µm.

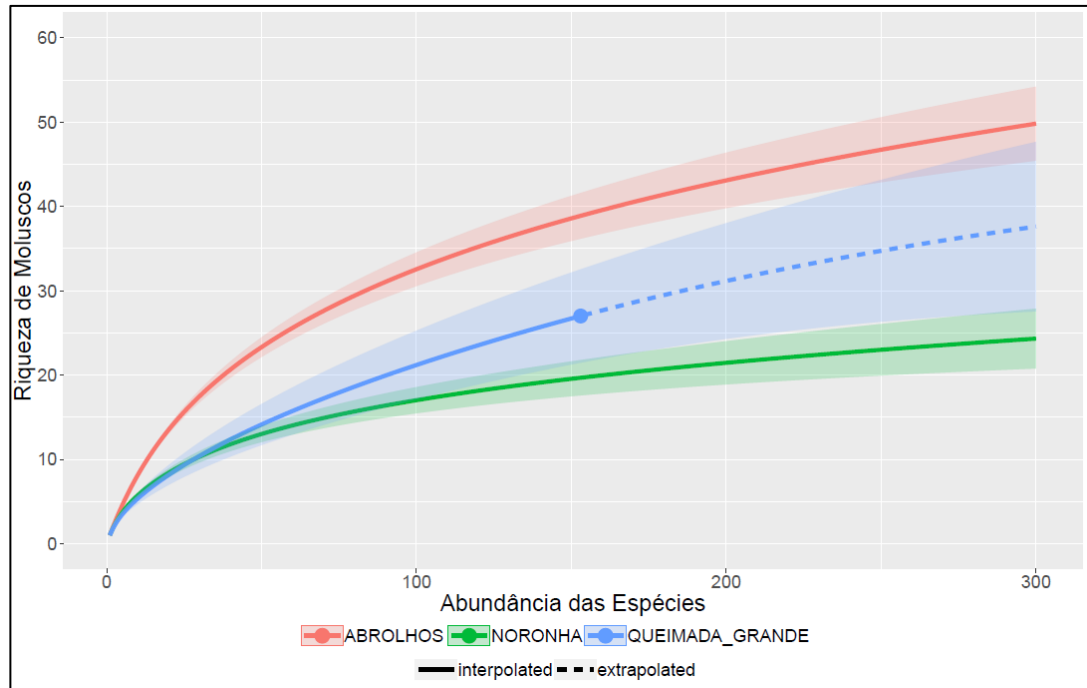
#### 4.2. Avaliação da diversidade de moluscos dos bancos de rodolitos

Foram coletados, no total, 150 rodolitos, sendo 32 em Fernando de Noronha, 66 em Abrolhos e 52 em Queimada Grande. Os resultados da análise faunística das ilhas mostraram que Abrolhos possui a maior diversidade, com o valor de Shannon-Wiener de 3.37, em comparação com Noronha e Queimada Grande, que possuem valores de 2.27 e 2.15, respectivamente (Tabela 5).

**Tabela 5.** Abundância, Riqueza, Diversidade de Shannon-Wiener das ilhas estudadas.

Local	Local		
	Fernando de Noronha	Abrolhos	Queimada Grande
Medidas			
Abundância	472	629	153
Riqueza	28	66	27
Diversidade (ISW)	2.27	3.38	2.15

Os resultados obtidos a partir da curva de rarefação e extrapolação da riqueza de espécies do Filo Mollusca permitiram comparar as localidades quanto à riqueza de espécies encontradas (Figura 26), sendo que nenhuma das ilhas sugere a formação da assíntota de amostragem do número de indivíduos. Entretanto, comparando os bancos de rodolitos nota-se que o banco do Arquipélago de Abrolhos foi o que obteve uma maior riqueza de espécies. Já para Queimada Grande, que foi a ilha com o menor número de indivíduos coletados o esforço amostral não foi suficiente ( $n > 150$ ), desta forma foi feita uma curva de extrapolação para superestimar a riqueza do local. Com isso, percebe-se que se o esforço amostral de QG fosse maior, esta se sobreporia em parte na quantidade de espécies de ABR. Por fim, Fernando de Noronha embora não tenha formado a assíntota (platô), percebe-se que a curva tende a se estabilizar antes das outras ilhas.



**Figura 26.** Curva de rarefação e extrapolação da riqueza de espécies por abundância de indivíduos dos três bancos de rodolitos estudados (Abrolhos, Fernando de Noronha e Queimada Grande) com intervalo de 95% de confiança.

A Figura 27 mostra as espécies dominantes para cada um dos locais sendo que para os gastrópodes de Fernando de Noronha as principais são *Pseudodiala puncturina* Dos Santos & Absalão, 2006, *Zafrona idalina* (Duclos, 1840), *Eulithidium affine* (C. B. Adams, 1850) e *Simulamereleina caribaea*.

Para o Arquipélago de Abrolhos a distribuição de espécies foi equitável de forma que não há uma espécie significativamente dominante a outras, sendo que essas principais espécies são *Caecum ryssotitum* de Folin, 1867, *Turbonilla pupoides*, *Caecum brasilicum* de Folin, 1874, *Alvania auberiana* e *Meioceras nitidum* (Stimpson, 1851). Mesmo sem a predominância de uma espécie, a família Caecidae mostrou ser bastante numerosa na região de Abrolhos podendo encontrar vários indivíduos de 3 espécies distintas (Figura 27).

No caso de Queimada Grande as espécies encontradas foram *Bostrycapulus aculeatus* (Gmelin, 1791), *Astyris lunata* (Say, 1826), *Cerithiopsis flava* e *Sinum perspectivum* (Say, 1831), sendo a primeira dominante, e facilmente encontrada associada aos rodolitos. Além

disso, de todas as espécies identificadas (das três ilhas) esta foi a que possuía maior tamanho (Figura 27).

Para os bivalves de Noronha foram dominantes *Lima caribaea* d'Orbigny 1853, *Barbatia cancellaria* (Lamarck, 1819), *Barbatia domingensis* (Lamarck, 1819) e *Leiosolenus bisulcatus* (d'Orbigny, 1853) (Figura 27).

Em Abrolhos foram dominantes *Lamychaena hians* (Gmelin, 1791), uma espécie de Chinoninae que não pôde ser identificada, *Musculus laterallis* (Say, 1822), *Papyridea semisulcata* (Gray, 1825) e *Crassinella lunulata* (Conrad, 1834) (Figura 27).

E por fim em Queimada Grande, foram dominantes *Gouldia cerina* (C. B. Adams, 1845), *Leiosolenus bisulcatus*, *Pinctada imbricata* Röding, 1798, *Musculus laterallis* e *Barbatia domingensis* (Figura 27).

Para a Classe Polyplacophora, a Família Acanthochitonidae mostrou-se ser a mais dominante principalmente FNA e ABR, enquanto na QG foi encontrado apenas a espécie *Ischnochiton striolatus*.

Tanto para FNA e ABR, foram encontradas as quatro espécies de Polyplacophora citadas neste trabalho sendo essas *Achantochitona terezae*, *Ischnochiton striolatus*, *Acanthochitona* sp. e *Ischnochiton* sp. (Figura 27).

Em QG não foram encontradas outras espécies além de *Ischnochiton striolatus* (Figura 27).

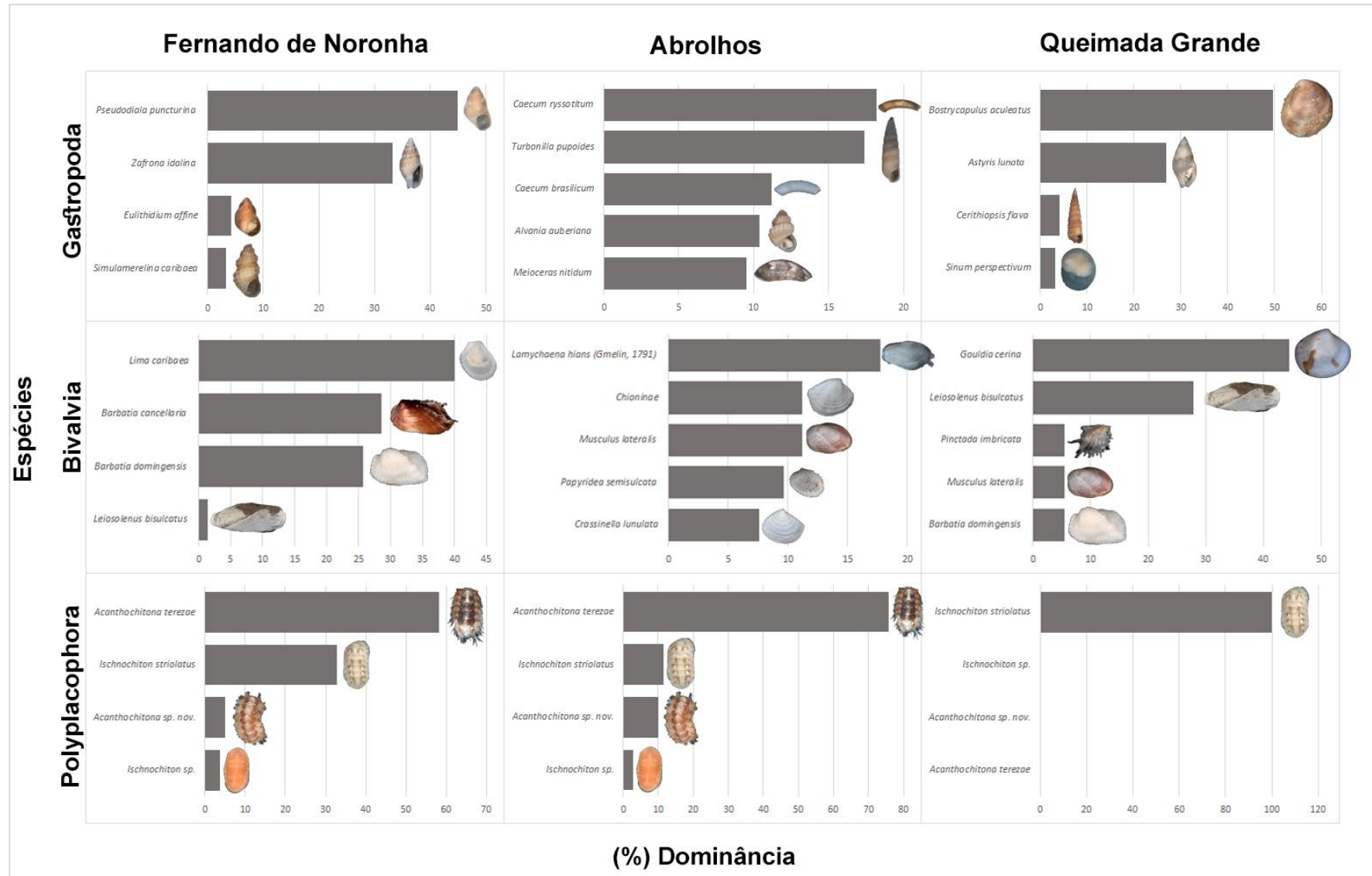


Figura 27. Espécie de moluscos dominantes para cada uma das ilhas (Fernando de Noronha, Abrolhos e Queimada Grande).

### *Multivariate Regression Tree*

A árvore de regressão multivariada mostrou as principais variáveis ambientais que influenciam a formação das assembleias malacológicas. Foi possível encontrar três assembleias distintas. A formação de cada assembleia é explicada a partir da Análise de Componentes Principais (PCA) (Figura 28B), onde cada uma delas foi plotada a partir da distância euclidiana entre os pontos. Os eixos da PCA explicam 48,66% e 51,44% da MRT ( $R^2=0,216$ ).

A partir da árvore fornecida pela MRT, a variável “densidade média dos bancos rodolitos” foi o primeiro fator dissipativo das assembleias A e B de C (Figura 28A). A segunda variável preditora foi a “profundidade em que os rodolitos foram coletados”, que separou a assembleia A da assembleia B, sendo que na assembleia A os moluscos encontrados estavam associados a rodolitos em densidade média  $\geq 257,5$  rod.m<sup>2</sup> e em profundidade  $< 30$  m.

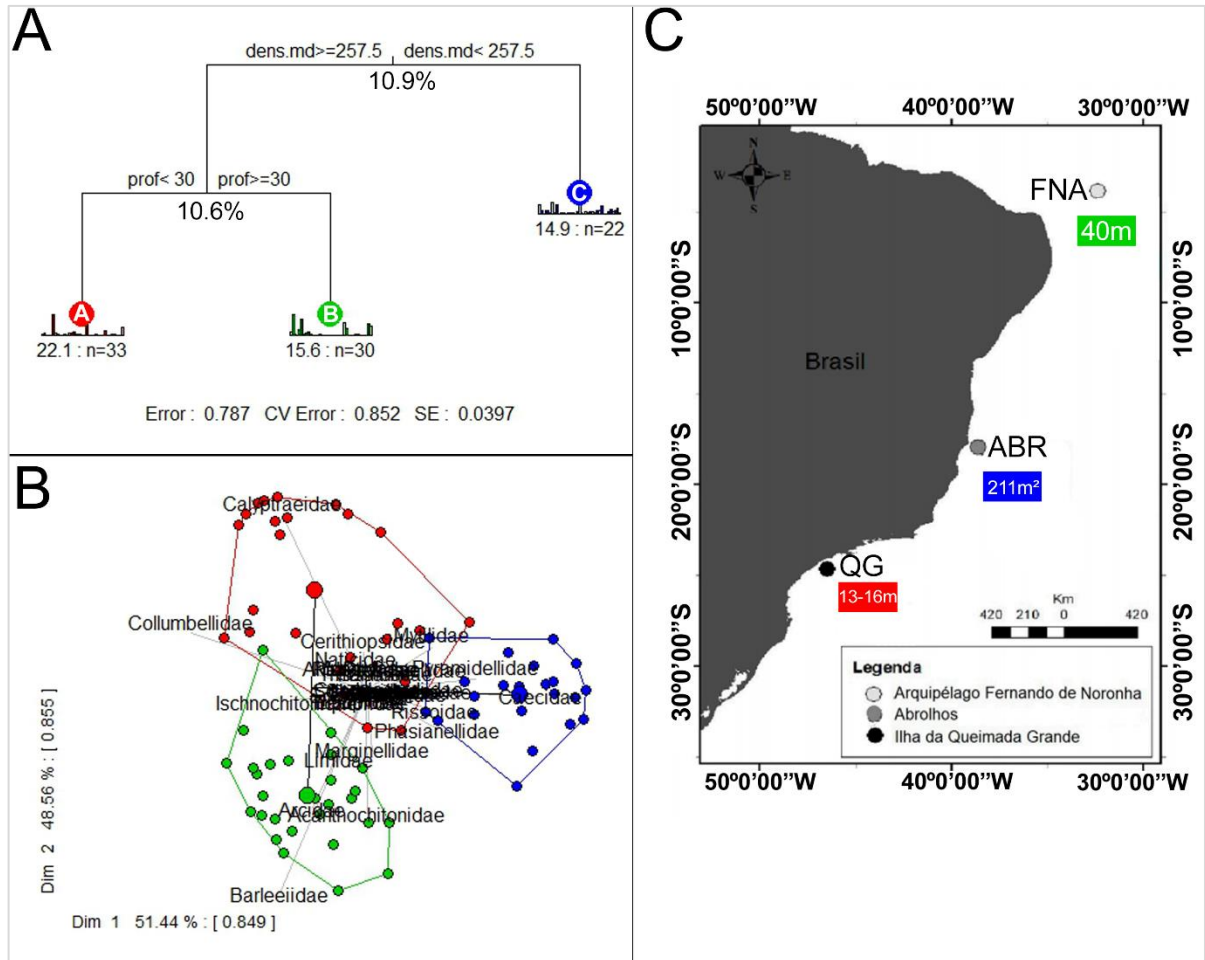
No caso da assembleia B, os grupos que a formam são aqueles que tiveram como principais variáveis a densidade média  $\geq 257,5$  rod.m<sup>2</sup>, diferindo, porém, de A, pois ocorrem em profundidade  $\geq 30$  m. Por fim, a última assembleia formada (C) não foi influenciada pela variável “profundidade” como limitante, sendo determinada por rodolitos que tinham a densidade média  $< 257,5$  rod.m<sup>2</sup>.

A figura 28C mostra a distribuição das assembleias nas ilhas onde os rodolitos foram coletados. Para FNA, a principal variável discriminativa foi a “profundidade” sendo encontrados os indivíduos pertencentes à assembleia B; em ABR, foi a variável “densidade média do rodolito” que determinou os indivíduos pertencentes à assembleia A; e para QG, a variável foi a “profundidade” encontrando famílias pertencentes a assembleia C.

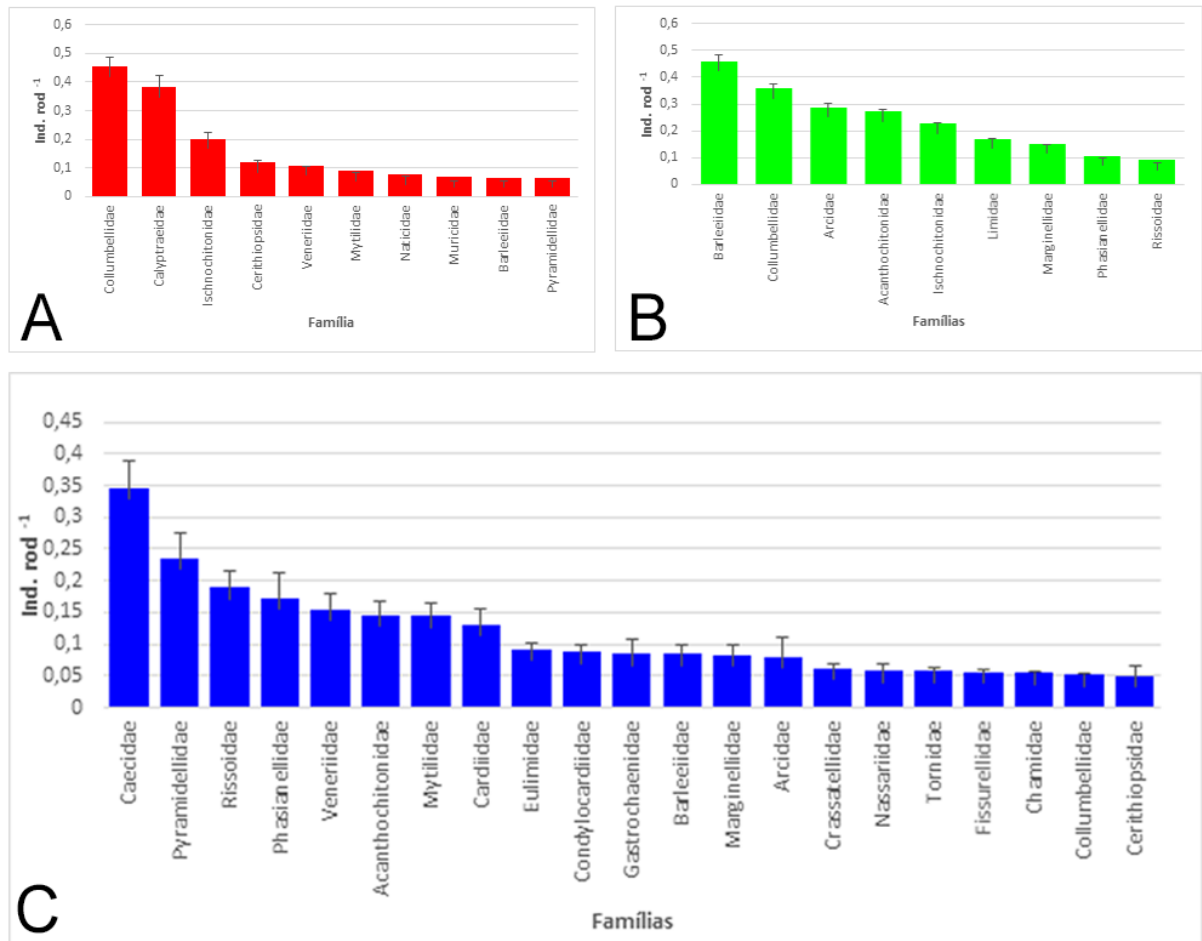
Para assembleia A foram encontradas as famílias Collumbellidae, Calyptraeidae, Ischnochitonidae, Cerithiopsidae, Veneridae, Mytilidae, Naticidae, Muricidae, Barleeiidae e Pyramidellidae (Figura 29A), que representam a composição da ilha da Queimada Grande.

Para a Assembleia B foram encontradas as famílias Barleeiidae, Columbellidae, Arcidae, Acanthochitonidae, Ischnochitonidae, Limidae, Marginellidae, Phasianellidae e Rissoidae (Figura 29B), representando a composição do banco de Fernando de Noronha.

Já a assembleia C, foi a mais diversa encontrando as famílias Caecidae, Pyramidellidae, Rissoidae, Phasianellidae, Veneridae, Acanthochitonidae, Mytilidae, Cardiidae, Eulimidae, Condylocardiidae, Gastrochaenidae, Barleeiidae, Marginellidae, Arcidae, Crassatellidae, Nassariidae, Tornidae, Fissurellidae, Chamidae, Columbellidae e Cerithiopsidae (Figura 29C). Estas foram as principais famílias encontradas para o banco de Abrolhos.



**Figura 28.** (A) Multivariate Regression Tree (MRT) para a malacofauna do Arquipélago de Fernando de Noronha, Abrolhos e Queimada Grande. O modelo representa 21,7% da variação das estruturas das assembleias (Erro = 0,78, representa ao  $R^2$  de 0,216) (B) Gráfico de Análise de Componentes Principais (PCA) gerada a partir da matriz de Famílias de moluscos associada aos rodolitos, a análise explica 100% dos dados (Eixo X= 51.44%; Eixo Y= 48.56%), com a formação de 3 assembleias distintas de Mollusca diferenciadas pela coloração Vermelha, Azul e Verde. (C) Distribuição das assembleias com as variáveis predictoras profundidade (m) e densidade média do banco rodolito (m<sup>2</sup>) (FNA= Fernando de Noronha; ABR= Abrolho; QG= Queimada Grande).



**Figura 29.** Assembleias de moluscos em (A) Queimada Grande (B) Fernando de Noronha e (C) Arquipélago de Abrolhos encontradas a partir dos resultados da MRT baseado na dominância de cada uma das Famílias encontradas.

### ***Dendrograma biogeográfico***

Analisando o dendrograma biogeográfico a partir da matriz reformulada de Barroso, Lotufo & Matthews-Cascon (2016), e utilizando o índice de Sørensen, observou-se que mesmo com a introdução de novos dados de fauna de *Sargassum* e de fauna associada aos rodolitos, os agrupamentos das regiões da costa brasileira ainda se difere do agrupamento das ilhas. Além disso, os dados adicionados acabaram formando um grupo próprio (*bootstrap*= 52%) com exceção da fauna de *Sargassum* da Ilha da Queimada Pequena que formou um grupo externo (*bootstrap*= 100%) aos outros (Figura 30). Pelo índice de Simpson ocorreram agrupamentos semelhantes ao de Sørensen, porém os Rodolitos de Abrolhos e Noronha mostraram-se ser mais semelhantes entre si (*bootstrap*= 49%) e a fauna de *Sargassum* de Ubatuba mais próxima da fauna de rodolitos de Queimada Grande (*bootstrap*= 12%) (Figura 30).

Inicialmente, espera-se que a fauna insular seja próxima da fauna de seu estado biogeográfico (Ex: fauna de Fernando de Noronha próxima à fauna de Pernambuco; Fauna de Queimada Grande próxima à fauna de São Paulo). Porém tais resultados mostram que a fauna associada aos bancos de rodolitos e frondes de algas se assemelham mais entre si do que com a fauna do seu estado correspondente no continente (ou até mesmo da própria fauna da ilha), sugerindo que talvez exista algum fator ecológico das algas (possivelmente o fornecimento de um micro habitat como refúgio ou até mesmo os estímulos físico-químicos das algas nos estágios larvais) que module a comunidade de organismos encontradas, ou seja, algum filtro que consiga separá-las dos outros locais.

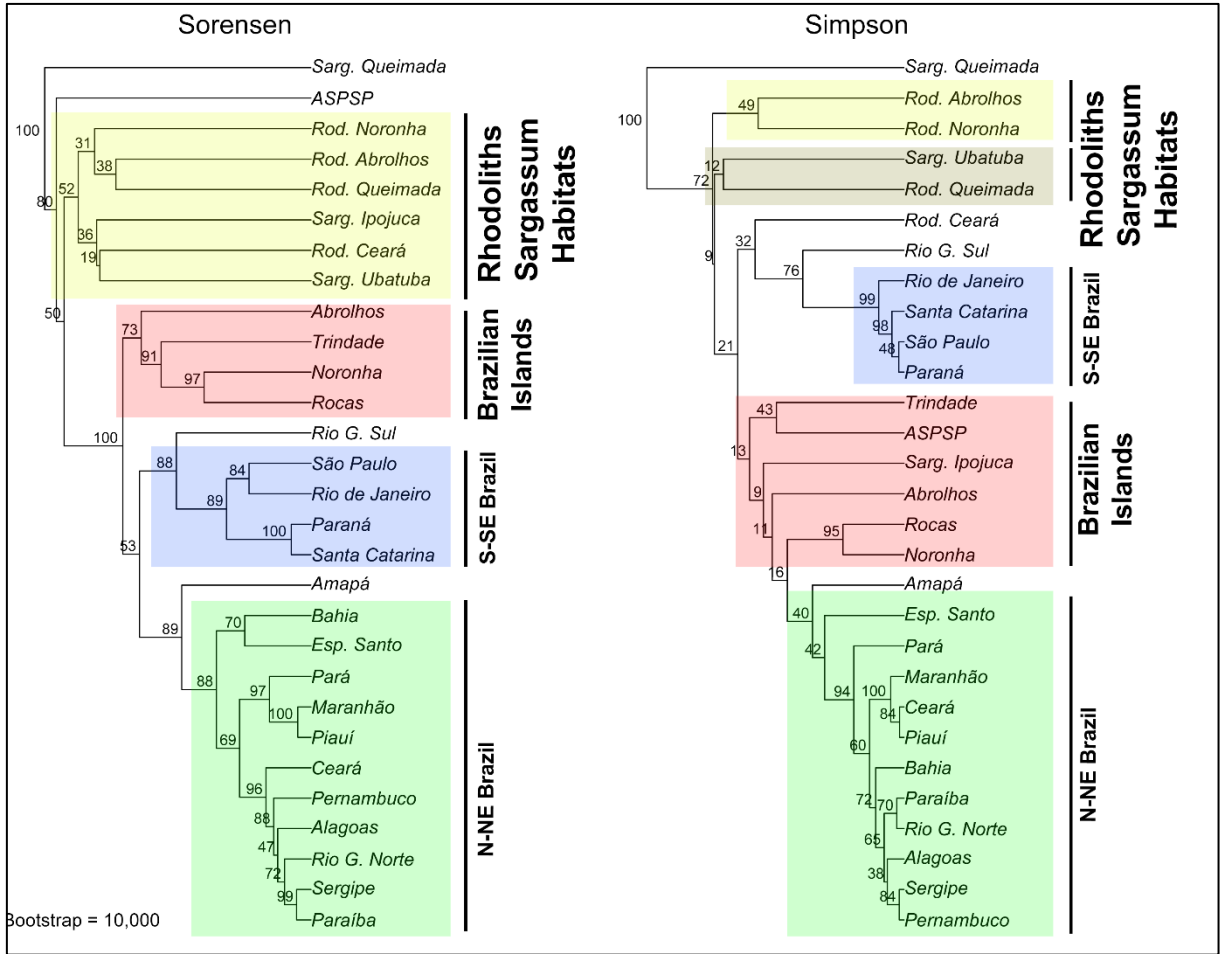


Figura 30. Dendrograma biogeográfico de Gastropoda

## 5. DISCUSSÃO

Devido a acontecimentos recentes, como a quebra de barragem de lama tóxica e vazamentos de petróleo no mar, estudos como estes são essenciais no sentido de comparação entre o antes e o depois das tragédias ambientais. Os resultados deste trabalho representam a primeira compilação da malacofauna associada a bancos de rodolitos da Zona Econômica Exclusiva de ilhas da costa brasileira, fornecendo aspectos descritivos e ecológicos que podem promover a conservação das espécies que são encontradas no ambiente marinho abordando a importância de conservar áreas pequenas que possuem uma alta diversidade de organismos.

Algumas espécies não puderam ser identificadas ao nível específico por falta de material para comparação, por estarem representadas por poucos indivíduos, ou serem estes muito jovens ou mal preservados. Outra, como por exemplo *Marshallora* sp. somente é possível a identificação utilizando ferramentas moleculares (Fernandes, comunicação pessoal). *Turbonilla multicosata* é outro exemplo de espécie de gastrópode considerado como um complexo de espécie, sendo ocasionalmente identificada somente como *Turbonilla* spp.

A análise da MRT mostrou que a principal variável preditora foi a densidade média dos bancos de rodolitos, sendo o banco de ABR o mais diverso em comparação às outras ilhas. Sendo que bancos com maior densidade abrigam a maior diversidade de espécies. Desta forma, era esperado que os rodolitos da região de FNA (que foram coletados numa profundidade >40 m) abrigassem uma maior diversidade de organismos, porém o resultado mostrou que ABR foi mais diverso.

Do mesmo modo, o tamanho e a densidade dos rodolitos podem comportar uma maior quantidade de sedimentos, talvez justificando a presença de algumas famílias associada ao nódulo, como por exemplo a família Caecidae. Porém é necessário levar em consideração que as amostras foram desiguais, o que dificulta a comparação e uma melhor conclusão da análise.

Para ABR, encontrou-se uma grande abundância de Caecidae, comumente encontrada associada à meiofauna no interstício dos grãos de areia. Levando em consideração que os rodolitos acumulam sedimentos devido sua conformação tridimensional, nosso resultado sugere o porquê *Caecum ryssotitum* foi encontrada em abundância. Estudos realizados com a fauna associada a algas pardas do gênero *Padina* e *Hypnea* também encontraram *C. ryssotitum* abundantemente (Oliveira, Matos & Rocha, 2003). Assim como nesse trabalho, Bandeira (2019) também registrou a presença de diversas espécies do gênero *Caecum*, mostrando que espécies dessa família sejam beneficiadas pelos micro-habitats e a presença de sedimento encontrado nos rodolitos.

Outra espécie encontrada associada aos rodolitos foi *Turbonilla pupoides*, pertencente a Pyramidellidae, uma família de gastrópodes conhecida pelos seus hábitos parasitas em outros moluscos ou anelídeos, mas também sendo relatado parasitando poríferos, crustáceos, equinodermos e cnidários (Fretter & Graham, 1949; Robertson & Orr, 1961). *T. pupoides* foi encontrada em grande quantidade na superfície do rodolito, o que sugere que ao menos esta espécie seja um parasita-facultativo ou que até mesmo vive certos períodos com hábitos de vida livre enquanto procura outro hospedeiro. Há registros semelhantes com outra espécie, *Odostomia scalaris* (Pyramidellidae) (Ankel & Christensen, 1963).

Durante a fase de triagem, foi evidenciada a presença de muitos indivíduos juvenis ou estágios precoces da fase adulta, sugerindo que os rodolitos atuem como um local de assentamento larval de espécies. Steller (2009) evidenciou que o papel dos rodolitos está diretamente associado ao ciclo planctotrófico-bentônico, fornecendo refúgio para os juvenis e berçário de fases larvais.

A curva de rarefação de FNA sugere uma estabilização da riqueza à partir da amostragem que foi realizada. Por tratar-se de uma ilha localizada longe da costa e comumente

alvo de turismo é possível que a fauna local sofra com impactos ambientais como por exemplo derramamento de óleo de embarcações ou despejos de esgoto no mar.

Semelhante ao trabalho Lino *et al.* (2019, em preparação) utilizando-se de poliquetas associadas aos rodolitos, o presente trabalho poderá contribuir com informações que subsidiarão a preservação de locais com forte interesse de exploração petrolífera. A partir dos resultados obtidos das variáveis preditoras pela MRT, é de bom cunho a sugestão de locais que causem menores impactos na exploração. Diferentemente de Lino *et al.* (2019, em preparação), as variáveis preditoras da formação de assembleias de moluscos foram densidade média do rodolito e a profundidade, enquanto para poliquetas as variáveis ambientais foram a quantidade de sedimento. Deste modo, supõe-se que os moluscos estejam mais associados ao substrato consolidado e às algas epibiontes do que ao sedimento presente no rodolito.

## 6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este é o primeiro trabalho que compila a fauna malacológica associada aos bancos de rodolitos de ilhas brasileiras. A falta de estudos sobre a fauna associada aos rodolitos pode ser uma das maiores lacunas de conhecimento da biodiversidade brasileira.

Em relação a taxonomia e biologia de algumas famílias de moluscos já são bem conhecidas em bases de literatura, e, suportam hábito alimentar generalista, porém o resultado mostrou que mesmo dentro de uma mesma família, espécies distintas, possuem diferentes hábitos (parasita, vida livre, carnívoro, herbívoro), como por exemplo a espécie *T. pupoides*.

A taxonomia de alguns grupos de moluscos necessita de um maior entendimento e um melhor detalhamento para diferenciação ao nível de espécie e até mesmo a biologia das mesmas.

O banco de ABR mostrou ser o mais diverso em comparação a FNA e QG. É necessário um maior esforço amostral para ilha da QG quanto para ABR para obter uma melhor amostragem da diversidade local.

As principais variáveis preditoras que influenciaram as assembleias de malacofauna foram a de densidade média de rodolitos e a profundidade.

O dendrograma obtido mostra que as algas modulam o ambiente, sendo um possível filtro ecológico de espécies, porém são necessários mais estudos para avaliar qual é o fator ecológico que influencie.

## 7. REFERÊNCIAS

- ABBOTT, R.T. (1974). **American Seashells**. 2 ed. Index, New York.
- ALMEIDA, F. F. M. (1958). **Geologia e petrologia do Arquipélago de Fernando de Noronha. Ministério da Agricultura - Divisão de Geologia e Mineralogia**, Rio de Janeiro. 181p.
- ALMEIDA, S. M. (2007). Malacofauna associada ao final de Sargassum spp no Pontal do Cupe, Ipojuca, PE. Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-Graduação em Oceanografia, Universidade Federal de Pernambuco, Recife.
- ALVES, M.L., RAMOS-PORTO, M. & VIANA, G. F. S. (2008). Checklist of the Decapods (Crustacea) from the Fernando de Noronha Archipelago, Brazil. **Zootaxa**, v. 1881: 43-68 pp.
- AMADO FILHO, G. M.; MANEVELDT, G.; MARINS, B. V.; MANSO, R. C. C.; PACHECO, M. R.; GUIMARÃES, S. P. B. (2007). Structure of rhodolith beds from 4 to 55 meters deep along the southern coast of Espírito Santo State, Brazil. **Cienc. Mar.**, v. 33, n. 4, p. 399-410 pp.
- AMADO-FILHO, G.M., MOURA, R.L., BASTOS, A.C., SALGADO, L.T., SUMIDA, P.Y., GUTH, A.Z., FRANCINI-FILHO, R.B., PEREIRA-FILHO, G.H., ABRANTES, D.P., BRASILEIRO, P.S., BAHIA, R.G., LEAL, R.N., KAUFMAN, L., KLEYPAS, J.A., FARINA, M. & THOMPSON, F.L. (2012). Rhodolith beds are major CaCO<sub>3</sub> bio-factories in the Tropical South West Atlantic. **PLoS ONE** v. 7: pp. 1-6 pp.
- ANKEL, F. CHRISTENSEN, A. M. (1963). Non-specificity in host selection by *Odostomia scalaris* Macgillivray. **Vidensk. Medd. Dan. Naturhist. Foren.**, 125: 321-325 pp.
- APPELTANS W., BOUCHET P., BOXSHALL G.A., FAUCHALD K., GORDON D.P., HOEKSEMA B.W., POORE G.C.B., VAN SOEST R.W.M., STÖHR S., WALTER T.C., COSTELLO M.J. (EDS) (2011). **World Register of Marine Species**. Accessed at marinespecies.org on 2011-03-07.
- ASSEMBLEIA LEGISLATIVA DO ESTADO DE SÃO PAULO. Decreto nº 53.527, de 8 de outubro de 2008. Cria a Área de Proteção Ambiental Marinha do Litoral Sul e a Área de Relevante Interesse Ecológico do Guará, e dá providências correlatas. Disponível em: <<http://www.al.sp.gov.br/repositorio/legislacao/decreto/2008/decreto-53527-08.10.2008.html>> Acesso em 13 fev. 2019.
- BAHIA, R.G. (2014). Algas coralináceas formadoras de rodolitos da plataforma continental tropical e ilhas oceânicas do Brasil: levantamento florístico e taxonomia. Tese de

- Doutorado, Instituto de Pesquisas Jardim Botânico do Rio de Janeiro / Escola Nacional de Botânica Tropical. 220 p.
- BANDEIRA, E. V. P. (2019). Malacofauna associada a rodolitos da plataforma continental na costa oeste do estado do Ceará, Brasil. Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-Graduação em Ciências Marinhas Tropicais da Universidade Federal do Ceará, Fortaleza.
- BARNES, G. L. (2003). "Origins of the Japanese Islands: The New "Big Picture"" (PDF). University of Durham. **Japan Review**, v. 15, 3-50 pp.
- BARRERA, N., TUNNELL, J. W. (2001). **Micromolluscan faunal survey of the East and West Flower Garden Banks**. Long-term monitoring of the East and West Flower Garden Banks, 1998–1999. EUA, New Orleans, Louisiana, 99–108 pp.
- BARROSO, C.; LOTUFO, T. & MATTHEWS-CASCON, H. (2016). Biogeography of Brazilian prosobranch gastropods and their Atlantic relationships. **Journal of Biogeography**. 10.1111/jbi.12821.
- BENDEL, K. (1996). Phylogeny of the Caecidae (Caenogastropoda). *Mitt. Geol. - Palaeontol. Inst. Univ. Hamb.* 79:53-15 pp.
- BORGES, P. A.V., AZEVEDO, E. B., BORBA, A., DINIS, F. O., GABRIEL, R. & SILVA, E. (2009). "Ilhas Oceânicas". In H.M. Pereira, T. Domingos & L. Vicente (Eds.), «**Ecosystems e bem-estar humano: avaliação para Portugal do Millennium Ecosystem Assessment**». Escolar Editora, Lisboa: pp. 463-510 pp.
- BOSENCE D., (1976). Ecological studies on two unattached coralline algae from western Ireland. **Paleontology**, v. 19: 365-395 pp.
- BRIAND, X., (1976). **Lithothamne – Tradition from the past, to the future in the agrochemistry S.E.M.A.**, B.P. 65, Pointrieux, França.
- BROWN, K.M. & C. LYDEARD. (2010). Mollusca: Gastropoda. Chapter 10 Pages 277–307 in: Bivalvia. J.H. Thorp & A.P. Covich (eds.), **Ecology and Classification of North American Freshwater Invertebrates**, Third Edition, Academic Press, Boston, MA.
- BRUNO, J. F. & BERTNESS. (2001). Habitat modifications and facilitation in benthic marine communities. In: M. D. Bertness, S. D. Gaines & M. E. Hay (Eds.), *Marine Community Ecology*. Sinauer, Sunderland, MA: 201-218 pp.
- CABIOCH, J. (1969). Les fonds de maerls de la baie de Morlaix et leur peuplement vegetal. **Cah. Biol. Mar.**, v.10, p. 139-161 pp.
- CAMPBELL, J. A.; LAMAR, W. W. (2004). **The venomous reptiles of the Western Hemisphere**. Ithaca, Cornell University Press, 870p.
- COURI, M. S.; BARROS, G. P. da S.; ORSINI, M. P. (2008). Dipterofauna do arquipélago de

- Fernando de Noronha (Pernambuco, Brasil). **Rev. Bras. entomol.**, São Paulo , v. 52, n. 4, p. 588-590 pp.
- COX, C.B. & MOORE, P. D. (2009). **Biogeografia: uma abordagem ecológica e evolucionária**. Rio de Janeiro, LTC – Livros Técnicos e Científicos Editora S. A. 7ª ed. 398 pp.
- CRUZ, C.V. (2014). Composição da fauna associada à *Ulva* spp. Delile (Ulvales, Ulvaceae) em três áreas do litoral do estado do Espírito Santo, Brasil. **Revista Eletrônica de Biologia**, 7(4): 387-417 pp.
- DE'ATH, G. (2002). Multivariate Regression Trees: A New Technique for Modeling Species-Environment Relationships. **Ecology**, 83(4), 1105.
- DIAS, G. T. M. (2000). Granulados bioclásticos – algas calcárias. **Brazilian Journal of Geophysics**. v. 18, 307-318 pp.
- DOS SANTOS, F.N.D. ; Absalão, R.S. (2006). A new genus of Barleeidae Gray, 1857 (Mollusca, Gastropoda) and the first occurrence of the genus *Pseudodiala* Ponder, 1967 off the Brazilian coast. **Zootaxa**. 1232, 59-68 pp.
- ESTON, V. R., MIGOTTO, A. E., OLIVEIRA FILHO, E. C., RODRIGUES, S. A., & FREITAS, J. C. (1986). Vertical distribution of benthic marine organisms on rocky coasts of the Fernando de Noronha Archipelago (Brazil). **Boletim do Instituto Oceanográfico**, v.34, 37-53 pp.
- FERNANDES M.R. & PIMENTA A.D. (2019). Basic anatomy of species of Triphoridae (Gastropoda, Triphoroidea) from Brazil. **European Journal of Taxonomy** 517: 1–60 pp.
- FERNANDES, ROMULO M & PIMENTA, DIAS A. (2011). Taxonomic review of *Metaxia* (Gastropoda: Triphoridae) from Brazil, with description of a new species. **Zoologia (Curitiba)**, 28(6), 819-830 pp.
- FIGUEIREDO, M. A. de O. (2006). Diversity of macrophytes in the Abrolhos Bank, Brazil. In: G.F. Dutra; G.R. Allen, T. Werner & S.A. McKenna, (eds.), A Rapid Marine Biodiversity Assessment of the Abrolhos Bank, Bahia, Brazil. **RAP Bulletin of Biological Assessement**, v. 38, 67-74 pp.
- FIGUEIREDO, M. A. de O.; HORTA, P. A.; PEDRINI, A. G. & NUNES, J. M. C. (2008). Benthic marine algae of the coral reefs of Brazil: a literature revision. **Oecologia Brasiliensis**, v.12, 258-269 pp.
- FIGUEIREDO, M.A. de O., SANTOS DE MENEZES, K., COSTA-PAIVA, P., PAIVA, P.C. & VENTURA, C.R.R. (2007). Experimental evaluation of GT Rodolitos/Comitê de SMS

- IBP 56 rhodoliths as living substrata for infauna at the Abrolhos Bank, Brazil. **Ciencias Marinas** v. 33, 427-440 pp.
- FOLIN L. DE & PÉRIER L. (1867-1887). Les fonds de la mer. Paris: Savy. 4 volumes. Dates after Rehder (1946), **Proceedings of the Malacological Society of London**, 27: 74-75. Vol. 1: 1-48 pp. (1867)
- FRETTER, V., & GRAHAM, A. (1949). The Structure and Mode of Life of the Pyramidellidae, Parasitic Opisthobranchs. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 28(2), 493-532. doi:10.1017/S0025315400023377
- GEIGER, D. L., MARSHALL B. A., PONDER, W. F., SASAKI, T., WARÉN, A. (2007) Techniques for collecting, handling, preparing, storing and examining small molluscan specimens. **Molluscan Research** v. 27: 1–50 pp.
- GIRIBET G. (2008). Bivalvia. In **Phylogeny and evolution of the Mollusca** (eds Ponder WF, Lindberg DR), pp. 105-141. Berkeley, CA: University of California Press.
- GOMES, R.S & ABSALÃO, R.S (1996). Lista comentada e ilustrada dos Caecidae (Mollusca, Prosobranchia, Mesogastropoda) da operação oceanográfica Geomar XII. **Revista Brasileira de Zoologia** 13(2):513-531 pp.
- HARVEY, A. S.; WOELKERLING, W.; FARR, T.; NEILL, K. & NELSON, W. (2005). **Coralline algae of central New Zealand, and identification guide to common 'crustose' species**. NIWA Information series v. 57, 145 p.
- HORTA, P.A., RIUL, P., AMADO FILHO, G. A., GURGEL, C.F.D., BERCHEZ, F., NUNES, J.M.C., SCHERNER, F., PEREIRA, S., LOTUFO, T., LETÍCIA, L., SISSINI, M., BASTOS, E.O., ROSA, J., MUNOZ, P., MARTINS, C., GOUVÊA, L., CARVALHO, V., BERGSTROM, E., SCHUBERT, N., BAHIA, R.G., RODRIGUES, A.C., RÖRIG, L., BARUFI, J.B., FIGUEIREDO, M. (2016). Rhodoliths in Brazil: Current knowledge and potential impacts of climate change. **Brazilian Journal of Oceanography** v. 64, n. 2, 117-136 pp.
- HOUBRICK R.S. (1987). Anatomy of *Alaba* and *Litiopa* (Prosobranchia: Litiopidae); Systematic Implications. **Nautilus** 101(1): 9-18 pp.
- HSIEH, T.C., MA, K.H. & CHAO, A. (2016) iNEXT: An R package for rarefaction and extrapolation of species diversity (Hill numbers). *Methods in Ecology and Evolution* (in revision).
- JACOBUCCI, G. B., GÜTH, A. Z., TURRA, A., M., C. A., DENADAI, M. R., CHAVES, A. M. R. & SOUZA, E. C. F. (2006). Levantamento de Mollusca, Crustacea e Echinodermata

- associados a *Sargassum* spp. na Ilha da Queimada Pequena, Estação Ecológica dos Tupiniquins, litoral sul do Estado de São Paulo, Brasil. **Biota Neotropica**, 6(2).
- JAHN, B. (2010). "Accretionary orogen and evolution of the Japanese islands—implications from a Sr-Nd isotopic study of the Phanerozoic granitoids from SW Japan" (PDF). **American Journal of Science**, v. 310, 1210–1249 pp., DOI 10.2475/10.2010.02.
- JARDIM, J.; ALMEIDA, S.; SIMONE, L.. (2017). Redescription of *Acanthochitona terezae*. **Journal of Conchology**. 42. 491-497 pp.
- KAAS, P., & VAN BELLE, R. (1985). **Monograph of Living Chitons (Mollusca: Polyplacophora)**, Volume 1 Order Neoloricata: Lepidopleurina. Leiden, The Netherlands: Brill.
- KEEGAN, B. F. (1974). The macrofauna of maerl substrates on the west coast of Ireland. **Cah. Biol. Mar.**, v. 15, 513-530 pp.
- KEMPF, M., (1970). Notes on the benthic bionomy of the N-NE Brazilian shelf. **Marine Biology**, v. 5, 213-224 pp.
- KOHN, A. J. (1983). Feeding biology of gastropods. The mollusca physiology, (Part 2), 2-64pp.
- KUNDAL, P. & DHARASHIVKAR, A. P. (2005). Records of rhodolites from Aramda reef member (Later Pleistocene to Holocene) of Chaya Formation, Dwarka-Okha area, Gujarat and their paleoenvironmental significance. **Current Science** v. 88, n. 10, 1684-1689 pp.
- LEAL, J.H. (1991). **Marine Prosobranch Gastropods from Oceanic Islands off Brazil: Species Composition and Biogeography**. Oegstgeest, Universal Book Services, X+418p.
- LEÃO, Z. M. A. N. (1999) Abrolhos - O complexo recifal mais extenso do oceano Atlântico Sul, In: Schobbenhaus, C., Campos, D. A., Queiroz E. T., Winge, M., Bernet-Born, M., (orgs.) Sítios Geológicos e Paleontológicos do Brasil, Salvador.
- LEÃO, Z. M. A. N., KIKUCHI, R. K. P. & TESTA, V. (2003). Corals and coral reefs of Brazil. In: Cortés J (ed.), Latin America Coral Reefs. **Elsevier Science**, Amsterdam, pp. 9–52 pp.
- LEMER, S., BIELER, R., GIRIBET, G., (2019). Resolving the relationships of clams and cockles: dense transcriptomic sampling drastically improves the bivalve tree of life. **Proc. Roy. Soc. B**.
- LIMA, E. J. B. & FERNANDES, M. L. B. (2009). Diversidade de equinodermos (Echinodermata) no Estado de Pernambuco (Brasil). **Revista Brasileira de Zoociências**, 11(1): 55-63 pp.

- LINO *et al.* (em preparação). (2019). **Diversidade de poliquetas em bancos de rodolitos da Zona Econômica Exclusiva brasileira.**
- LIU, X., ZHANG, Y., SHI, K., LIN, J., ZHOU, Y. & QIN, B. (2016). Determining critical light and hydrologic conditions for macrophyte presence in a large shallow lake: The ratio of euphotic depth to water depth. **Ecological Indicators**, 71, 317–326 pp.
- LONGO P. A. D. S, MANSUR K. F. R., LEITE F. P. P., PASSOS F. D. (2019). The highly diverse gastropod assemblages associated with *Sargassum* spp. (Phaeophyceae: Fucales) habitats. **Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom**. 1–13 pp.
- LONGO P.A.S; Fernandes M.C. Leite F.P.P, Passos F.D. (2014). Gastropoda (Mollusca) associated to *Sargassum* sp. beds in São Sebastião Channel-São Paulo, Brazil - **Biota Neotropica**.
- MARQUES, O. A. V.; MARTINS, M.; SAZIMA, I. (2002) A jararaca da ilha da Queimada Grande. **Ciência Hoje**, v. 186, p. 56-59 pp.
- MARTINS, M.; SAWAYA. R. J.; MARQUES, O. A. V. (2008). A first estimate of the population size of the critically endangered lancehead, *Bothrops insularis*. **South American Journal of Herpetology** v. 3, 168–174 pp.
- MATTHEWS, H. R.; KEMPF, M. (1970). Moluscos marinhos do norte e nordeste do Brasil II - Moluscos do Arquipélago de Fernando de Noronha (com algumas referências ao Atol das Rocas). **Arquivos de Ciências do Mar**, v. 10, n. 1, p. 1-53 pp.
- MELLO R.D.L.S. (1986). A família Caecidae Gray, 1850 no nordeste do Brasil. **Cad. omega, Ser. cienc. aquat.** 2:145–166 pp.
- METRI, R. & ROCHA, R. M. (2008). Bancos de algas calcárias, um ecossistema rico a ser preservado. **Natureza & Conservação**, Curitiba, v.6, n.1, p9-17 pp.
- MIKKELSEN, P.M. & BIELER, R. (2008). **Seashells of southern Florida: living marine mollusks of the Florida Keys and adjacent regions**. Princeton University Press, New Jersey.
- MORETZSOHN, F.; BARRERA, N.; TUNNELL, J. (2014). **Texas Seashells, A New Field Guide**. 10.13140/RG.2.1.2775.7685.
- MORRONE, J. J. (1994). On the identification of areas of endemism. **Systematic Biology**, v. 43, 438-441 pp.
- MOURA, R. L., AMADO-FILHO, G. M., MORAES, F. C., BRASILEIRO, P. S., SALOMON, P. S., MAHIQUES, M. M. THOMPSON, F. L. (2016). An extensive reef system at the Amazon River mouth. **Science Advances**, 2 (4), e1501252.

- NASCIMENTO, E. & ROSSO, S. (2007). Fauna associada a macroalgas marinhas bentônicas (Rhodophyta e Phaeohyta) da Região de São Sebastião, São Paulo. **Brazilian Journal of Ecology**, v. 11, no. 1/2, p. 38-51 pp.
- NIMER, E. (1989). **Climatologia do Brasil**. 2nd ed. IBGE Departamento de Recursos Naturais e estudos Ambientais, Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.
- OLIVEIRA, C.R.F.; MATOS, C.H.C. & ROCHA, C.M.C. (2003). Microgastrópodes Caecidae associados às macroalgas *Padina gymnospora* (Kuetzing) Sonder e *Hypnea musciformis* (Wulfen) Lamouroux na praia de Candeias (Jaboatão dos Guararapes, PE). **Revista Brasileira de Zoociências** 5(2): 213- 223 pp.
- OLIVEIRA-FILHO, A.T.; FONTES, M. A. L. (2000). Patterns of floristic differentiation among Atlantic forests in southeastern Brazil and the influence of climate. **Biotropica** v. 32, 793–810 pp.
- PAULA, A. F., FIGUEIREDO, M. A. O. & CREED, J. C. (2003). Structure of the Macroalgal Community Associated with the Seagrass *Halodule wrightii* Ascherson in the Abrolhos Marine National Park, Brazil. **Botanica Marina**, v. 46, 413–424 pp.
- PIMENTA, A. D. & ABSALÃO, R. S. (2004). Fifteen new species and ten new records of *Turbonilla* Risso, 1826 (Gastropoda, Heterobranchia, Pyramidellidae) from Brazil. *Bollettino Malacologico*, Società Italiana di Malacologia Roma, 39 (5-8): 113-140.
- PIMENTA, A.D. & R.S. ABSALÃO. (2004aa). Fifteen new species and ten new records of *Turbonilla* Risso, 1826 (Gastropoda, Heterobranchia, Pyramidellidae) from Brazil. **Bollettino Malacologico** 39:113-140 pp.
- PIMENTA, A.D. & R.S. ABSALÃO. (2004b). Review of the genera *Eulimastoma* Bartsch, 1916 and *Egila* Dall and Bartsch, 1904 (Mollusca, Gastropoda, Pyramidellidae) from Brazil. **Zoosystema** 26:157-173 pp.
- PIMENTA, A.D.; R.S. ABSALÃO & C. MIYAJI. (2009). A taxonomic review of the genera *Boonea*, *Chrysallida*, *Parthenina*, *Ivara*, *Fargoa*, *Mumiola*, *Odostomella* and *Trabecula* (Gastropoda, Pyramidellidae, Odostomiinae) from Brazil. **Zootaxa** 2049:39-66 pp.
- PLATNICK, N. (1991). On the areas of endemism. **Australian Systematic Botany**, v. 4.
- REID R. G. B., REID A. M. (1975). The carnivorous habit of members of the septibranch genus *Cuspidaria* (Mollusca:Bivalvia). **Sarsia** 56, 47-56 pp.
- RIOS, E.C. (2009). **Compendium of Brazilian Sea Shells**. Editora Evangraf, Rio Grande do Sul.
- RIOSMENA-RODRÍGUEZ, R. (2017). Natural history of rhodolith/maërl beds: their role in

- near-shore biodiversity and management. In: Riosmena-Rodríguez R, Nelson W, Aguirre J (eds) Rhodolith/maërl beds: a global perspective. **Springer**, Switzerland, 3–26 pp.
- RIOSMENA-RODRÍGUEZ, R., NELSON, W., & AGUIRRE, J. (Eds.). (2017). **Rhodolith/Maërl Beds: A Global Perspective. Coastal Research Library.** doi:10.1007/978-3-319-29315-8
- RIUL, P.; LACOUTH, P.; PAGLIOSA, P. R.; CHRISTOFFERSEN, M. L.; HORTA, P. A. (2009). Rhodolith beds at the easternmost extreme of South America: Community structure of an endangered environment. **Aquatic Botany** v. 90, 315-320 pp.
- ROBERTSON R. (1958). The family Phasianellidae in the Western Atlantic. **Johnsonia** 3(37):245–283 pp.
- ROBERTSON, R. & ORR, V. (1961). Review of pyramidellid hosts, with notes on an *Odostomia* parasitic on chiton. **Nautilus**, 74: 85-91 pp.
- ROBERTSON, R. & ORR, V. 1961. Review of pyramidellid hosts, with notes on an *Odostomia* parasitic on chiton. **Nautilus**, 74: 85-91.
- ROSENBERG, G. (2014). A New Critical Estimate of Named Species-Level Diversity of the Recent Mollusca\*. **American Malacological Bulletin**, 32(2), 308–322 pp.
- SAMPAIO, C. L. S.; CARVALHO-FILHO, A.; FEITOZA, B. M.; FERREIRA, C. E. L.; FLOETER, S. R.; GASPARINI, J. L.; ROCHA, L. A.; SAZIMA, I. (2006). – Peixes recifais endêmicos e ameaçados das ilhas oceânicas brasileiras e do complexo recifal dos Abrolhos. In: ALVES, R. J. V. & CASTRO, J. W. DE A. (orgs.). **Ilhas oceânicas brasileiras: da pesquisa ao manejo**, p. 215-234, MMA Secretaria de Biodiversidade e Florestas, 298p., Brasília, DF, Brasil. ISBN: 8587166913
- SCHAEFER, C.E.G.R., PEREIRA, T.L., DERGAM, J.A., ALBUQUERQUE, M.A. & SOUZA, E. (2006). Barreira biogeográfica da Península de Abrolhos: Geomorfologia, ictiofauna e conciliação de dados botânicos. In: *Ilhas oceânicas brasileiras: da pesquisa ao manejo*. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, p. 235-245 pp.
- SILVA, J. F. (1989). Dados climatológicos de Cananéia e Ubatuba (Estado de São Paulo). **Boletim Climatológico do Instituto Oceanográfico**, São Paulo. 6: 1-21 pp.
- SIMONE L.R.L. (1995). *Rissoella ornata*, a new species of Rissoellidae (Mollusca: Gastropoda: Rissoelloidea) from the southeastern coast of Brazil. **Proceedings of the Biological Society of Washington** 108(4):560-567 pp.
- SMITH, D. K. & CANN, J. R. (1998). Mid-Atlantic ridge volcanic processes. **Oceanus** v. 41, n. (1): 11–14 pp.
- SMITH, E. A. (1890). On the marine Mollusca of Ascension Island. **Proceedings of the**

**Zoological Society of London**, 317-322 pp.

- STELLER, D. L., RIOSMENA-RODRIGUEZ, R. AND FOSTER, M.S. (2009). Living rhodolith bed ecosystems in the Gulf of California. In: M.E. Johnson and J. Ledesma-Vázquez (eds.) **Atlas of Coastal Ecosystems in the Gulf of California**. University of Arizona Press, Tucson. Pp. 72-82 pp.
- STELLER, D. L.; RIOSMENA-RODRÍGUEZ, R.; FOSTER, M. S. & ROBERTS, C. (2003). Rhodolith bed diversity in the Gulf of California: The importance of rhodolith structure and consequences of anthropogenic disturbances. **Aquatic Conservation Marine and Freshwater Ecosystems** 13:5-20 pp.
- STELLER, D.L. & CÁCERES-MARTÍNEZ, C. (2009). Coralline algal rhodoliths enhance larval settlement and early growth of the Pacific calico scallop *Argopecten ventricosus*. **Mar. Ecol.: Prog. Ser.** 396, 49–60 pp.
- TÂMEGA, F.T.S.; SPOTORNO-OLIVEIRA, P.; FIGUEIREDO, M.A.O. (2013). Catalogue of the Benthic Marine Life From Peregrino Oil Field, Campos Basin, Brazil Instituto Biodiversidade Marinha, Rio de Janeiro, 140 p.
- TESTA, V., (1997). Calcareous algae and corals in the inner shelf of Rio Grande do Norte, NE, Brazil. 8th International Coral Reef Symposium, v. 1: pp. 737-742 pp.
- VERAS, P. DE C., PIEROZZI-JR., I., LINO, J. B., AMADO-FILHO, G. M., SENNA, A. R. DE, SANTOS, C. S. G., ... PEREIRA-FILHO, G. H. (2020). Drivers of biodiversity associated with rhodolith beds from euphotic and mesophotic zones: Insights for management and conservation. **Perspectives in Ecology and Conservation**.doi:10.1016/j.pecon.2019.12.003
- VILLAS-BOAS, A.B. (2008). Comunidades de organismos incrustantes e identificação de algas calcárias em bancos de rodolitos no Estado do Espírito Santo. Tese de Doutorado, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 123 p.
- WARÉN, A. (1983). A generic revision of the family Eulimidae (Gastropoda, Prosobranchia). **J. molluscan stud.** Suppl. 13. 49:1-96 pp.
- WORTHINGTON, D. G. & FAIRWEATHER, P. G. (1989). Shelter and food: interactions between *Turbo undulatum* (Archaeogastropoda: Turbinidae) and coralline algae on rocky seashores in New South Wales. **Journal of Experimental Marine Biology and Ecology**, 129(1), 61–79 pp.

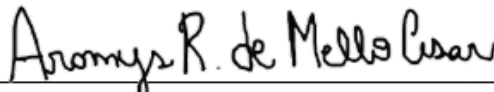
## 8. ANEXOS

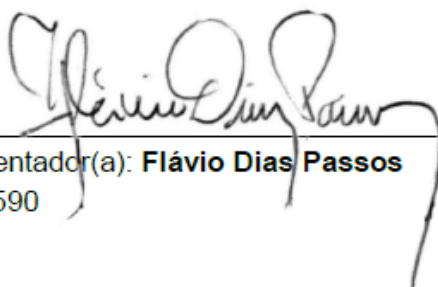
### 8.1. Declaração de Direitos Autorais

#### Declaração

As cópias de artigos de minha autoria ou de minha co-autoria, já publicados ou submetidos para publicação em revistas científicas ou anais de congressos sujeitos a arbitragem, que constam da minha Dissertação/Tese de Mestrado/Doutorado, intitulada **Diversidade malacológica associada aos bancos de rodólitos de ilhas da costa brasileira (Fernando de Noronha, Abrolhos e Queimada Grande)**, não infringem os dispositivos da Lei n.º 9.610/98, nem o direito autoral de qualquer editora.

Campinas, 25 de Junho de 2020

Assinatura :   
Nome do(a) autor(a): **Aramys Rocchetti de Mello Cesar**  
RG n.º 45.170.541-5

Assinatura :   
Nome do(a) orientador(a): **Flávio Dias Passos**  
RG n.º 200273590

## 8.2. Declaração de Bioética e Biossegurança



COORDENADORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO  
INSTITUTO DE BIOLOGIA  
Universidade Estadual de Campinas  
Caixa Postal 6109, 13083-970, Campinas, SP, Brasil  
Fone (19) 3521-6378, email: cpgib@unicamp.br



### DECLARAÇÃO

Em observância ao §5º do Artigo 1º da Informação CCPG-UNICAMP/001/15, referente a Bioética e Biossegurança, declaro que o conteúdo de minha Dissertação de Mestrado, intitulada "***Diversidade malacológica associada aos bancos de rodolitos de ilhas da costa brasileira (Fernando de Noronha, Abrolhos e Queimada Grande)***", desenvolvida no Programa de Pós-Graduação em Biologia Animal do Instituto de Biologia da Unicamp, não versa sobre pesquisa envolvendo seres humanos, animais ou temas afetos a Biossegurança.

Assinatura: Aromys R. de Mello Cesar  
Nome do(a) aluno(a): Aromys Rocchete de Mello Cesar

Assinatura: Flávio Dias Passos  
Nome do(a) orientador(a): Flávio Dias Passos

Data: 25 de Junho de 2020