



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ

INSTITUTO DE CIÊNCIAS DO MAR

PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS MARINHAS TROPICAIS

ÊNIO VICTOR PAIVA BANDEIRA

MALACOFUNA ASSOCIADA A RODOLITOS DA PLATAFORMA
CONTINENTAL NA COSTA OESTE DO ESTADO DO CEARÁ, BRASIL

FORTALEZA
2019

ÊNIO VICTOR PAIVA BANDEIRA

MALACOFUNA ASSOCIADA A RODOLITOS DA PLATAFORMA
CONTINENTAL NA COSTA OESTE DO ESTADO DO CEARÁ, BRASIL

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Marinhas Tropicais da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do Título de Mestre em Ciências Marinhas Tropicais. Área de concentração: Utilização e Manejo de Ecossistemas Marinhos e Estuarinos

Orientadora: Prof^a. Dra. Helena Matthews-Cascon

Co-orientador: Prof. Dr. Frederico Tapajós de Souza Tâmega (Universidade Federal do Rio Grande - FURG)

FORTALEZA
2019

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Biblioteca Universitária
Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

B167 Bandeira, Ênio Victor Paiva.

MALACOFAUNA ASSOCIADA A RODOLITOS DA PLATAFORMA CONTINENTAL NA
COSTA OESTE DO ESTADO DO CEARÁ, BRASIL / Ênio Victor Paiva Bandeira. – 2019.
58 f. : il. color.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Ceará, Instituto de Ciências do Mar, Programa de Pós-Graduação em Ciências Marinhas Tropicais, Fortaleza, 2019.

Orientação: Profa. Dra. Helena Matthews-Cascon.

Coorientação: Prof. Dr. Frederico Tapajós de Souza Tâmega.

1. Algas calcárias. 2. Banco de rodolitos. 3. Mollusca. 4. Nordeste do Brasil. I. Título.

CDD 551.46

ÊNIO VICTOR PAIVA BANDEIRA

MALACOFUNA ASSOCIADA A RODOLITOS DA PLATAFORMA
CONTINENTAL NA COSTA OESTE DO ESTADO DO CEARÁ, BRASIL

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Marinhas Tropicais da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do Título de Mestre em Ciências Marinhas Tropicais. Área de concentração: Utilização e Manejo de Ecossistemas Marinhos e Estuarinos

Orientadora: Prof^a. Dra. Helena Matthews-Cascon

Co-orientador: Prof. Dr. Frederico Tapajós de Souza Tâmega (Universidade Federal do Rio Grande - FURG)

Aprovado em: __/__/____

BANCA EXAMINADORA

Profa. Dra. Helena Matthews Cascon (Orientadora)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Dr. Marcelo de Oliveira Soares (LABOMAR – UFC)

Profa. Dra. Rafaela Camargo Maia (IFCE - Acaraú)

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais, **Ana** e **Esaú**, por tudo o que me proporcionaram. Por todo o tempo e esforço gastos, sempre fornecendo o melhor que podem dar. Tudo o que sou hoje, é graças a vocês.

À **Marianny Kellen**, por todo apoio dado na execução desse trabalho. Sei que não foi fácil, obrigado por toda a paciência, palavras de conforto quando tudo parecia dar errado, pela compreensão, carinho e atenção.

À minha orientadora **Profa. Dra. Helena Matthews-Cascon**, pela confiança depositada em mim para a realização desse trabalho, por todos os ensinamentos, apoio e excelente orientação.

Ao **Dr. Frederico Tâmega**, que aceitou ser meu co-orientador e tanto me ajudou (e ajuda!) no desenvolvimento desse trabalho.

Aos participantes da banca examinadora **Prof. Dr. Marcelo de Oliveira Soares** e **Profa. Dra. Rafaela Camargo Maia**, pelo tempo, pelas valiosas colaborações e sugestões.

Ao **Prof. Dr. Paulo Cascon** por todas as sugestões e auxílio. À **Ms. Soraya Rabay**, por todo o auxílio na identificação de espécimes. À **Maiara Queiroz**, pelo auxílio na criação dos mapas. Ao **Thiago Pereira**, pelo auxílio na definição da metodologia de mergulho.

Ao **Prof. Dr. Flávio Passos** e **Dr. Maurício Fernandes**, pelo auxílio na identificação de alguns espécimes.

À **Dra. Cristiane Xerez**, pelos preciosos *insights* e conselhos dados durante o desenvolvimento desse trabalho. Ao **Dr. Alisson Sousa** e **Ms. Shayanna Mitri**, por todo o tempo e esforço dedicados a mim durante auxílio nas análises estatísticas, além de todas as conversas e ensinamento de vida.

Aos queridos amigos do LIMCe, **Marcos Vieira**, **Laís Belmino**, **Ms. Tarciane Fortaleza**, **Ms. Índira Luz**, **Prof. Felipe Monteiro** e **Ms. Carlos Meireles** por cada momento vivido nesses anos. Obrigado por alegrarem meus dias com nossas conversas diárias, saídas e festinhas de laboratório.

A toda a **família LIMCe**, que aprendi a amar e a admirar.

Aos grandes amigos **Pedro Matheus**, **Leonardo Vieira**, **Jorge Thé**, **Iago Oliveira** e **Henrique Maia**, por estarem comigo nos momentos de angústia e comemoração.

À toda a equipe do **PRONEX**, que permitiu com que esse trabalho ocorresse.

Ao **CNPQ**, pelo apoio financeiro com a manutenção da bolsa de auxílio.

RESUMO

Rodolitos são nódulos de vida livre, formados por algas calcárias não geniculadas (Corallinophycidae) caracterizadas por apresentarem talos calcificados, não aderidos ao substrato. Dentre os taxa de invertebrados que se encontram associados a essas algas calcárias, o Filo Mollusca se destaca devido a grande oferta de abrigos fornecida. O objetivo do presente estudo é descrever a malacofauna associada aos rodolitos da plataforma continental da costa oeste do estado do Ceará, Nordeste do Brasil. O volume, porosidade, diâmetro médio, esfericidade, número de ramificações e porcentagem de cobertura de sedimento dos rodolitos foram quantificados, a fim de se determinar a relação dessas variáveis com a riqueza e abundância da malacofauna encontrada. Em 76 rodolitos analisados, foi encontrado um total de 895 indivíduos, distribuídos em 3 classes, 33 famílias e 45 espécies. A espécie de alga calcária encontrada em maior abundância foi *Mesophyllum* cf. *macedonis* Athanasiadis, 1999. A espécie de gastrópode mais abundante foi *Caecum achirona* (de Folin, 1867), a espécie de bivalve mais abundante foi *Chama sinuosa* Broderip, 1835, e a única espécie de polyplacophora encontrada foi *Ischnochiton striolatus* (Gray, 1828). O gastrópode *Nanaphora verbernei* (Moolenbeek & Faber, 1989) e o bivalve *Kellia* sp. correspondem a novos registros para o estado do Ceará e para a região Nordeste do Brasil, respectivamente. Os moluscos encontrados foram categorizados como herbívoros, carnívoros, parasitas ou filtradores. Os rodolitos de maior diâmetro médio encontrados foram também os mais porosos e os menos esféricos. Os rodolitos com maior número de ramificações foram também os com menores valores de cobertura de sedimento, e vice-versa. A Análise de Redundância (RDA) apontou que a maioria das espécies de moluscos encontradas foram associadas a rodolitos mais porosos e com maiores valores de diâmetro médio (F: 1.235, $p < 0.05$). O polyplacophora *I. striolatus*, o gastrópode *Caecum floridanum* Stimpson, 1851 e o bivalve espécie 1 se mostraram mais associados a rodolitos com maiores números de ramificações. *C. sinuosa* se mostrou mais associado a rodolitos esféricos. As espécies *Alaba incerta* (d'Orbigny, 1841), *Caecum ryssotitum* de Folin, 1867, *Cumingia lamellosa* G. B. Sowerby, 1833, *Pinctada imbricata* Röding, 1798 e *Semele profícua* (Pulteney, 1799) se mostraram mais associadas a rodolitos com maiores valores de cobertura de sedimento. O Modelo Linear Generalizado (GLM) apontou porosidade como a variável com influência direta na riqueza e abundância da malacofauna associada ($p < 0.001$). Este estudo fornece novos conhecimentos a respeito da ecologia de rodolitos e sua fauna associada.

Palavras-chave: Algas calcárias, Banco de rodolitos, Mollusca, Nordeste do Brasil.

ABSTRACT

Rhodoliths are free-living nodules formed by non-geniculate coralline algae (Corallinophycidae) characterized by a calcified thallus, not adhered to the substrate. Among the invertebrate taxa which are associated to them, the Mollusca phylum stands out because of the large supply of shelters provided by the algae. The goal of the present study is to describe the malacofauna associated to the rhodoliths of the west coast's continental shelf of the Ceará State, Northeast Brazil. The volume, porosity, mean diameter, sphericity, number of branches and sediment cover percentage over the rhodoliths were quantified in order to determine the relationship between these variables and the richness and abundance of the malacofauna. In 76 rhodoliths analyzed, a total of 895 individuals were found, distributed in 3 classes, 33 families and 45 species. The species of coralline algae found in greatest abundance was *Mesophyllum* cf. *macedonis* Athanasiadis, 1999. The most abundant gastropod species was *Caecum achirona* (de Folin, 1867), the most abundant bivalve species was *Chama sinuosa* Broderip, 1835, and the only species of polyplacophora found was *Ischnochiton striolatus* (Gray, 1828). The gastropod *Nanaphora verbernei* (Moolenbeek & Faber, 1989) and the bivalve *Kellia* sp. correspond to new records for the Ceará State and the Northeast region of Brazil, respectively. The molluscs found were categorized as herbivores, carnivores, parasites or filter feeders. The rhodoliths with bigger diameters were also the most porous and the least spherical ones. The rhodoliths with the greatest number of branches were also the ones with the lowest values of sediment cover, and vice versa. The Redundancy Analysis (RDA) showed that the majority of the molluscan species found were associated to the more porous rhodoliths and with higher average diameter values (F: 1.235, $p < 0.05$). The polyplacophora *I. striolatus*, the gastropod *Caecum floridanum* Stimpson, 1851 and the bivalve species 1 were more associated to rhodoliths with higher numbers of branches. *C. sinuosa* were more associated with spherical rhodoliths. The species *Alaba incerta* (d'Orbigny, 1841), *Caecum ryssotitum* de Folin, 1867, *Cumingia lamellosa* G. B. Sowerby, 1833, *Pinctada imbricata* Röding, 1798 and *Semele proficua* (Pulteney, 1799) were more associated with rhodoliths with higher coverage values of sediment. The Generalized Linear Model (GLM) showed that porosity was the variable that had a direct influence on richness and abundance of the associated malacofauna ($p < 0.001$). This study provides new knowledge about the ecology of rhodoliths and their associated fauna.

Keywords: Coralline algae, Rhodolith bank, Mollusca, Northeast

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Mapa com a localização da área de estudo, a plataforma continental do município de Itarema, litoral oeste do estado do Ceará, Brasil.....	13
Figura 2 – Representação esquemática dos transectos utilizados como método de amostragem.....	15
Figura 3 – Classificação do formato dos rodolitos estudados.....	20
Figura 4 – Análise de Componentes Principais (PCA) das variáveis físicas dos rodolitos.....	21
Figura 5 – Representatividade das três classes de Mollusca encontradas associadas aos rodolitos.....	26
Figura 6 – Famílias de gastrópodes com maior abundância nos rodolitos estudados.....	27
Figura 7 – Número de espécies por família de gastrópode.....	27
Figura 8 – Famílias de bivalves com maior abundância nos rodolitos estudados.....	28
Figura 9 – Análise de redundância (RDA) relacionando as espécies de moluscos associadas aos rodolitos com as variáveis físicas dos mesmos.....	29
Figura 10 – Modelo linear generalizado (GLM) relacionando riqueza e abundância de moluscos com características físicas dos rodolitos.....	30
Figura 11 – <i>Mesophyllum cf. macedonis</i> ; aspecto externo.....	32
Figura 12 – <i>Mesophyllum cf. macedonis</i> ; conceptáculo multiporado elevado em vista superficial.....	33

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Média e desvio padrão das medidas das variáveis morfométricas, número de ramificações e porcentagem de cobertura de sedimento dos rodolitos.....19

Tabela 2 – Lista taxonômica das espécies de moluscos associadas aos rodolitos, destacando abundância total, porcentagem relativa da abundância e categoria trófica das espécies.....23

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	10
2. OBJETIVO GERAL	12
3. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	12
4. HIPÓTESE	13
5. MATERIAL E MÉTODOS	13
5.1. Área de estudo	13
5.2. Procedimentos de campo	14
5.3. Procedimentos laboratoriais	15
5.4. Análise dos dados	16
5.5. Taxonomia das algas calcárias formadoras de rodolitos	17
6. RESULTADOS	18
6.1. Características dos rodolitos	18
6.2. Fauna associada aos rodolitos	21
6.3. Taxonomia das algas calcárias formadoras rodolitos	31
7. DISCUSSÃO	33
8. CONCLUSÃO	40
REFERÊNCIAS	41
APÊNDICE	54

1. INTRODUÇÃO

Os bancos de rodolitos são comunidades marinhas dominadas por algas calcárias (Corallinophycidae) de vida livre (FOSTER, 2001). Esses bancos estão distribuídos em todos os oceanos desde regiões entremarés até profundidades superiores a 200 m (LITTLER et al., 1991). Os rodolitos são formados por espécies bioengenheiras, em virtude das algas calcárias que os compõe terem ramos que fornecem habitats e refúgios tridimensionais para vários organismos (BRUNO E BERTNESS, 2001). O padrão de ramificação dos rodolitos tem um importante papel na abundância e riqueza das espécies de invertebrados associados em seus talos (STELLER et al., 2003). Rodolitos com talos ramificados tendem a fornecer mais refúgios e abrigos, sendo assim bons indicadores de abundância e potencialmente de riqueza (RIOSMENA-RODRIGUEZ E MEDINA-LÓPEZ, 2010).

Essas algas fornecem ainda uma superfície onde macroalgas (JACQUOTTE, 1962; MAGGS, 1983a, 1983b; HILY et al., 1992; FAZAKERLEY E GUIRY, 1998) e animais possam se fixar (HILY et al., 1992; BIRKETT et al., 1998; STELLER et al., 2003). Os bancos de rodolitos vivos são, portanto, ecologicamente importantes porque sustentam uma grande riqueza de comunidades do que rodolitos mortos, cascalhos ou fundos de areia ou substratos com granulometria equivalente (CABIOCH, 1969; KEEGAN, 1974).

Bancos de rodolitos prestam importantes serviços ecológicos ao ambiente, participando do ciclo do carbono, atuando no controle de pH e dando proteção à costa e ao fundo marinho ao diminuir a ação das ondas (JONES et al., 1994; ÁVILA E RIOSMENA-RODRIGUEZ, 2011; AMADO-FILHO et al., 2012; PEREIRA-FILHO et al., 2011), além de servirem de abrigo para uma gama de organismos marinhos com potencial para bioprospecção (AMADO-FILHO E PEREIRA-FILHO, 2012).

Bancos de rodolitos são constantes alvos de exploração econômica e outras atividades que podem levar à deterioração destes ecossistemas (METRI E ROCHA, 2008). Dentre as várias atividades humanas prejudiciais, o descarte de material particulado pela exploração de óleo e gás, dragagens de canais em marinas e entrada de portos e mineração do calcário marinho são os principais causadores de danos aos bancos de rodolitos (JONES et al., 2006; DAVIES et al., 2007).

Alguns trabalhos em bancos de rodolitos fizeram o levantamento e a caracterização da comunidade (REYES-BONILLA et al., 1997; HALL-SPENCER, 1998; NUNN, 1999; JAMES, 2000; STELLER et al., 2003) e associaram a sua riqueza à morfologia dos rodolitos (STELLER E FOSTER, 1995; STELLER et al., 2003). A diversidade de espécies nesses bancos pode ser representada principalmente por macroalgas e invertebrados, sendo os Filos

Annelida, Crustacea e Mollusca os mais abundantes no endobentos (HINOJOSA-ARANGO E RIOSMENA-RODRIGUEZ, 2004) e os Filos Bryozoa e Porifera os mais abundantes no epibentos (SCIBERRAS et al., 2009). No Brasil, os bancos de rodolitos estão distribuídos desde a região norte (TESTA, 1997) até a região sul (GHERARDI, 2004), situados entre 20 e 100 m de profundidade (KEMPF, 1970), constituindo a maior extensão deste tipo de formação no mundo (KEMPF, 1970; FOSTER, 2001). Entretanto, poucos foram os estudos sobre a estrutura de comunidades formadas por rodolitos realizados na costa do Brasil (VILLAS-BÔAS, 2008).

A riqueza e abundância da flora e fauna associada aos bancos de rodolitos muitas vezes estão relacionadas diretamente à forma dos rodolitos (STELLER E FOSTER, 1995; STELLER et al., 2003; SCIBERRAS et al., 2009). Espera-se que a presença de organismos epibiontes varie com a forma dos rodolitos (SCIBERRAS et al., 2009). As formas planas devem sustentar uma menor riqueza com uma maior abundância devido ao fato de rolarem menos permitindo o desenvolvimento dos organismos epibiontes por um período mais prolongado.

Dos taxa de invertebrados marinhos que se encontram associados a rodolitos, o Filo Mollusca se destaca como um dos grupos dominantes em termos de abundância e riqueza de espécies (HINOJOSA-ARANGO E RIOSMENA-RODRÍGUEZ, 2004; FOSTER et al., 2007; METRI E ROCHA, 2008; FOSTER et al., 2013; VILLAS-BOAS et al., 2014b). A elevada abundância do Filo Mollusca deve-se principalmente pela grande oferta de abrigo por parte das ramificações das algas calcárias, que além da proteção contra condições adversas do ambiente e acumulação de sedimentos, sendo propícias à fixação de muitas espécies, servem como berçário para uma grande variedade de espécies de moluscos (RIOSMENA-RODRIGUEZ E MEDINA-LÓPEZ, 2010; FOSTER et al., 2013). Além disso, a química da superfície das algas calcárias pode ser utilizada por formas larvais de espécies de invertebrados, incluindo moluscos, como um estímulo para assentamento (STELLER E CÁCERES-MARTÍNEZ, 2009; VIÇOSE et al., 2012; WHALAN et al., 2012; SPOTORNO-OLIVEIRA et al., 2015). Apesar de serem um dos grupos mais abundantes associados a rodolitos, não há para a região Nordeste do Brasil trabalhos publicados sobre moluscos associados a esse habitat.

No Brasil, estudos sobre a taxonomia e ecologia das algas calcárias formadoras de bancos de rodolitos passaram a receber mais atenção havendo um considerável aumento nas publicações na última década (HORTA et al., 2016). Apesar desse aumento, os trabalhos em bancos de rodolitos ainda são restritos as regiões Sul e Sudeste do país (METRI E ROCHA,

2008; AMADO-FILHO et al., 2007, 2010; PEREIRA-FILHO et al., 2011; PASCELLI et al., 2013; VILLAS-BOAS et al., 2014b). O fato de apenas recentemente terem surgido como alvo de estudos, e a ausência de trabalhos em determinadas regiões faz com que a fauna associada a rodolitos ainda seja uma das maiores lacunas de conhecimento da biodiversidade brasileira (AMADO-FILHO E PEREIRA-FILHO, 2012).

Na região Nordeste, historicamente muitos estudos se voltaram para a temática dos rodolitos, mas a grande maioria dos trabalhos realizados é de cunho geológico (KEMPF et al., 1967, 1970; KEMPF, 1972; COUTINHO, 1981; QUEIROZ et al., 2016). Nos últimos anos, alguns estudos foram realizados na região com o intuito de se entender os aspectos ecológicos desse ecossistema (RIUL et al., 2009; SANTOS et al., 2011; GONDIM et al., 2014), porém estudos como esses ainda são escassos, em especial para alguns estados, como o Ceará, para o qual nenhum estudo do tipo foi feito até o momento, e que possui seu habitat de rodolitos sendo considerado como um dos três ecossistemas menos estudados do Brasil (PETUCH E BERSCHAUER, 2016).

Devido à ausência de estudos ecológicos sobre bancos rodolitos do estado do Ceará, bem como a falta de estudos de moluscos associados a esse habitat, além da importância e ameaça que essas algas sofrem, faz-se necessário o constante estudo desse ambiente, permitindo assim um maior conhecimento a respeito de sua importância ecológica e funcional.

2. OBJETIVO GERAL

- Determinar o volume, porosidade, diâmetro médio, esfericidade, número de ramificações e porcentagem de cobertura de sedimento dos rodolitos e a relação desses fatores com a riqueza e abundância da malacofauna encontrada.

3. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Descrever a malacofauna associada aos rodolitos da plataforma continental da costa oeste do estado do Ceará, Brasil.
- Determinar as categorias tróficas das espécies de moluscos encontradas.
- Realizar estudo taxonômico das espécies de algas calcárias encontradas.

4. HIPÓTESE

- Os fatores físicos tais como: volume, porosidade, diâmetro médio, esfericidade, número de ramificações e porcentagem de cobertura de sedimento dos rodolitos têm um efeito direto na riqueza e abundância das espécies de moluscos associadas.

5. MATERIAL E MÉTODOS

5.1. Área de estudo

As atividades de campo foram realizadas na plataforma continental, a cerca de 7 km do município de Itarema, no litoral oeste do estado do Ceará, na região Nordeste do Brasil (02°54S, 39°44W) (Figura 1). A velocidade média dos ventos é de 5,5 m/s, e sentido preferencial de leste (AGUIAR et al., 2013). O litoral é regido por um regime de mesomarés 1,48 m, e ondas médias medindo em torno de 0,56 m (AGUIAR et al., 2013). No primeiro semestre do ano, as correntes de fundo na plataforma continental cearense são pouco intensas, atingindo valores entre 0 m/s a 0.1 m/s, com a maior parte da plataforma apresentando velocidade em torno de 0 m/s a 0.05 m/s, produto, sobretudo, da variação sazonal da direção e intensidade dos ventos na região (FREITAS, 2015). No segundo semestre do ano, as fracas correntes de fundo e os ventos brandos são substituídos por fortes ventos, grandes ondas e correntes de fundo que chegam a 0.2 m/s (FREITAS, 2015).

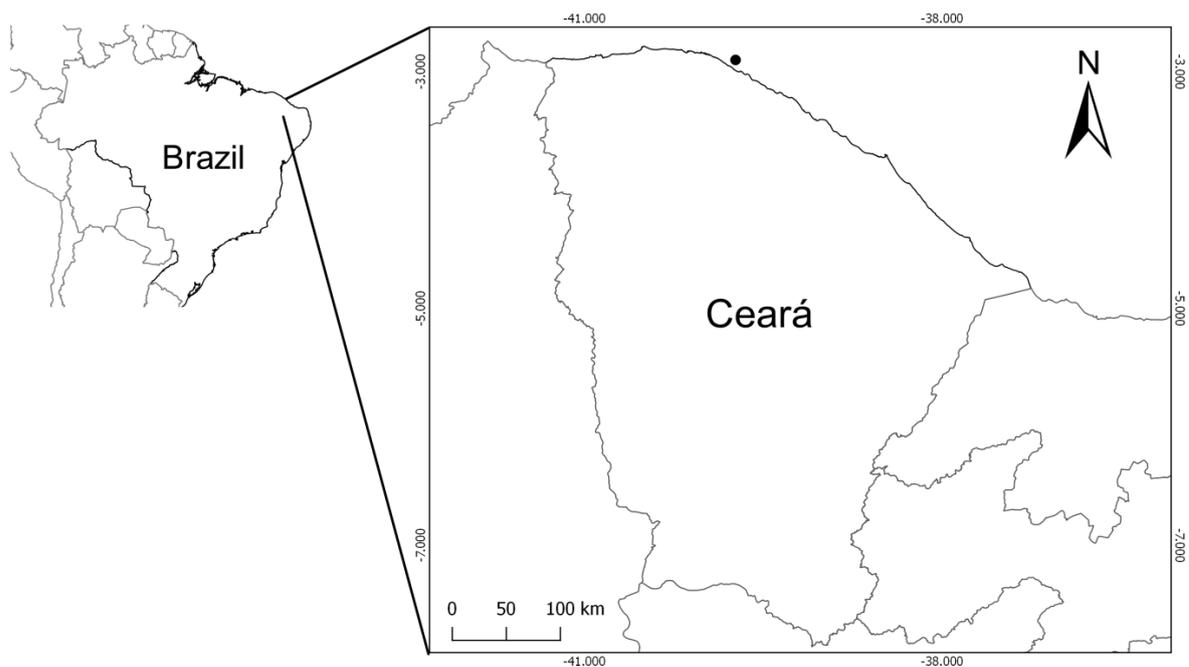


Figura 1. Área de estudo. Plataforma continental do município de Itarema, litoral oeste do estado do Ceará, Brasil.

De acordo com Morais e Freire (2003), a Plataforma Continental cearense é caracterizada por possuir uma menor largura próxima ao município de Fortaleza, alargando-se à medida que se afasta deste local, tanto para leste como para oeste. Esta zona possui profundidade variando de 0 a 15 metros, com predominância da isóbata de 10 metros (MORAIS E FREIRE, 2003).

Dentre as feições predominantes da Plataforma cearense, destacam-se as de constituição biológicas, também chamadas bioclásticas, formadas por carbonatos oriundos de algas calcárias, conchas de moluscos e exoesqueletos de crustáceos (MORAIS, 1998). Estes bancos de constituição biológica ocorrem em maior representatividade nas adjacências aos municípios de Itarema, Mundaú e na plataforma interna de Aracati (MORAIS, 1998). Os bancos de algas calcárias da região são dominados por algas calcárias incrustantes, rodolitos recentes e fósseis e, em menor proporção, algas Chlorophyta do gênero *Halimeda* (MORAIS, 1998).

5.2. Procedimentos de campo

Para caracterização da fauna de moluscos, foi realizada campanha oceanográfica (29 de maio a 01 de junho de 2017) com uso de embarcação. Neste embarque foram realizadas atividades de mergulho autônomo, a uma profundidade de aproximadamente 8 metros. Foram delimitados quatro transectos de 10 metros, com uma distância mínima de 2 metros entre os mesmos (Figura 2). Os transectos foram delimitados com auxílio de uma corda graduada. Uma área circular de $0,78 \text{ m}^2$ (50 cm de raio) foi posicionada no transecto a cada 2 metros, perfazendo um total de 20 amostragens. Todos os rodolitos no interior da área circular com um comprimento mínimo de 2 cm foram coletados e armazenados em sacos de rede de 5 mm (COYER E WITMAN, 1990). As amostras foram transportadas, acondicionadas em sacos fechados e fixadas em álcool 70%.

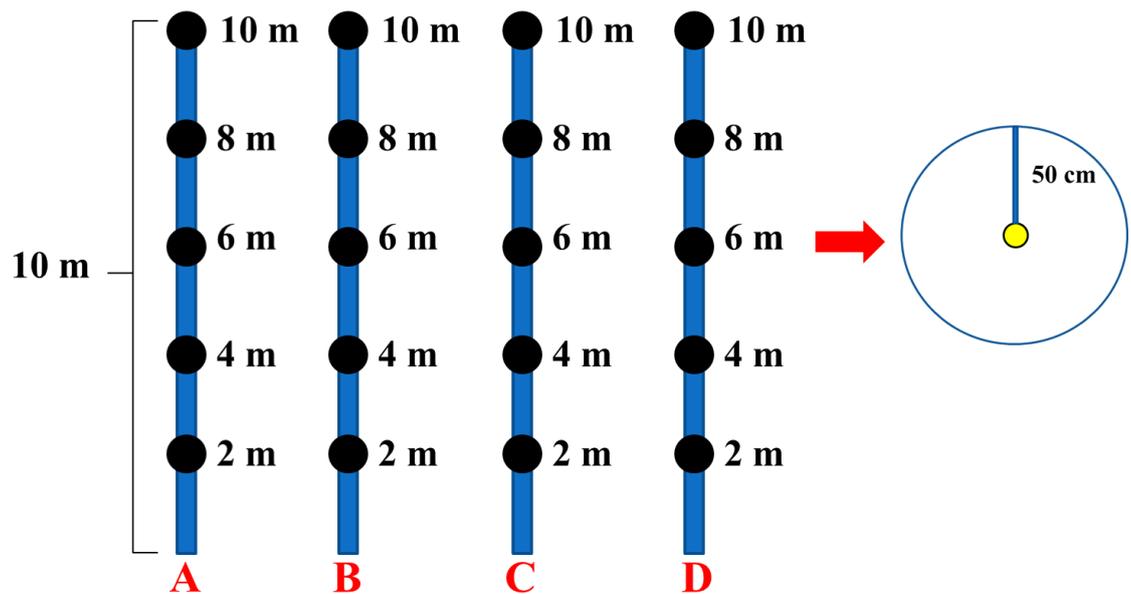


Figura 2. Representação esquemática dos transectos utilizados como método de amostragem. Adaptado de Coyer e Witman (1990).

5.3. Procedimentos laboratoriais

Inicialmente, os rodolitos foram individualmente fotografados e nomeados. Para determinação da porcentagem de cobertura de sedimento, os rodolitos foram envolvidos individualmente em papel filme, e com auxílio de pincel de cor preta, as áreas preenchidas por sedimento foram demarcadas. Os papéis filme com as demarcações resultantes foram fotografados. As imagens foram analisadas para obtenção dos valores de cobertura usando-se o software imageJ, método já usado em outros trabalhos, como o feito por Chaparro et al., (2018). Além do sedimento acumulado nas ramificações dos rodolitos, observou-se também a presença de sedimento acumulado por ascídias coloniais. Devido a sua abundância nos rodolitos, optou-se também por contabilizar o sedimento acumulado por estes organismos.

Para determinação do diâmetro médio e esfericidade dos rodolitos, foram quantificadas as medidas dos eixos maior, intermediário e menor (X, Y e Z, respectivamente), de acordo com o proposto por Sneed e Folk (1958). Diâmetro médio foi calculado a partir da média do valor dos três eixos. Para cálculo da esfericidade, foram utilizados dois métodos. O método sugerido por Sneed e Folk (1958), juntamente à utilização do gráfico tri-plot proposta por Graham e Midgley (2000), foram utilizados para se obter o valor de esfericidade dos rodolitos como um todo, em porcentagem, podendo estes ser classificados como esféricos, discoidais, elipsoidais ou medidas intermediárias (sub-esferoidal, sub-discoidal, sub-elipsoidal). Um segundo método foi utilizado para se obter valores numéricos e individuais de

cada rodolito, para utilização nas análises. O método se baseia em um índice de esfericidade, explicado pela fórmula: $\text{Esfericidade} = 2X/(Y+Z)$, sendo X o maior dos três diâmetros medidos. De acordo com a metodologia, rodolitos esféricos teriam esfericidade igual a 1, com os três valores de diâmetro semelhantes entre si. Se o valor de X for significativamente maior que os outros dois ($\text{Esfericidade} \geq 1$) considera-se o rodolito como não esférico (ROCHA et al., 2006).

Os cálculos de volume e porosidade dos rodolitos foram realizados a partir da submersão total dos mesmos em proveta graduada com volume inicial conhecido (BAHIA et al., 2010). Inicialmente, os rodolitos foram encapados com papel filme e submergidos. A diferença entre o volume inicial e o deslocamento do líquido foi chamada de volume externo ou V1. Em seguida, o rodolito foi desencapado e novamente submergido. A diferença agora entre o volume inicial e o deslocamento do líquido foi chamada de volume real ou V2. A diferença entre V1 e V2 reflete o volume dos espaços internos proporcionados pelos rodolitos e, conseqüentemente, a porosidade dos nódulos. A densidade de ramificações foi estimada contando-se o número de extremidade de ramos em cinco quadrats de 1 cm² dispostos aleatoriamente na superfície do talo (STELLER et al., 2003).

Após as medições, os rodolitos foram fragmentados em pequenos pedaços com auxílio de martelo e talhadeira para se ter acesso a fauna existente no interior dos nódulos. O sedimento obtido no processo passou por uma lavagem em malha com abertura de 500 µm. O material retido na malha foi triado com auxílio de microscópio estereoscópico e a malacofauna encontrada foi identificada até o menor nível taxonômico possível, com o auxílio de bibliografia especializada (WARMKE E ABBOTT, 1961; ABBOTT, 1965; RIOS, 1994, 2009).

O grupo trófico ao qual cada espécie pertence foi determinado seguindo Leal (2009). Os animais foram categorizados como herbívoros, carnívoros, parasitas ou filtradores, baseado em Bosence (1979). Os moluscos encontrados foram depositados na Coleção Malacológica Prof. Henry Ramos Matthews - Série B (CMPHRM) da Universidade Federal do Ceará (UFC).

5.4. Análise dos dados

Inicialmente, realizou-se uma análise exploratória dos dados, a fim de adquirir um conhecimento inicial sobre os mesmos, e garantir que eles se adequem nos pressupostos das análises estatísticas. Os parâmetros métricos mensurados foram comparados entre os rodolitos através de análises multivariadas para verificar se diferenças nessas variáveis podem explicar

diferenças encontradas na comunidade. Espécies que tiveram apenas uma ocorrência foram excluídas das análises. Em seguida, a análise de Componentes Principais (PCA) foi realizada com o conjunto de variáveis abióticas para descrever a relação entre diâmetro médio, porosidade, esfericidade, porcentagem de cobertura de sedimento e número de ramificações.

A estrutura da comunidade foi descrita por meio da abundância absoluta e relativa das espécies por rodolito (METRI, 2006). Os valores de abundância por rodolito foram transformados em abundância por ml de alga, dividindo-se a média do número de indivíduos de cada espécie por rodolito pela média do volume real (V2) dos rodolitos. Esses valores foram transformados para número de indivíduos por litro de alga (multiplicando por 1000) para expressar os resultados.

As espécies encontradas foram relacionadas às características físicas dos rodolitos através de Análise de Redundância (RDA). Variáveis bióticas foram transformadas em $\log(x + 1)$ antes das análises. Foi realizado um Modelo Linear Generalizado (GLM) para relacionar riqueza e abundância com medidas físicas de rodolitos. Para a realização das análises estatísticas foram utilizados o software R versão 3.4.0 (R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2017) e o software PAST versão 2.17c (HAMMER et al., 2001).

5.5. Taxonomia das algas calcárias formadoras dos rodolitos

A identificação das espécies de algas calcárias incrustantes foi estimada em material examinado das coletas realizadas através de mergulho do presente estudo. No laboratório, com a ajuda de um microscópio estereoscópico (32 a 500x) e ocular milimetrada, foram observadas as características morfológicas externas do talo. Os exemplares com características semelhantes foram inicialmente separados em grupos morfo-funcionais seguindo a classificação de STENECK (1986). A seguir, as amostras foram descritas observando-se as características vegetativas e reprodutivas (WOELKERLING, 1988) e as formas de crescimento foram classificadas em incrustantes ou protuberantes seguindo a classificação de WOELKERLING et al. (1993).

As amostras dos melhores exemplares de rodolitos foram preparadas para observações morfo-anatômicas em microscopia eletrônica de varredura no Centro de Microscopia Eletrônica do Sul (CEME-Sul) da Universidade Federal do Rio Grande (FURG). Na identificação dos gêneros, foram consultados ADEY E ADEY (1973), Irvine E CHAMBERLAIN (1994), WOELKERLING (1988), HORTA (2002) e HARVEY et al. (2005), além de bibliografia especializada na taxonomia do grupo. Na identificação, foram considerados caracteres morfológicos vegetativos, tais como: coloração do talo na alga viva,

formas de crescimento (incrustante, verrucosa), margem (aderente ou não, com formas inteiras, lobada ou em órbitas na superfície), espessura do talo, ligações celulares secundárias ou fusão celular, células epiteliais e periteliais (forma, tamanho e número de camadas), organização do talo (dímero ou monômero), tricocistos (presença e localização), estruturas reprodutivas dos conceptáculos tetra/bispóricos (uni ou multiporados), posição do conceptáculo no talo (elevado, nivelado ou afundado na superfície) e forma do conceptáculo (dimensões das cavidades internas).

6. RESULTADOS

6.1. Características dos rodolitos

Foram analisados um total de 76 rodolitos. Todos os rodolitos analisados possuíam parte de sua superfície coberta por sedimento, com uma média de cobertura de 27% do talo. O diâmetro médio dos rodolitos triados variou de 2.7 a 5.6 cm (Tabela 1).

O volume externo (V1) dos rodolitos variou de 10 a 120 ml, e o volume real (V2) variou de 9 a 90 ml. A média do volume dos espaços internos (V1-V2), ou porosidade, dos rodolitos foi pouco maior que a metade da média do volume real (V2) dos talos das algas. A densidade média de ramificações foi 2.5 ramos/cm². A densidade na área estudada foi de 18 rodolitos/ m².

Tabela 1. Média e desvio padrão das medidas das variáveis morfométricas, número de ramificações e porcentagem de cobertura de sedimento dos rodolitos.

	Média	Desvio Padrão
Diâmetro Médio (cm) $(X + Y + Z)/3$	4.1	0.8
Volume Externo (ml) V1	37.2	24.6
Volume Real (ml) V2	24.2	16.3
Porosidade (ml) V1 - V2	13	9.9
Esfericidade $X/((Y + Z)/2)$	1.3	0.2
Cobertura de sedimento (%)	27.7	19.4
Densidade de ramificações (ramos/cm ²)	2.5	1.9

Do total analisado, 41% dos rodolitos foram considerados esféricos, com os três eixos ortogonais semelhantes. A grande maioria (52%) foi considerada sub-esferoidal, 4% considerada sub-discoidal e 3% considerada sub-elipsoidal (Figura 3).

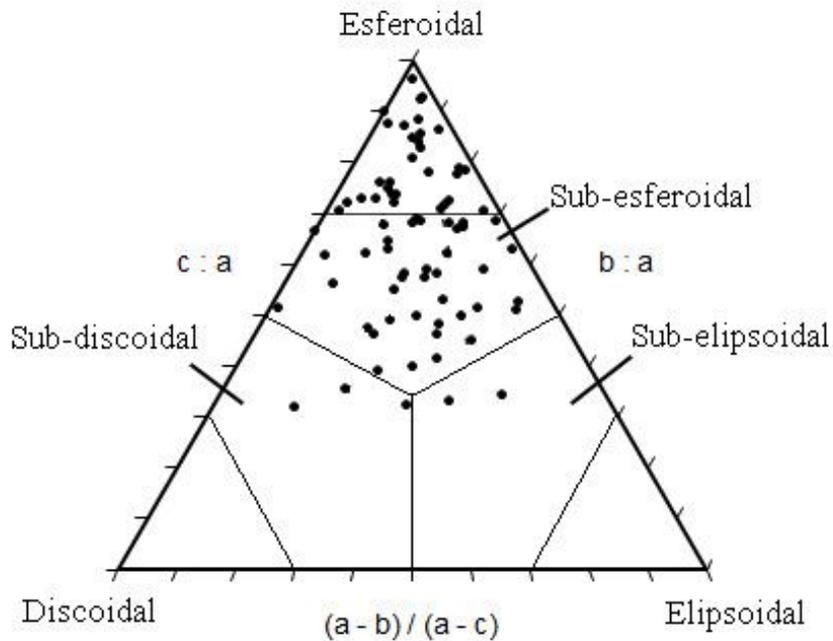


Figura 3. Classificação do formato dos rodolitos estudados. Formato dos rodolitos variaram de esferoidal, sub-esferoidal, sub-discoidal e sub-elipsoidal. Diagrama tri-plot de Graham e Midgley (2000), modificado por Bassi et al., (2017). N=76.

Na PCA realizada com as variáveis físicas dos rodolitos, os dois primeiros eixos explicaram 62.1% da variância (Figura 4). As variáveis diâmetro médio (dm) e porosidade (p) foram as que tiveram maior contribuição para os resultados obtidos, seguidas, em ordem decrescente, por número de ramificações (nr), porcentagem de cobertura de sedimento (ps) e esfericidade (e). Os vetores porcentagem de cobertura de sedimento e número de ramificações se posicionaram de forma oposta no eixo 2, indicando que essas duas variáveis são inversamente proporcionais, com os rodolitos mais ramificados sendo também os menos cobertos por sedimento, e vice-versa. Os vetores porosidade e diâmetro médio se posicionaram próximos, indicando uma correlação positiva entre essas duas variáveis, com rodolitos maiores sendo também os mais porosos. Além disso, ambos os vetores estão opostos ao vetor esfericidade, indicando que rodolitos mais esféricos são também os com menores valores de diâmetro médio e porosidade.

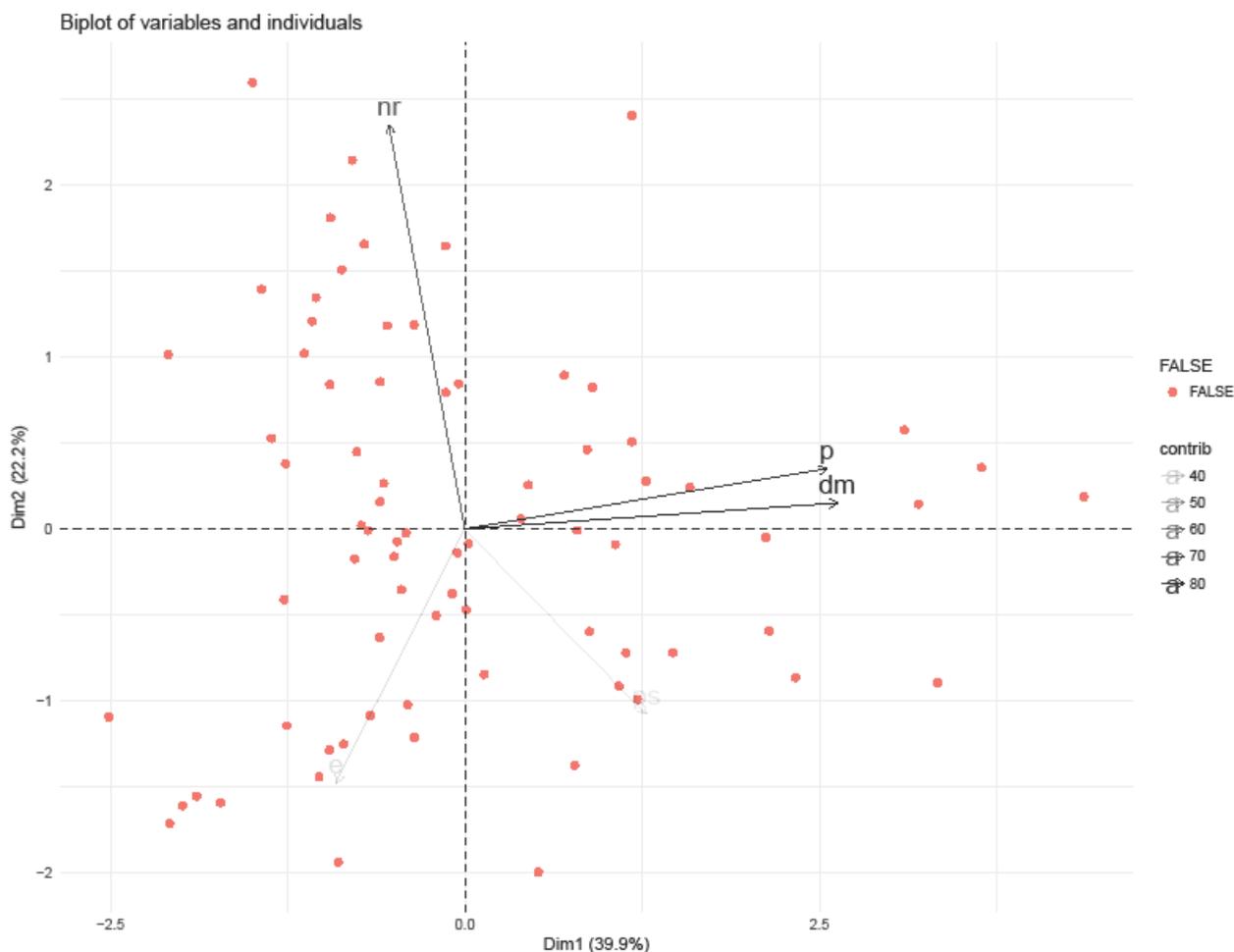


Figura 4. Análise de Componentes Principais (PCA) das variáveis físicas dos rodolitos. Os dois primeiros eixos explicaram 62.1% da variância. Legenda vetores: diâmetro médio (dm), porosidade (p), número de ramificações (nr), porcentagem de sedimento (ps), esfericidade (e). Autovalores: PC1 = 1.41; PC2 = 1.05. $p < 0.001$.

6.2. Fauna associada aos rodolitos

Um total de 895 moluscos foram encontrados nos 76 rodolitos analisados. Foram identificadas 45 espécies de moluscos associadas aos rodolitos (Tabela 2; Apêndice), distribuídas em 3 classes, 33 famílias e 39 gêneros. Das espécies encontradas, 2 foram identificadas apenas a nível de classe, 1 a nível de família e 8 a nível de gênero, tendo o restante sido identificado a nível de espécie. A dificuldade de se identificar determinados espécimes se deu pelo fato de 68% do total de animais encontrados se tratarem de formas jovens, muitos recém eclodidos, sem as características dos adultos. Do total de espécies encontradas, 28 pertencem à classe Gastropoda (62%), 16 pertencem à classe Bivalvia (36%),

e 1 pertence à classe Polyplacophora (2%) (Figura 5). Houve uma predominância de exemplares de pequeno porte, com o tamanho máximo atingido de 10 mm.

Tabela 2. Lista taxonômica das espécies de moluscos associadas aos rodolitos, destacando abundância total (indivíduo/litro), abundância relativa (%) e categorias tróficas das espécies. * novos registros.

Classe	Família	Espécie	Abundância (ind/l)	Abundância relativa (%)	Categoria trófica
Gastropoda					
	Caecidae	<i>Caecum achirona</i> (de Folin, 1867)	125.7	25.8	Herbívoro
		<i>Caecum ryssotitum</i> de Folin, 1867	25.6	5.3	Herbívoro
		<i>Caecum pulchellum</i> Stimpson, 1851	6.0	1.2	Herbívoro
		<i>Caecum antillarum</i> Carpenter, 1858	6.5	1.3	Herbívoro
		<i>Caecum brasilicum</i> de Folin, 1874	6.0	1.2	Herbívoro
		<i>Caecum floridanum</i> Stimpson, 1851	9.3	1.9	Herbívoro
	Cerithiidae	<i>Bittolum varium</i> (Pfeiffer, 1840)	13.1	2.7	Herbívoro
	Cerithiopsidae	<i>Seila adamsii</i> (H. C. Lea, 1845)	0.5	0.1	Carnívoro
	Costellariidae	<i>Vexillum histrio</i> (Reeve, 1844)	0.5	0.1	Carnívoro
	Dorididae	Espécie 1	1.6	0.3	Desconhecido
	Eulimidae	<i>Vitreolina arcuata</i> (C. B. Adams, 1850)	1.6	0.3	Parasita
		<i>Aclis</i> sp.	0.5	0.1	Parasita
	Fissurelidae	<i>Diodora</i> sp.	0.5	0.1	Herbívoro

	<i>Lucapinella limatula</i> (Reeve, 1850)	4.9	1.0	Herbívoro
Haminoeidae	<i>Atys</i> sp.	1.1	0.2	Herbívoro
Litiopidae	<i>Alaba incerta</i> (d'Orbigny, 1841)	7.6	1.6	Herbívoro
Modulidae	<i>Modulus modulus</i> (Linnaeus, 1758)	0.5	0.1	Herbívoro
Marginellidae	<i>Volvarina avena</i> (Kiener, 1834)	1.6	0.3	Carnívoro
	<i>Volvarina albolineata</i> (d'Orbigny, 1842)	0.5	0.1	Carnívoro
Muricidae	<i>Favartia cellulosa</i> (Conrad, 1846)	1.6	0.3	Carnívoro
Pyramidellidae	<i>Odostomia unidentata</i> (Montagu, 1803)	0.5	0.1	Parasita
	<i>Turbonilla</i> sp.	2.2	0.4	Parasita
Rissoidae	<i>Alvania auberiana</i> (d'Orbigny, 1842)	1.6	0.3	Herbívoro
Triphoridae	<i>Nanaphora verbernei</i> (Moolenbeek & Faber, 1989) *	0.5	0.1	Carnívoro
Turbinidae	<i>Lithopoma phoebium</i> (Roding, 1798)	0.5	0.1	Herbívoro
Volvatellidae	<i>Ascobulla ulla</i> (Er. Marcus & Ev. Marcus, 1970)	2.7	0.6	Herbívoro
Zebinidea	<i>Schwartziella catesbyana</i> (d'Orbigny, 1842)	18	3.7	Herbívoro
Gastropoda espécie 1		1.1	0.2	Desconhecido
Bivalvia				
Cardiidae	<i>Papyridea soleniformis</i> (Bruguière, 1789)	6.0	1.2	Filtrador

Chamidae	<i>Chama sinuosa</i> Broderip, 1835	84.9	17.4	Filtrador
Crassatellidae	<i>Crassinella lunulata</i> (Conrad, 1834)	4.4	0.9	Filtrador
Gastrochaenidae	<i>Lamychaena hians</i> (Gmelin, 1791)	4.9	1.0	Filtrador
Lasaeidae	<i>Kellia</i> sp.*	47.4	9.7	Filtrador
Lyonsiidae	<i>Lyonsia</i> sp.	3.8	0.8	Filtrador
Myidae	<i>Sphenia fragilis</i> (H. Adams & A. Adamns, 1854)	2.7	0.6	Filtrador
Mytilidae	<i>Musculus lateralis</i> (Say, 1822)	10.9	2.2	Filtrador
	<i>Leiosolenus bisulcatus</i> (d'Orbigny, 1853)	3.3	0.7	Filtrador
Noetiidae	<i>Arcopsis adamsi</i> (Dall, 1886)	1.6	0.3	Filtrador
Pectinidae	<i>Argopecten gibbus</i> (Linnaeus, 1758)	2.7	0.6	Filtrador
Pteriidae	<i>Pinctada imbricata</i> Röding, 1798	25.0	5.1	Filtrador
Semelidae	<i>Ervilia concentrica</i> (Holmes, 1860)	1.1	0.2	Filtrador
	<i>Cumingia lamellosa</i> G. B. Sowerby I, 1833	13.6	2.8	Filtrador
	<i>Semele proffica</i> (Pulteney, 1799)	8.7	1.8	Filtrador
Bivalve espécie 1		18.5	3.8	Filtrador
Polyplacophora				
Ischnochitonidae	<i>Ischnochiton striolatus</i> (Gray, 1828)	6.5	1.3	Herbívoro

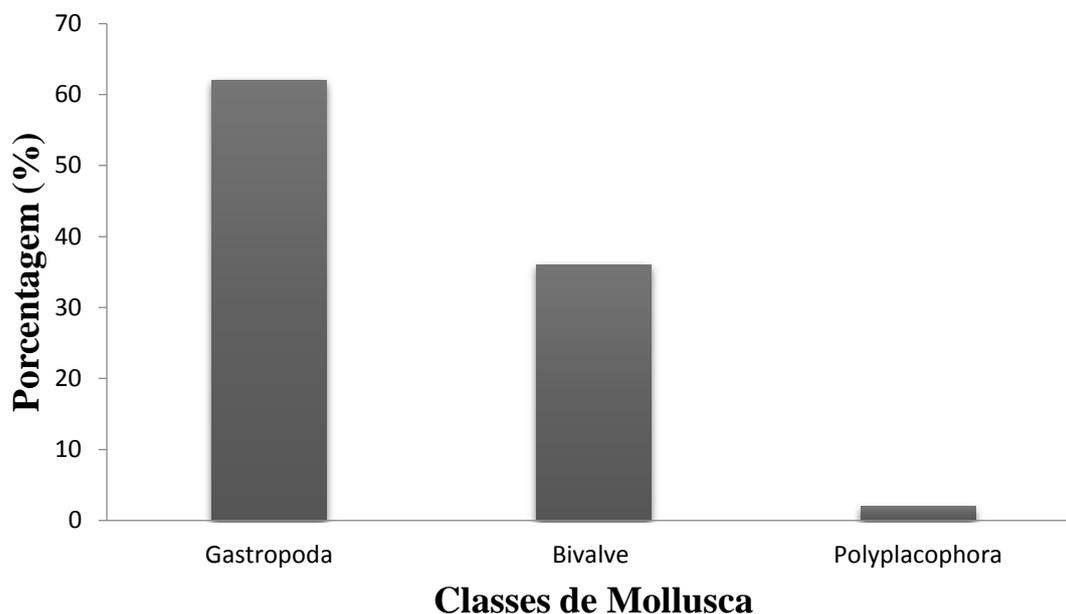


Figura 5. Representatividade das três classes de Mollusca encontradas associadas aos rodolitos em número de espécies.

Os gastrópodes apresentaram uma abundância total de 50% do número de indivíduos, distribuídos em 19 famílias, 22 gêneros e 28 espécies. Das famílias identificadas, Caecidae foi a que apresentou o maior número de indivíduos, seguida por Zebinidae e Cerithiidae (Figura 6). Com relação ao número de espécies, a família de gastrópode mais representativa foi Caecidae, com 6 espécies identificadas, seguida por Fissurelidae, Pyramideliidae, Marginellidae e Eulimidae, com 2 espécies cada (Figura 7).

As espécies de gastrópodes mais abundantes foram *C. achirona*, com 125.7 ind/l (correspondendo a 25.8% da abundância total de indivíduos coletados), *C. ryssotitum*, com 25.6 ind/l (5.3% da abundância total de indivíduos coletado), e *S. catesbyana*, com 18 ind/l (3.7% da abundância total de indivíduos coletados) (Tabela 2).

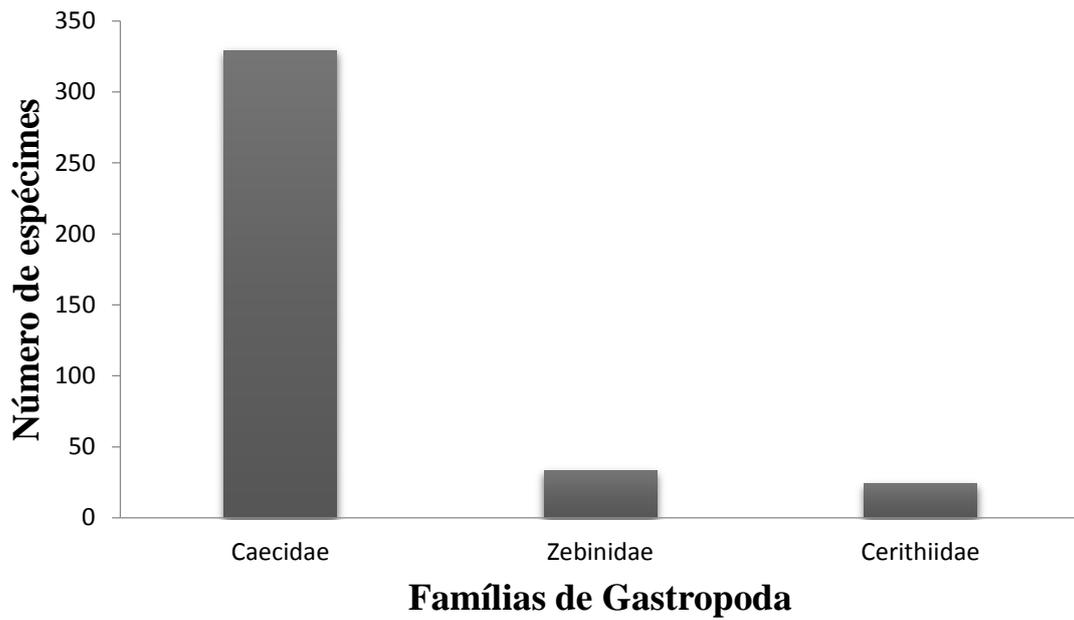


Figura 6. Famílias de gastrópodes com maior abundância nos rodolitos estudados.

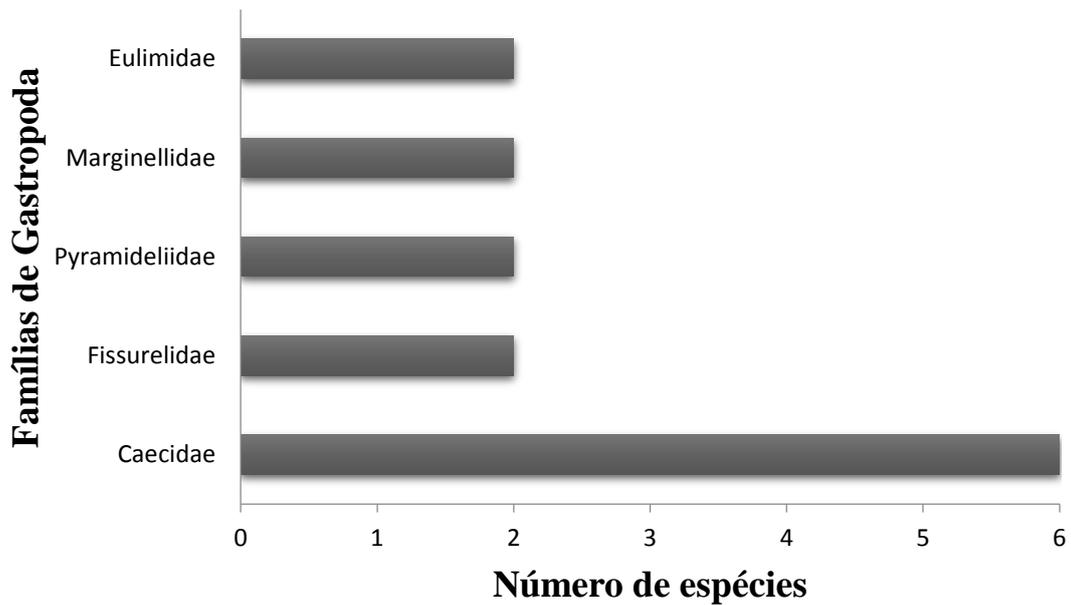


Figura 7. Número de espécies por família de gastrópode.

Os bivalves apresentaram uma abundância total de 49% do número de indivíduos, distribuídos em 13 famílias, 16 gêneros e 16 espécies. Das famílias identificadas, Chamidae foi a que apresentou o maior número de indivíduos, seguida por Kellidae e Pteridae (Figura 8). Com relação ao número de espécies, as famílias de bivalve mais representativas foram Semelidae e Mytilidae, com 3 e 2 espécies identificadas, respectivamente.

As espécies de bivalves mais abundantes foram *C. sinuosa*, com 84.9 ind/l (17.4% da abundância total de indivíduos coletados), *Kellia* sp., com 47.4 ind/l (9.7% da abundância total de indivíduos coletados) e *P. imbricata*, com 25 ind/l (5.1% da abundância total de indivíduos coletados) (Tabela 2).

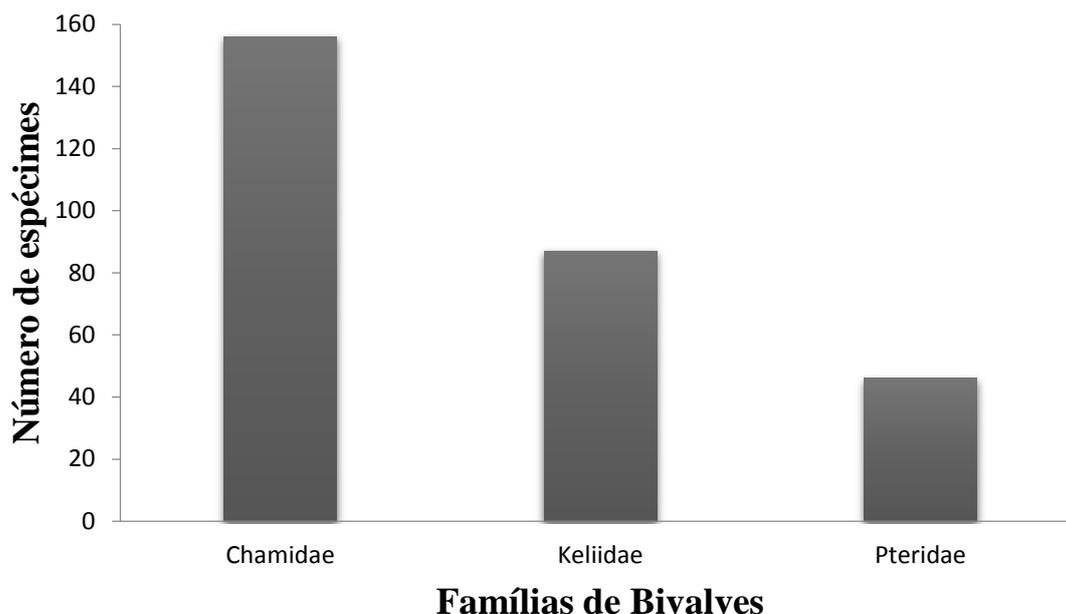


Figura 8. Famílias de bivalves com maior abundância nos rodolitos estudados.

Polyplacophora apresentou uma abundância total de 1% do número de indivíduos, tendo sido encontrada apenas uma espécie pertencente ao gênero *Ischnochiton*. Das espécies encontradas, duas correspondem a novos registros. O gastrópode *Nanaphora verbernei* é um novo registro para o estado do Ceará, e o bivalve *Kellia* sp. corresponde a novo registros para a região Nordeste do Brasil.

A RDA evidenciou a relação de espécies com características físicas específicas dos rodolitos (Figura 9). De modo geral, as espécies de moluscos encontradas foram associadas a rodolitos mais porosos e com maiores valores de diâmetro médio. O polyplacophora *I. striolatus* (as), o gastrópode *C. floridanum* (f) e Bivalve espécie 1 (ap) se mostraram mais associados a rodolitos com maiores números de ramificações. O bivalve *C. sinuosa* (ae) se mostrou mais associado a rodolitos esféricos. As espécies *C. ryssotitum* (b), *S. profícua* (ao), *C. lamellosa* (an), *A. incerta* (x) e *P. imbricata* (ag) se mostraram mais associados a rodolitos com maiores valores de cobertura de sedimento.

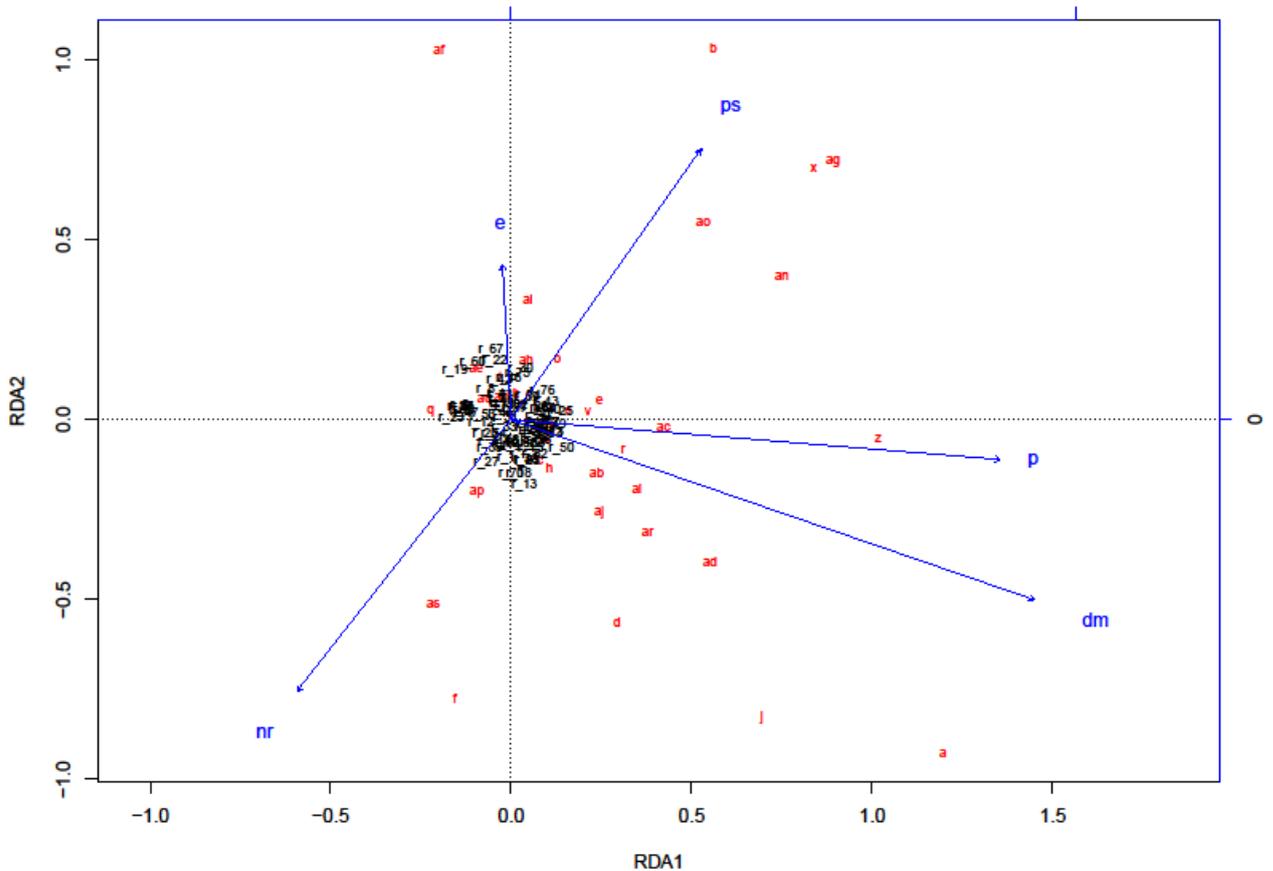


Figura 9. Análise de redundância (RDA) relacionando as espécies de moluscos associadas aos rodolitos com as variáveis físicas dos mesmos. Legenda vetores: diâmetro médio (dm), porosidade (p), número de ramificações (nr), porcentagem de cobertura de sedimento (ps), esfericidade (e). Legenda espécie: *C. achirona* (a), *C. ryssotitum* (b), *C. pulchellum* (c), *C. antillarum* (d), *C. brasiliicum* (e), *C. florida num* (f), *L. limatula* (h), *B. varium* (j), *V. avena* (k), *V. arcuata* (n), *Atys* sp. (o), *Turbonilla* sp. (q), Família Dorididae sp. (r), *A. auberiana* (t), *A. ulla* (v), *F. cellulosa* (w), *A. incerta* (x), *S. catesbyana* (z), *Nudibranchia* sp. (ab), *P. soleniformes* (ac), *Kellia* sp. (ad), *C. sinuosa* (ae), *L. hians* (af), *P. imbricata* (ag), *A. adamsi* (ah), *C. lunulata* (ai), *E. concêntrica* (aj), *A. gibbus* (ak), *M. lateralis* (al), *L. bisulcatus* (am), *C. lamellosa* (an), *S. profícua* (ao), *S. fragilis* (ap), *Bivalve* sp.1 (aq), *Bivalve* sp. 2 (ar), *I. striolata* (as). F: 1.235. Significância = $p < 0.05$.

Através da GLM, pode-se observar a existência de uma relação direta entre riqueza e abundância de espécies e porosidade dos rodolitos, de forma que a medida que se aumenta a porosidade das algas, aumenta-se também a riqueza e abundância de moluscos associados (Figura 10).

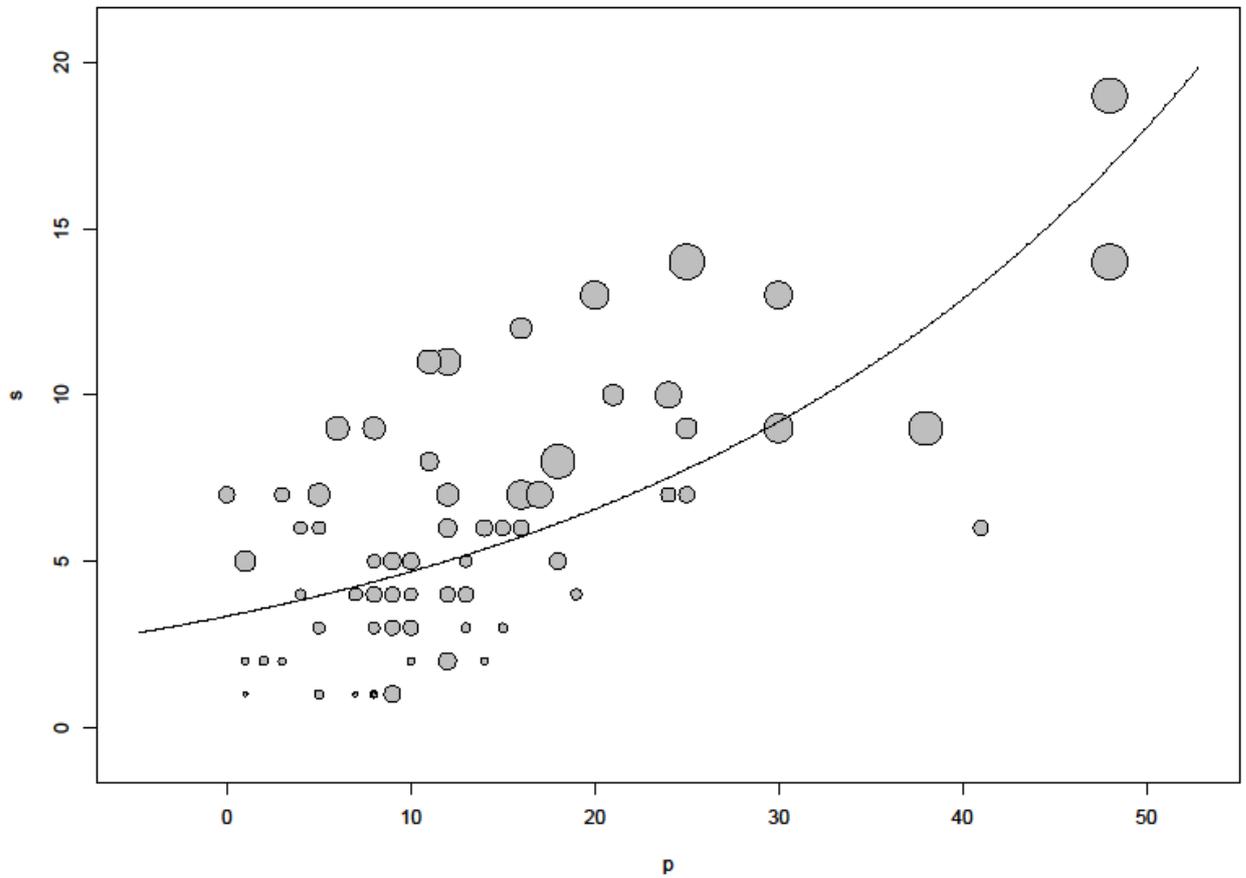


Figura 10. Modelo linear generalizado (GLM) relacionando riqueza e abundância de moluscos com características físicas dos rodolitos. A variável porosidade (p) se encontra no eixo x , e a variável riqueza (s) se encontra no eixo y . Abundância está representada pelo tamanho (maior e menor) das esferas. Significância = $p < 0.001$.

6.3. Taxonomia das algas calcárias formadoras dos rodolitos

Uma espécie de alga calcária incrustante foi identificada como a mais abundante e formadora dos rodolitos do presente estudo. As outras espécies de algas calcárias encontradas ainda estão em processo de identificação.

Ordem: Hapalidiales

Família: Mesophyllaceae

Gênero: *Mesophyllum*

Espécie: *Mesophyllum* cf. *macedonis* Athanasiadis, 1999 (Figuras 11–12)

Descrição: Talo não-geniculado com forma de crescimento protuberante (Figura 11A), coloração variando de rosa a marron. Talo com densos ramos irregulares e alongados (Figura 11A), medindo de 2-4mm de altura e 1–2mm de largura. Organização do talo monômera (Figura 11B). Única camada de células epiteliais arredondadas pigmentadas com 3–8 μ m de altura e 6–8 μ m de largura (Figura 11C). Células sub-epiteliais alongadas com 10–14 μ m de altura e 6–8 μ m de largura (Figura 11C). Células do peritalo com 11 μ m de altura e 6 μ m de largura. Células do hipotalo retangulares com 12–23 μ m de altura e 2–8 μ m de largura (Figura 11D). Células de filamentos adjacentes unidas por fusão celulares (Figura 11C). Tricocistos presentes e isolados, medindo de 56 μ m de altura e 11 μ m de largura (Figura 11B). Conceptáculos tetraesporangiais maduros multiporados, elevados (Figura 12A), com 3–5 camadas de células no teto do conceptáculo (Figura 12C). Poro dos conceptáculos com 7–10 μ m de diâmetro cercados por 7 células do tipo roseta com 6 μ m de comprimento e 2–3 μ m de largura (Figura 12B). Diâmetro externo dos conceptáculos de 355–877 μ m (Figura 12A). Câmara interna dos conceptáculos com 125–301 μ m de altura e 178–356 μ m de diâmetro (Figura 12D). Piso do conceptáculo situado de 10–14 camadas celulares abaixo da superfície do talo (Figura 12D). Tetraesporos zonados com 75 μ m de altura e 44 μ m de largura (Figura 12D). Gametângios não foram observados.

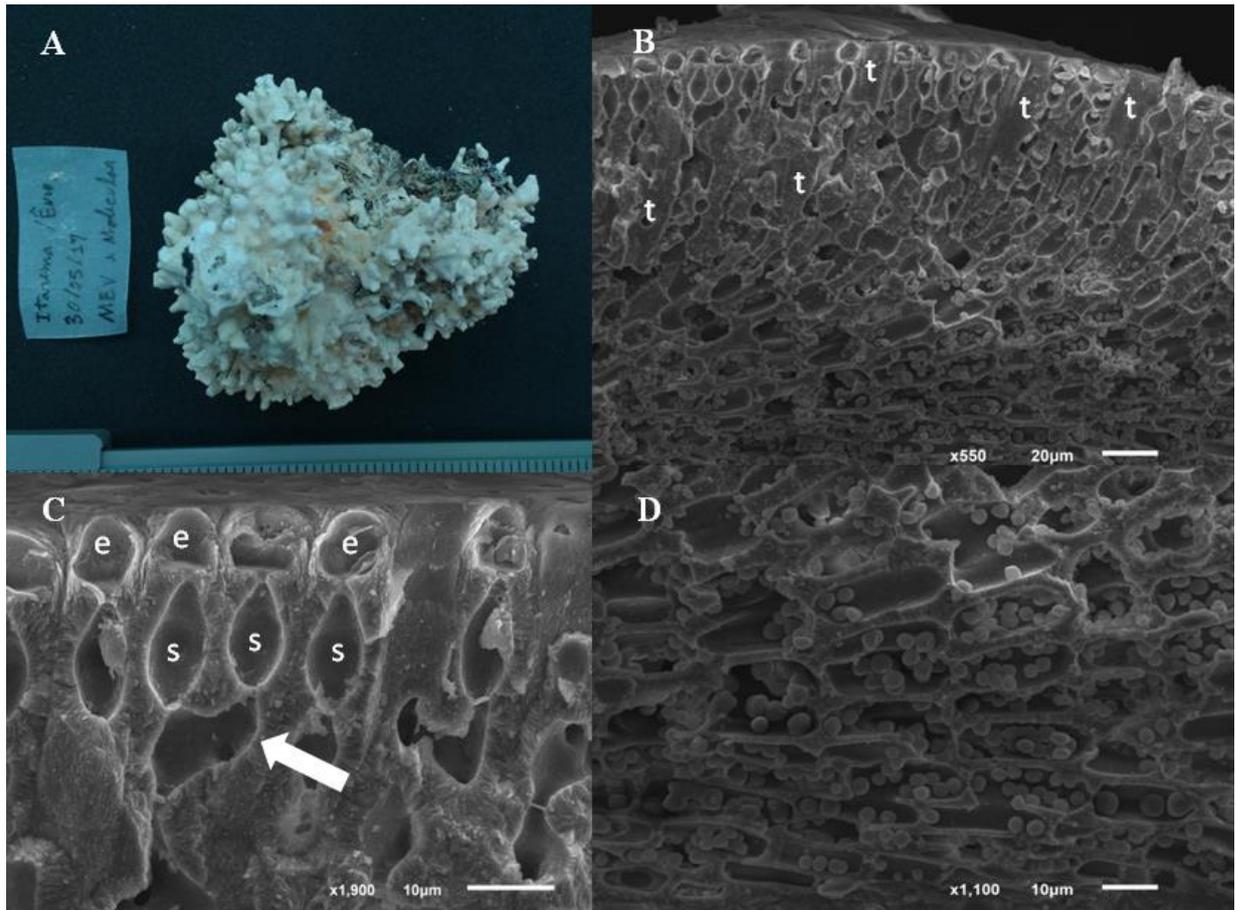


Figura 11. *Mesophyllum* cf. *macedonis* aspecto externo (A); corte longitudinal mostrando a organização celular monômera e tricocistos (t) (B); corte longitudinal mostrando as células epiteliais (e); células sub-epiteliais (s) e ligações celulares secundárias indicada pela seta branca (C), corte longitudinal mostrando células do hipotalo retangulares (D).

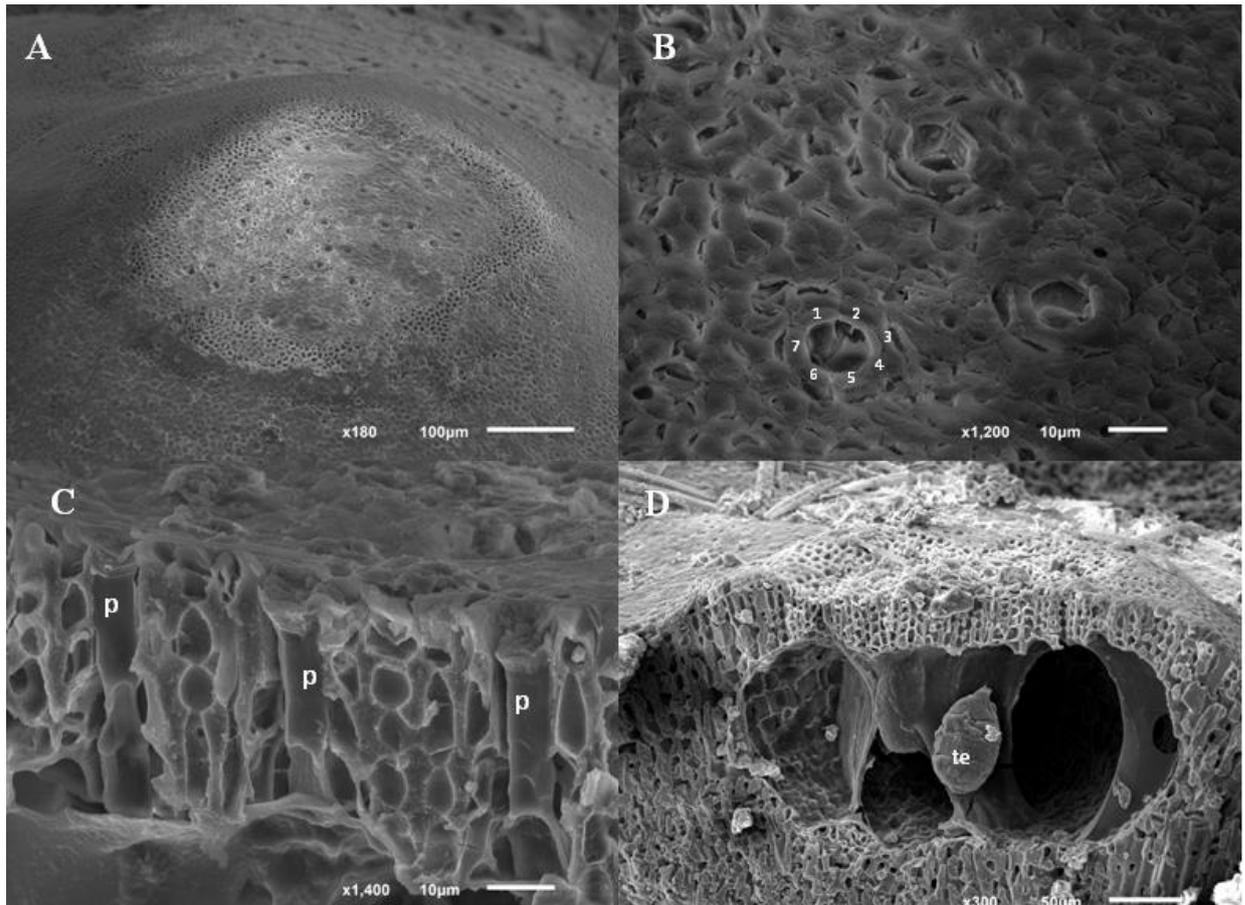


Figura 12. *Mesophyllum* cf. *macedonis*; conceptáculo multiporado elevado em vista superficial (A); sete células em roseta ao redor do poro em vista superficial (B); corte longitudinal mostrando as células ao redor do poro (p) orientadas na vertical evidenciando células longas e células curtas (C) e corte longitudinal mostrando o conceptáculo com tetraesporo (te) zonado (D).

7. DISCUSSÃO

Os rodolitos amostrados apresentaram pequenos valores de diâmetro médio e baixo número de ramificações se comparados aos encontrados em outros estudos (HINOJOSA-ARANGO E RIOSMENA-RODRÍGUEZ, 2004; FIGUEIREDO et al., 2007; TEICHERT et al., 2014). A baixa densidade de rodolitos pode tornar o banco pouco estável e consequentemente parecem pouco atrativos para fauna associada.

Entretanto, para a malacofauna, essa hipótese não é corroborada. Os valores de riqueza de moluscos associados foram semelhantes aos encontrados em outros bancos de rodolitos (CASTRIOTA et al., 2005; SCIBERRAS et al., 2009; RIOSMENA-RODRIGUEZ E MEDINA-LÓPEZ, 2010; TÂMEGA et al., 2013; QUEIROZ et al., 2016). Além disso, a riqueza de espécies do presente estudo é similar aos valores encontrados em trabalhos

realizados com outros grupos de algas, calcárias e não calcárias, (KELAHER et al., 2007; QUEIROZ E DIAS, 2014; BONIFAZI et al., 2017) indicando assim, a igual capacidade desse habitat em abrigar moluscos associados. Os valores de abundância apresentaram maior variação na comparação com outros estudos (FOSTER et al., 2007; METRI E ROCHA, 2008; GAGNON et al., 2012), o que pode ser justificado, além das próprias diferenças ambientais, devido a existência de diferenças metodológicas e no número de amostras analisadas.

A GLM realizada mostrou que, dentre as características físicas estudadas, riqueza e abundância da malacofauna apresentaram forte correlação com porosidade. Os resultados mostram que o volume de espaços internos dos rodolitos analisados é um pouco maior do que a metade do volume real do próprio talo da alga, demonstrando a grande quantidade de refúgios disponibilizados, os quais tendem a ser comumente habitados por uma série de invertebrados marinhos, que se utilizam deste microambiente para proteção, refúgio e reprodução (TEICHERT et al., 2014). Além disso, a grande maioria dos rodolitos (59 % do total) apresentou um dos eixos maior que os demais, ou seja, os rodolitos parecem ser mais achatados do que esféricos, indicando uma posição preferencial no substrato, o que fornece estabilidade (ROCHA et al., 2006). A PCA mostrou que os rodolitos maiores são também os mais porosos e os menos esféricos, e a RDA apontou que a maioria das espécies se mostrou mais associada a rodolitos com maiores valores de porosidade e diâmetro médio, o que indica que esses rodolitos de fato fornecem abrigo de qualidade para malacofauna associada.

Segundo Berlandi et al. (2012), as espécies que vivem associadas aos rodolitos respondem diretamente às características físicas destes. Rodolitos grandes e ramificados são capazes de manter uma maior riqueza e abundância de espécies associadas, devido à maior disponibilidade de micro-habitats, além de proporcionarem uma maior estabilidade no substrato (RIOSMENA-RODRIGUEZ E MEDINA-LÓPEZ, 2010; GONDIM et al., 2014).

Hinojosa-Arango e Riosmena-Rodríguez (2004) relatam que fatores abióticos, como ondas e correntes, afetam diretamente riqueza e abundância da fauna associada. No primeiro semestre de 2017, período em que ocorreu a coleta do material, as correntes de fundo na plataforma continental cearense são menos intensas, com a maior parte da plataforma apresentando velocidade em torno de 0 m/s a 0.05 m/s (FREITAS, 2015). Os valores baixos de velocidade das correntes podem permitir uma maior estabilidade do banco de rodolitos, mesmo com a baixa densidade das algas calcárias no local. Dessa forma, apesar de as características externas dos rodolitos aparentemente não serem propícias para fauna associada, a quantidade de espaços internos, associada à baixa velocidade das correntes de fundo no

primeiro semestre parecem permitir a manutenção de elevada taxa de riqueza e abundância de moluscos associados, pelo menos durante o período de estudo.

Queiroz et al. (2016), em trabalho realizado na plataforma continental do Nordeste brasileiro, sugeriu que os rodolitos amostrados teriam sido transportados de locais próximos, devido ao fato dos rodolitos possuírem ramificações desgastadas, formato elipsoidal e grande mortandade das algas calcárias formadoras dos rodolitos. Além disso, afirmaram também que o fato da maioria dos rodolitos possuírem ramos densos e desgastados é indicativo de que o local de formação dos rodolitos é de forte hidrodinamismo. No presente estudo, a maior concentração de rodolitos vivos em relação aos mortos, além de os formatos esferoidal e subesferoidal terem sido mais frequentes, formatos que rolam com menos facilidade do que o elipsoidal (BOSENCE, 1976), levam a crer que os rodolitos devem ter origem na área de estudo. Os rodolitos analisados também possuem ramos densos e ramificações desgastadas, o que leva a crer que se encontram em ambientes de alta energia. O maior hidrodinamismo presente no segundo semestre do ano, com aumento das ondas e velocidade das correntes (FREITAS, 2015), pode ser o responsável pelo padrão desgastado dos rodolitos encontrados.

Outro ponto a ser considerado é a presença constante de ascídias agregadoras de sedimento sobre os rodolitos. As espécies de ascídias que apareceram com maior frequência foram *Eudistoma carolinense* e *Euherdmania* sp., organismos coloniais caracterizados por depositarem sedimento em sua túnica (LOTUFO, 2002). As ascídias estiveram presentes em 64 dos 76 rodolitos estudados, chegando em alguns casos a cobrir 80% da superfície do talo das algas. A PCA mostrou uma relação negativa entre número de ramificações e porcentagem de cobertura de sedimento, com os rodolitos com maior cobertura de sedimento sendo também os que apresentaram menos ramificações. Dessa forma, é possível afirmar que a cobertura de ascídias sobre os rodolitos acaba por torná-los mais uniformes, podendo interferir diretamente na fauna associada.

Entretanto, o sedimento acumulado por essas ascídias é utilizado como substrato para uma diversidade de invertebrados marinhos (MORENO E ROCHA, 2001). *Eudistoma carolinense* atua como substrato biológico altamente heterogêneo, permitindo o assentamento de uma variedade de organismos associados, incluindo diferentes espécies de moluscos (MORENO E ROCHA, 2006). De acordo com a RDA, cinco espécies de moluscos, três bivalves e dois gastrópodes, estiveram mais relacionadas a rodolitos contendo maiores valores de porcentagem de cobertura dessas ascídias. A presença maior de bivalves, segundo Moreno e Rocha (2006), é devido ao fato de estes serem organismos sésseis, que encontram no sedimento acumulado pelas ascídias substrato para assentamento.

O bivalve *Pinctada imbricata* pode ser encontrado em ambientes consolidados e inconsolidados, se ligando ao substrato a partir de filamentos do bissus (LODEIROS et al., 2011; MARTINEZ et al., 2012), tendo sido a segunda espécie de bivalve de maior abundância. Estes organismos são filtradores, e provavelmente se alimentem de material em suspensão proveniente do sedimento acumulado nas ascídias, o mesmo ocorrendo para as espécies *Semele profícua* e *Cumingia lamellosa*, bivalves também de ambientes inconsolidados (RIOS, 2009). A presença constante de ascídias agregadoras de sedimento sobre os rodolitos pode ter levado aos altos valores de abundância de *P. imbricata*. Vale lembrar que essas espécies foram encontradas habitando tanto a superfície e o interior dos rodolitos quanto a superfície das ascídias. Os espécimes embebidos na túnica das ascídias não foram contabilizados, pois deveriam estar mais associados a estes organismos do que aos rodolitos.

Quando comparado ao número de espécies de moluscos conhecidas para outros habitats ao longo da Ceará e em outras localidades do Nordeste do Brasil, a riqueza de moluscos nos rodolitos estudados não variou muito. No estado do Ceará, 67 espécies de moluscos foram encontradas em um recife de arenito (VERAS et al., 2013), e 56 espécies de moluscos foram encontradas associadas a macroalgas no estado do Rio Grande do Norte (QUEIROZ E DIAS, 2014). Em um levantamento realizado em estuário no Rio Paraíba, 42 espécies de moluscos foram encontradas (LIMA et al., 2017). Apesar da variação na riqueza, muitas das espécies encontradas nesses trabalhos estiveram presentes também no presente estudo. Muitas dessas espécies ocorrem também no mar do Caribe, o que demonstra que as espécies encontradas neste estudo apresentam uma larga distribuição para o oeste do Oceano Atlântico.

Caecidae foi a família que apresentou maior riqueza e valores de abundância no presente trabalho, um grupo de micromoluscos que pode ser encontrado em ambientes consolidados e inconsolidados, associados a algas, em áreas estuarinas e em sedimentos calcáreos e areno-lamosos (OLIVEIRA et al., 2003). Representantes dessa família são frequentemente encontrados associados a bancos de rodolitos (HALL-SPENCER, 1998; CASTRIOTA et al., 2005; METRI e ROCHA, 2008). *Caecum achirona*, o caecideo encontrado com maior abundância, é um pequeno gastrópode de concha mediana (2.5 mm), translúcida e de pequena curvatura (PASTORINO E CHIESA, 2014). A RDA apontou forte associação dessa espécie a rodolitos de maior diâmetro médio. *Caecum achirona* é um gastrópode raspador, herbívoro, e sua presença em rodolitos maiores pode ser justificada pela maior área para raspagem fornecida.

A espécie *Caecum ryssotitum* foi a segunda mais abundante dessa família. É um gastrópode de pequenas dimensões (1-5 mm), de hábito alimentar herbívoro e detritívoro (RIOS, 1994; VERAS et al., 2013). A RDA apontou forte associação dessa espécie a rodolitos com maior porcentagem de cobertura de sedimento. É provável que esses organismos se beneficiem da presença das ascídias devido ao fato de estas, ao agregarem sedimento, acabarem por acumular detritos, que podem ser utilizados como fonte de alimento para essa espécie. *Caecum ryssotitum* já foi identificada em outros trabalhos associado a rodolitos (METRI, 2008; DUARTE, 2011), mostrando sua adaptabilidade a esse ambiente.

Tanto *C. ryssotitum* quanto *C. achirona* foram encontrados neste trabalho em diferentes estágios de desenvolvimento, estando presentes indivíduos recém-eclodidos, jovens e adultos, o que demonstra que essas espécies utilizam os rodolitos não somente para desova, mas concluem todo o seu ciclo de vida neste hábitat. Outros fatores que podem explicar esse resultado são a sazonalidade da reprodução e o período de recrutamento, que devem ser levados em consideração quando se estuda a composição da comunidade de moluscos (QUEIROZ E DIAS, 2014). O período do estudo pode ter coincidido com o período de recrutamento dessas espécies, o que justificaria a grande quantidade de juvenis encontrados.

Outra família que merece atenção por ter sido representativa em termos de abundância é Chamidae. A espécie *Chama sinuosa*, única representante da família encontrada, foi a segunda espécie de molusco de maior abundância, e o bivalve mais abundante, com um valor total de 84.9 ind/l de alga encontrados. *Chama sinuosa* é um bivalve sésil, que se assenta a partir da cimentação de sua base (AMARAL et al., 2010), necessitando assim de substrato duro para sua sobrevivência. Como os rodolitos encontram-se sobre substrato arenoso, *C. sinuosa* depende da presença dessas algas calcárias para habitar a área. É sabido que a presença de rodolitos em substrato inconsolidado permite o aumento da distribuição de espécies que necessitam de substrato duro para sobrevivência (STELLER et al., 2003), e, no caso do presente estudo, permitem a grande abundância dessa espécie de bivalve.

Ischnochiton striolatus foi a única espécie de polyplacophora encontrada. No presente estudo, *I. striolatus* foi encontrada habitando a superfície dos rodolitos, e esteve mais relacionada àqueles mais ramificados. Uma possível explicação para esse resultado é o fato de que *I. striolatus*, um herbívoro raspador, se beneficiaria vivendo em rodolitos altamente ramificados devido ao aumento de superfície de raspagem, ampliando a área de alimentação para essa espécie. Além disso, quítons, de modo geral, evitam substratos arenosos e lamosos (HYMAN, 1967). Como apontado pela PCA, rodolitos mais ramificados foram também os

com menos porcentagem de cobertura de sedimento, sendo assim mais adequados para a sobrevivência dessa espécie.

Além da influência exercida pelas características físicas dos rodolitos, a malacofauna associada também sofre influência proveniente das interações existentes entre diferentes espécies, visto que a estrutura da comunidade também pode ser afetada pelas relações entre espécies de diferentes nichos tróficos, como observado por Queiroz e Dias (2014). Espécies predadoras agem sobre a comunidade de forma direta ou indireta, possuindo importante papel na regulação da diversidade em comunidades (RICKLEFS, 2003). Além da presença de espécies de moluscos carnívoros, como *Volvarina avena* e *Favartia cellulosa*, vale ressaltar a presença de outros organismos como poliquetos e crustáceos, alguns carnívoros ativos que estiveram também presentes com frequência nos rodolitos estudados.

As famílias Fissurelidae, Haminoeidae e Caecidae são formadas por espécies herbívoras, que podem se beneficiar com a presença de algas e diatomáceas que colonizam a superfície dos rodolitos. A família Caecidae é composta por indivíduos que apresentam em geral preferência por diatomáceas, além de espécies detritívoras, e servem de alimento para crustáceos e gastrópodes carnívoros, participando ativamente da teia alimentar (MELLO E MAESTRATI, 1986). Foram encontrados também exemplares pertencentes às famílias Eulimidae e Pyramidellidae, a primeira composta por ectoparasitas de equinodermos, e a segunda formada por ectoparasitas de moluscos, anelídeos, ascídias e poríferos (LINSE E BRANDT, 1998). Essas espécies podem se beneficiar da presença constante observada de diferentes espécies que podem servir de presa, como equinodermos e poliquetos, além das diferentes espécies de moluscos encontradas.

Duas espécies de moluscos correspondem a novos registros, o gastrópode *Nanaphora verbernei*, um novo registro para o estado do Ceará, e o bivalve *Kellia* sp., um novo registro para a região Nordeste do Brasil. *Nanaphora verbernei* é um pequeno gastrópode, uma das menores espécies pertencente à família Triphoridae. Apenas um indivíduo da espécie foi encontrado no material analisado. Anteriormente considerada uma espécie restrita para o Caribe, foi registrado para o Brasil pela primeira vez em 2015, para os estados de Alagoas, Bahia e São Paulo (FERNANDES E PIMENTA, 2015).

Kellia sp. é pertencente à uma família de bivalves caracterizada pelo tamanho diminuto, concha transparente e delicada (RIOS, 2009). Apenas uma espécie desse gênero é descrita para o Brasil, *Kellia suborbicularis*, um pequeno bivalve de vida livre normalmente encontrado em fendas ou buracos em substrato consolidado e inconsolidado (POPHAM, 1940). Essa espécie apresenta distribuição para o Oceano Pacífico e Atlântico, nesse último

ocorrendo da Islândia à Flórida, e Brasil (São Paulo) à Argentina (RIOS, 2009). Devido a diferenças anatômicas e morfológicas, acredita-se que a espécie encontrada no presente estudo não seja *Kellia suborbicularis*, sendo assim uma provável nova espécie. Foi a segunda espécie de maior abundância encontrada, com um total de 87 exemplares identificados.

Dos espécimes encontrados no estudo, houve uma predominância de micromoluscos, indivíduos de pequeno porte, com tamanho não superior a 10 mm (BARRERA E TUNNELL, 2001). Parte da justificativa para esse resultado é o fato de, no presente trabalho, a grande maioria dos moluscos encontrados (68%) ter sido composta por indivíduos jovens, muitos recém eclodidos. Bancos de rodolitos atuam como áreas de berçário, fornecendo abrigo, proteção e alimento para organismos no início de seu desenvolvimento (FIGUEIREDO et al., 2007; GONDIM et al., 2014), além disso, a química da superfície das algas calcárias induzem o assentamento larval (SPOTORNO-OLIVEIRA et al., 2015). Foram encontradas juvenis de espécies que podem atingir grandes tamanhos, como *Pinctada imbricata* e *Argopecten gibbus*, demonstrando a importância desse habitat no ciclo de vida dessas espécies.

Além disso, é importante considerar que algumas das espécies encontradas apresentam tamanhos diminutos mesmo quando adultas. O pequeno tamanho desses organismos pode ser considerado uma adaptação para a vida nesse hábitat, visto que muitos desses organismos vivem no interior dos rodolitos ou nas pequenas porções de sedimentos acumulados nas ramificações, havendo assim compatibilidade entre tamanho dos espécimes e estrutura do hábitat (SILVA, 2014). Micromoluscos representam um grande grupo dentro de Mollusca, e cujo conhecimento encontra-se ainda no início, devido a dificuldades na sua identificação e estudo (ORTIGOSA et al., 2018). Assim, esse estudo representa uma contribuição a mais para o conhecimento dessa fauna de pequenos organismos que costuma ser negligenciada em trabalhos de levantamento (QUEIROZ E DIAS, 2014).

No presente trabalho foram encontradas espécies de hábito infaunal, típicas de ambientes inconsolidados, como *Crassinella lunulata*, *Sphenia fragilis* e *Ervilia concentrica*, que apesar de presentes, estiveram em baixas abundâncias, com 4.4, 2.7 e 1.1 ind/l de alga, respectivamente. Devido a capacidade de acumular sedimento entre seus ramos, e por estarem em uma posição intermediária entre ambiente consolidado e inconsolidado, rodolitos são capazes de acomodar espécimes de ambos os substratos (VILLAS-BOAS et al., 2014a), permitindo assim um aumento da riqueza de espécies local.

Sabendo-se da escassez de trabalhos com rodolitos para a região e ausência de estudos publicados sobre moluscos associados a rodolitos no Nordeste do Brasil, este trabalho torna-se o primeiro esforço para gerar conhecimento acerca da malacofauna associada a essas algas

calcárias nesse local, ampliando assim o conhecimento sobre as relações ecológicas existentes nesse ecossistema, bem como sobre as espécies encontradas, tanto de rodolitos quanto de moluscos. Trabalhos de levantamento são importantes para geração de conhecimento, e a descrição da comunidade bentônica e sua dinâmica são de suma importância para auxiliar em ações de conservação, algo fundamental, visto os riscos que o habitat de banco de rodolitos sofre ao redor do mundo.

8. CONCLUSÃO

As características físicas dos rodolitos tiveram importância nos valores de riqueza e abundância da malacofauna associada.

Todas as cinco variáveis analisadas tiveram influência na forma como as espécies ocuparam esse habitat, sendo a porosidade dos rodolitos a variável que apresentou influência direta nos valores de riqueza e abundância de moluscos encontrados.

Apesar das características externas dos rodolitos aparentemente desfavoráveis para fauna associada e baixa densidade de rodolitos encontrados, a quantidade de espaços internos, associada à baixa velocidade das correntes de fundo parecem permitir a manutenção de elevada taxa de riqueza e abundância de moluscos associados.

As espécies encontradas pertencem a diferentes níveis tróficos, indicando que estas exploram de forma diversificada o ambiente a sua volta.

A descoberta de dois novos registros para a região, sendo um deles uma provável nova espécie, reforça o potencial desse habitat em acomodar diferentes formas de vida, e a necessidade de mais estudos de levantamento faunístico para a região.

A grande quantidade de espécies em estágio juvenil encontradas reforça a ideia de que bancos de rodolitos atuam como áreas de berçário, sendo assim um local importante para o ciclo de vida e sobrevivência de várias espécies, elevando ainda mais a importância de se conservar esse hábitat.

REFERÊNCIAS

ABBOTT, R.T. **American Seashells**. New York, van Nostrand Reinhold Co, 541 p, 1965.

ADEY, W.H.; ADEY, P.J. Studies on the biosystematics and ecology of the epilithic crustose corallinaceae of the British Isles. **British Phycological Journal**. v. 8, p. 343-407, 1973.

AGUIAR, P.F.; EL-ROBRINI, M.; FREIRE, G.S.S.; CARVALHO, R.G. Morfodinâmica de praias dominadas por mesomares na Planície Arenosa de Almofala, NW do Ceará (Brasil). **Pesquisas em Geociências**. v. 40, n. 1, p. 61-73, 2013.

AMADO-FILHO, G.M.; MANEVELDT, G.; MANSO, R.C.C.; MARINS-ROSA, B.V.; PACHECO, M.R.; GUIMARÃES, S.M.P.B. Structure of rhodolith beds from 4 to 55 meters deep along the southern coast of Espírito Santo State, Brazil. **Ciencias Marina**. v. 33, n. 4, p. 399-410, 2007.

AMADO-FILHO, G.M.; MANEVELDT, G.W.; PEREIRA-FILHO, G.H.; MANSO, R.C.C.; BAHIA, R.G.; BARROS-BARRETO, M.B.; GUIMARÃES, S.M.P.B. Seaweed diversity associated with a Brazilian tropical rhodolith bed. **Ciencias Marinas**. v. 36, p. 371-391, 2010.

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. Rhodolith Beds are Major CaCO₃ Bio-factories in the Tropical South West Atlantic. **PLoS One**. v. 7, n. 4, p. 1-6, 2012.

AMADO-FILHO, G.M.; PEREIRA-FILHO, G.H. Rhodolith beds in Brazil: a new potential habitat for marine bioprospection. **Revista Brasileira de Farmacognosia**. v. 22, p. 782-788, 2012.

AMARAL, F.M.D.; FARRAPEIRA, C.M.R.; LIRA, S.M.A.; RAMOS, C.A.C.; DOM, R. Benthic macrofauna inventory of two shipwrecks from Pernambuco coast, northeastern of Brazil. **Revista Nordestina de Zoologia**. v. 4, n. 1, p. 24-41, 2010.

ÁVILA, E.; RIOSMENA-RODRIGUEZ, R. A preliminary evaluation of shallow-water rhodolith beds in Bahia Magdalena, Mexico. **Brazilian Journal of Oceanography**. v. 59, n. 4, p. 365-375, 2011.

BAHIA, R.G.; ABRANTES, D.P.; BRASILEIRO, P.S.; PEREIRA FILHO, G.H.; AMADO FILHO, G. M. Rhodolith bed structure along a depth gradient on the northern coast of Bahia State, Brazil. **Brazilian Journal of Oceanography**. v. 58, n. 4, p. 323-337, 2010.

BARRERA N.; TUNNELL J.W. **Micromolluscan faunal survey of the East and West Flower Garden Banks**. In: DOKKEN, Q. Long-term monitoring of the East and West Flower Garden Banks, 1998–1999. New Orleans, Louisiana. p. 99–108, 2001.

BASSI, D.; SIMONE, L.; NEBELSICK, J.H. **Re-sedimented Rhodoliths in Channelized Depositional Systems**. In: RIOSMENA-RODRÍGUEZ, R.; NELSON, W.; AGUIRRE, J. Rhodolith/ Maërl Beds: A Global Perspective. Suécia: Springer. p. 139-168, 2017.

BERLANDI, R.M.; FIGUEIREDO, M.A.O.; PAIVA, P.C. Rhodolith morphology and the diversity of polychaetes off the southeastern Brazilian coast. **Journal of Coastal Research**. v. 28, n. 1, p. 280-287, 2012.

BIRKETT, D.A.; MAGGS, C.; DRING, M.J. Maerl: an overview of dynamic and sensitivity characteristics for conservation management of marine SACs. **The Scottish Association for Marine Science**. v. 5, p. 1-90, 1998.

BONIFAZI, A.; VENTURA, D.; GRAVINA, M.F.; LASINIO, G.J.; BELLUSCIO A.; ARDIZZONE, G.D. Unusual algal turfs associated with the Rhodophyta *Phyllophora crispa*: Benthic assemblages along a depth gradient in the Central Mediterranean Sea. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**. v. 185, p. 77-93, 2017.

BOSENCE, D.W.J. Ecological studies on two unattached coralline algae from western Ireland. **Palaeontology**. v. 19, p. 365–395, 1976.

BOSENCE, D.W.J. Live and dead faunas from coralline algal gravels, Co. Galway. **Palaeontology**. v. 22, n. 2, p. 449-478, 1979.

BRUNO, J.F.; BERTNESS, M.D. Habitat modifications and facilitation in benthic marine communities. In: BERTNESS, M.D.; GAINES, S.D.; HAY, M.E. (Eds.), *Marine Community Ecology*. **Sinauer, Sunderland, MA**. p. 201-218, 2001.

CABIOCH, J. Les fonds de maerls de la baie de Morlaix et leur peuplement vegetal. **Cahiers de Biologie Marine**. v. 10, p. 139-161, 1969.

CASTRIOTA, L.; AGAMENNONE, F.; SUNSERI, G. The mollusc community associated with maerl beds of Ustica Island (Tyrrhenian Sea). **Cahiers de Biologie Marine**. v. 46, n. 3, p. 289-297, 2005.

CHAPARRO, O.R.; SALAS-YANQUIN, L.P.; MATOS, A.S.; BÜCHNER-MIRANDA, J.A.; GRAY, M.W.; CUBILLOS, V.M.; PECHENIK, J.A. Pre-hatching development in the intertidal zone negatively affects juvenile survival and physiology in the muricid gastropod *Acanthina monodon*. **Marine Biology**. v. 165, n. 10, 155 p., 2018.

COUTINHO, P.N. Sedimentação na plataforma continental Alagoas-Sergipe. **Arquivos de Ciências do Mar**. v. 21, p. 1-18, 1981.

COYER, J.; WITMAN, J. **The underwater catalog: A guide to methods in underwater research**. Shoals Marine Laboratory/Cornell University Press, Ithaca, New York. 72 p., 1990.

DAVIES, A.J.; ROBERTS, J.M.; HALL-SPENCER, J. **Preserving deep-sea natural heritage: Emerging issues in offshore conservation and management**. **Biological Conservation**. v. 138, p. 299-312, 2007.

DUARTE, R.C.S. **Composição e abundância da malacofauna associada a bancos de algas calcárias (Rodolitos) do infralitoral raso dos recifes do Cabo Branco, João Pessoa (NE Brasil)**. 2011. 47 f. Monografia (Licenciatura e Bacharelado em Ciências Biológicas) – Curso de Ciências Biológicas da Universidade Estadual da Paraíba, Paraíba, 2011.

FAZAKERLEY, H.; GUIRY, M.D. **The distributions of maerl beds around Ireland and their potential for sustainable extraction: phycology section**. Report to the Marine Institute, NUI, Galway, Dublin; 34 p. 1998.

FERNANDES, M.R.; PIMENTA, A.D. Five new species and two records of Triphorinae (Caenogastropoda, Triphoridae) from Brazil. **Zootaxa**. v. 4012, n. 3, p. 493-513, 2015.

FIGUEIREDO, M.D.O.; SANTOS DE MENEZES, K.; COSTA-PAIVA, E.M.; PAIVA, P.C.; VENTURA, C.R.R. Experimental evaluation of rhodoliths as living substrata for infauna at the Abrolhos Bank, Brazil. **Ciencias Marinas**. v. 33, n. 4, p. 427-440, 2007.

FOSTER, M.S. Rhodoliths: between rocks and soft places. **Journal of Phycology**. v. 37, p. 659–667, 2001.

FOSTER, M.S.; MCCONNICO, L.M.; LUNDSTEN, L.; WADSWORTH, T.; KIMBALL, T.; BROOKS, L.B.; MEDINA-LÓPEZ, M.; RIOSMENA-RODRÍGUEZ, R.; HERNÁNDEZ-CARMONA, G.; VASQUEZ-ELIZONDO, R.M.; JOHNSON, S.; STELLER, D.K. The diversity and natural history of *Lithothamnion muelleri*-*Sargassum horridum* community in the Gulf of California. **Ciencias Marinas**, v. 33, n. 4, p. 367-384, 2007.

FOSTER, M.S.; AMADO FILHO, G.M.; KAMENOS, N.A.; RIOSMENA-RODRÍGUEZ, R.; STELLER, D.L. Rhodoliths and rhodolith beds. **Smithsonian Contributions to the Marine Sciences**. n. 39, p. 143-155, 2013.

FREITAS, P.P. **Modelagem hidrodinâmica da circulação sobre a plataforma continental do Ceará – Brasil**. 2015. 98 f. Dissertação (Mestrado) – Instituto de Ciências do Mar Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2015.

GAGNON, P.; MATHESON, K.; STAPLETON, M. Variation in rhodolith morphology and biogenic potential of newly discovered rhodolith beds in Newfoundland and Labrador (Canada). **Botanica Marina**. v. 55, n. 1, p. 85-99, 2012.

GHERARDI, D.F. Community structure and carbonate production of a temperate rhodolith bank from Arvoredo Island, southern Brazil. **Brazilian Journal of Oceanography**. v. 52, n. 3-4, p. 207-224, 2004.

GONDIM, A.I.; DIAS, T.L.P.; DUARTE, R.C.S.; RIUL, P.; LACOUTH, P.; CHRISTOFFERSEN, M.L. Filling a knowledge gap on the biodiversity of Rhodolith-associated Echinodermata from northeastern Brazil. **Tropical Conservation Science**. v. 7, n. 1, p. 87-99, 2014.

GRAHAM, D.J.; MIDGLEY, N.G. Technical Communication-Graphical Representation of Particle Shape using Triangular Diagrams: An Excel Spreadsheet Method. **Earth Surface Processes and Landforms**. v. 25, n. 13, p. 1473-1478, 2000.

HALL-SPENCER, J.M. Conservation issues relating to maerl beds as habitats for molluscs. **Journal of Conchology Special Publication**. n. 2, p. 271-286, 1998.

HAMMER, O.; HARPER, D.A.T.; RYAN, P.D. PAST: Paleontological Statistics software package for education and data analysis. **Palaeontologia Electronica**. v. 4, n. 1, p. 1-9, 2001.

HARVEY, A.S.; WOELKERLING, W.J.; FARR, T.; NEILL, K.; NELSON, W. **Coralline algae of central New Zealand. An identification guide to common crustose species**. NIWA Press, Wellington, New Zealand, 145p. 2005.

HILY, C.; POTIN, P.; FLOCH, J.Y. Structure of subtidal algal assemblages on soft bottom sediments: fauna/flora interactions and role of disturbances in the Bay of Brest, France. **Marine Ecology Progress Series**. v. 85, p. 115-130, 1992.

HINOJOSA-ARANGO, G.; RIOSMENA-RODRÍGUEZ, R. Influence of Rhodolith-forming species and growth-form on associated fauna of rhodolith beds in the central-west Gulf of California, México. **Marine Ecology**. v. 25, n. 2, p. 109-127, 2004.

HORTA, P.A. Bases para a identificação das Coralináceas não articuladas - uma revisão. **Biotemas**. v. 15, n. 1, p. 7-44, 2002.

HORTA, P.A.; RIUL, P.; AMADO FILHO, G.M.; GURGEL, C.F.D.; BERCHEZ, F.; NUNES, J.M.D.C.; SCHERNER, F.; PEREIRA, S.; LOTUFO, T.; PERES, 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.; RÖRING, L.;

BARUFI, J.B.; FIGUEIREDO, M. Rhodoliths in Brazil: Current knowledge and potential impacts of climate change. **Brazilian Journal of Oceanography**. v. 64, p. 117-136, 2016.

HYMAN, L.H. **The invertebrates. VI. Mollusca I. Aplacophora, Polyplacophora, Monoplacophora, Gastropoda. The Coelomate Bilateria.** New York: McGraw Hill Book Company. 795 p., 1967.

IRVINE, L.M.; CHAMBERLAIN, Y.M. **Seaweeds of the British Isles.** London: The Natural History Museum. 1994.

JACQUOTTE, R. Etude des fonds des maërs de Méditerranée. **Recl Trav. Stn Mar. Endoume**. v. 26, p. 141-235, 1962.

JAMES, D.W. Diet, movement, and covering behavior of the sea urchin *Toxopneustes roseus* in rhodolith beds in the Gulf of California, Mexico. **Marine Biology**. v. 137, p. 913–923, 2000.

JONES, C.G.; LAWTON, J.H.; SHACHAK, M. Organisms as ecosystem engineers. **Oikos**. v. 69, p. 373–386, 1994.

JONES, D.O.B.; HUDSON, I.R.; BETT, B.J. Effects of physical disturbance on the cold-water megafaunal communities of the Faroe–Shetland Channel. **Marine Ecology Progress Series**. v. 319, p. 43-54, 2006.

KEEGAN, B.F. The macrofauna of maerl substrates on the west coast of Ireland. **Cahiers de Biologie Marine**. v. 15, p. 513-530, 1974.

KELAHER, B.P.; CASTILLA, J.C.; PRADO, L.; YORK, P.; SCHWINDT, E.; BORTOLUS, A. Spatial variation in molluscan assemblages from coralline turfs of Argentinean Patagonia. **Journal of Molluscan Studies**. v. 73, n. 2, p. 139-146, 2007.

KEMPF, M. A Plataforma Continental de Pernambuco (Brasil): Nota Preliminar sobre a Natureza do Fundo. **Trabalhos Oceanográficos, Universidade Federal de Pernambuco**. v. 9, n. 1, p. 111-124, 1967.

KEMPF, M. Notes on the benthic bionomy of the N-NE Brazilian shelf. **Marine Biology**. v. 5, n. 3, p. 213-224, 1970.

KEMPF, M. Shelf off Alagoas and Sergipe (Northeastern Brazil) 5 station list and notes on benthic bionomy. **Trabalhos Oceanográficos, Universidade Federal de Pernambuco**. v. 13, p. 7-28, 1972.

LEAL, J.H. **Gulf of Mexico: Origin, Waters, and Biota**. Volume 1. Biodiversity. Bulletin of Marine Science, v. 85, n. 3, p. 282-283, 2009.

LIMA, S.F.B.; LUCENA, R.A.; SANTOS, G.M.; SOUZA, J.W.; CHRISTOFFERSON, M.L.; GUIMARÃES, C.R.; OLIVEIRA, G.S. **Inventory of mollusks from the estuary of the Paraíba River in northeastern Brazil**. Biota Neotropica, v. 17, n. 1, p. 1-12, 2017.

LINSE, K.; BRANDT, A. Distribution of epibenthic Mollusca on a transect through the Beagle Channel (Southern Chile). **Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom**. v. 78, n. 3, p. 875-889, 1998.

LITTLER, M.M.; LITTLER, D.S.; HANISAK, M.D. Deep-water rhodolith distribution, productivity, and growth history at sites of formation and subsequent degradation. **Journal of Experimental Marine Biology and Ecology**. v. 150, p. 163-182, 1991.

LODEIROS, C.; GARCÍA, N.; NUÑES, M.; MARQUEZ, A.; CARRANZA, A. Diversity and community structure of soft-bottom benthic molluscs in the Araya Peninsula, Venezuela: a baseline for the assessment of environmental impacts. **Marine Biodiversity Records**. v. 4, p. 1-8, 2011.

LOTUFO, T.M.C. **Ascidiacea (Chordata: Tunicata) do Litoral Tropical Brasileiro**. 2002. Tese (Doutorado em Ciências, na área de Zoologia) – Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo, São Paulo. 2002.

MAGGS, C.A. **A phenological study on two maerl beds in Galway Bay, Ireland**. Ph.D. thesis, NUI, Galway; 346 p., 1983a.

MAGGS, C.A. A seasonal study of seaweed communities on subtidal maerl (unattached coralline algae). **Progress in Underwater Science**. v. 9, p. 27-40, 1983b.

MARTINEZ, A.S.; MENDES, L.F.; LEITE, T.S. Spatial distribution of epibenthic mollusks on a sandstone reef in the Northeast of Brazil. **Brazilian Journal Biology**. v. 72, n. 2, p. 287-298, 2012.

MELLO, R.L.S.; MAESTRATI, P. A família Caecidae Gray, 1850 no nordeste do Brasil. **Caderno Ômega, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Série Ciências Aquáticas**. v. 2, p. 145-166, 1986.

METRI, R. **Ecologia de um banco de algas calcárias da Reserva Biológica Marinha do Arvoredo, SC, Brasil**. 2006. 110 f. Tese (Doutorado) – Setor de Ciências Biológicas, Universidade Federal do Paraná, Curitiba. 2006.

METRI, R.; ROCHA, R.M. Bancos de algas calcárias, um ecossistema rico a ser preservado. **Revista Brasileira de Conservação da Natureza**. v. 6, n. 1, p. 8-17, 2008.

MORAIS, J.O. **Processos interativos na elaboração da zona costeira do Estado do Ceará – impactos associados**. Tese de Professor Titular – UECE, Fortaleza, 225 p., 1998.

MORAIS, J.O.; FREIRE, G.S.S. Plataforma Continental. In: Campos, A. A. A Zona Costeira do Ceará Diagnóstico para Gestão Integrada. Fortaleza: **Associação de Pesquisa e Preservação de Ecossistemas Aquáticos – AQUASIS**. p. 28-82, 2003.

MORENO, T.R.; ROCHA, R.M. The Biological Substratum *Eudistoma carolinense* Van Name, 1945 in the Beach Itapema do Norte, Santa Catarina, Brazil. In: The Biology of Ascidiaceans. **Springer**. p. 271-277, 2001.

MORENO, T.R.; ROCHA, R.M. Associated Fauna with *Eudistoma Carolinense* (Tunicata, Ascidiacea) Compared with other Biological Substrates with Different Architectures. **Journal of Coastal Research**. p. 1695-1699, 2006.

NUNN, J.D. The marine mollusca of Strangford Lough, Co. Down. **Porcupine Newsletter**. v. 3, p. 18-33, 1999.

OLIVEIRA, C.R.F.; MATOS, C.H.C.; ROCHA, C.M.C. 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**. v. 5, n. 2, 2003.

ORTIGOSA, D.; SUÁREZ-MOZO, N.Y.; BARRERA, N.C.; SIMÕES, N. **First survey of Interstitial molluscs from Cayo Nuevo, Campeche Bank, Gulf of Mexico**. *ZooKeys*, v. 779, p. 1-17. 2018.

PASCELLI, C.; RIUL, P.; RIOSMENA-RODRIGUEZ, R.; SCHERNER, F.; NUNES, M. HALL-SPENCER, J.M.; OLIVEIRA, E.C.; HORTA, P.A. Seasonal and depth-driven changes in rhodolith bed structure and associated macroalgae off Arvoredo island (southeastern Brazil). **Aquatic Botany**. v. 111, p. 62-65, 2013.

PASTORINO, R.S.G.; CHIESA, I.L. The family Caecidae (Gastropoda: Caenogastropoda) in Argentine waters. **The Nautilus**. v. 128, n. 2, p. 40-50, 2014.

PEREIRA-FILHO, G.H.; AMADO-FILHO, G.M.; MOURA, R.L.; BASTOS, A.C.; GUIMARÃES, S.M.; SALGADO, L.T.; FRANCINI-FILHO, R.B.; BAHIA, R.G.; ABRANTES, D.B.; GUTH, A.Z.; BRASILEIRO, P.S. Extensive rhodolith beds cover the summits of southwestern Atlantic Ocean seamounts. **Journal of Coastal Research**. v. 28, n. 1, p. 261-269, 2011.

PETUCH, E.J.; BERSCHAUER, D.P. Six New Species of Gastropods (Fascioliidae, Conidae, and Conilithidae) from Brazil. **The Festivus**. v. 48, n. 4, p. 257-266, 2016.

POPHAM, M.L. The mantle cavity of some of the Erycinidae, Montacutidae and Galeommatidae with special reference to the ciliary mechanisms. **Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom**. v. 24, p. 549-586, 1940.

QUEIROZ, R.N.M.; DIAS, T.L.P. Molluscs associated with the macroalgae of the genus *Gracilaria* (Rhodophyta): importance of algal fronds as microhabitat in a hypersaline mangrove in Northeastern Brazil. **Brazilian Journal of Biology**. v. 74, n. 3, p. 52-63, 2014.

QUEIROZ, E. V.; ARAÚJO, P. V. N.; HAMMILL, E.; AMARAL, R. F. Morphological characteristics of rhodolith and correlations with associated sediment in a sandstone reef: Northeast Brazil. **Regional Studies in Marine Science**. v. 8, p. 133-140, 2016.

R CORE TEAM. **R: a language and environment for statistical computing**. <https://www.R-project.org/>. 2017.

REYES-BONILLA, H.; RIOSMENA-RODRÍGUEZ, R.; FOSTER, M.S. Hermatipyc corals associated to rhodolith beds in the Gulf of California, Mexico. *Pacific Scientific*. v, 157, p. 328-337, 1997.

RICKLEFS, R. A **Economia da Natureza**. 5. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan. 542 p., 2003.

RIOS, E. C. **Seashells of Brazil**. 2ed. Rio Grande, FURG. 368p., 1994.

RIOS, E. C. **Compendium of brazilian sea shells**. Rio Grande, RS: Evangraf, 676 p., 2009.

RIOSMENA-RODRIGUEZ, R.; MEDINA-LÓPEZ, M.A. The role of rhodolith beds in the recruitment of invertebrate species from the southwestern Gulf of California, Mexico. In: *All Flesh Is Grass*, Dordrecht: **Springer**. p. 127-138, 2010.

RIUL, P.; LACOUTH, P.; PAGLIOSA, P.R.; CHRISTOFFERSEN, M.L.; HORTA, P.A. Rhodolith beds at the easternmost extreme of South America: Community structure of an endangered environment. **Aquatic Botany**. v. 90, n. 4, p. 315-320, 2009.

ROCHA, R.M.; METRI, R.; OMURO, J.Y. Spatial distribution and abundance of ascidians in a bank of coralline algae at Porto Norte, Arvoredo Island, Santa Catarina. **Journal of Coastal Research**. v. 39, p. 1676-1679, 2006.

SANTOS, A. S.; RIUL, P.; BRASIL, A. C. S.; CHRISTOFFERSEN, M. L. Encrusting Sabellariidae (Annelida: Polychaeta) in rhodolith beds, with description of a new species of Sabellaria from the Brazilian coast. **Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom**. v. 91, p. 425-438, 2011.

SCIBERRAS, M.; RIZZO, M.; MIFSUD, J.R.; CAMILLERI, K.; BORG, J.A.; LANFRANCO, E.; SCHEMBRI, P.J. Habitat structure and biological characteristics of a maerl bed off the northeastern coast of the Maltese Islands (central Mediterranean). **Marine Biodiversity**. v. 39, n. 4, p. 251-264, 2009.

SILVA, A.F. **Distribuição dos moluscos bentônicos e sua relação com o sedimento na plataforma continental da região semiárida do Nordeste do Brasil**. 2014. Tese (Doutorado em Ciências Marinhas Tropicais) – Instituto de Ciências do Mar, Universidade Federal do Ceará, Ceará. 2014.

SNEED, E.D.; FOLK, R.L. Pebbles in the lower Colorado River, Texas a study in particle morphogenesis. **The Journal of Geology**. p. 114-150, 1958.

SPOTORNO-OLIVEIRA, P.; FIGUEIREDO, M.A.; TÂMEGA, F.T. Coralline algae enhance the settlement of the vermetid gastropod *Dendropoma irregulare* (d'Orbigny, 1842) in the southwestern Atlantic. **Journal of Experimental Marine Biology and Ecology**. v. 471, p. 137-145, 2015.

STELLER, D.L.; CÁCERES-MARTÍNEZ, C. Coralline algal rhodoliths enhance larval settlement and early growth of the Pacific calico scallop *Argopecten ventricosus*. **Marine Ecology Progress Series**. v. 396, p. 49-60, 2009.

STELLER, D.L.; RIOSMENA-RODRÍGUEZ, R.; FOSTER, M.S.; ROBERTS, C.A. Rhodolith bed diversity in the Gulf of California: the importance of rhodolith structure and consequences of disturbance. **Aquatic conservation: marine and freshwater ecosystems**, v. 13, p. 5-20, 2003.

STELLER, D.L.; FOSTER, M.S. Environmental factors influencing distribution and morphology of rhodoliths in Bahia Concepcion, B.C.S., Mexico. **Journal of Experimental Marine Biology and Ecology**. v. 194, p. 201-212, 1995.

STENECK, R.S. The ecology of coralline algal crusts: convergent patterns and adaptive strategies. **Annual Review of Ecological Systematics**. v. 17, p. 273-303, 1986.

TÂMEGA F.T.S., SPOTORNO-OLIVEIRA P.; FIGUEIREDO M.A.O. Catalogue of the benthic marine life from Peregrino oil field, Campos Basin, Brazil. **Rio de Janeiro, Instituto Biodiversidade Marinha**. 140 p., 2013.

TEICHERT, S.; WOELKERLING, W.; RUGGEBERG, A.; WISSHAK, M.; PIEPENBURG, D.; MEYERHOFER, M.; FORM, A.; FREIWALD, A. Arctic rhodolith beds and their environmental controls (Spitsbergen, Norway). **Facies**. v. 60, n. 1, p. 15-37, 2014.

TESTA, V. **Calcareous algae and corals in the inner shelf of Rio Grande do Norte, NE Brazil**. In: Proceedings of the 8th International Coral Reefs Symposium, Panama. v. 1, p. 737-742, 1997.

VERAS, D.R.A; MARTINS, I.X.; MATTHEWS-CASCON, H. **Mollusks: how are they arranged in the rocky intertidal zone? Iheringia. Série Zoologia**. v. 103, n. 2, p. 97-103, 2013.

VIÇOSE, G.C.D.; VIERA, M. P.; HUCHETTE, S.; IZQUIERDO, M.S. Larval settlement, early growth and survival of *Haliotis tuberculata coccinea* using several algal cues. **Journal of Shellfish Research**. v. 31, n. 4, p. 1189-1198, 2012.

VILLAS-BÔAS, A.B. **Comunidades de organismos incrustantes e identificação de algas calcárias em bancos de rodolitos no Estado do Espírito Santo**. Tese de Doutorado, MN-UFRJ, 118 p, 2008.

VILLAS-BOAS, A. B. et al. **Estado da arte sobre estudos de Rodolitos no Brasil**. Instituto Brasileiro de Petróleo, Gás e Biocombustíveis, 64 p., 2014a.

VILLAS-BOAS, A.B.; RIOSMENA-RODRIGUEZ, R.; FIGUEIREDO, M.A.O. Community structure of rhodolith-forming beds on the central Brazilian continental shelf. **Helgoland Marine Research**. v. 68, n. 1, 27 p., 2014b.

WARMKE, G.L.; ABBOTT, R.T. **Caribbean Seashells; a guide to the marine mollusks of Puerto Rico and other West Indian Islands, Bermuda and the Lower Florida Keys**. Livingston Publishing Company. 348 p., 1961.

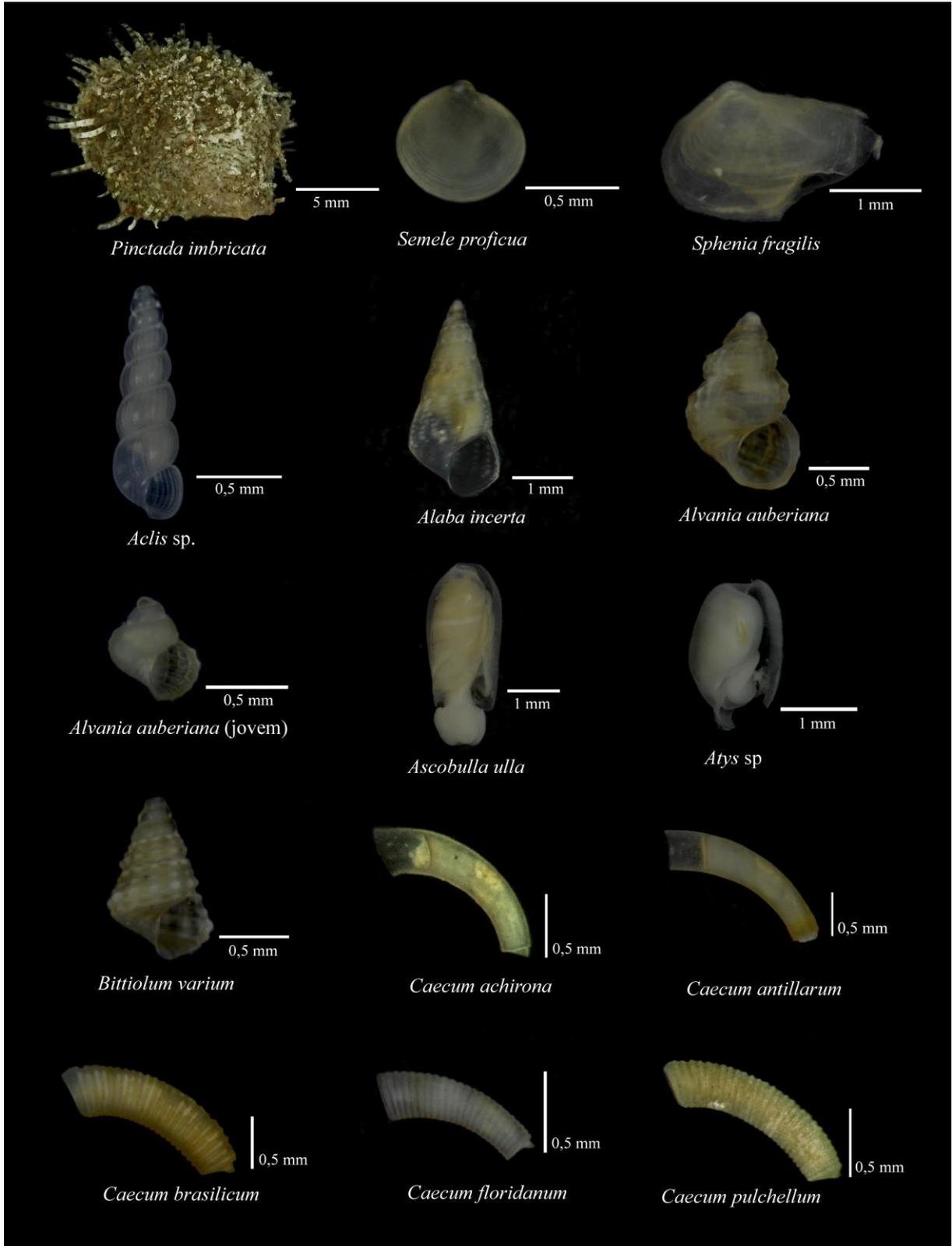
WHALAN, S.; WEBSTER, N.S.; NEGRI, A.P. Crustose coralline algae and a cnidarian neuropeptide trigger larval settlement in two coral reef sponges. **PLoS One**. v. 7, n. 1, p. 1-8, 2012.

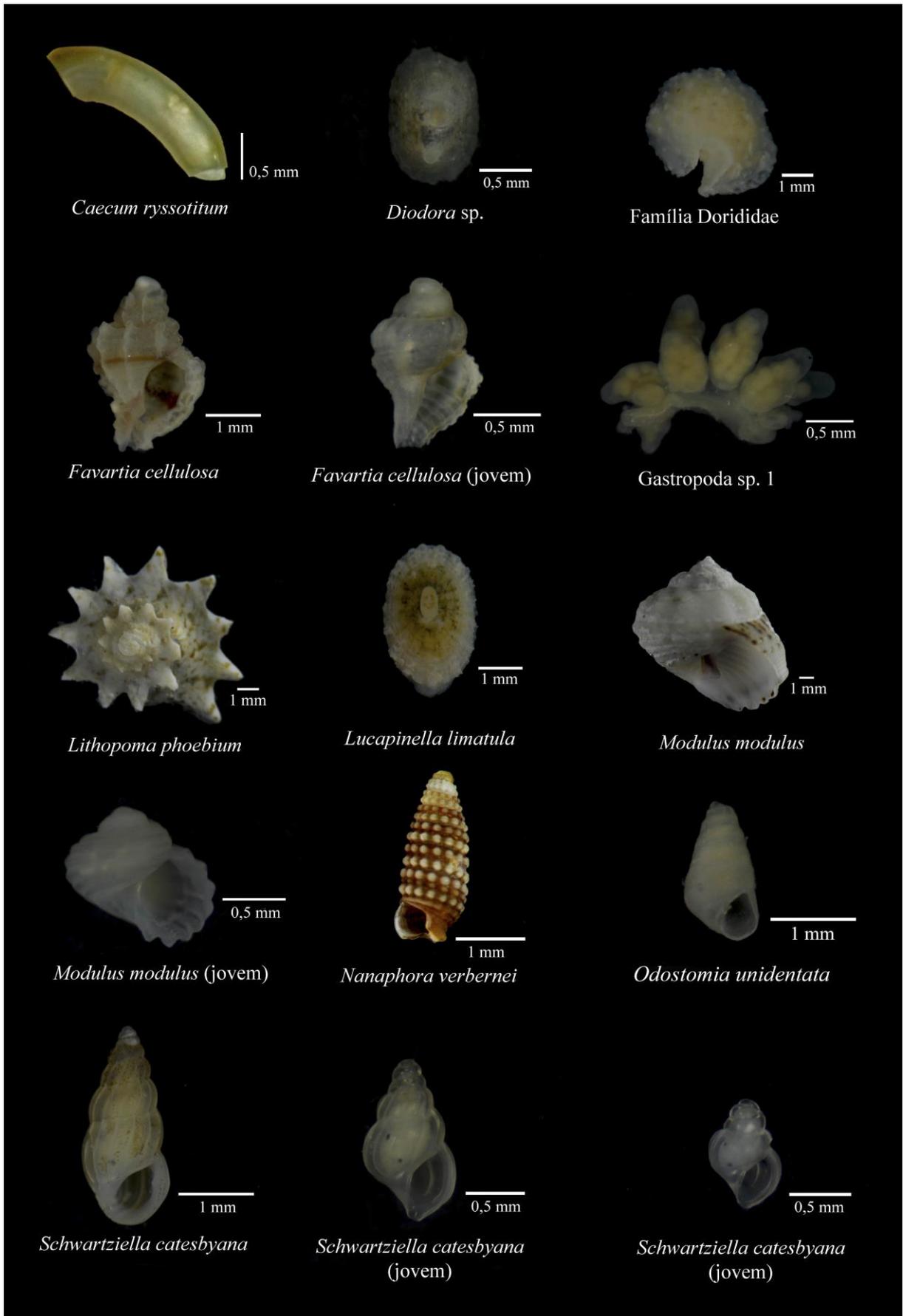
WOELKERLING, W.J. The coralline red algae: an analysis of the genera and sub-families of nongeniculate Corallinaceae. **London & Oxford: British Museum (Natural History) & Oxford University Press**. 1988.

WOELKERLING, W.J.; IRVINE, L.M.; HARVEY, A.S. Growth-forms in non-geniculate coralline red algae (Corallinales, Rhodophyta). **Australian Systematic Botany**. v. 6, p. 277-293, 1993.

APÊNDICE – PRANCHA DE FOTOS DAS ESPÉCIES COLETADAS









1 mm

Seila adamsii

0,5 mm

Turbonilla sp.

0,5 mm

Turbonilla sp. (jovem)

1 mm

Vexillum histrio

0,5 mm

Vitreolina arcuata

1 mm

Volvarina avena

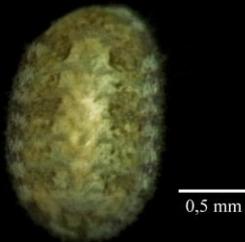
1 mm

Volvarina albolineata

0,5 mm

Volvarina avena (jovem)

1 mm

Ischnochiton striolatus

0,5 mm

Ischnochiton striolatus (jovem)