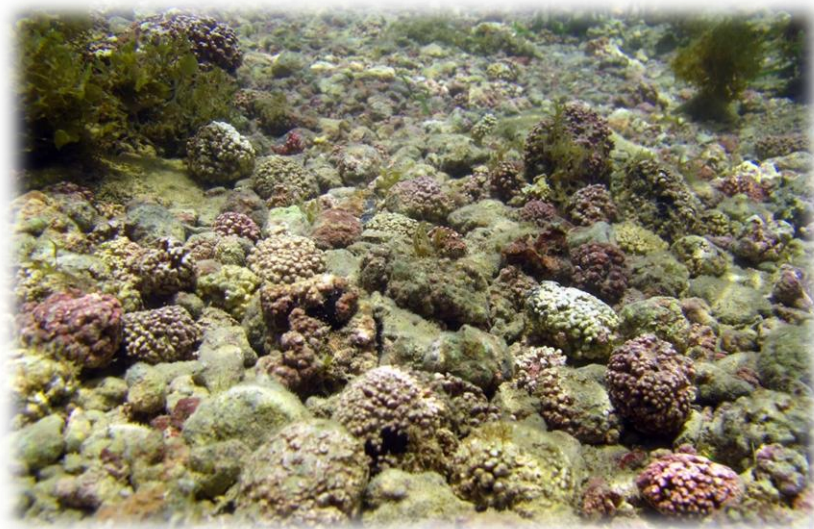


ELLEN ANIELLE XAVIER DOS SANTOS

INFLUÊNCIA DA MORFOLOGIA SOBRE A MACROFAUNA DE INVERTEBRADOS



ASSOCIADA A RODOLITOS LISOS E RUGOSOS

ELLEN ANIELLE XAVIER DOS SANTOS

**INFLUÊNCIA DA MORFOLOGIA SOBRE A MACROFAUNA DE INVERTEBRADOS
ASSOCIADA A RODOLITOS LISOS E RUGOSOS**

Monografia apresentada ao Curso de Licenciatura Plena em Ciências Biológicas da Universidade Estadual da Paraíba, em cumprimento parcial às exigências para obtenção do título de Licenciado em Ciências Biológicas.

Orientadora: Prof^a Dr^a Thelma Lúcia Pereira Dias

Coorientadora: M.Sc. Rafaela Cristina de Souza Duarte

CAMPINA GRANDE – PB
2015

É expressamente proibida a comercialização deste documento, tanto na forma impressa como eletrônica. Sua reprodução total ou parcial é permitida exclusivamente para fins acadêmicos e científicos, desde que na reprodução figure a identificação do autor, título, instituição e ano da dissertação.

S237i Santos, Ellen Anielle Xavier dos.
Influência da morfologia sobre a macrofauna de invertebrados associada a rodolitos lisos e rugosos [manuscrito] / Ellen Anielle Xavier dos Santos. - 2015.
32 p. : il. color.

Digitado.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Ciências Biológicas) - Universidade Estadual da Paraíba, Centro de Ciências Biológicas e da Saúde, 2015.

"Orientação: Profa. Dra. Thelma Lúcia Pereira Dias, Departamento de Ciências Biológicas".

"Co-Orientação: Profa. Ma. Rafaela Cristina de Souza Duarte".

1. Bancos de rodolitos. 2. Macrofauna. 3. Macroinvertebrados. 4. Recifes costeiros. I. Título.

21. ed. CDD 593

ELLEN ANIELE XAVIER DOS SANTOS

**INFLUÊNCIA DA MORFOLOGIA SOBRE A MACROFAUNA DE
INVERTEBRADOS ASSOCIADA A RODOLITOS LISOS E RUGOSOS**

Monografia apresentada ao Curso de Licenciatura
Plena em Ciências Biológicas da Universidade
Estadual da Paraíba, em cumprimento parcial às
exigências para obtenção do título de Licenciado
em Ciências Biológicas

Aprovada em: 11/12/2015

BANCA EXAMINADORA

Thelma Lúcia Pereira Dias

Profa. Dra. Thelma Lúcia Pereira Dias
Universidade Estadual da Paraíba (Campus I)
Orientadora

Rômulo Romeu da Nóbrega Alves

Prof. Dr. Rômulo Romeu da Nóbrega Alves
Universidade Estadual da Paraíba (Campus I)
Examinador

Jacicleide Macedo Oliveira

B.Sc. Jacicleide Macedo Oliveira
Universidade Estadual da Paraíba (Campus I)
Examinadora

Campina Grande – PB
2015

AGRADECIMENTOS

Primeiramente devo tudo a Deus.

A minha mãe, meu pai e meu irmão, agradeço por estarem sempre ao meu lado, tantos nos momentos felizes, como nos de dificuldades!!

À Thelma Lúcia Pereira Dias, minha orientadora, minha professora, grande profissional, agradeço muito por me proporcionar a maravilha de fazer parte da biologia marinha, meu crescimento não só profissional, mas outras coisas que aprendi com ela, quando eu crescer quero ser igual a você,
DETALHE, rs!

Agradeço também a Luís Carlos (Pop), que ajudou bastante na coleta, menos com os “nózinhos” difíceis de desatar das amostras, kkkkk e não brigou comigo quando “quase” perdi as nadadeiras, kkkkk! (Mas fiquei craque em desatar nós, rs)

Aos companheiros do laboratório, a família dos malacólogos: minha coorientadora Rafaela Duarte, Rafis (que eu aperreei muito, com as correções dessa monografia, com as tabelas, as análises estatísticas e o bendito Bioestat, kkkk)...Obrigada! Ellori (que me ajudou muito também, com algumas dicas e nos momentos de descontração, fazendo todo mundo rir e assim desestressando um pouco nossa mente, hehehe) Ana Priscila (minha companheira de Congresso, né Costelinha?), Jéssica Lima, Romilda (Sempre dando uma ajudinha aqui e ali, e já dando conselhos sobre o Mestrado) e Bel (Na correria como eu, pra fazer tudo direitinho na Monografia), e agora fazendo parte da banca, e aos amigos ‘peixólogos’: Zé, Toni, Renato e Ronnie (Por seus puxões de orelha sempre que precisei e suas opiniões, a ajuda, enfim, muito obrigada por tudo).

E também claro ao Professor André, muito obrigado por tudo, ta aí outro grande exemplo a se seguir!! (Um abraço da Ellen “Janize”, rs).

Agradeço também a Wallisson Sylas por me aturar durante todo o curso e poder me ajudar na monografia, principalmente nas horas de mais estresse, nos momentos finais, hehehe... (Pense num menino que me ajudou).

Meu grande obrigada ao meu "orientador psicológico" Carlo Magenta que foi de grande ajuda com suas sábias palavras!!

Aos meus queridos amigos, as “xícras”: Bárbara Daniele, Cintia Lima, Danielson do Nascimento, Eliene Araújo e Macilene Araújo.

À banca examinadora, obrigada pela atenção!

Obrigada!

“Tenho a impressão de ter sido uma criança brincando à beira-mar, divertindo-me em descobrir uma pedrinha mais lisa ou uma concha mais bonita que as outras, enquanto o imenso da verdade continua misterioso diante de meus olhos”. (Isaac Newton)

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1.** (a) Mapa com a localização da área de estudo no litoral da Paraíba. (b) Imagem de satélite com vista aérea dos recifes do Cabo Branco, com indicação da área de amostragem dos rodolitos (contorno amarelo). Fonte: Google Earth. (c) Vista parcial dos recifes durante maré baixa. Foto: Luis Carlos Pereira Damasceno © 2010..... 19
- Figura 2.** Banco de rodolitos situado no interior de uma piscina de maré nos recifes do Cabo Branco, João Pessoa, Paraíba. Foto: Thelma Dias © 2015..... 20
- Figura 3.** Exemplares de rodolitos classificados como (a) rugoso e (b) liso obtidos nos recifes do Cabo Branco, João Pessoa, PB. Fotos: Ellen Aniele © 2014. 20
- Figura 4.** Alguns táxons registrados nos rodolitos estudados nos recifes da Praia do Cabo Branco, João Pessoa, PB. (a) Gastrópode *Engina turbinella*, (b) Ascídia *Didemnum* sp., (c) Gastrópode *Neritina virginica* e (d) Equinodermo *Lissothuria braziliensis*. Fotos: Thelma Dias © 2013..... 22
- Figura 5.** Representatividade dos táxons de macroinvertebrados bentônicos registrados nos rodolitos estudados nos recifes da Praia do Cabo Branco, João Pessoa, PB. 22
- Figura 6.** Abundância relativa (Ar%) dos táxons de macroinvertebrados bentônicos registrados nos rodolitos lisos e rugosos estudados nos recifes da Praia do Cabo Branco, João Pessoa, PB. 23
- Figura 7.** Modelo de ordenação multidimensional (NMDS) com relação a abundância dos táxons de macroinvertebrados bentônicos registrados nos rodolitos **lisos** (●) e **rugosos** (■) estudados nos recifes da Praia do Cabo Branco, João Pessoa, PB. 24
- Figura 8.** Análise de Componentes Principais (PCA) dos atributos morfológicos mensurados nos rodolitos **lisos** (●) e **rugosos** (■) estudados nos recifes da Praia do Cabo Branco, João Pessoa, PB. Legenda: LT=largura do talo em três níveis, DF=dimensão fractal; AA=altura, e LA=largura. 24
- Figura 9.** Número de indivíduos (N) dos táxons de macroinvertebrados bentônicos registrados na Epifauna e Endofauna dos rodolitos estudados nos recifes da Praia do Cabo Branco, João Pessoa, PB..... 25
- Figura 10.** Modelo de ordenação multidimensional (NMDS) com relação a abundância dos táxons de macroinvertebrados bentônicos da **epifauna** (▲) e **endofauna** (▼) dos rodolitos nos recifes da Praia do Cabo Branco, João Pessoa, PB. 26
- Figura 11.** Abundância relativa (Ar%) dos táxons de macroinvertebrados bentônicos registrados na (A) Epifauna e (B) Endofauna de rodolitos lisos e rugosos estudados nos recifes da Praia do Cabo Branco, João Pessoa, PB. 27

RESUMO

Os bancos de rodolitos são ecossistemas formados por algas calcárias não articuladas que ocorrem em diversas regiões do mundo. Apesar de sua ampla distribuição, inclusive no Brasil, apenas nas duas últimas décadas a importância deles como habitat começou a ser evidenciada. Este estudo caracterizou a macrofauna associada a rodolitos com diferente complexidade estrutural (liso/rugoso), objetivando detectar possíveis diferenças na composição e abundância da macrofauna. Nos recifes costeiros da Praia do Cabo Branco, João Pessoa, Paraíba, foram coletados 80 rodolitos, sendo 40 lisos e 40 rugosos, dos quais foi removida separadamente a epifauna e a endofauna. Os táxons presentes foram triados, etiquetados e conservados em álcool a 70% e em seguida foram classificados em táxons superiores no nível de filo, subfilo e classe. Foram registrados 431 indivíduos pertencentes aos táxons Mollusca, Crustacea, Echinodermata e Ascidiacea. Foi observada maior abundância de indivíduos na superfície externa dos rodolitos rugosos, mas no geral, a endofauna foi mais abundante independente da forma do rodolito. Crustacea foi o táxon mais abundante em todas as análises. Este estudo trouxe dados básicos que poderão nortear outros estudos visando conhecer e compreender melhor a distribuição da macrofauna associada à rodolitos de áreas rasas, as quais estão sujeitas a estresses diferentes daqueles bancos de áreas mais profundas.

Palavras-Chave: Maërl, bancos de rodolitos, recifes costeiros, macroinvertebrados, conservação

SUMÁRIO

1. Introdução	11
2. Referencial Teórico	14
3. Objetivos.....	16
3.1 Objetivo geral	16
3.2 Objetivos específicos	16
4. Material e Métodos	17
4.1 Área de estudo.....	17
4.2 Procedimentos de campo	18
4.3 Procedimentos em laboratório	18
4.4 Análise dos dados	21
5. Resultados	21
6. Discussão	26
7. Conclusões	30
8. Referências Bibliográficas	31

1. INTRODUÇÃO

As algas calcárias coralináceas são algas vermelhas que precipitam em suas paredes celulares o carbonato de cálcio, podendo se desenvolver inicialmente a partir de fragmentos oriundos da quebra de outras algas calcárias e constituir ramificações (talos), que se destacam e continuam seu desenvolvimento no estado livre, não fixos, nodulares, formando depósitos sedimentares chamados de rodolitos (DIAS, 2000). Rodolitos são algas pertencentes ao Filo Rhodophyta e à Classe Florideophyceae (GUIRY & GUIRY, 2014).

Quando as condições ambientais são favoráveis, estes nódulos (Rodolitos) podem formar extensos bancos, denominados Bancos de Rodolitos ou *Maërl Beds* (DONNAN & MOORE, 2003), podendo ocorrer desde águas rasas até profundidades de 150 m, porém são mais comuns em regiões tropicais (FOSTER, 2001). Existem poucos dados experimentais que caracterizem as condições ambientais que levam a formação de bancos de rodolitos, mas sugere-se que estes bancos geralmente preferem substratos razoavelmente planos onde a luz é suficiente para o crescimento, e onde os movimentos das correntes e a bioturbação sejam suficientes para evitar o soterramento, falta de oxigênio e a forte movimentação dos nódulos. (Foster et al., 2013).

A distribuição dos talos das algas nos bancos produz um substrato relativamente estável e heterogêneo (FOSTER et al., 1997; FOSTER 2001; STELLER et al., 2003). Estes bancos de rodolitos possibilitam um substrato consolidado e uma estrutura tridimensional complexa, sendo, dessa forma, considerados como “modificadores de habitat” ou “bioengenheiros” do ecossistema (BRUNO & BERTNESS, 2001).

Foster (2001) reforça que os microhabitats oferecidos pelos rodolitos incluem os espaços naturais entre os nódulos nas formas ramificadas, espaços entre indivíduos e as superfícies duras calcárias para organismos sésseis e perfuradores. De modo geral, a complexidade dos rodolitos proporciona uma oferta de abrigo e proteção, garantindo refúgio para diversas espécies da fauna (METRI & ROCHA, 2008) e da flora marinhas (AMADO-FILHO et al., 2010). Além de habitat para adultos, os bancos de rodolitos podem ser considerados importantes sítios de recrutamento e crescimento de muitas espécies devido ao número de desovas e jovens encontrados (METRI, 2006).

Os bancos de rodolitos ocorrem em diversas regiões do mundo, a exemplo do Mediterrâneo, Golfo da Califórnia, costa Atlântica da Noruega, Irlanda, Escócia, nordeste do Canadá e leste do Caribe, além das costas sul do Japão e oeste da Austrália (FOSTER, 2001). O Brasil possui os maiores bancos de rodolitos do mundo, os quais cobrem extensas áreas do litoral norte, nordeste e sudeste brasileiros (KEMPF, 1970; AMADO-FILHO et al., 2007; FOSTER et al., 2013).

Atualmente é crescente a necessidade de se conhecer o uso dos rodolitos pela fauna marinha e o papel destes ecossistemas como habitat para a biodiversidade. Riul et al. (2009) registraram 67 espécies de algas frondosas associadas a bancos de rodolitos entre 10 e 20 m de profundidade na costa da Paraíba, enquanto Amado-Filho et al. (2010) encontraram 167 espécies associadas a rodolitos entre 4 e 18 m de profundidade na costa do Espírito Santo. Em relação à fauna associada, sabe-se que diversos filos animais utilizam os bancos como habitat, inclusive espécies de importância comercial.

Segundo Hinojosa-Arango & Riosmena-Rodriguez et al. (2004), pelo menos 104 espécies pertencentes a nove filos metazoários foram registradas em bancos de rodolitos estudados no Golfo da Califórnia, enquanto Metri & Rocha (2008) indicaram a presença de 160 espécies pertencentes a 13 filos animais em rodolitos de um único banco localizado na Ilha do Arvoredo, Santa Catarina. Embora estudos de biodiversidade associada a rodolitos estejam em crescente interesse, de acordo com Amado-Filho & Pereira-Filho (2012), no presente, a fauna associada com rodolitos é uma das principais lacunas no nosso conhecimento.

Devido a sua capacidade de transformar fundos homogêneos de sedimento fino em substratos heterogêneos duros, criando um hábitat para numerosas algas, invertebrados e peixes, os bancos de rodolitos abrigam táxons epibentônicos, crípticos e infaunais (STELLER et al., 2003). Porém, as diferentes espécies de rodolitos podem apresentar estruturas do talo com características diferenciadas. Algumas espécies possuem superfície ramificada, rugosa, formando uma estrutura mais complexa, enquanto outras apresentam superfície mais lisa, pouco acidentada e conseqüentemente menos complexa. De acordo com Riosmena-Rodriguez & Medina-López (2010), a estrutura de rodolitos individuais influencia os padrões de abundância na comunidade associada. Estes autores enfatizam que talos mais complexos podem fornecer mais espaço, refúgio e recursos por causa do maior espaço intersticial e entre as ramificações. Esse aspecto tem sido bastante analisado para a fauna associada a macroalgas frondosas, indicando, no geral, que algas mais complexas abrigam fauna mais rica e abundante (e.g. EDGAR, 1983; CHEMELLO & MILAZZO, 2002).

Nesse contexto, visando contribuir para o conhecimento da fauna associada a rodolitos de águas rasas no litoral da Paraíba, este estudo foi norteado por três perguntas: **(1)**A abundância da fauna associada é influenciada pela complexidade estrutural do talo?**(2)** Rodolitos com diferente morfologia superficial (liso/rugoso) abrigam comunidades de macroinvertebrados bentônicos semelhantes em composição taxonômica? **(3)**Quais táxons superiores de invertebrados são mais abundantes na epi e endofauna associada a rodolitos?

2. REFERENCIAL TEÓRICO

Durante muitas décadas, os bancos de rodolitos tiveram foco apenas voltado a sua exploração ligada a extração de calcário. Nos anos de 1980, o nordeste brasileiro comandou o Projeto Algas, que tinha como objetivo mapear os bancos de algas calcárias no litoral nordestino, principalmente entre 10 e 35 m de profundidade (GONDIM et al., 2013).

Na Europa, a exploração de bancos de rodolitos data de centenas de anos, mas principalmente a partir dos anos de 1970, essa exploração rendeu centenas de toneladas de calcário. De acordo com Birkett et al. (1998), só a França extraiu 500.000 toneladas de rodolitos por ano. No Reino Unido e Irlanda, bancos de rodolitos são explorados desde o século XVII (DE GRAVE et al., 2000), com pelo menos 30.000 toneladas sendo extraídas por ano apenas na localidade de River Fal (Inglaterra), somente entre 1975 e 1991 (BIRKETT et al., 1998).

Nas duas últimas décadas, cresceu gradativamente o foco de estudos acerca da importância dos bancos de rodolitos como substratos biogênicos e habitat para a fauna e flora marinhas,

e também sobre a necessidade de conservação desses ecossistemas (e.g. HALL-SPENCER, 1998; ÁVILA & RIOSMENA-RODRIGUEZ, 2011). Ao mesmo tempo, surgiu o interesse no mapeamento desses habitats em outras áreas do mundo e o Brasil foi bastante explorado nessa busca. Descobriu-se recentemente que o litoral brasileiro possui o maior banco de rodolitos do mundo, localizado no Espírito Santo (AMADO-FILHO et al, 2007).

Assim como no cenário mundial, a exploração comercial dos bancos de rodolitos motivou as primeiras pesquisas no Brasil (e.g. KEMPF, 1970; MABESOONE et al., 1972; DIAS, 2000). Estudos mais direcionados ao aspecto biológico dos bancos de rodolitos são recentes, a exemplo de Gherardi & Bosence (2001) que estudaram a participação dos rodolitos na formação do Atol das Rocas (RN), e Gherardi (2004), que avaliou a estrutura da comunidade de algas calcárias da Ilha do Arvoredo (SC). Estudos também voltados a distribuição e ecologia das espécies de algas calcárias que formam os rodolitos foram realizados por Amado-Filho et al. (2007) e Amado-Filho et al. (2010). Na Paraíba, Riul et al. (2009) analisaram a estrutura da comunidade de rodolitos em diferentes níveis de profundidade e se referem a estes bancos como habitats ameaçados.

Metri & Rocha (2008) trouxeram a primeira perspectiva de ecossistema para os bancos de rodolitos. Eles chamam a atenção para a importância deste ambiente como habitat para dezenas de espécies e só neste estudo, registraram 160 táxons de invertebrados associados a bancos de rodolitos na Ilha do Arvoredo (SC).

Neste estudo, estes autores também destacam o alto número de espécies não identificadas ao nível específico, sugerindo que pela falta de estudos, há grande possibilidade de haverem novas espécies a serem descritas a partir dos bancos de rodolitos.

No Brasil, especificamente na Paraíba, um dos poucos estudos que contribuem para o conhecimento da biodiversidade faunística associada a rodolitos foi realizado por Gondim

et al. (2014), que inventariaram e analisaram a estrutura da comunidade de equinodermos encontrados em rodolitos de águas costeiras entre 10 e 20 de profundidade. Este estudo destacou novos registros de espécies de equinodermos para a costa da Paraíba, reforçando a importância destes ambientes para a biota marinha. Em Santa Catarina, a abundância de ascídias foi estudada em bancos de rodolitos da Ilha do Arvoredo, que pode ser considerado um dos bancos mais estudados do litoral brasileiro (ROCHA et al., 2006). Segundo estes autores, pelo menos 10 espécies de ascídias coloniais utilizam este habitat na área estudada. Ainda, espécies novas de poliquetas já foram descritas recentemente com base em espécimes obtidos em bancos de rodolitos localizados no litoral da Paraíba (SANTOS et al., 2011).

Estudos recentes apontam a descoberta de novos bancos de rodolitos na costa brasileira (AMADO-FILHO et al., 2012) e chamam atenção para as potencialidades deste ecossistema para a bioprospecção marinha (AMADO-FILHO & PEREIRA FILHO, 2012). Devido a diversidade de táxons que habitam os bancos, tais como esponjas, cnidários e ascídias, Amado-Filho & Pereira Filho (2012) muitos compostos bioativos podem estar associados a este ecossistema. Além dos tunicados, dos quais já se extraiu pelo menos 50 metabólitos secundários, outros grupos de invertebrados com potencial bioativo que habitam os bancos de rodolitos são os moluscos, equinodermos e briozoários.

Considerando que o Brasil possui o maior banco de rodolitos do mundo (AMADO-FILHO et al., 2012), torna-se urgente a necessidade de realização de estudos nas mais diversas vertentes visando conhecer essa riqueza biológica e taxonômica que estes ecossistemas abrigam.

3. OBJETIVOS

3.1. Objetivo Geral

Verificar em nível de categorias taxonômicas (i.e. filo, subfilo, classe), se existe influência da complexidade estrutural dos rodolitos sobre a macrofauna de invertebrados associada.

3.2. Objetivos Específicos

- Inventariar e quantificar, em nível de categoria taxonômica, a fauna de macroinvertebrados bentônicos associada à rodolitos com diferente complexidade do talo (liso/rugoso);
- Comparar a composição e abundância dos táxons invertebrados presentes na superfície externa (epifauna) e interna (endofauna) dos rodolitos analisados;
- Avaliar se a complexidade estrutural do rodolito influencia a composição e abundância de táxons invertebrados associados.

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1. Área de Estudo

O litoral da Paraíba possui aproximadamente 138 km de extensão, sendo limitado ao Norte pelo Rio Grande do Norte, e ao sul pelo estado de Pernambuco. Encontra-se sob clima

tropical úmido (AB'SABER, 1970) e apresenta um regime sazonal bem marcado, com uma estação chuvosa, que vai de março a agosto, e uma seca, que ocorre de setembro a fevereiro (INMET, 2013). A região apresenta uma baixa amplitude de temperatura e umidade relativa do ar, com médias anuais oscilando entre 24°C e 27°C, onde a precipitação média varia de 900 a 1800 mm ao ano (LIMA & HECKENDORFF, 1985). Ao longo da costa, formações recifais costeiras estendem-se de norte a sul, desde a linha de praia até áreas distantes cerca de 1 km da praia (BRANNER, 1904).

O presente estudo foi realizado nos recifes da praia de Cabo Branco (07°08'50"S; 34°47'51"W), situada na região metropolitana de João Pessoa, PB, e localizada no ponto mais oriental das Américas (**Fig. 1**). Caracterizam-se por apresentar um terraço de abrasão marinha margeado por uma falésia, sendo compostos por aglomerados de rochas arenito-ferruginosas que se estendem por centenas de metros mar adentro (GONDIM et al., 2008). Os recifes são formados por rochas areníticas que se dispõem de forma desordenada formando piscinas naturais durante a maré baixa, as quais variam em profundidade desde poças de 0,5 m até áreas submersas com 3 m.

O ecossistema apresenta uma variedade de biótopos subaquáticos tais como bancos de algas, fundos arenosos e de cascalho, além dos bancos de rodolitos.

Embora os bancos de rodolitos presentes nesta área não sejam extensos, podem chegar a mais de 25 m de extensão em alguns setores do ecossistema. Geralmente estão concentrados no interior de piscinas e nas bordas do recife tanto na frente quanto na costa recifal (**Fig. 2**). Nos locais de coleta dos rodolitos estudados, a profundidade variou de 0,5 a 1,2 m.

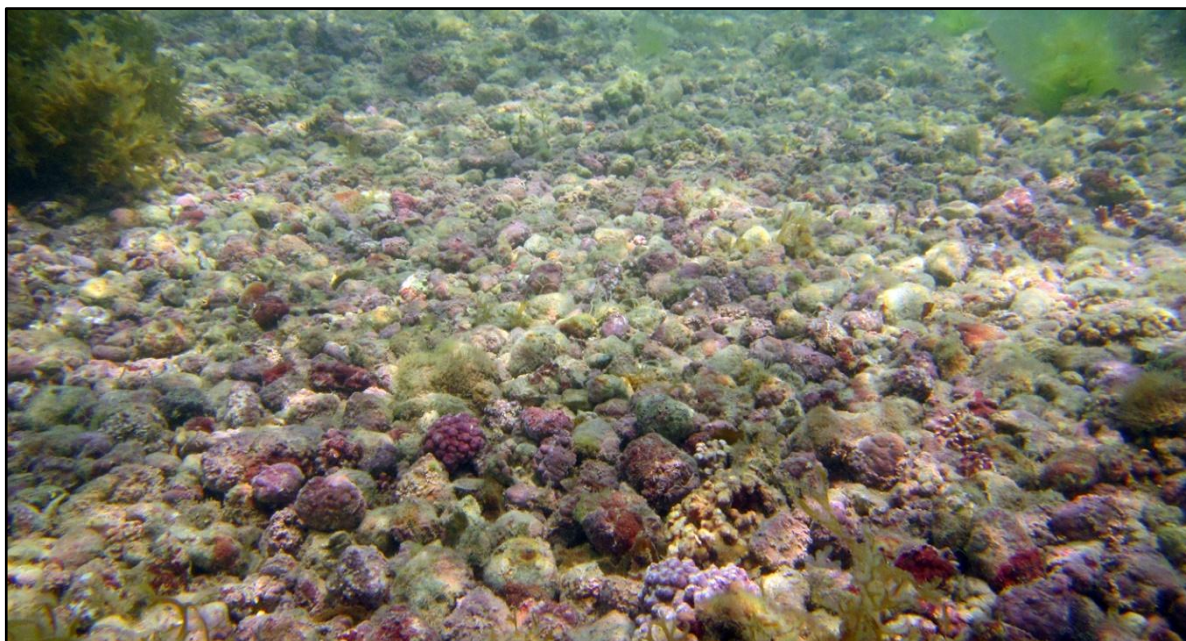
4.2. Procedimentos de campo

As amostras foram obtidas em fevereiro de 2013 a partir da coleta individual aleatória de rodolitos através de mergulho livre. Foram obtidos 80 rodolitos pertencentes ao gênero *Lithothamnion*, sendo 40 com superfície lisa e 40 com superfície rugosa. As amostras foram coletadas ao longo de uma área amostral de cerca de 4 hectares durante maré baixa, em profundidade entre 0,5 e 1,5 m. Cada rodolito coletado foi imediatamente acondicionado individualmente em sacos plásticos contendo água do ambiente para serem posteriormente levados ao Laboratório de Biologia Marinha da Universidade Estadual da Paraíba, Campus I

4.3. Procedimentos em laboratório

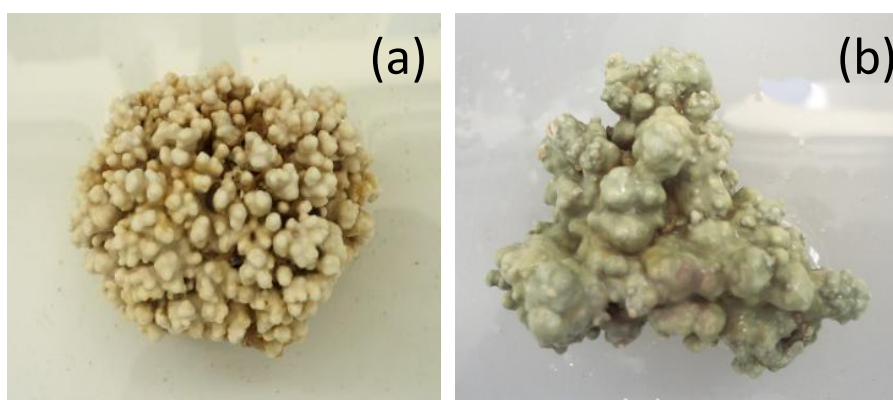
Em laboratório, antes da fixação, os rodolitos foram colocados individualmente em potes plásticos contendo água do mar para remoção da epifauna. Em seguida, foram acondicionados em recipientes individuais contendo formol a 10% com intuito de preservar as algas e a endofauna para posterior triagem.

Figura 1. (a) Mapa com a localização da área de estudo no litoral da Paraíba. (b) Imagem de satélite com vista aérea dos recifes do Cabo Branco, com indicação da área de amostragem dos rodolitos (contorno amarelo). Fonte: Google Earth. (c) Vista parcial dos recifes durante maré baixa. Foto: Luis Carlos Pereira Damasceno © 2010.



Utilizando-se paquímetro digital foi medido o diâmetro de cada rodolito. Para remoção da endofauna, cada um deles foi fragmentado em pequenos pedaços com auxílio de martelo e talhadeira. As espécies encontradas foram devidamente processadas, fixadas em álcool a 70% e etiquetados. Rodolitos classificados como rugosos e lisos (**Fig. 3**) foram acondicionados separadamente.

Figura 2. Banco de rodolitos situado no interior de uma piscina de maré nos recifes do Cabo



Branco, João Pessoa, Paraíba. Foto: Thelma Dias © 2015.

Figura 3. Exemplares de rodolitos classificados como (a) rugoso e (b) liso obtidos nos recifes do Cabo Branco, João Pessoa, PB. Fotos: Ellen Aniele © 2014.

4.4. Análises dos dados

Para os diferentes táxons, foi calculada o número de indivíduos (N), abundância relativa (Ar%) e frequência de ocorrência (FO%).

Cada rodolito foi mensurado quanto aos seguintes atributos morfológicos: altura (AA), largura (LA) e largura do talo (LT) sendo assim, três níveis (N1, N2, N3). Esta última medida foi utilizada para calcular a dimensão fractal (DF) de cada rodolito, que consistiu na soma dos três pontos de cada rodolito utilizando-se o software Bioestat 5.0. Para verificar a relação das variáveis morfológicas estudadas com a forma lisa ou rugosa dos rodolitos, foi empregada Análise dos Componentes Principais (PCA). O escalonamento multidimensional não-métrico (NMDS) também foi utilizado para visualizar a relação entre a forma dos rodolitos a partir dos atributos morfológicos mensurados e a distribuição da abundância dos táxons entre a endofauna e epifauna. Diferenças na abundância dos táxons encontrados em rodolitos lisos/rugosos e endo/epifauna foram testadas através da análise de PERMANOVA após transformação dos dados em $\log(X+1)$. As análises foram realizadas no software Primer 6.0 & Permanova+.

5. RESULTADOS

Os táxons foram classificados em: Bivalvia, Gastropoda, Polychaeta, Crustacea, Ophiuroidea e Ascidiacea. Foram analisados 80 rodolitos, sendo 40 lisos e 40 rugosos, nos quais foram obtidos 431 organismos da fauna associada (**Fig. 4**). Os rodolitos rugosos tiveram, em média, altura de $58 \pm 8,75$ mm e largura de $65,5 \pm 9,72$ mm.

Os rodolitos lisos tiveram altura média de $56,5 \pm 6,52$ mm e largura de $65 \pm 7,67$ mm. A abundância geral foi maior nos rodolitos rugosos (N=238 indivíduos) do que nos lisos (N=193 indivíduos). Crustáceos, gastrópodes e equinodermos foram os táxons mais importantes numericamente considerando-se o total de rodolitos analisados (**Fig. 5**). O táxon com menor abundância relativa foi Ascidiacea, presente em apenas 2,4% das amostras analisadas (N=14).

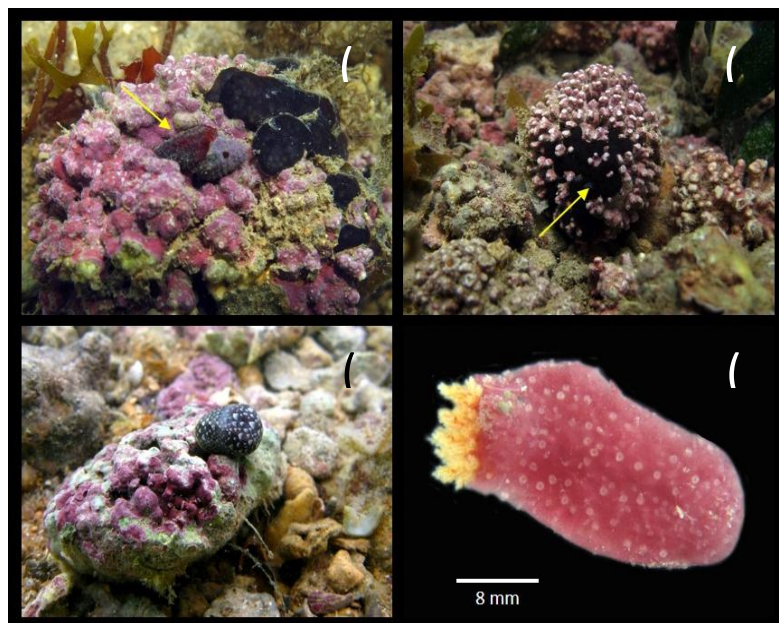


Figura 4. Alguns táxons registrados nos rodolitos estudados nos recifes da Praia do Cabo Branco, João Pessoa, PB. (a) Gastrópode *Engina turbinella*, (b) Ascídia *Didemnum* sp., (c) Gastrópode *Neritina virginea* e (d) Equinodermo *Lissothuria braziliensis*. Fotos: Thelma Dias © 2013.

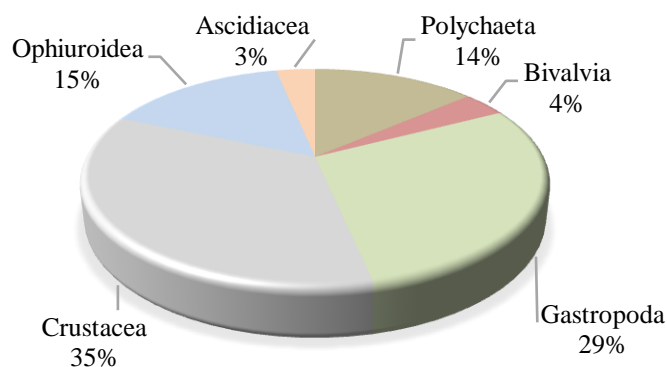


Figura 5. Representatividade dos táxons de macroinvertebrados bentônicos registrados nos rodolitos estudados nos recifes da Praia do Cabo Branco, João Pessoa, PB.

Considerando-se a forma do rodolito, observa-se uma diferença entre os táxons encontrados (Pseudo $F_{(1,28)} = 2.8214$; $p = 0,04$), sendo crustáceos e ofiuroides mais abundantes nos rodolitos rugosos ($Ar\% = 19,5\%$ e $11,8\%$, respectivamente), enquanto gastrópodes e crustáceos foram mais abundantes nos lisos ($Ar\% = 17,9\%$ e $15,3\%$, respectivamente) (**Fig. 6**).

Especificamente nos rodolitos lisos, Bivalvia foi o táxon com menor abundância relativa ($Ar\% = 0,24\%$) ao passo que nos rodolitos rugosos, o táxon menos abundante foi Ascidiacea ($Ar\% = 0,24\%$) (**Fig. 6**). Polychaeta esteve presente em ambas as formas, sendo mais representativo nos rodolitos rugosos (**Fig. 6**). Apesar da baixa abundância relativa nos rodolitos lisos, Bivalvia esteve presente nos rodolitos rugosos, conforme ilustrado na **figura 6**. Além disso, a análise de NMDS evidenciou a separação entre as amostras de rodolitos lisos e rugosos analisados (**Fig. 7**).

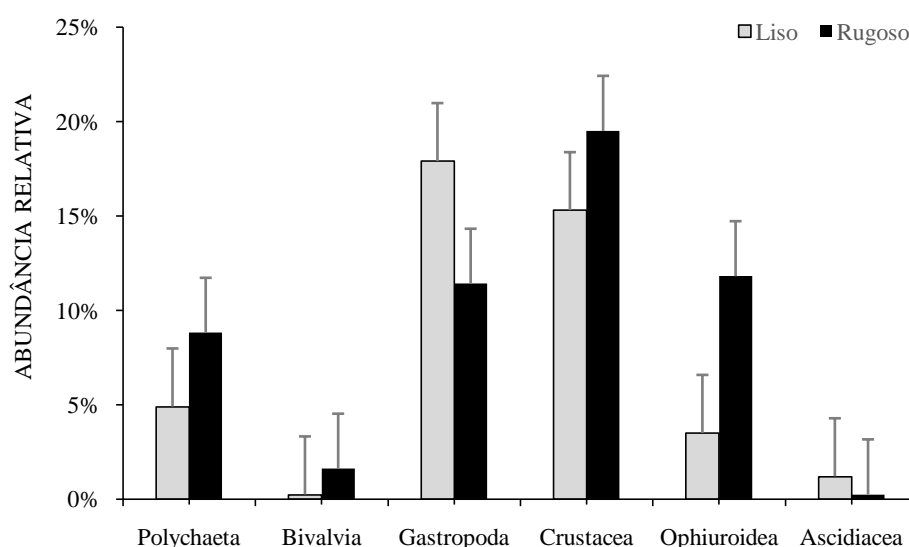


Figura 6. Abundância relativa ($Ar\%$) dos táxons de macroinvertebrados bentônicos registrados nos rodolitos lisos e rugosos estudados nos recifes da Praia do Cabo Branco, João Pessoa, PB.

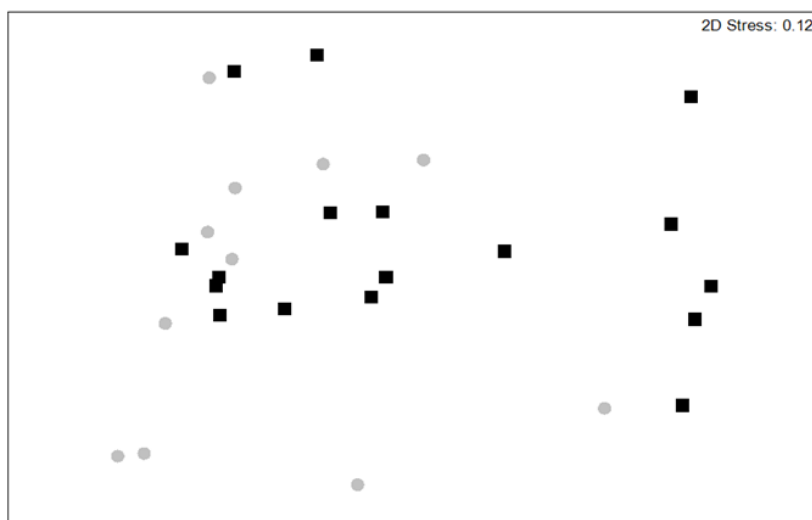


Figura 7. Modelo de ordenação multidimensional (NMDS) com relação a abundância dos táxons de macroinvertebrados bentônicos registrados nos rodolitos **lisos** (●) e **rugosos** (■) estudados nos recifes da Praia do Cabo Branco, João Pessoa, PB.

Na Análise de Componentes Principais (PCA), percebemos que os dois eixos principais (1 e 2) obtiveram uma explicação de 73,1% mostrando que os rodolitos se diferenciaram com relação aos atributos morfológicos mensurados, havendo, de fato, diferença na morfologia externa dos rodolitos (**Fig. 8**).

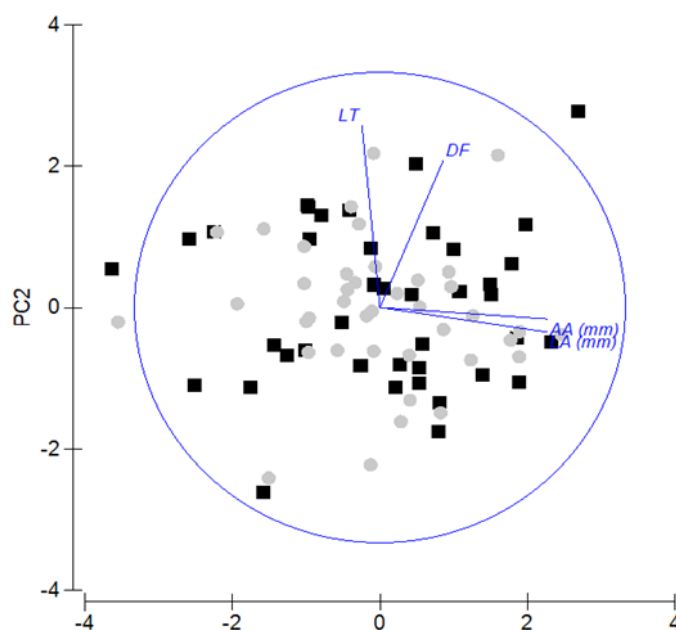


Figura 8. Análise de Componentes Principais (PCA) dos atributos morfológicos mensurados nos rodolitos **lisos** (●) e **rugosos** (■) estudados nos recifes da Praia do Cabo Branco, João Pessoa, PB. Legenda: LT=largura do talo em três níveis, DF=dimensão fractal; AA=altura, e LA=largura.

Analisando-se os táxons da epifauna e endofauna dos rodolitos constatou-se que a sua abundância foi diferente ($PseudoF_{(1,28)}=26,097$; $p=0,001$), observando-se um maior número de indivíduos pertencentes à endofauna, representando 70,5% dos macroinvertebrados registrados ($N=304$) (**Fig. 9**). As amostras de epi e endofauna mostraram uma separação evidente na análise de NMDS (**Fig. 10**).

Crustáceos e gastrópodes foram os táxons mais abundantes na endofauna independentemente da complexidade do rodolito (**Fig. 9**). Ascidiacea esteve presente apenas na epifauna. Comparando-se rodolitos lisos e rugosos, a endofauna também predominou (N Liso=155; N Rugoso=149) com maior número de indivíduos.

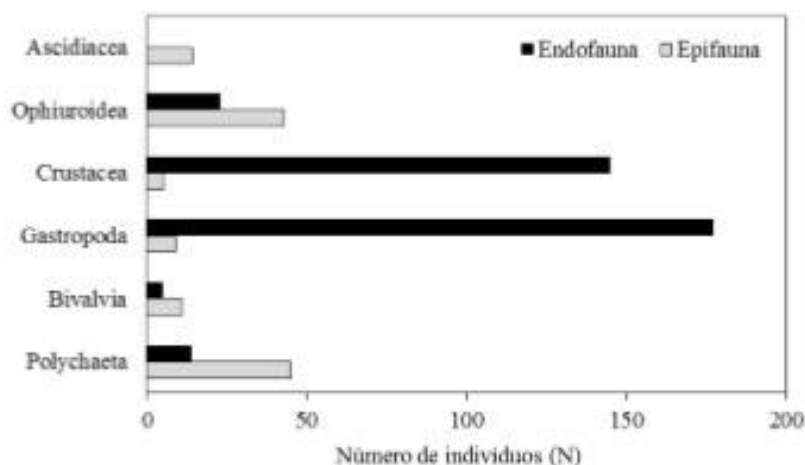


Figura 9. Número de indivíduos (N) dos táxons de macroinvertebrados bentônicos registrados na Epifauna e Endofauna dos rodolitos estudados nos recifes da Praia do Cabo Branco, João Pessoa, PB.

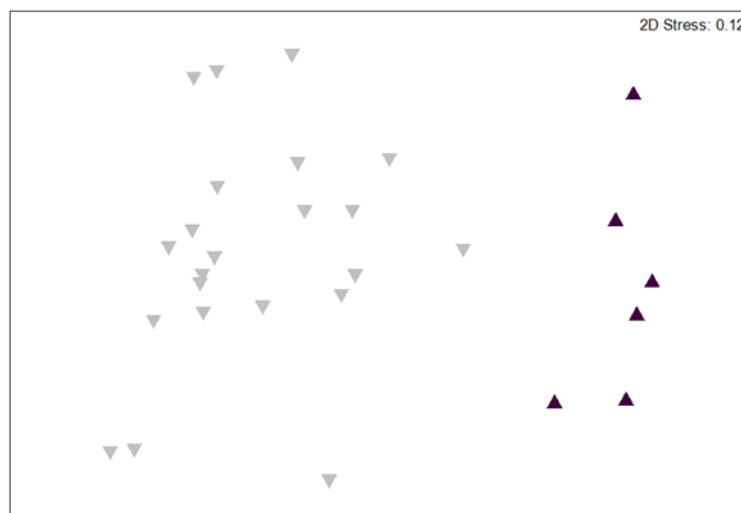


Figura 10. Modelo de ordenação multidimensional (NMDS) com relação a abundância dos táxons de macroinvertebrados bentônicos da **epifauna** (▲) e **endofauna** (▼) dos rodolitos nos recifes da Praia do Cabo Branco, João Pessoa, PB.

Quando observamos apenas a epifauna dos rodolitos, percebemos as diferenças na ocupação do habitat pelos diversos táxons presentes. Em número geral os rodolitos rugosos abrigaram 89 indivíduos na sua epifauna, enquanto nos rodolitos lisos havia apenas 38 indivíduos na epifauna associada. Polychaeta, Ophiuroidea, Ascidiacea e Crustacea predominaram na epifauna de rodolitos rugosos (**Fig. 11a**). Bivalves e gastrópodes tiveram abundância relativa semelhante nos rodolitos lisos e rugosos. No caso da endofauna, a abundância foi bastante semelhante entre rodolitos lisos e rugosos (155 e 149 indivíduos, respectivamente). Os táxons Polychaeta, Bivalvia e Gastropoda predominaram nas formas lisas, enquanto Crustacea e Ophiuroidea foram mais abundantes na endofauna de rodolitos rugosos (**Fig. 11b**).

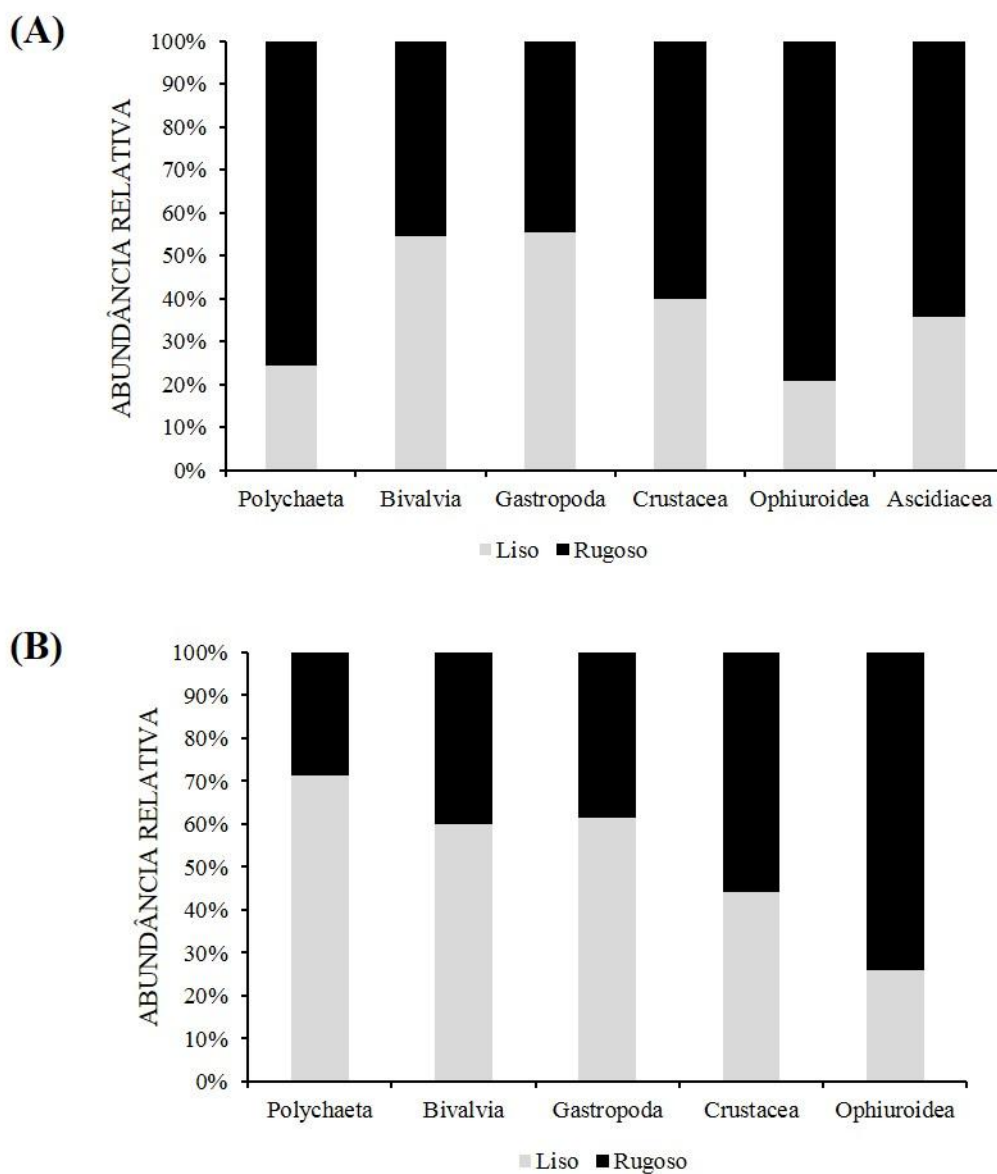


Figura 11. Abundância relativa (Ar%) dos táxons de macroinvertebrados bentônicos registrados na (A) Epifauna e (B) Endofauna de rodolitos lisos e rugosos estudados nos recifes da Praia do Cabo Branco, João Pessoa, PB.

6. DISCUSSÃO

Este estudo traz informações relevantes acerca da biota associada a bancos de rodolitos rasos e representa uma importante contribuição ao conhecimento sobre este

ecossistema peculiar. Os rodolitos estudados encontram-se em águas muito rasas em um ambiente sujeito a diversos fatores estressantes, a exemplo da sedimentação, altas temperaturas e pisoteio por parte dos usuários do ecossistema recifal local. Mesmo submetidos a tais impactos, constatou-se que esses habitats suportam uma fauna diversificada.

O número total de 431 (5,3 indivíduos/rodolito) macroinvertebrados associados pode ser considerado baixo, principalmente quando comparamos a outros estudos realizados no Golfo da Califórnia, onde estes estudos de fauna associada são mais expressivos (e.g. Hinojosa-Arango & Riosmena-Rodriguez, 2004; Riosmena-Rodriguez & Medina-López, 2010). No entanto, estes estudos citados utilizaram amostras de diferentes bancos de rodolitos (diferentes locais de coleta), o que poderia favorecer uma maior riqueza de espécies e abundância de táxons.

Além disso, o banco de rodolitos estudado situa-se no interior de um ecossistema recifal que oferta uma variedade outros microhabitats aos organismos bentônicos (p. ex. bancos de algas, rochas areníticas, colônias de corais, entre outros), e isso poderia diminuir a utilização dos rodolitos. Ainda, considerando-se a localização do banco estudado e os fatores aos quais está vulnerável, a abundância de indivíduos poderia ser prejudicada pela sedimentação nos nódulos e alto hidrodinamismo que o local sofre diariamente.

Em relação aos táxons encontrados, de um modo geral houve predominância de crustáceos e gastrópodes, resultado semelhante ao encontrado por Metri & Rocha (2008) na Ilha do Arvoredo. Em parte, os resultados se assemelham aos dados de Hinojosa-Arango & Riosmena-Rodriguez (2004) e Steller et al. (2003) no Golfo da Califórnia, onde os crustáceos predominaram em ambos os trabalhos. É importante destacar que a escassez de estudos dessa natureza no Brasil em especial no Nordeste, dificulta comparações,

principalmente devido às características climáticas do Nordeste, que diferem muito do Sudeste do Brasil e de áreas do Pacífico e outras áreas subtropicais.

Os rodolitos estudados apresentaram diferenças na sua estrutura externa, o que pode ter influenciado a abundância de alguns táxons. Considerando-se a epifauna, ou seja, o grupo que seria mais afetado pela forma do rodolito, houve maior abundância de indivíduos nos rodolitos rugosos, sugerindo que a forma do rodolito favoreceu maior abundância de táxons. Esta hipótese foi testada por Hinojosa-Arango & Riosmena-Rodriguez (2004), que constataram maior abundância e riqueza de táxons nas formas mais complexas externamente. Por outro lado, as formas menos complexas externamente tendem a apresentar maior volume total, o que daria mais espaço para a endofauna. Nos rodolitos estudados, a endofauna foi mais abundante no geral, mas também foi um pouco maior nos rodolitos lisos, reforçando esta possibilidade.

A composição de táxons superiores também respondeu às diferenças na forma externa dos rodolitos.

Em uma análise geral, os táxons presentes nos rodolitos lisos/rugosos foram semelhantes, com predominância dos crustáceos, gastrópodes e ofiuróides, corroborando parcialmente com os resultados obtidos por Steller et al. (2003) e Hinojosa-Arango & Riosmena-Rodriguez (2004), onde crustáceos predominaram na macrofauna associada.

A maior abundância da endofauna foi um resultado inesperado, uma vez que esperava-se que a superfície dos rodolitos fosse mais utilizada pela macrofauna. No entanto, este estudo revelou que muitos táxons utilizam a porção interna dos rodolitos através de cavidade presentes na estrutura do nódulo. Este fato chama mais atenção para a necessidade de conservação e importância desse habitat como substrato para a biota marinha. É possível que a maior riqueza dos rodolitos esteja dentro do talo mais do que fora, por isso, é

fundamental que estudos posteriores atentem para a busca dos indivíduos dentro dos rodolitos. Os poucos estudos existentes com este tema não deixam evidente se houve investigação da fauna que vive dentro dos nódulos (e.g. Steller et al., 2003; Metri & Rocha, 2008).

No contexto da conservação, este estudo trouxe dados básicos que poderão nortear outros estudos visando conhecer e compreender melhor a distribuição da macrofauna associada à rodolitos de áreas rasas, as quais estão sujeitas a estresses diferentes daqueles bancos de áreas mais profundas. Os efeitos dessas condições sobre a fauna e sobre a vitalidade dos rodolitos precisam ser investigados para que medidas de conservação destes habitats possam ser tomadas de maneira adequada. É ainda importante considerar os efeitos sazonais dos períodos de seca e chuva, uma vez que as condições do mar são fortemente distintas entre estes dois períodos no litoral paraibano.

7. CONCLUSÕES

A partir deste estudo, podemos concluir:

- A forma do rodolito (lisa/rugosa) influenciou a composição e abundância dos táxons associados, de modo que rodolitos mais complexos suportaram uma maior abundância de táxons da epifauna.
- A composição de táxons encontrada foi semelhante à fauna comumente associada a rodolitos, mostrando-se variada em nível de táxons superiores e sugerindo que alguns táxons são comuns neste tipo de habitat.
- A maior abundância de indivíduos na endofauna indica que a utilização dos espaços internos dos rodolitos é maior do que dos espaços externos, o que pode estar relacionado a maior proteção contra predadores ou menor competição pelo reduzido espaço externo.

ABSTRACT

The rhodolith beds are ecosystems formed by not articulated coralline algae that occur in different regions of the world. Despite its wide distribution, including in Brazil, only in the last two decades their importance as habitat has been evidenced. This study characterized the macrofauna associated with rhodoliths with different morphological characteristics (smooth / rough), aiming to detect possible differences in the composition and abundance of associated macrofauna. In the coastal reefs of Cabo Branco beach, João Pessoa, Paraíba, were collected 80 rhodoliths of which 40 were smooth and 40 rough. The epifauna and endofauna were separately removed for analysis. The recorded taxa were sorted, labeled and stored in 70% alcohol and then were ranked in the higher taxa to the level of phylum, subphylum, and class. A total of 431 individuals belonging to the taxa Mollusca, Crustacea, Echinodermata and Ascidiacea were recorded. The greater abundance of individuals was found associated to the outer surface of the rough rhodoliths, but overall, the endofauna was more abundant independent of the rhodolith complexity. Crustacea was the most abundant taxon in all cases. This study provided basic data that could guide other studies to know and better understand the distribution of macrofauna associated with rhodoliths in shallow areas, which are subject to different stresses compared to those banks in deeper areas.

Keywords: Maërl, rhodolith beds, coastal reefs, macroinvertebrates, conservation

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 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, n. 4, p. 782-788, 2012.
- 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 Marinas**, v.33, 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., et al. Rhodolith Beds Are Major CaCO₃ Bio-Factories in the Tropical South West Atlantic. **PLoS ONE**, v. 7, n. 4, p. e35171, 2012.
- 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.
- BIRKETT, D., C. MAGGS, AND M. DRING. 1998. **Maërl**, Volume V: An overview of dynamic and sensitivity characteristics for conservation management of marine SACs. Oban, UK: Scottish Association for Marine Science.
- BRANNER J. C. The Stone Reefs of Brazil, their Geological and Geographical Relations, with a Chapter on the Coral Reefs. **Bulletin of the Museum of Comparative Zoology at Harvard College**. Geological Series, vol. VII, 275 p. 1904.
- BRUNO, J.; M. D. BERTNESS. **Positive Interactions, Facilitations and Foundation Species. In: Marine Community Ecology**. M. D. Bertness, S. D. Gaines and M. Hay (Editors). Sinauer Associates, Sunderland Massachusetts, 2001.
- CHEMELLO, R; MILLAZZO, M. Effect of algal architecture on associated fauna: some evidence from phytal mollusks. **Marine Biology**, v. 140, p. 981-990, 2002.
- DE GRAVE, S., FAZAKERLEY, H., KELLY, L., GUIRY, M. D., RYAN, M. & WALSHE, J. A. Study of selected Maërl Beds in Irish Waters and their Potential for Sustainable Extraction. **Marine Resource Series**, Marine Institute, 2000.
- DIAS, G. T. M. Granulados Bioclásticos - Algas Calcárias. **Revista Brasileira de Geofísica**, v.18, n.3, p. 308-3017, 2000.
- DONNAN, D. W.; MORRE, P.G. Introduction. **Aquatic Conservation**, v.13, p. 1-3, 2003.
- EDGAR, G. J. The ecology of Southeast Tasmanian phytal animal communities. III. Patterns of species diversity. **Journal of Experimental Marine Biology and Ecology**, v. 70, n.1, p. 181-203, 1983.
- FOSTER, M. S. Rhodoliths: Between rocks and soft places. **Journal of Phycology**, v. 37, p. 659-667, 2001.
- FOSTER, M. S., R. RIOSMENA- RODRÍGUEZ, D. L. STELLER; W. J. WOELKERLING. **Living rhodolith beds in the Gulf of California and their implications for paleoenvironmental interpretation**. pp. 127-139. In: M. E. Johnson

- and J. Ledesma- Vazquez (eds.). Pliocene carbonates and related facies flanking the Gulf of California, Baja California, Mexico. 1997.
- FOSTER, M. S., AMADO-FILHO, G. G., KAMENOS, N. A., RIOSMENA-RODRIGUEZ, R. & STELLER, D. L. **Rhodoliths and rhodolith beds**, pp. 143-155. In: Lang et al. (eds.). *Research and discoveries: the revolution of science through SCUBA*. Smithsonian Institution Scholarly Press, Washington. 267p.
- GHERARDI, D. F. M.; BOSENCE, D. W. J. Composition and community structure of the coralline algal reefs from Atol das Rocas, South Atlantic, Brazil. **Coral Reefs**, v. 19, p. 205-129, 2001.
- GHERARDI, D. F. M. 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., LACOUTH, P., ALONSO, C. & MANSO, C. L. C. Echinodermata da Praia do Cabo Branco, João Pessoa, Paraíba, Brasil. *Biota Neotropica*, v. 8, p. 151-159, 2008.
- GONDIM, A. I., ALONSO, C., DIAS, T. L. P., MANSO, C. L. C. & CHRISTOFFERSEN, M. L. A taxonomic guide to the brittle-stars (Echinodermata, Ophiuroidea) from the State of Paraíba continental shelf, Northeastern Brazil. *ZooKeys*, v. 307, p. 45-96, 2013.
- GONDIM, A. I., DIAS, T. L. P., DUARTE, R. C. S., RIUL, P., LACOUTH, P. AND CHRISTOFFERSEN, M. L. 2014. 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.
- GUIRY, M. D.; GUIRY, G. M. **AlgaeBase**. World-wide electronic publication, National University of Ireland, Galway. <http://www.algaebase.org>. Acesso em 12/09/2014, 2014.
- INMET. Instituto Nacional de Meteorologia. Acessado em Dezembro de 2013. <http://www.inmet.gov.br/portal/>
- HALL- SPENCER, J. M. 1998. Conservation issues relating to maërl beds as habitats for molluscs. **Journal of Conchology**, Special Publication, v. 2, p. 271-286.
- HINOJOSA-ARANGO, G.; RIOSMENA-RODRIGUEZ, R. Influence of rhodolith-formation 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.

- KEMPF, M. Notes on the benthic bionomy of the N-NE Brazilian shelf. **Marine Biology**, v. 5, n. 2, p. 13-24, 1970.
- LIMA, P. J.; HECKENDORFF, W. D. **Climatologia**. pp. 34-43. In: Paraíba - Secretaria de Educação e Cultura e Universidade Federal da Paraíba. Atlas geográfico do Estado da Paraíba. João Pessoa, 1985.
- MABESOONE, J. M.; KEMPF, M.; COUTINHO, P. M. Characterization of surface sediments on the Northern and Eastern Brazilian shelf. **Trabalhos Oceanográficos da Universidade Federal de Pernambuco**, Recife, v. 13, p. 41-48, 1972.
- METRI, R.; ROCHA, R. M. Bancos de algas calcárias, um ecossistema rico a ser preservado. **Natureza & Conservação**, Curitiba, v.6, n.1, p.8-17, 2008.
- METRI, R. **Ecologia de um Banco de algas calcárias da Reserva Biológica Marinha do Arvoredo, SC, Brasil**. Dissertação de Mestrado em Ciências Biológicas, Departamento de Biologia, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 109 p, 2006.
- RIUL, P.; LACCOUTH, 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, p.325-320, 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 (special issue), p. 1676-1679, 2006.
- SANTOS, A. S., RIUL, P., BRASIL, A. C. S.; CHRITOFFERSEN, 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, n. 2, p. 425-438, 2011.
- STELLER D. L.; FOSTER, M. S., RIOSMENA-RODRIGUEZ, R. & 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. S5-S20, 2003.