



**MARINHA DO BRASIL**

**INSTITUTO DE ESTUDOS DO MAR ALMIRANTE PAULO MOREIRA**

**UFF – UNIVERSIDADE FEDERAL FLUMINENSE**

**PROGRAMA ASSOCIADO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BIOTECNOLOGIA**

**MARINHA**

**PPGBM – IEAPM / UFF**

**CELINE PHILIPP DIOGO**

**VARIAÇÃO ESPAÇO-TEMPORAL DA COMUNIDADE BENTÔNICA DE  
COSTÕES ROCHOSOS DO INFRA-LITORAL DE ARRAIAL DO CABO  
(RJ), BRASIL**

**ARRAIAL DO CABO / RJ**

**2020**

**CELINE PHILIPP DIOGO**

**VARIAÇÃO ESPAÇO-TEMPORAL DA COMUNIDADE BENTÔNICA DE  
COSTÕES ROCHOSOS DO INFRALITORAL DE ARRAIAL DO CABO  
(RJ), BRASIL**

Trabalho de conclusão de curso, apresentado ao Instituto de Estudos do Mar Almirante Paulo Moreira e à Universidade Federal Fluminense, como requisito parcial para a obtenção do grau de Mestre em Biotecnologia Marinha.

Orientador: Prof. Dr. Carlos Eduardo Leite Ferreira

Co-orientador: Dr. César A. M. M. Cordeiro

**ARRAIAL DO CABO / RJ**

**2020**

**CELINE PHILIPP DIOGO**

**VARIAÇÃO ESPAÇO-TEMPORAL DA COMUNIDADE BENTÔNICA DE  
COSTÕES ROCHOSOS DO INFRA-LITORAL DE ARRAIAL DO CABO  
(RJ), BRASIL**

Dissertação apresentada ao Instituto de Estudos do Mar Almirante Paulo Moreira e à Universidade Federal Fluminense, como requisito parcial para a obtenção do grau de Mestre em Biotecnologia Marinha.

**COMISSÃO JULGADORA:**

---

**Prof. Dr. Ronaldo A. Christofoletti**  
**Universidade Federal de São Paulo – Campus Baixada Santista**

---

**Prof. Dr. Bernardo A. P. Gama**  
**Instituto de Estudos do Mar Almirante Paulo Moreira**  
**Instituto Federal Fluminense**

---

**Prof. Dr. Roberto Campos Villaça**  
**Universidade Federal Fluminense**  
**Membro Suplente**

---

**Prof. Dr. Carlos E. L. Ferreira**  
**Instituto de Estudos do Mar Almirante Paulo Moreira**  
**Professor Orientador – Presidente da Banca Examinadora**

**Arraial do Cabo, 13 de março de 2020.**

## **Agradecimentos**

Ao Universo.

Ser grato é receber com sabedoria tudo o que nos é dado. Saber reconhecer que os acontecimentos estão além da denominação bom e ruim. Saber que a gratidão, acima de tudo, é o alimento para o crescimento interior.

Agradeço a minha mãe e irmã. Obrigada por acreditarem no meu sonho e sempre me motivarem a seguir em frente. É muito bom saber que posso contar com vocês em todos os momentos. Amo vocês!

Aos meus orientadores, Prof. Dr. Carlos Eduardo L. Ferreira e Dr. César A. M. M. Cordeiro, pela oportunidade de realizar este trabalho. Obrigada pela confiança e pela paciência. Obrigada por contribuírem com meu crescimento profissional e pessoal. Agradeço por todos os ensinamentos compartilhados, e por me guiarem nos primeiros passos da pós-graduação. Muito obrigada por tudo!

Ao Projeto Costão Rochoso pela oportunidade de utilizar os dados neste trabalho e por todo o aprendizado nos campos, coletas e análises.

Ao Cnpq pelo auxílio financeiro que possibilitou a execução deste trabalho.

Ao Rafael por todo apoio e incentivo para que eu chegasse até aqui. Por toda a dedicação e amor, por toda a paciência, por todos os colos e lenços de papel. Por enriquecer meu conhecimento científico e pela ajuda nos trabalhos. Por dividir comigo sonhos, aventuras e desafios!

Aos meus amores caninos. Pelos abraços quentinhos, lambidas e denguinhos que aqueceram e aquecem meu coração todos os dias!

Aos amigos que fiz e convivi em Arraial do Cabo, essenciais tanto para os momentos de diversão quanto para os momentos de trocas de conhecimento. Também agradeço aos amigos que estão distantes fisicamente, mas presentes no apoio aos meus sonhos. E que também tornam mais leve, amorosa e divertida minha jornada!

Ao oceano, por permitir viver o meu amor em estar debaixo d'água ("...Só faltava respirar, mas tinha que respirar..." – Arnaldo Antunes).

A todos aqueles que cruzaram meu caminho e de alguma forma foram importantes para que eu chegasse até aqui.

Por fim, agradeço a banca examinadora, pela disposição e contribuição para a finalização do meu mestrado.

## RESUMO

Ambientes bentônicos de costões rochosos são considerados ecossistemas complexos e heterogêneos. O objetivo desta dissertação foi compreender a distribuição e a cobertura das comunidades bentônicas do infralitoral em Arraial do Cabo (RJ). Buscando identificar as variações espaciais, verticais e temporais dos grupos morfofuncionais, amostragens trimestrais de foto-quadrados foram realizadas de julho de 2017 a junho de 2019 em seis pontos: quatro abrigados e dois expostos. As análises indicam que as categorias de grupos morfofuncionais com maior representatividade para os costões de Arraial do Cabo são: matriz de algas epilíticas (MAE), alga calcária articulada (ACA) e macroalgas (MA). A presença de corais duros e zoantídeos apenas na área abrigada evidencia o contraste de uma área com características tropicais e uma área com características subtropicais-temperadas. Os costões rochosos de Arraial do Cabo apresentam diferenças na composição da comunidade bentônica em função da localização (área expostas ou abrigada), da profundidade, e da época do ano. Os resultados indicam uma tendência da cobertura de MA ser inversamente proporcional à presença dos outros grupos de algas, MAE e ACA, em todos os pontos, e mais perceptível durante verão e primavera, possivelmente associado a eventos de ressurgência e ao aumento da incidência luminosa e nutrientes dissolvidos neste período do ano. O entendimento destes padrões de distribuição avançam no conhecimento da estrutura da comunidade bentônica do infralitoral de Arraial do Cabo, uma região importante no contexto da conservação marinha, frente a impactos crescentes de pescarias diversas, e do turismo náutico e submarino. Este trabalho apresentou a primeira avaliação temporal da comunidade bentônica dos diferentes domínios hidrodinâmicos de Arraial do Cabo. Deste modo, faz-se necessária a continuidade deste monitoramento, buscando um maior esforço amostral na área exposta para aprimoramento das análises futuras a respeito do comportamento interanual da composição bentônica local.

Palavras-chave: Atlântico sul; grupos morfofuncionais; recifes rochosos; ressurgência; gradientes ambientais.

## ABSTRACT

Rocky shore benthic communities are complex and heterogeneous ecosystems characterized by ecological interactions between the biota and the environment. The present work analyzed the distribution and the relative abundance of the infralittoral benthic communities along different environmental gradients in Arraial do Cabo (RJ). In order to identify benthic variations (spatial, vertical and temporal), quarterly photo-quadrat samplings were carried out from July 2017 to June 2019 at six rocky shores: four sheltered and two exposed. The analyses indicate that the most representative categories of morphofunctional groups were: epilithic algal matrix (EAM), articulated coralline algae (ACA) and macroalgae (MA). The rocky shores of Arraial do Cabo presents different benthic community composition, depending on the location (exposed or sheltered area), depth, and season. The presence of hard corals and zoanthids only in the sheltered area shows the contrast between the tropical and the subtropical-temperate characterized areas. The results show an inverse trend for MA cover and the presence of the other algae groups (EAM and ACA). This trend is more evident during summer and spring, possibly associated with upwelling events and the higher sunlight and dissolved nutrients during these seasons. The understanding of these distribution patterns advances in the knowledge of the benthic community structure at Arraial do Cabo, an important region in the context of marine conservation, facing growing impacts from diverse fisheries, and nautical/underwater tourism. This work presented the first temporal evaluation of the benthic community of the different hydrodynamic domains of Arraial do Cabo. Thus, it is recommended to continue the monitoring, improving sampling effort at the exposed area, seeking a future analyzes improvement regarding the interannual behavior of the local benthic composition.

Keywords: South Atlantic; morphofunctional groups; rocky reefs; upwelling; environmental gradients.

## SUMÁRIO

1.	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	7
2.	<b>OBJETIVOS</b> .....	9
	2.1. Objetivo geral.....	9
	2.2. Objetivos específicos.....	9
3.	<b>MÉTODOS</b> .....	10
	3.1. Área de Estudo.....	10
	3.2. Coleta de Dados.....	11
	3.3. Análises dos foto-quadados.....	12
	3.4. Análises dos dados.....	13
4.	<b>Resultados</b> .....	15
5.	<b>DISCUSSÃO</b> .....	28
6.	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	33
	6.1. Principais conclusões.....	33
	6.2. Contribuições futuras.....	33
7.	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	35
8.	<b>ANEXO</b> .....	42

## 1 INTRODUÇÃO

As comunidades bentônicas possuem um importante papel no equilíbrio dos ecossistemas marinhos (HAY & FENIAL, 1996; COUTINHO & ZALMON, 2009) a partir da remineralização da matéria orgânica e fluxo de energia nas teias tróficas. E, a retenção de nutrientes sob forma de biomassa torna os ambientes bentônicos dentre os mais produtivos do mundo (HATCHER, 1990; HAY & FENIAL, 1996; COUTINHO & ZALMON, 2009; FONSECA, 2010).

Esses ambientes veem sofrendo uma considerável perda de biodiversidade consequente da poluição urbana e industrial, sedimentação, exploração do turismo e recursos naturais decorrentes da intensa ocupação humana nas zonas costeiras (HALPERN *et al.*, 2015) que são intensificados por eventos climáticos naturais como o por exemplo o El Niño (FERREIRA *et al.*, 2013).

Como um dos principais métodos para o conhecimento da biodiversidade marinha, o monitoramento ambiental bentônico, em todo o mundo, é utilizado para identificar tanto impactos antropológicos como para o conhecimento das relações ecológicas e comportamento temporal das comunidades, sendo de grande importância para a conservação desses ambientes (RIOSMENA-RODRIGUEZ, 2016).

Nos ambientes costeiros a diversidade biológica é relacionada à elevada biomassa e à predominância de organismos bentônicos (CASTRO & HUBER, 2002; SCHMIEGELOW, 2004; COUTINHO & ZALMON, 2009). Estruturas de assembleias de peixes, por exemplo, são intimamente relacionadas a cobertura bentônica (FERREIRA *et al.* 1996). A heterogeneidade das comunidades bentônicas é associada a fatores abióticos como tipo de substrato, correntes, temperatura e energia das ondas (SCHMIEGELOW, 2004; COUTINHO & ZALMON, 2009; LEITE *et al.*, 2012). Dentre os ecossistemas onde comunidades bentônicas têm papel importante como componente estruturador e fluxo de energia incluem-se as praias arenosas, os manguezais, os estuários, os recifes de corais e os costões rochosos (SCHMIEGELOW, 2004; LEITE *et al.*, 2012).

Desse modo, comunidades bentônicas são utilizadas como indicadores para entender diversos processos relacionados às atividades humanas, como poluição, mudanças climáticas (CARVALHO *et al.*, 2001; BERNARDINO, 2016; COUTINHO *et*



*al*, 2016; PARDO *et al*, 2018) e bioinvasão (IGNACIO *et al*, 2010; SOARES *et al*, 2018; MANTELLATO, 2018). Espécies bentônicas também possuem interesse econômico e comercial como fonte de alimento (SOARES *et al.*, 2016) e como fonte de substâncias bioativas usadas na farmacologia (AVILA, 2016; RAMAMOORTHY, 2018), por exemplo.

Organismos bioconstrutores como corais zooxantelados e algas calcárias contribuem para a formação de ambientes recifais (VILLAÇA, 2002; SENCER & VILES, 2002; COCITO, 2004). Algas calcárias em fase de matriz epilítica também atuam como microábitat para diversos organismos bentônicos (FERREIRA, 1998). A flora bentônica marinha como um todo é o principal produtor primário de sistemas recifais. Algas estão entre as principais produtoras no ciclo de oxigênio no planeta (LITTLER & LITTLER, 1984), e tanto matrizes de algas quanto algas frondosas desempenham papel crucial na rota de entrada de energia e biomassa nas teias alimentares (LITTLER & LITTLER, 1984; HATCHER, 1988).

Além da base estrutural dos sistemas naturais, a biodiversidade também é a base da economia biológica marinha e da biotecnologia. O conhecimento da biodiversidade local é essencial para proteção do ambiente marinho e o avanço da bioeconomia e da biotecnologia. (THOMPSON *et al.*, 2018).

A costa do Brasil é considerada única em termos de morfologia e biodiversidade de ambientes recifais tropicais e subtropicais (FLOETER *et al.* 2001; COUTINHO, 2016). Os ambientes recifais brasileiros ocorrem em, aproximadamente, um terço de toda extensão do litoral, sendo os tropicais localizados nas costas norte e nordeste, e os subtropicais na costa leste (FLOETER *et al.* 2001). Entre os estados da Bahia e de Santa Catarina, os ambientes recifais são formados por afloramentos cristalinos junto ao mar, caracterizando recifes rochosos verdadeiros ou costões rochosos, dominantes na região sudeste-sul, principalmente no estado do Rio de Janeiro e São Paulo (COUTINHO & ZALMON, 2009; COUTINHO, 2016).

Costões rochosos são altamente dinâmicos e a comunidade biológica associada é controlada por fatores bióticos, como predação e competição por espaço; e, abióticos como temperatura, hidrodinamismo, grau de exposição, orientação costeira, profundidade, turbidez e disponibilidade luminosa (LITTLER & LITTLER, 1984; CONNELL, 1978; COUTINHO, 1995). Deste modo, os costões

rochosos possuem uma composição específica, abundante, e variável no tempo e espaço, em função dos fatores controladores citados. Arraial do Cabo é localizado na região da costa brasileira com maior ocorrência de afloramentos rochosos e é um importante ponto na mudança de orientação da linha de costa, tornando únicas as características dos costões rochosos locais (VALENTIN, 1984; COUTINHO,1995).

A compreensão destes ambientes e sua respectiva complexidade é atingida por meio de métodos com abordagem espaço-temporal. Portanto, considerando a íntima relação dos organismos bentônicos com fatores abióticos do ambiente, o presente estudo almejou compreender o padrão da distribuição e a composição das comunidades bentônicas ao longo de diferentes gradientes ambientais no infralitoral dos costões rochosos de Arraial do Cabo (RJ), a partir de dados coletados no monitoramento bentônico do infralitoral feito pelo Projeto Costão Rochoso (<http://costaorochoso.com.br>).

## **2 OBJETIVOS**

### **2.1. Objetivo geral**

Compreender a variação temporal e espacial de grupos morfofuncionais das comunidades bentônicas do substrato consolidado do infralitoral de Arraial do Cabo (RJ).

### **2.2. Objetivos específicos**

- Identificar os principais grupos morfofuncionais de organismos bentônicos presentes nos costões de Arraial do Cabo;
- Compreender a distribuição de grupos morfofuncionais bentônicos em costões rochosos com diferentes características abióticas (profundidade, exposição e temperatura);
- Compreender as variações temporais, principalmente interanuais, dos grupos morfofuncionais estudados.

### 3 MÉTODOS

#### 3.1. Área de Estudo

O ambiente marinho de Arraial do Cabo (RJ) é parte da Reserva Extrativista de Arraial do Cabo (ResexMarAC), uma unidade de conservação Federal de uso sustentável, criada em 03 de janeiro de 1997 (Decreto nº 98.897). Esta categoria de Unidade de Conservação (UC) permite a exploração dos recursos marinhos locais por pesca caracterizada como artesanal (MMA SNUC 2000). Os documentos que regem o uso do espaço da reserva são o Plano de Utilização de 1999 (Portaria do IBAMA nº 17 de 18/02/1999), o Acordo de Gestão (Portaria ICMBio nº 28 de 18/01/2019), uma vez que o Plano de Manejo ainda está em elaboração desde 2017.

Arraial do Cabo apresenta características únicas devido à sua peculiar geografia, que permite a influência de diferentes regimes ambientais na distribuição espacial das espécies (FERREIRA *et al.*, 2001). A região é composta por um istmo e quatro ilhas, tendo os costões rochosos como principal componente da paisagem (VALENTIN, 1984). A presença da Ilha do Cabo Frio em relação ao continente cria pequenas enseadas protegidas, em contraste com áreas expostas onde os costões são mais intensamente influenciados por fenômenos oceanográficos (VALENTIN, 1984; GUIMARÃES & COUTINHO, 1996). Deste modo, a região apresenta áreas de baixo hidrodinamismo com características tropicais, e também costões de alto hidrodinamismo com características subtropicais a temperadas (FERREIRA *et al.*, 2001, ROGERS *et al.*, 2014).

A região é caracterizada pela ocorrência do fenômeno oceanográfico conhecido como ressurgência costeira que, devido a um conjunto de fatores meteorológicos e topográficos locais, origina o afloramento de águas mais profundas e mais densas, resultando em águas superficiais mais frias (abaixo de 20°C) e ricas em nutrientes na região, enriquecendo a vida marinha local (CALADO, 2006). Esse fenômeno é mais frequente e intenso no verão e primavera, quando há maior ocorrência dos ventos provenientes de nordeste e leste (CASTELAO, 2006).

Neste cenário, foram amostrados seis costões rochosos de Arraial do Cabo, sendo quatro localizados na área abrigada (pontos 1 a 4 na Figura 1), de características tropicais e sob menor grau de exposição às ondas, e dois na área

exposta (pontos 5 e 6 na Figura 1), de características subtropicais e sob maior grau de exposição às ondas e diretamente influenciados pela ressurgência.

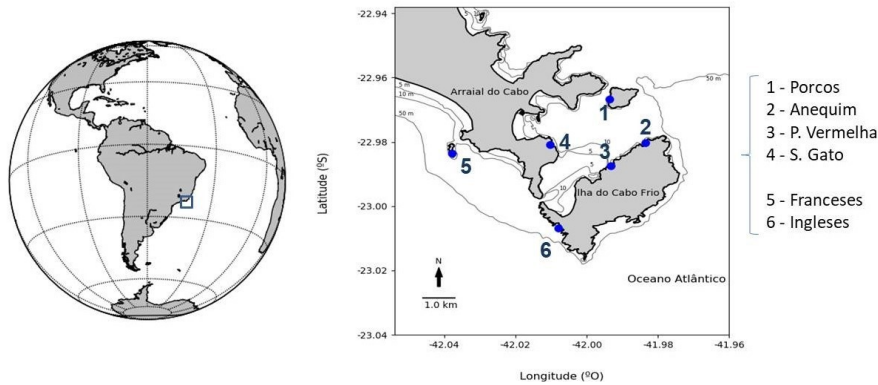


Figura 1. Mapa com destaque na região de Arraial do Cabo (RJ) com os seis pontos monitorados de 2017 até 2019, sendo quatro pontos em área abrigada e dois pontos em área exposta.

### 3.2. Coleta de Dados

A amostragem da comunidade bentônica é parte do programa de monitoramento do Projeto Costão Rochoso (<http://costaorochoso.com.br/>). A amostragem do monitoramento iniciou em julho de 2017 e é realizada trimestralmente, pelo método de foto-quadrados (30x30cm), de 5 a 15 fotos a cada de três metros de profundidade, em seis localidades (Figura 1).

Visando avançar no entendimento da dinâmica das variações espaciais e temporais da cobertura bentônica, esta dissertação realizou a primeira avaliação com os dados coletados no monitoramento. Para isso foram analisadas as fotos amostradas de todas as seis localidades desde o início (julho de 2017) até junho de 2019. Para padronizar a análise foi utilizado apenas as fotos até a profundidade de 9 metros, com exceção dos pontos Pedra Vermelha e Saco do Gato, que só foi possível amostrar até 6 metros de profundidade.

Em paralelo, a temperatura do mar nestes pontos é monitorada utilizando-se sensores *dataloggers* (ONSET HOBO®, modelos TIDBIT e PENDANT) instalados em duas faixas de profundidades (raso até 5 m e fundo 8 – 25 m) com frequência de

amostragem de trinta minutos. O ponto de monitoramento da temperatura utilizado para comparação com os dados dos Franceses é localizado na Ponta da Cabeça, a cerca de 700 metros do local da amostragem da comunidade bentônica. Estas medições de temperatura são parte do programa de monitoramento do projeto Pesquisas Ecológicas de Longa Duração, sítio Ressurgência de Cabo Frio (PELD RECA/CNPq).

### 3.3. Análises dos foto-quadados

Ao todo, 720 imagens foram analisadas, e a identificação dos táxons foi realizada no *software PhotoQuad* (TRYGONIS & SINI, 2012). Curvas de acumulação com trinta, sessenta e oitenta pontos foram elaboradas para detectar o número ótimo de pontos a serem identificados nas fotos coletadas. Deste modo, foi escolhido analisar trinta pontos, devido a esta quantidade apresentar a melhor relação entre o tempo de análise e a riqueza de organismos encontrados (Figura 2).

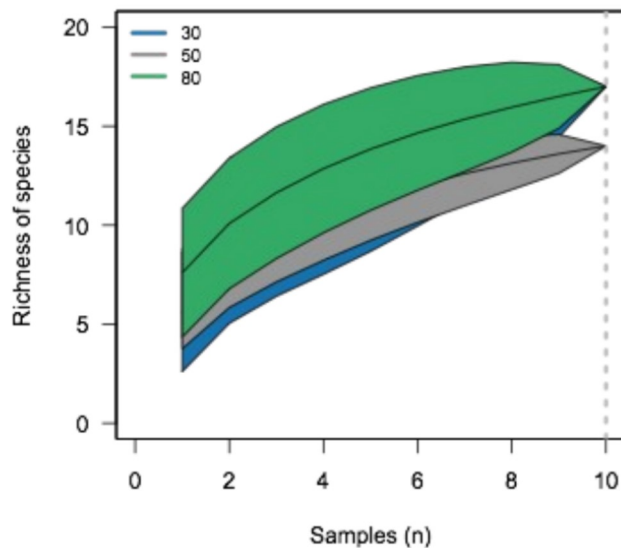


Figura 2. Curvas de acumulação obtidas para trinta, sessenta e oitenta pontos para identificação nas fotos coletadas do monitoramento da comunidade bentônica do infralitoral de Arraial do Cabo (RJ), de 2017 a 2019.

Os táxons foram identificados ao menor nível taxonômico possível e, posteriormente, agrupados em função de suas características morfofuncionais que conferem similaridades de produtividade, anatômicas, dominância e impacto por herbivoria (LITTLER & LITTLER, 1984; STENECK & DETHIER, 1994), com base em publicações acadêmicas, bancos de dados e consulta a taxonomistas. A Tabela 1 apresenta os grupos morfofuncionais definidos para as análises das fotos coletadas neste trabalho.

Tabela 1. Grupos morfofuncionais, separados em categorias e subcategorias, utilizados nas análises das imagens do monitoramento da comunidade bentônica do infralitoral de Arraial do Cabo (RJ), de 2017 a 2019.

<b>Categorias</b>	<b>Subcategorias</b>
<b>Alga Calcária Articulada (ACA)</b>	-
<b>Alga Calcária Crostosa (ACC)</b>	-
<b>Macroalgas (MA)</b>	Corticada
	Filamentosa
	Foliácea
	Coriácea
<b>Matriz de Algas Epilíticas (MAE)</b>	-
<b>Coral (CO)</b>	Scleractinea
<b>Zoantharia (ZO)</b>	-
<b>Outros Invertebrados (O)</b>	Porifera
	Ascidacea
	Echinodermata
	Gastropoda
	Bryozoa
	Cirripedia
	Bivalvia
<b>Substrato Abiótico (SO)</b>	-

### 3.4. Análises dos dados

Os dados de cobertura do substrato foram analisados de acordo com a contribuição relativa de cada grupo morfofuncional, buscando identificar os principais componentes do bentos e suas variações espaciais horizontais (grau de exposição à ondas), verticais (profundidade) e temporais (temperatura).

A análise das imagens gerou planilhas com a composição e porcentagem de cobertura de cada espécie em cada unidade amostral (foto-quadrado). A linguagem de programação livre R (<https://www.r-project.org/>) foi utilizada para elaboração dos gráficos a partir destas planilhas e para a maioria das análises estatísticas (com exceção do nMDS, realizado no *software* Primer 6). O mapa apresentado na Figura 1 e o gráfico de temperatura (Figura 9) foram elaborados através da linguagem de programação livre python (<https://www.python.org/>).

Os índices ecológicos riqueza, abundância relativa e equitabilidade de Pielou (J') foram calculados, e a principal análise estatística adotada foi a similaridade das amostras entre as áreas estudadas (abrigada e exposta), através do índice de Bray-Curtis. A partir da matriz de similaridade foi realizada a análise de escalonamento multidimensional não-métrico (nMDS). Os modelos lineares (GLM - Generalized Linear Models), através da equação de regressão logística, foram utilizados para verificar diferenças na distribuição dos grupos morfofuncionais ao longo dos gradientes de exposição, profundidade e tempo (ZUUR, 2009). A influência da temperatura nos grupos morfofuncionais foi analisada através da correlação pelo método de *Spearman*, entre valores da amplitude térmica dos quinze dias que antecederam as amostragens do bentos e as médias de contribuição (por amostragem) para as categorias MAE, ACA e MA.



#### 4 Resultados

A área abrigada apresentou um total de 54 táxons e a área exposta 35 táxons (Anexo 1). Os táxons com maiores representatividades para a área abrigada foram *Gelidium* sp, *Palythoa caribaeorum*, *Amphiroa* sp / *Jania* sp e *Sargassum* sp. Para a área exposta foram *Sargassum* sp, *Pterocladia capillacea*, *Amphiroa* sp / *Jania* sp e *Lythophyllum* spp.

Os táxons observados apenas na área exposta foram: *Anemonia sargassensis*, *Codium decortatum* e *Perna perna*. Já os exclusivos da área abrigada: *Asparagopsis* sp, *Colpomenia sinuosa*, *Echinaster brasiliensis*, *Galaxaura* sp, *Gelidium* sp, *Holothuria grisea*, *Hypnea musciformis*, *Hypnea spinella*, *Laurencia dendroidea*, *Millepora alcicornis*, *Mussismilia hispida*, *Ophiotela mirabilis*, *Padina gymnospora*, *Palythoa caribaeorum*, *Polymastia janeirensis*, *Porphyra* sp, *Siderastrea stellata*, *Spatoglossum schroederi*.

A área exposta teve menor média de riqueza de táxons ( $4,8\% \pm 2,02$  DP para área exposta e  $5,2\% \pm 2,04$  DP para área abrigada) sendo que nos Ingleses foi observado a menor média ( $3,4\% \pm 1,4$  DP) em todos os tempos e profundidades amostradas (Figura 3). Foi observado maior riqueza na profundidade de 3 metros tanto na área abrigada como na exposta (Figura 3). Na área abrigada, as riquezas médias foram similares ( $5,5\% \pm 1,8$  DP para Anequim;  $5,5\% \pm 2,08$  DP para Porcos;  $5,1\% \pm 2,05$  DP para Pedra Vermelha), com exceção do Saco do Gato que apresentou os menores valores ( $3,8\% \pm 1,8$  DP). Em escala temporal, os menores valores de riqueza média estiveram associados aos meses de verão (dezembro e março) para as duas regiões ( $3,9\% \pm 2,2$  DP para exposto e  $4,4\% \pm 1,4$  DP). O índice equitabilidade demonstrou menores valores de distribuição também nos meses referentes ao verão para todos os locais (Figura 4).

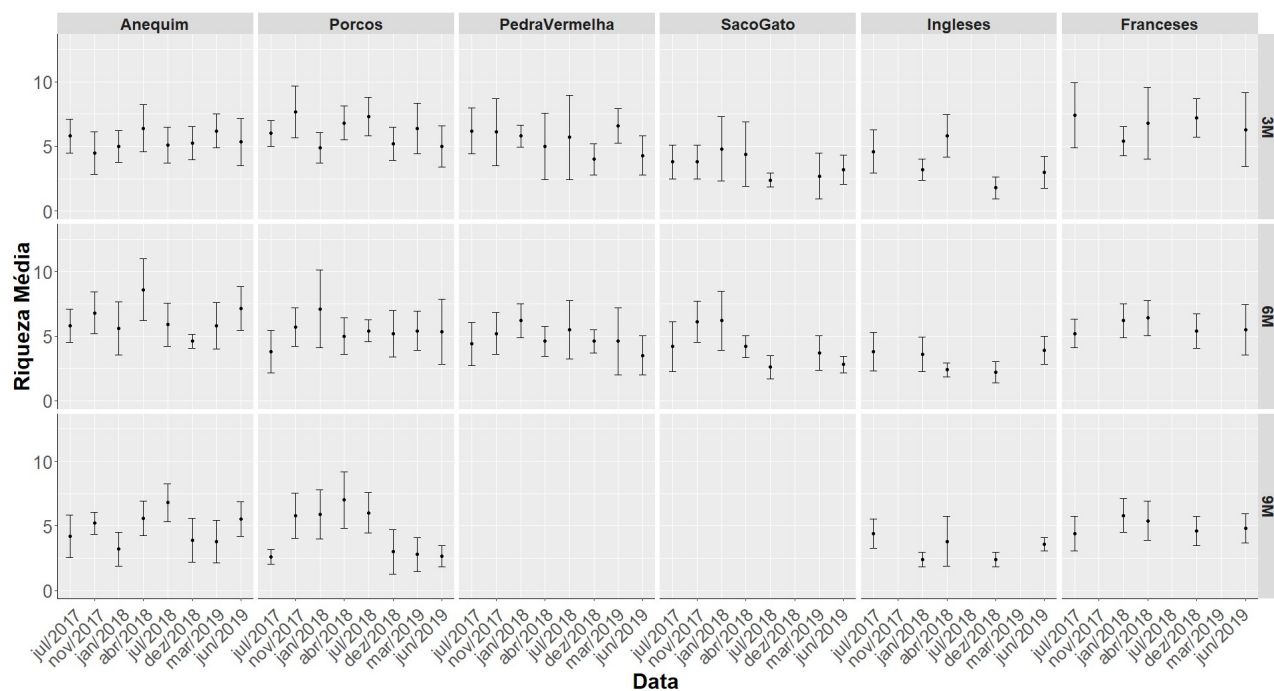


Figura 3. Variação temporal da riqueza (média  $\pm$  DP) da comunidade bentônica em Arrial do Cabo (RJ), de julho de 2017 a junho de 2019 para as áreas abrigadas (Anequim, Porcos, Pedra Vermelha, Saco do Gato) e expostas (Ingleses e Franceses), para cada profundidade amostrada (3, 6 e 9 metros) As lacunas representam ausência de dados.

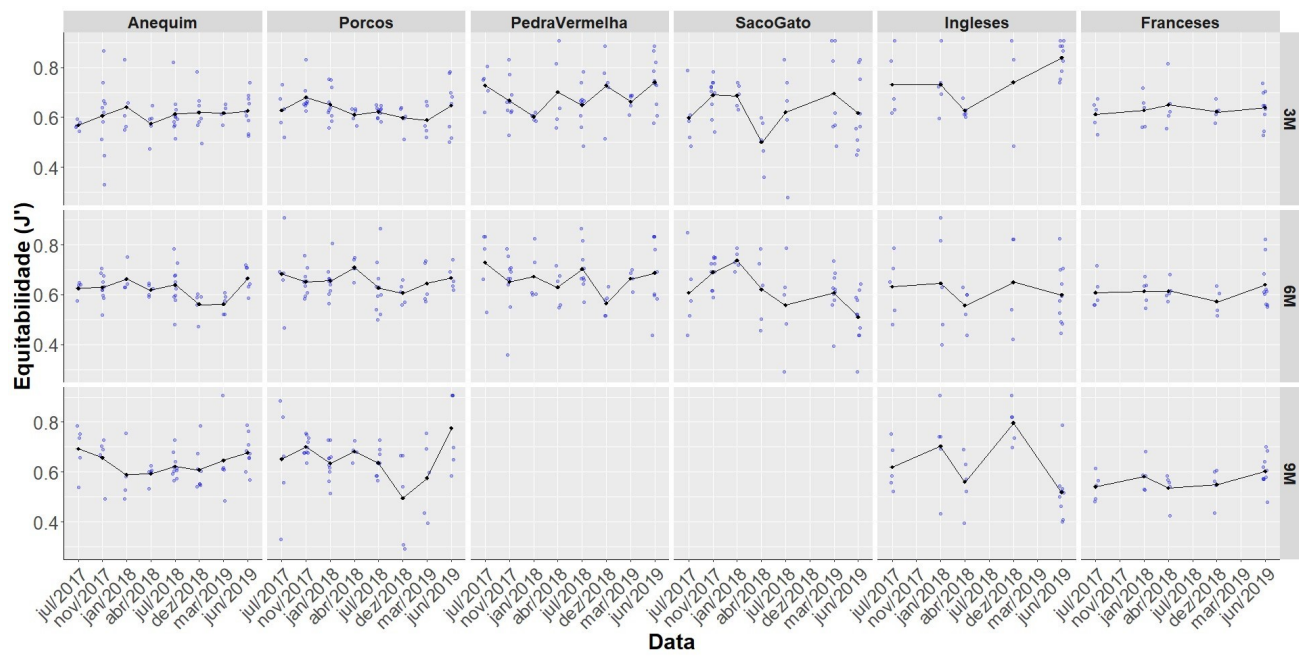


Figura 4. Variação temporal do descritor Equitabilidade de Pielou ( $J'$ ) média da comunidade bentônica em Arraial do Cabo (RJ), de julho de 2017 a junho de 2019, para as áreas abrigadas (Anequim, Porcos, Pedra Vermelha, Saco do Gato) e expostas (Ingleses e Franceses), para cada profundidade amostrada (3, 6 e 9 metros). As lacunas representam ausência de dados.

Os grupos morfofuncionais que apresentaram maiores porcentagens de cobertura na área abrigada de Arraial do Cabo foram MAE, ACA e ZO, enquanto na área exposta foram ACA, ACC e MAE (Figura 5). Considerando todo o período amostrado e todas as profundidades, a média para esses grupos foi 43,6% ( $\pm 26,8$  DP) para MAE, 31,5% ( $\pm 23,9$  DP) para ACA e 36,1% ( $\pm 29,08$  DP) para ZO. Na área exposta, os grupos morfofuncionais que apresentaram maiores porcentagens de cobertura foram ACA (39,9%  $\pm 30,9$  DP), seguido por ACC (26,9%  $\pm 20,6$  DP) e MAE (25,5%  $\pm 18,9$  DP). A categoria de Macroalgas (MA) teve contribuição de 15,4 ( $\pm 19,6$  DP) para a área abrigada e de 23,5 ( $\pm 26,2$  DP) para a área exposta.

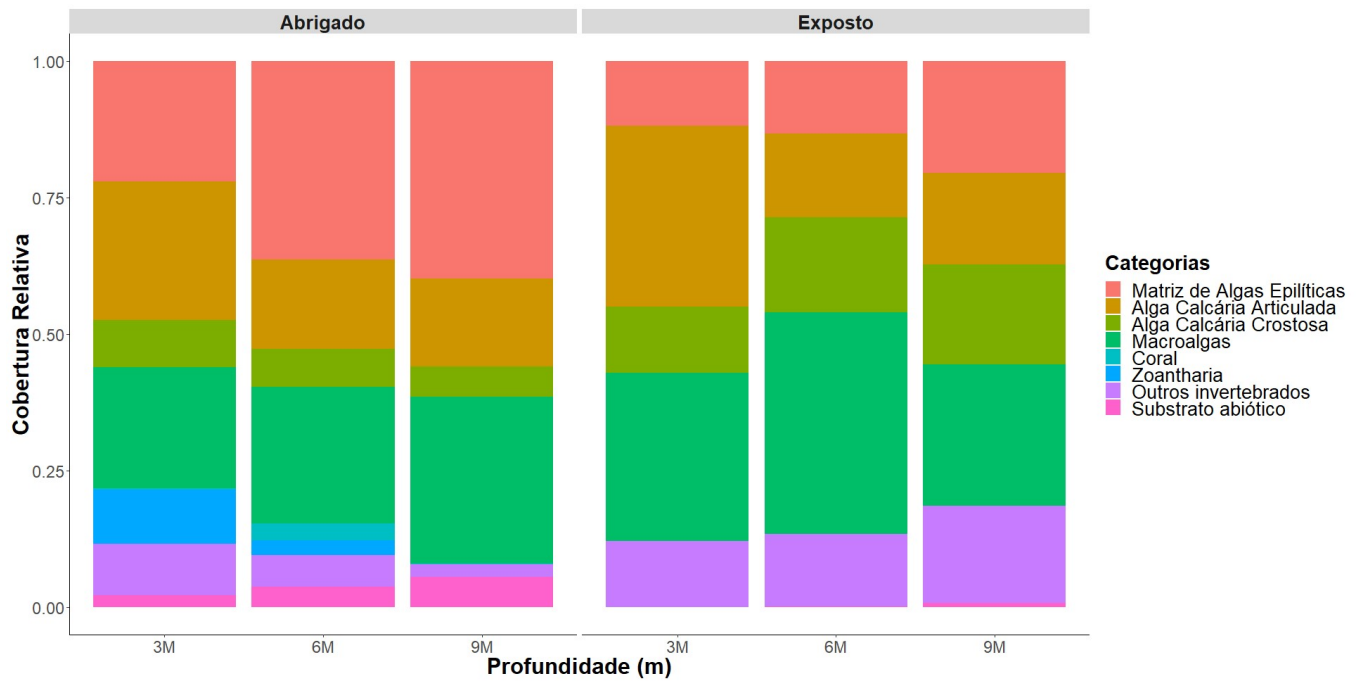


Figura 5. Comparação da cobertura relativa da comunidade bentônica de Arraial do Cabo (RJ) para as áreas abrigadas (Anequim, Porcos, Pedra Vermelha, Saco do Gato) e expostas (Ingleses e Franceses) nas profundidades de 3, 6 e 9 m. Dados coletados de julho de 2017 a junho de 2019.

MAE apresentou aumento na contribuição com a profundidade em ambas áreas, sendo também o grupo com maior contribuição em todas as faixas de profundidade na área abrigada (38,15% ± 28,3 DP em 3 m; 44,7% ± 25,6 DP em 6 m; 48,7% ± 25,6 DP em 9 m) (Figura 5). MA também aumentou sua contribuição em maiores profundidades para a área abrigada (15,2% ± 19,7 DP em 3 m; 15,8 ± 18,9 DP em 6 m; 16,3% ± 20,7 DP em 9 m). ZO e CO estiveram presentes apenas na área abrigada e também apenas nas faixas de três e de seis metros de profundidade. Na área exposta, os grupos com maiores médias de contribuição foram: ACA na faixa de três metros (46,3% ± 33,3 DP), ACC na faixa de seis metros (30,6% ± 9,4 DP), e Macroalgas na faixa de nove metros (23,6% ± 22,5 DP) (Figura 5).

O grupo das Macroalgas (MA) teve suas maiores contribuições na área abrigada nos meses de dezembro (2018) e março (2019), que correspondem aos meses de verão e outono respectivamente, enquanto MAE apresentou as menores contribuições nestes meses. Já na área exposta, MA apresentou menor variabilidade interanual (Figura 6). Houve maior porcentagem de substrato abiótico nos costões da área abrigada do que nos costões da área exposta (Figura 6).

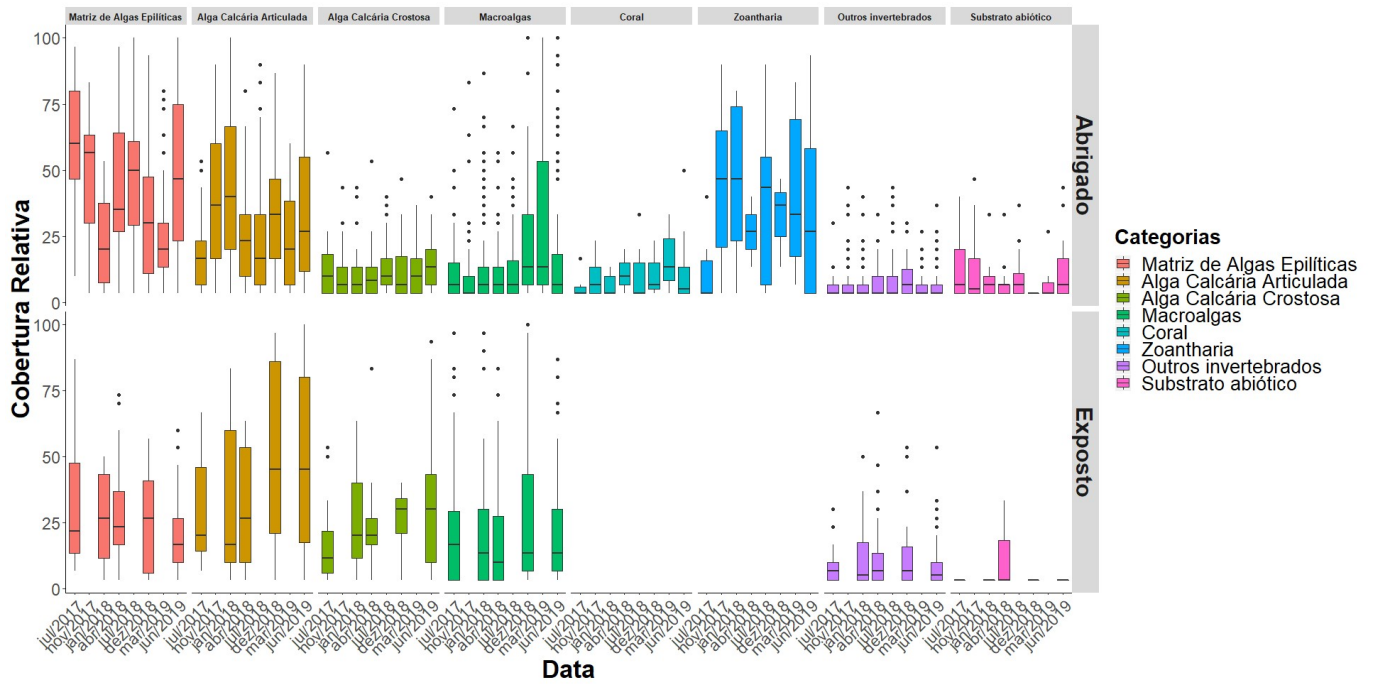


Figura 6. Variação temporal da cobertura relativa da comunidade bentônica de Arraial do Cabo (RJ), de julho de 2017 a junho de 2019, para as áreas abrigadas (Anequim, Porcos, Pedra Vermelha, Saco do Gato) e expostas (Ingleses e Franceses), de 3 a 9 metros de profundidade. As lacunas representam ausência de dados.

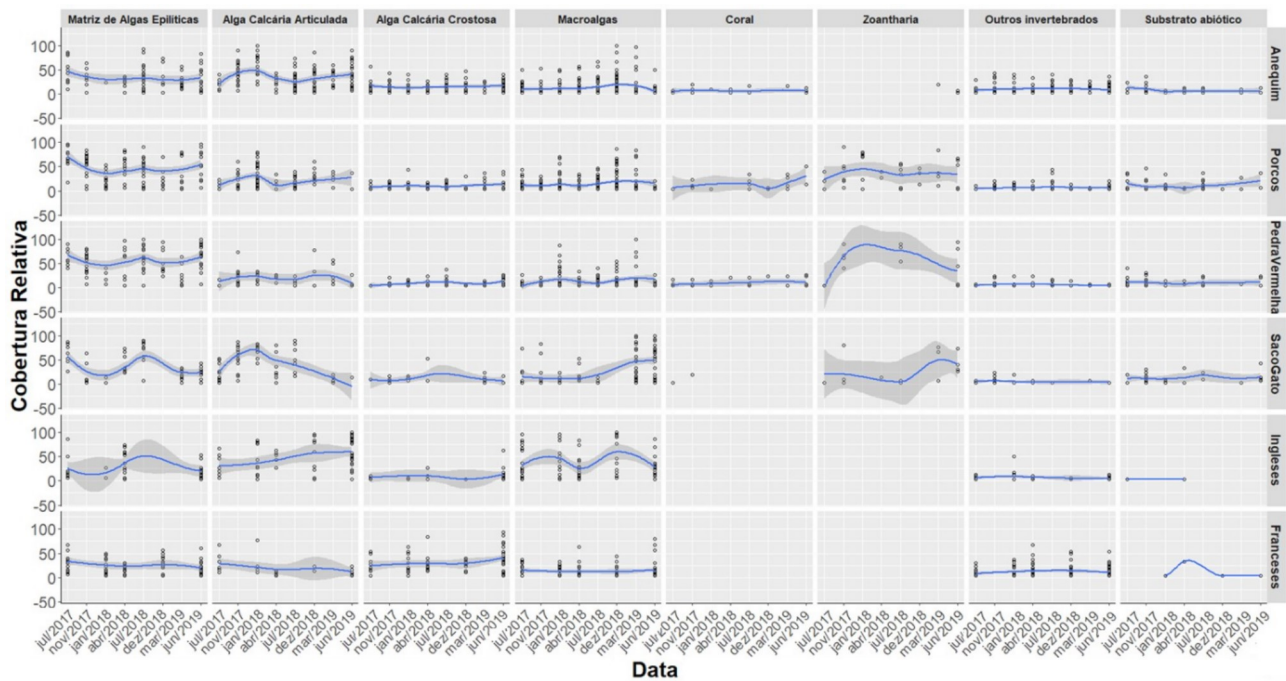


Figura 7. Variação temporal das categorias de grupos morfofuncionais da comunidade bentônica de Arraijal do Cabo (RJ), de julho de 2017 a junho de 2019, para as áreas abrigadas (Anequim, Porcos, Pedra Vermelha, Saco do Gato) e expostas (Ingleses e Franceses), de 3 a 9 metros de profundidade. As lacunas representam ausência de dados e a linha azul é a curva da função *Spline* com o respectivo intervalo de confiança (faixa cinza) utilizado para facilitar a visualização das tendências.



ACA apresentou maiores valores em janeiro (verão) e menores em abril (outono) em três das quatro áreas abrigadas (Anequim, Porcos e Pedra Vermelha) (Figura 7). Nos Ingleses foi observada uma redução de Macroalgas (MA) em abril de 2018 (outono) e um aumento em dezembro de 2019 (verão). MAE apresentou os menores valores em janeiro de 2018 (verão) e maiores em julho 2018 (inverno), com maior evidência no Saco do Gato. Este local apresentou características transitórias entre locais abrigados e expostos, evidenciado pelas variações interanuais das categorias MAE e MAE (Figura 7).

A variação temporal da composição bentônica de Arraial do Cabo não apresentou agrupamentos evidentes, apenas uma maior similaridade por local amostrado (Figura 8). Tanto a similaridade quanto a dissimilaridade dos locais foram ocasionadas principalmente pela contribuição de três categorias MAE, ACA e MA, com destaque para MA com as maiores contribuições (Tabela 3).

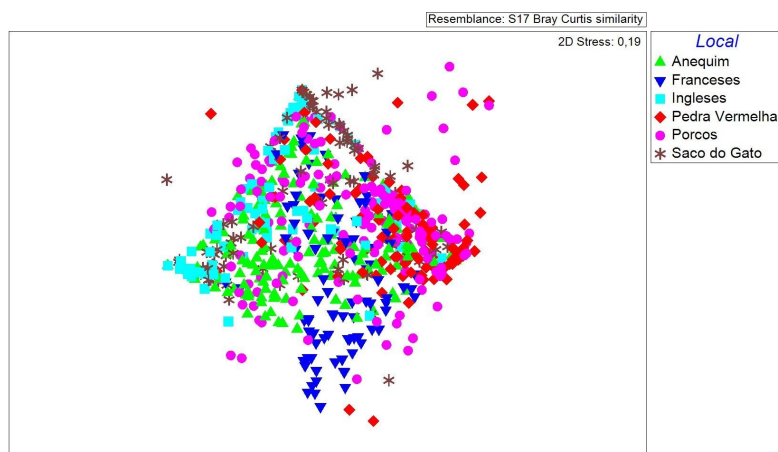


Figura 8. Análise de escalonamento multidimensional não-paramétrico (nMDS) com dados de porcentagem de cobertura da comunidade bentônica de Arraial do Cabo (RJ), de julho de 2017 a junho de 2019, para as áreas abrigadas (Anequim, Porcos, Pedra Vermelha, Saco do Gato) e expostas (Ingleses e Franceses), de 3 a 9 metros de profundidade.

Tabela 3. Similaridade e dissimilaridade média (teste SIMPER), e respectivas contribuições dos grupos Matriz de Alga Epilítica (MAE), Alga Calcária Articulada (ACA) e Macroalgas (MA) da comunidade bentônica, de 3 a 9 metros de profundidade, de seis costões de Arraial do Cabo (RJ), sendo quatro abrigados (Anequim, Porcos, Pedra Vermelha, Saco do Gato) e 2 expostos (Ingleses e Franceses). Dados coletados de julho de 2017 a junho de 2019. O sombreamento das células indica os maiores valores para cada local.

Locais	Similaridade média	Contribuição (%)		
		MAE	ACA	MA
Anequim	55,26	13,21	28,9	27,89
Porcos	47,45	31,85	10,4	36,61
Pedra Vermelha	50,15	52,56	-	22,3
Saco Gato	43,63	21,98	22,1	47,3
Franceses	59,87	16,46	-	20,73
Ingleses	51,22	5,91	34,8	51,77
Locais	Dissimilaridade média	MAE	ACA	MA
Anequim e Franceses	50,59	16,62	21,28	20,41
Anequim e Ingleses	51,85	18,02	22,86	26,09
Anequim e Pedra Vermelha	55,65	23,54	19,66	19,45
Anequim e Porcos	52,87	20,93	18,61	20,58
Anequim e Saco Gato	55,62	18,11	20,53	23,64
Porcos e Saco Gato	56,92	21,01	18,26	23,95
Pedra Vermelha e Porcos	52,78	22,2	12,86	22,57
Pedra Vermelha e Saco Gato	59,47	23,49	17,74	23,94
Franceses e Porcos	56,1	18,06	11,4	19,97
Ingleses e Porcos	58,32	22,18	22,03	23,79
Ingleses e Saco Gato	55,07	19,22	26,01	28,73
Ingleses e Pedra Vermelha	63,77	26,06	21,72	23,55
Franceses e Pedra Vermelha	57,77	20,86	9,04	19,19
Franceses e Saco Gato	63,79	14,41	15,81	20,98
Franceses e Ingleses	62,27	14,41	21,61	22,39

Todas as categorias de grupos morfofuncionais variaram em função do espaço e do tempo nos costões de Arraial do Cabo (Tabela 4) indicando

significância para os fatores Local ( $P < 0,001$ ), Profundidade ( $P < 0,0001$ ) e Data ( $P < 0,0001$ ). Os locais com resposta a análise foram Ingleses ( $P = 2.07e-11$ ), Saco do Gato ( $P = 2.86e-11$ ) e Pedra Vermelha ( $P = 0.02490$ ), a profundidade respondeu para nove metros ( $P = 0.00126$ ) e data respondeu para novembro de 2017 ( $P = 0.04976$ ), e dezembro de 2018 ( $P = 0.01238$ ).

Tabela 4. Regressão linear (GLM) da cobertura bentônica de 3 a 9 metros de profundidade de seis costões rochosos em Arraial do Cabo (RJ). Dados coletados de julho de 2017 a junho de 2019.

	Df	F value	Pr (>F)
Local	5	20,531	2 e-16***
Profundidade	2	5,461	0,00432**
Data	7	4,603	3,9 e-05***

A análise de correlação entre as médias de cobertura das categorias ACA, MA e MAE e as amplitudes térmicas indicou valores negativos para MAE e positivo para MA, tendo os maiores valores absolutos observados para esta categoria em Anequim e Pedra Vermelha (Tabela 5). Estas duas localidades estão no costão interno da Ilha do Cabo Frio, com mesma orientação geográfica e relativamente próximos (distanciados por cerca de 1200 metros). Franceses, o único local influenciado diretamente pela ressurgência incluído nesta análise (por ausência de dados de temperatura em Ingleses), apresentou menor influência da amplitude térmica para MAE. O grupo MA teve sua correlação positiva apenas para Pedra Vermelha e Anequim e o maior valor absoluto foi observado nos Franceses (Tabela 5). A maior amplitude térmica foi observada para os Franceses ( $11,2 \text{ }^\circ\text{C} \pm 3,0 \text{ DP}$ ), enquanto que o menor valor foi observado nos Porcos ( $1,9 \text{ }^\circ\text{C} \pm 0,5 \text{ DP}$ ).

Tabela 5. Correlação entre a média de cobertura bentônica dos principais grupos morfofuncionais para cada amostragem e a amplitude da temperatura do mar dos 15 dias que antecederam à amostragem dos dados. Dados coletados de 3 a 9 metros de profundidade de seis costões de Arraial do Cabo (RJ) de junho de 2017 a junho de 2019. MAE = Matriz de Alga Epilítica, ACA = Alga Calcária Articulada, MA = Macroalgas. A ausência de dados para Ingleses é relativo à ausência de dados de temperatura para os períodos amostrados.

Local	Categorias					
	MAE	P-valor	MA	P-valor	ACA	P-valor
Anequim	-0,89	0,03333	0,6	0,2417	0,71	0,1361
Porcos	-0,36	0,4444	-0,5	0,2667	0,21	0,6615
Pedra Vermelha	-0,82	0,03413	0,86	0,02381	0,57	0,2
Gato	-0,32	0,5379	-0,37	0,4972	0,31	0,5639
Franceses	-0,2	0,9167	-1	0,08333	0,4	0,75

Franceses apresentou a menor temperatura registrada durante o período de amostragem quando comparado com os demais locais (11,5°C para Franceses, 13,7°C para Saco do Gato, 14°C para Pedra vermelha, 14,5°C para Anequim e 15,9°C para Porcos). ACA, MA e MAE apresentaram maior variabilidade na média de cobertura nos Pedra Vermelha e Saco do Gato (Figura 9), quanto que para Franceses a média apresentou menor variação. ACA apresentou maiores valores nos meses de verão, enquanto MAE apresentou nos meses de inverno. Foi possível observar que MA teve um crescimento no verão de 2019, associada a temperaturas mais elevadas no mesmo período do ano anterior.

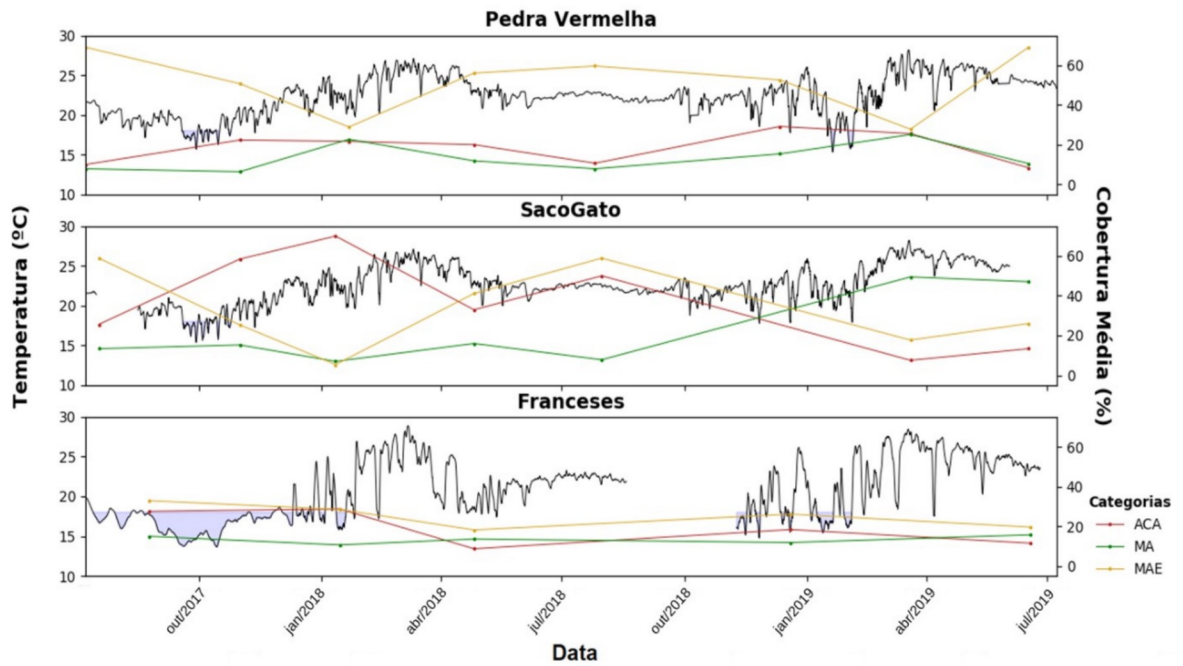


Figura 9. Temperatura do mar (~4 metros) e cobertura bentônica de grupos morfofuncionais, de 3 a 9 metros de profundidade, de três costões de Arraial do Cabo (RJ), entre julho de 2017 a junho de 2019. Franceses é considerado um local diretamente afetado pela Ressurgência de Cabo Frio. Os espaços em branco representam ausência de dados e preenchimento em azul indica temperaturas abaixo de 18 ° C, indicando ressurgência. ACA – Algas Calcárias Articuladas, MA – Macroalgas, MAE – Matriz de Algas Epilíticas.

## 5 DISCUSSÃO

As análises descritivas dos dados apontaram maior número de táxons para a área abrigada do que para a área exposta e, os maiores valores de riqueza foram observados nos meses de inverno nas duas áreas. MAE, ACA e MA são os grupos morfofuncionais com maior representatividade nos costões de Arraial do Cabo. A categoria ZO só esteve representada na área abrigada e nesta houve maior contribuição de substrato abiótico. MA teve suas maiores contribuições nos meses de verão na área abrigada, já na área exposta teve menor variabilidade na contribuição. Local, profundidade e data foram significativos quando testados como fatores em resposta a variação da comunidade bentônica.

Corroborando com a literatura existente para a região, os dados gerados mostram os costões rochosos com uma comunidade benthica dominada por MAE, algas calcárias articuladas e macroalgas, com presença de zoantídeos e corais duros apenas na área abrigada e espécies subtropicais-temperadas na área exposta (FERREIRA *et al.*, 2001; ROGERS *et al.*, 2014; CORDEIRO *et al.*, 2015; AUED *et al.*, 2018). A região possui peculiaridades físicas e geomorfológicas com alta riqueza de espécies bentônicas caracterizada por processos biogeográficos de limite de distribuição de espécies tropicais e subtropicais (FERREIRA *et al.*, 2001).

A área abrigada apresentou 37% mais taxons do que a área exposta. A área exposta é considerada diretamente afetada pelo processo de ressurgência. A maior disponibilidade de nutrientes, devido à influência direta dos eventos de ressurgência, pode influenciar diretamente na heterogeneidade de habitats, favorecendo alguns grupos nos meses de verão nos costões de Arraial do Cabo, (LANARI & COUTINHO, 2014). Diferentes regiões bioclimáticas podem determinar a composição, diversidade e abundância das comunidades bentônicas (AUED *et al.*, 2018). Os resultados das correlações entre as amplitudes térmicas e as contribuições médias revelaram respostas diferentes para MA, ACA e MAE (Tabela 5). Isto reforça que diferentes categorias de algas respondem de modo diferente às variações da temperatura e disponibilidade de nutrientes na água do mar.

No presente trabalho, foi observado maior riqueza de espécies nos meses correspondentes ao inverno, o que pode também estar associado a temperatura da água e disposição de nutrientes, já que nos meses correspondentes ao verão MA e ACA foram os grupos com maior contribuição média. Deste modo, ambientes próximos apresentam diferenças significativas na composição bentônica e, ao mesmo tempo, coexistência de grupos morfofuncionais nas duas áreas, sob diferentes comportamentos sazonais. A presença de maior contribuição de substrato abiótico para os costões abrigados (Figura 6) sugere uma topografia favorável a acúmulo de sedimentos. Esta topografia também pode estar relacionada à maior riqueza encontrada nestes costões, pois demonstra uma menor inclinação e assim, aumento da complexidade do ambiente (ZAWADA *et al.*, 2010; CORDEIRO *et al.*, 2015).

As categorias de grupos morfofuncionais com maior contribuição de cobertura nos costões de Arraial do Cabo (ACA, MAE e MA) foram os principais responsáveis pela similaridade entre os locais amostrados. Porém essas mesmas categorias tiveram desvios padrões com valores altos, indicando uma alta variabilidade dos dados, reduzindo o poder das análises. Em adição, o fato do esforço amostral na área abrigada (n = 546) ser significativamente maior do que na área exposta (n = 174) pode também estar influenciando os resultados observados. Essa diferença ocorreu principalmente devido à dificuldade de executar as coletas na área exposta, reforçando a exposição desta área à energia de ondas e ventos ligadas a passagem de frentes frias.

ACA e MAE ocorreram em todos os costões e em todas as profundidades amostradas, variando somente em relação à contribuição de cobertura, com maior representatividade nos costões abrigados. MAE representa um grande competidor por espaço nos costões de Arraial do Cabo (STENECK & DETHIER, 1994; FERREIRA *et al.*, 2001). As algas MAE possuem um crescimento rápido, o que possibilita serem abundantes e dominantes sob condições de perturbação e estresse, e também a serem resistentes à herbivoria (STENECK & DETHIER, 1994; LITTLER & LITTLER, 2013). Estas características podem explicar a contribuição deste grupo e como

potencial competidor na comunidade bentônica local, principalmente nos meses de inverno, quando as temperaturas apresentam menor variabilidade (Figura 9), corroborando com a correlação negativa observada com os valores de amplitude térmica (Tabela 5). Outro eficiente competidor por espaço, o zoantídio *Palythoa caribaeorum* (FERREIRA *et al.*, 2001) foi observado como dominante na faixa de 3 metros dos costões abrigados.

Os costões abrigados, protegidos das ondulações e ventos provenientes do quadrante sul pela Ilha do Cabo Frio, registraram a presença das categorias ZO e CO (Zoantharia e Scleractinia), reforçando a característica tropical da região. Estas categorias foram representadas principalmente pelos táxons *Palythoa caribaeorum*, *Siderastrea stellata* e *Mussismilia hispida*, conhecidos por sensibilidade a locais com grande batimento de ondas e afinidade com águas menos turvas (FERREIRA *et al.*, 2001; MENDONÇA-NETO *et al.*, 2008; SEGAL & CASTRO, 2011). Este trabalho indicou pouca contribuição de corais nos costões abrigados de Arraial do Cabo. Em 1970, Laborel descreveu grande diversidade e abundância de corais, caracterizando o ambiente como recifal e denominando a área abrigada de Arraial do Cabo como “oásis coralíneo”. A redução de hidrocorais, como *Millepora alcicornis*, vem sendo observada na região, cerca de 50% da cobertura de coral ocorreu devido ao mercado de aquariofilia (ROGERS *et al.*, 2014). Adicionalmente, a diminuição de peixes herbívoros, causada pela sobrepesca dos recifes do sudeste do Brasil (FLOETER, 2006; ROGERS *et al.*, 2014; BENDER *et al.*, 2014), pode facilitar a dominância da MAE, algas calcárias e macroalgas na competição por espaço (STENECK & DETHIER, 1994).

Alguns estudos têm revelado uma mudança na composição de recifes em diversos locais como no Caribe e na Grande Barreiras de Corais na Austrália, com uma diminuição de corais e CCA, para MAE e macroalgas (HUGHES, 1994; JOHNS *et al.*, 2018). A ocorrência desse processo não pode ser associada aos costões de Arraial do Cabo, pois a falta de trabalhos anteriores e monitoramentos contínuos não dá suporte para essa observação. Além disso, Aued *et al.* (2018) descreveu que a cobertura bentônica na costa brasileira é representada principalmente por MAE e macroalgas, sugerindo que este cenário seja natural da costa brasileira.



Lanari e Coutinho (2014) concluíram que a disponibilidade de nutrientes em períodos de ressurgência afetam positivamente a abundância e a biomassa de macroalgas nos costões da região. Os dados analisados nesta dissertação indicam maiores contribuições de macroalgas (MA) nos meses de verão, período com maior ocorrência da ressurgência. Sugerindo que o grau de exposição a este evento pode ser o principal regulador da comunidade bentônica de Arraial do Cabo, conforme já documentado por diversos estudos (GUIMARÃES & COUTINHO, 1996; LANARI & COUTINHO, 2014; AUED *et al.*, 2018). Por outro lado, o aumento da contribuição de MA foi observado em dezembro e março de 2018 (Figura 4), período que foram registradas temperaturas elevadas tanto para a área abrigada quanto para a exposta (Figura 9). Este fato pode estar associado ao evento de El Niño registrado no ano correspondente (NOAA, 2019). Com as temperaturas elevadas e maior incidência luminosa as macroalgas podem ter sido favorecidas.

ACA são encontradas em ambientes com alta produtividade e baixo grau de distúrbios (LITTLER & LITTLER, 1984; FIGUEIREDO *et al.*, 2004). Em Arraial do Cabo, ACA é representada principalmente pelos gêneros *Jania* e *Amphiroa*. O aglomerado dessas algas podem ser considerado um microambiente de suporte para que outras espécies de algas recrutem e para que outros organismos, como briozoários e ascídias, se associem para desenvolvimento primário e como recurso alimentar (FERREIRA, 1998). A maior contribuição de ACA foi observada nos costões abrigados, visto que costumam estar distribuídas em áreas mais rasas e quentes (LITTLER & LITTLER, 1984). ACC, por outro lado, sobrevivem em locais mais profundos e sob menor intensidade de luz (MAGALHÃES *et al.*, 2015) explicando a maior contribuição em maiores profundidades nos costões expostos.

Os organismos bentônicos se distribuem nos costões devido a um conjunto de fatores, como temperatura, disponibilidade luminosa, sedimentação, disposição de nutrientes e exposição a ondas (GUIMARÃES & COUTINHO, 1996; SOARES *et al.*, 2016). Arraial do Cabo possui costões com pouca variação na profundidade e águas geralmente claras, mesmo assim a profundidade foi um fator significativo para a contribuição da cobertura bentônica. Nos costões abrigados foram observados um aumento da

contribuição média de MAE em maiores profundidades, e a presença de ZO e CO restrita às faixas de 3 e 6 metros de profundidade. Nos costões expostos a importância do fator profundidade foi evidenciada pela diminuição de ACA e de MA com o aumento da profundidade amostrada. Demonstrando que a influência dos fatores relacionados à profundidade (temperatura, disponibilidade luminosa, sedimentação, disposição de nutrientes e exposição a ondas) refletem na zonação os organismos nos costões de Arraial do Cabo (COUTINHO, 1995).

Em contraste com a análise descritiva dos dados, a composição de táxons das áreas abrigadas e a exposta não indicaram grandes contrastes. A presença de apenas ZO e CO como categorias exclusivas para os costões abrigados pode ter sido insuficiente para diferenciar as áreas, visto que as demais categorias coexistiram em ambas áreas, mesmo que representados por taxons diferentes. Deste modo, a separação em categorias não foi suficiente para evidenciar diferenças entre as áreas. Por outro lado, a análise GLM evidenciou que o local foi uma das variáveis significativas para a composição de alguns grupos da cobertura bentônica principalmente nos Ingleses, Saco do Gato e Pedra Vermelha.

Os resultados deste trabalho sugerem e reforçam a heterogeneidade dos costões rochosos de Arraial do Cabo, quando observada a distribuição dos grupos morfofuncionais frente os fatores locais. Isto é, as diferenças encontradas como a maior ou menor contribuição da cobertura entre as faixas de profundidade, entre os costões e entre os períodos do ano, estão relacionadas às características de cada costão em questão.

A falta de programas de monitoramento na região dificulta a interpretação e a caracterização das comunidades bentônicas de Arraial do Cabo. Neste sentido, este trabalho indica o início do monitoramento do benthos nos costões de Arraial do Cabo, sendo necessária a continuação do projeto e o acompanhamento destas e de outras análises aqui apresentadas.

## 6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esta seção está apresentada em tópicos para melhor síntese e objetividade da informação, e está dividida em dois temas: Principais conclusões e Contribuições futuras.

### 6.1. Principais conclusões

- As categorias matriz de alga epilítica, algas calcárias articuladas e macroalgas estiveram presentes em todos os costões de Arraial do Cabo, foram os grupos com maiores contribuições de cobertura nos costões locais, e variaram sazonalmente, e diferentemente em resposta a eventos de ressurgência.
- As categorias variaram espacialmente na profundidade e entre as áreas abrigadas e expostas;
- A maior representatividade da categoria substrato abiótico sugere que a topografia pode ter um papel relevante na composição bentônica;
- As análises estatísticas utilizadas privilegiaram os grupos com maior abundância;
- Método de fotoquadrados é eficiente para análises de monitoramento.

### 6.2. Contribuições futuras

Esse estudo representa a primeira avaliação dos dados coletados pelo monitoramento do Projeto Costão Rochoso (<http://costaorochoso.com.br/>), e esta seção será dedicada às recomendações de aprimoramento do programa de monitoramento em questão:

- Continuidade do programa de monitoramento para avançar no conhecimento da comunidade bentônica local e suas variações interanuais;
- Diminuir falhas temporais nas amostragens; para que todas as estações do ano sejam devidamente representadas;

- Reorganizar o agrupamento por categorias dos grupos morfofuncionais a fim de melhor evidenciar as diferenças na contribuição do bentos para região;
- A inclusão de parâmetros de caracterização dos pontos, como a orientação geográfica dos costões e a distância entre eles, podem auxiliar no entendimento da similaridade entre os locais amostrados;
- Incluir variáveis físico-químicas em futuras análises;
- Aprofundamento nas análises estatísticas, testando outras formas de agrupamento dos dados, como estações do ano, por exemplo, na tentativa de avançar no entendimento das variações sazonais da comunidade bentônica local.

## 7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AUED, A. W.; SMITH, F.; QUIMBAYO, J. P.; CÂNDIDO, D. V.; LONGO, G. O.; FERREIRA, C. E. L.; WITMAN, J. D.; FLOETER, S. R.; SEGAL, B.. Large-scale patterns of benthic marine communities in the Brazilian Province. PLoS One. Pag. 1 – 15. 2018.
- ANDERSON, M. J.. A new method for non-parametric multivariate analysis of variance. Austral Ecology. Vol. 26, Pag. 32 – 46. 2001.
- AVILA, C.; Ecological and Pharmacological Activities of Antarctic Marine Natural Products. Planta Medica. Vol. 85, Pag. 767 – 774. 2016.
- BENDER, M. G.; MACHADO, G. R.; SILVA, P. J. A.; FLOETER, S. R.; MONTEIRO-NETO, C.; LUIZ, O. J.; FERREIRA, C. E. L.. Local Ecological Knowledge and Scientific Data Reveal Overexploitation by Multigear Artisanal Fisheries in the Southwestern Atlantic. PLoS One. Vol. 110332, Pag. 9. 2014.
- BERNARDINO, A. F.; PAGLIOSA, P. R.; CHRISTOFOLETTI, R. A.; BARROS, F.; NETTO, S. A.; MUNIZ, P.; LANA, P. C.. Benthic estuarine communities in Brazil: moving forward to long term studies to assess climate change impacts. Brazilian Journal of Oceanography. Vol. 64. 2016.
- BRASIL. Decreto s/n de 03 de janeiro de 1997. **Presidência da Republica**, Casa Civil, Subchefia para Assuntos Jurídicos, Brasília, DF, 1997. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/DNN/Anterior%20a%202000/1997/Dnn5025.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/DNN/Anterior%20a%202000/1997/Dnn5025.htm), acessado em 02/12/2019.
- CALADO, L. Dinâmica da Interação da atividade de meso-escala da Corrente do Brasil com o fenômeno de ressurgência costeira ao largo de Cabo Frio e Cabo de São Tomé - RJ. Tese de doutorado, Universidade de São Paulo, IOUSP, 2006.

CANARY, A. A. C. M.; POERSCH, L.; JUNIOR, W. W.. Impacto dos efluentes de cultivo semi-intensivo de camarão sobre a fauna bentônica no sul do Brasil. *Acta Scientiarum. Biological Sciences*, Vol. 31, Pag. 345 - 353. 2009.

CARVALHO, C. E. V.; CAVALCANTE, M. P. O. ; GOMES, M. P. ; FARIA, V. V.; REZENDE, C. E.. Distribuição de Metais Pesados em Mexilhões (Perna perna, L.) da Ilha de Santana, Macaé, SE, Brasil. *Ecotoxicology and Environmental Restoration*. Vol. 4. Pag.1 - 5. 2001

CASTELAO, R. M.; BARTH, J. A.. Upwelling around Cabo Frio, Brazil: The importance of wind stress curl. *Geophysical Research Letters*. Vol. 33. 2006.

CASTRO, P.; HUMBER, M. E.. *Marine Biology*. McGraw-Hill Higher Education. Ed. 4. 2003.

CHAPPUIS, E.; TERRADAS, M.; CEFALI, M. E.; MARIANI, S.; BALLESTORES, E.. Vertical zonation in the mussel distribution pattern of littoral assemblages on rocky shores at a regional scale. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*. Pag. 1 -10. 2014.

COCITO, S.. Bioconstruction and biodiversity: their mutual influence. *Scientia Marina*. Vol. 68. 2004.

CONNELL, J. H.. Diversity in Tropical Rain Forests and Coral Reefs. *Science, New Series*, Vol. 199, Pag. 1302 – 1310. 1978.

CORDEIRO, C. A. M. M.; MENDES, T. C.; HARBORNE, A. R.; FERREIRA, C. E. L.. Spatial distribution of nominally herbivorous fishes across environmental gradients on Brazilian rocky reefs. *Journal of Fish Biology*. Pag. 1 – 20. 2015.

COUTINHO, R.. Avaliação crítica das causas da zanação dos organismos bentônicos em costões rochosos. *Oecologia brasiliensis*. Vol. 1, Pag. 259-271. 1995.

COUTINHO, R.; ZALMON, I. R.. O bentos de costões rochosos. In: PEREIRA, R. C.; SOARES-GOMES, A.. *Biologia marinha*. 2ª Ed. Rio de Janeiro: Interciência. Pag. 281-297, 2009.

COUTINHO, R.; YAGINUMA, L. E.; SIVIERO, F.; SANTOS, J. C. Q. P.; LÓPEZ, M. S.; CHRISTOFOLETTI, R. A.; BERCHEZ, F.; GONÇALVES, J. E. A.; MASI, B. P.; CORREIA, M. D.; SOVIERZOSKI, H. H.; SKINNER, F.; ZALMON, R. I.. Studies on benthic communities of rocky shores on the Brazilian coast and climate change monitoring: status of knowledge and challenges. *Jornal Oceanogr.* Vol. 64. 2016.

FERREIRA, B. P.; COSTA, M. B. S. F.; COXEY, M. S.; GASPAR, A. L. B.; VELEDA, D.; ARAUJO, M.. The effects of sea surface temperature anomalies on oceanic coral reef systems in the southwestern tropical Atlantic. *Coral Reefs*. Vol. 32, Pag. 441 – 454, 2013.

FERREIRA, C. E. L.; GONÇALVES, J. E. A.; COUTINHO, R.. Community structure of fishes and habitat complexity on a tropical rocky shore. *Environmental Biology of Fishes*. Vol. 61, Pag. 353 - 369, 2001.

FIGUEIREDO, M. A. O.; BARRETO, M. B. B.; REIS, R. P.. Caracterização das macroalgas nas comunidades marinhas da Área de Proteção Ambiental de Cairuçu, Parati, RJ - subsídios para futuros monitoramentos. *Revista Brasileira de Botânica*, Vol. 27, Pag. 11–17. 2004.

FLOETER, S. R.; GUIMARÃES, R. Z. P.; ROCHA, L. A.; FERREIRA, C. E. L.; RANGEL, C. A.; GASPARINI, J. L.. Geographic variation in reef-fish assemblages along the Brazilian coast. *Global Ecology & Biogeography*. Vol. 10; Pag. 423 – 431. 2001.

FLOETER, S. R.; HALPERN, B. S.; FERREIRA, C. E. L.. Effects of fishing and protection on Brazilian reef fishes. *Biol Conserv.* Vol 28, Pag. 391 – 402. 2006.

FONSECA, A. C.. Estrutura e Produtividade Primária das comunidades de Macroalgas e Dinâmica de Nutrientes no sistema recifal do Atol das Rocas, RN – Brasil. Tese de doutorado em Geociências . Universidade Federal Fluminense. 2010.

GUIMARAENS, M. A. & COUTINHO, R.. Temporal and spatial variations of Ulva spp. and water properties in the Cabo Frio upwelling region of Brazil. Aquatic Botany. Vol. 66, Pag. 101–114. 2000.

HALPERN, B. S.; FRAZIER, M.; POTAPENKO, J.; CASEY, K. S.; KOENIG, K.; LONGO, C.; LOWNDES, J. S.; ROCKWOOD, R. C.; SELIG, E. R.; SELKOE, K. A.; WALBRIDGE, S.. Spatial and temporal changes in cumulative human impacts on the world's ocean. Nature Communications. Vol. 6, Pag. 1 – 7. 2015.

HATCHER, B. G. Coral-reef primary productivity: a hierarchy of pattern and process. Trends Ecol. Evol. Vol. 5, Pag. 149 - 155. 1990.

HAY, M. E.; FENIAL, W.. Chemical Ecology and Marine Biodiversity: Insights and Products from the Sea. Oceanography. Vol. 9, Pag. 10 – 20. 1996.

HUGHES, T. P.. Catastrophes, phase shifts, and large-scale degradation of a Caribbean coral reef. Science. Vol. 265, Pag. 1547–1551. 1994.

IBAMA. Plano de Utilização da Reserva Extrativista Marinha de Arraial do Cabo. **Portaria IBAMA nº 17-N**, de 18 de fevereiro de 1999. Disponível em: [http://www.icmbio.gov.br/cepsul/images/stories/legislacao/Portaria/1999/p\\_ibama\\_17\\_n\\_1999\\_planoutilizacaoresexarraialdocabo\\_rj.pdf](http://www.icmbio.gov.br/cepsul/images/stories/legislacao/Portaria/1999/p_ibama_17_n_1999_planoutilizacaoresexarraialdocabo_rj.pdf), acessado em 16/10/2019.

ICMBIO. Acordo de Gestão da Reserva Extrativista Marinha de Arraial do Cabo. Portaria ICMBIO nº 28, de 18 de janeiro de 2019, 2019b. Disponível em: [http://www.in.gov.br/materia/-asset\\_publisher/Kujrw0TZC2Mb/content/id/63169847/do1-2019-02-13-portaria-n-28-de-18-de-janeiro-de-2019-63169642](http://www.in.gov.br/materia/-asset_publisher/Kujrw0TZC2Mb/content/id/63169847/do1-2019-02-13-portaria-n-28-de-18-de-janeiro-de-2019-63169642), acessado em 16/10/2019.



IGNACIO, B. L.; JULIO, L. M.; JUNQUEIRA, A. O. R.; FERREIRA-SILVA, M. A. G.. Bioinvasion in a Brazilian Bay: Filling Gaps in the Knowledge of Southwestern Atlantic Biota. *Plos One*. Vol. 5. 2010.

JOHNS, K. A. et al. Macroalgal feedbacks and substrate properties maintain a coral reef regime shift. *Ecosphere*, Vol. 9. 2018.

KENNEDY, A. D.; JACOBY, C. A.. Biological Indicators of Marine Environmental Health: Meiofauna – A Neglected Benthic Component?. *Environmental Monitoring and Assessment*. Vol. 54, Pag. 47 – 68. 1999.

LABOREL, J. Les peuplements de madréporaires des cotes tropicales du Brésil. *Annals of University of Abidjan*. Vol. 2, Pag. 1 – 260. 1970.

LARANI, M. O.; COUTINHO, R.. Reciprocal causality between marine macroalgal diversity and productivity in an upwelling area. *Oikos*. Pag. 630 – 640. 2014.

LEITE, F. P. P.; MIGOTTO, A. E.; DARTE, L. F. L.; TIAGO, C. G. In: AMARAL, A. C. Z.; NALLIN, S. A. H.. *Marine Benthic Biodiversity and Ecosystems from the Northern Coast of the State of São Paulo, Southeastern Brazil*. Ed. 1. 2011.

LITTLER, M. M.; LITTLER, D. S.. Relationships between macroalgal functional form groups and substrata stability in a subtropical rocky-intertidal system. *Jornal Exp. Marine Biology Ecol.* Vol. 74, Pag. 13 – 34. 1984.

LITTLER, M. M.; LITTLER, D. S. The nature of Macroalgae and their Interactions on Reefs. *Smithsonian contribution to the Marine Sciences*. Vol. 39, Pag. 199 – 212. 2013.

LOURENÇO, S. O.; JR, A. N. M. Produção Primária Marinha. In: PEREIRA, R. C.; SOARES-GOMES, A. (Eds.). *Biologia Marinha*. 2a. ed. Rio de Janeiro: Editora Interciência, 2009.

MACHADO, P. M.; S, M. C.; COSTA, L. L.; TAVARES, D. C.; ZALMON, I. R.. Tourism impacts on benthic communities of sandy beaches. *Marine Ecology*. Vol. 38. 2017.

MANTELATTO, M. C.; CRUZ, I. C. S.; CREED, J. C.. A review of the knowledge of shallow subtidal benthic communities in Brazil. *Marine Environmental Research*. Val 140, Pag. 69 – 77. 2018.

MENDONÇA-NETO, J. P.; FERREIRA C. E. L. & CRESPO, R.. Influence of *Palythoa caribaeorum* (Anthozoa, Cnidaria) zonation on site-attached reef fishes. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*. Vol 80, Pag.495 – 513. 2008.

MUNIZ, R.; REIS, R.; MARROIG, R.; AMADO-FILHO, G.. Algas Marinhas do Monumento Natural das Ilhas Cagarras. *Guia de biodiversidade Marinha e Mergulho das Ilhas do Rio*. Cap. 3. Pag. 3 -15.2013.

NOAA. Historical El Niño / La Niña episodes (1950-present). Disponível em: [http://web.archive.org/web/20190310182137/https://origin.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis\\_monitoring/ensostuff/ONI\\_v5.php](http://web.archive.org/web/20190310182137/https://origin.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis_monitoring/ensostuff/ONI_v5.php), acessado em 17/10/2019.

PARDO, L. M.; GARRIDO, I.; BRUNING, P.; CARRIER, C.; REVECO, R.; VALDIVIA, N.. Macrofaunal diversity gradients in Antarctic rocky benthic communities: Effects of glaciers and depth. *PeerJ Preprints*. Vol. 11. 2018.

RIOSMENA-RODRIGUEZ, R. *Marine benthos: biology, ecosystem functions, and environmental impact*. Nova Science Publishers. 2016.

RODRIGUES, R.; LORENZZETTI, J. A.. A numerical study of the effects of bottom topography and coastline geometry on the Southeast Brazilian coastal upwelling. *Continental Shelf Research*. Vol. 21, Pag. 371 – 394. 2001.

ROGERS, R.; CORREAL, G. O.; OLIVEIRA, T. C.; CARVALHO, L. L.; MAZUREK, P.; BARBOSA, J. E. F.; CHEQUER, L.; DOMINGOS, T. F. S.; JANDRE, K. A.; LEÃO, L. S. D.; MOURA, L. A.; OCCHIONI, G. E.; OLIVEIRA, V. M.; SILVA, E. S., CARDOSO, A. M.; COSTA, A. C.; FERREIRA, C. E. L.. Coral health rapid assessment in marginal reef sites. *Marine Biology Research*. Vol. 10, Pag. 612 - 624. 2014.

SANTOS, M. E. A.; KITAHARA, M. V.; LINDNER, A.; REIMER, J. D.. Overview of the order Zoantharia (Cnidaria: Anthozoa) in Brazil. *Mar Biodiv*. Vol. 46, Pag. 547 – 559. 2015.

SATHISHKUMAR, R.; ANANTHAN, G.; SENTHIL, S. S.; MOOVENDHAN, M.; ARUN, J.. Structural characterization and anticancer activity of extracellular polysaccharides from ascidian symbiotic bacterium *Bacillus thuringiensis*. *Carbohydrate Polymers*. Vol. 190, Pag. 113 – 120. 2018.

SCHMIEGELOW, J. M. M.. *O Planeta Azul*. Ed Interciência Ltda 1. 2004.

SEGAL, B.; CASTRO, C. B.. Coral community structure and sedimentation at different distances from the coast of the Abrolhos bank, Brazil. *Brazilian Journal of Oceanography*. Vol. 59, Pag. 119 – 129. 2011.

SOARES, M. O.; CAMPOS, C. C.; SANTOS, N. M. O.; BARROSO, H. S.; MOTA, E. M. T.; MENEZES, M. O. B.; ROSSI, S.; GARCIA, T. M.. Marine bioinvasions: Differences in tropical copepod communities between inside and outside a port. *Journal of Sea Research*. Vol. 134, Pag. 42 – 48. 2018.

SOARES, M. O.; LOTUFO, T. C.; VIEIRA, L. M.; SALANI, S.; HADJU, E.; MATTHEWS-CASCON, H.; LEÃO, Z. M. A. N.; KIKUCHI, R. K. P.. Brazilian

Marine Animal Forests: A New World to Discover in the Southwestern Atlantic. Marine Animal Forests. Pag. 1 – 38. 2016.

SPANCER, T.; VILES, H.. Bioconstruction, bioerosion and disturbance on tropical coasts: coral reefs and rocky limestone shores. Geomorphology. Vol. 48, Pag. 23 – 50. 2002.

STENECK, R. S.; DETHIER, M.N.. A functional group approach to the structure of algal-dominated communities. Oikos. Pag. 476 - 498. 1994.

THOMPSON, F.; KRUGER, R.; THOMPSON, C.C; BERLINCK, R.G.S; COUTINHO, R.; LANDELL, M.F.; PAVÃO, M.; MOURÃO, P.A.S; SALLES, A.; NEGRI, N.; LOPES, F.A.C; FREIRE, V.; MACEDO, A.J.; MARASCHIN, M.; PÉREZ, C.D.; PEREIRA, R.C.; RADIS-BAPTISTA, G.; REZENDE, R.P.; VALENTI, W.C.; ABREU, P.C.; BIOTECMAR NETWORK. Marine Biotechnology in Brazil: Recent Developments and Its Potencial for Innovation. Frontiers in Marine Science. Vol. 5, n. 236, Pag. 1 – 8. 2018.

TRYGONIS, V.; SINI, M.,. PhotoQuad: a dedicated seabed image processing software, and a comparative error analysis of four photoquadrat methods. Journal of Experimental Marine Biology and Ecology. Vol. 424. Pag.99 – 108. 2012.

VALENTIN, J. L.. Analyse des parametres hydrobiologiques dans la remotee de Cabo Frio (Bresil). Marine Biology. Pag. 259 - 276. 1984.

VILLAÇA, R. C.. Recifes Biológicos. In: Renato Crespo Pereira; Abilio Soares-Gomes. Biologia Marinha. Vol. 1, Pag. 229-248. 2002.

ZAWADA, D. G.; PINIAK, G. A.; HEARN, C, J.. Topographic complexity and roughness of a tropical benthic seascape. Geophysical Research Letters. Vol. 37, Pag. 1 – 6. 2010.

ZUUR, A. F.; IENO, E. N.; WALKER, N. J.; SAVALIEV, A. A.; SMITH, G. M..  
Mixed Effects Models and Extensions in Ecology with R. Ed. 2009

8 ANEXO

Anexo I

Tabela de presença e ausência da ocorrência de espécies para os costões de Arraial do Cabo.

Categoria / subcategoria	Nível Taxonômico (Gênero / Espécie)	Pedra			Saco do	
		Anequim	Porcos	Vermelha	Gato	Franceses
<b>Alga Calcária</b>						
<b>Articulada</b>						
	<i>Amphiroa</i> sp					
	<i>Jania</i> sp					
<b>Alga Calcária</b>						
<b>Crostosa</b>						
	<i>Lythoophyllum</i> spp					
<b>Macroalgas</b>						
<b>Corticada</b>						
	<i>Asparagopsis</i> sp					
	<i>Codium decortcatum</i>					
	<i>Codium intertextum</i>					
	<i>Galaxaura-like</i>					
	<i>Gracilaria-like</i>					
	<i>Hypnea musciformis</i>					
	<i>Hypnea spinella</i>					
	<i>Laurencia dendroidea</i>					
	<i>Plocamium brasiliense</i>					
	<i>Pterocladia capillacea</i>					
<b>Filamentosa</b>						
	<i>Asteronema breviarticulatum</i>					
	<i>Bryopsis-like</i>					
	<i>Ceramiales-like</i>					
	<i>Spyridia filamentosa</i>					
<b>Foliácea</b>						
	<i>Dictyopteris/Dictyota</i> sp					
	<i>Enteromorpha</i> sp					
	<i>Gelidium</i> sp					
	green foliose					
	<i>Porphyra</i> sp					
	red foliose					
	<i>Spatoglossum schroederi</i>					
	<i>Ulva fasciata</i>					
<b>Coriácea</b>						

	<i>Colpomenia sinuosa</i>				
	<i>Lobophora variegata</i>				
	<i>Padina gymnospora</i>				
	<i>Sargassum sp</i>				
<b>Matriz de Alga</b>					
<b>Epilítica</b>					
	MAE				
<b>Coral</b>					
Scleractinia					
	<i>Mussismilia hispida</i>				
	<i>Siderastrea stellata</i>				
<b>Zoantharia</b>					
	NI Zoanthidae				
	<i>Palythoa caribaeorum</i>				
<b>Outros</b>					
<b>Invertebrados</b>					
Echinodermata					
	<i>Arbacia lixula</i>				
	<i>Echinaster brasiliensis</i>				
	<i>Echinometra lucunter</i>				
	<i>Holothuria grisea</i>				
	<i>Ophiothela mirabilis</i>				
	<i>Paracentrotus gaimardi</i>				
Porifera					
	NI Porifera				
	<i>Aplysina caissara</i>				
	<i>Darwinella sp.</i>				
	<i>Polymastia janeirensis</i>				
Bryozoa					
	<i>Schizoporella errata</i>				
Ascidiacea					
	NI Ascidiacea				
	<i>Phallusia nigra</i>				
Actiniaria					
	NI Actiniaria				
	<i>Anemonia sargassensis</i>				
	<i>Bunodosoma caissarum</i>				
Octocorallia					
	<i>Phyllogorgia dilatata</i>				
Gastropoda					
	NI Gastropoda				
Cirripedia					
	<i>Megabalanus sp</i>				

Bivalvia

NI Bivalvia

*Perna perna*

Hydrozoa

NI hidrocoral

*Millepora alcicornis*

*Pennaria disticha*

