

## Análise de porcentagem de cobertura e diversidade das espécies marinhas associadas a um costão rochoso na Enseada do Sítio Forte (Baía da Ilha Grande – Rio de Janeiro)

Herick Simas dos Santos<sup>1\*</sup>, João Marcos Almeida Xavier da Silva<sup>2</sup>.

<sup>1</sup>Doutorando em Ecologia e Evolução. Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Brasil. (\*Autor correspondente: hericksimas@yahoo.com.br)

<sup>2</sup>Graduando em Oceanografia. Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Brasil

Histórico do Artigo: Submetido em: 08/12/2021 – Revisado em: 30/01/2022 – Aceito em: 04/03/2022

### RESUMO

Os costões rochosos são considerados um dos mais importantes habitats marinhos costeiros, pelas altas taxas de produtividade e pela grande diversidade de organismos que abrigam. Algumas características ecológicas dos invertebrados bentônicos e outros organismos associados permitem que sejam utilizados como bioindicadores da qualidade de ecossistemas submetidos a interferências humanas, como no caso dos costões da Baía da Ilha Grande - RJ. O presente estudo utilizou uma abordagem baseada em diversidade e abundância dos organismos bentônicos para avaliar efeitos de duas estruturas artificiais construídas sobre um costão rochoso na baía da Ilha Grande-RJ. Foram identificadas 14 espécies pertencentes a 5 diferentes filos de invertebrados. Também foram contabilizados e identificados 111 indivíduos de 9 espécies de peixes teleosteos. Em ambos os locais amostrados, os corais invasores *Tubastraea coccinea* e *T. Tagusensis* foram abundantes. Encontramos um aparente acoplamento entre a diversidade de peixes recifais com a disponibilidade de recursos alimentares, onde os herbívoros territoriais, predadores de invertebrados e espongiívoros foram correlacionados positivamente com a abundância de algas turfosas, esponjas, zoantídeos e corais, indicando uma comunidade recifal funcional e bem estruturada, semelhante a outros costões rasos da Baía da Ilha Grande e de outras ilhas costeiras do estado do Rio de Janeiro. O uso de dados de diversidade e abundância de espécies marinhas foi uma ferramenta útil, barata e de execução rápida para a avaliação de impactos ambientais em costões rochosos, oferecendo elementos importantes para subsidiar a tomada de decisões de gerenciamento costeiro, avaliação e conservação ambiental.

**Palavras-Chaves:** Costão Rochoso, Biodiversidade, Avaliação Ambiental.

## Cover percentage and diversity analysis of marine species associated with a rocky shore at Enseada do Sítio Forte (Ilha Grande Bay – Rio de Janeiro)

### ABSTRACT

Rocky shores are considered one of the most important coastal marine habitats, due to their high productivity rates and the great diversity of organisms that inhabit these environments. Some ecological features of benthic invertebrates and other associated organisms allow them to be used as quality bioindicators of ecosystems subjected to human interference, as in the case of the coasts of Ilha Grande Bay - RJ. The present study used an approach based on diversity and abundance of benthic organisms to evaluate the effects of two artificial structures built on a rocky shore in Ilha Grande Bay-RJ. 14 species of 5 different invertebrate phyla were identified. 111 individuals of 9 species of teleostei fish were also counted and identified. In both sampled sites, the invasive sun-corals *Tubastraea coccinea* and *T. Tagusensis* were abundant. We found an apparent coupling between reef fish diversity and food resources availability, where territorial herbivores, invertebrate predators and spongivores were positively correlated with abundance of turf algae, sponges, zoanthids and corals, indicating a well-functioning reef community, similar to other shallow shores of Ilha Grande Bay and coastal islands in the Rio de Janeiro state. The use of diversity and abundance data of marine species was a useful, inexpensive and quick-to-perform tool for the assessment of environmental impacts on rocky shores, offering important elements to support decision-making on coastal management, assessment and environmental conservation.

**Keywords:** Rocky Shore, Biodiversity, Environmental Evaluation.

Santos, H. S., Silva, M. A. X. (2022). Análise de porcentagem de cobertura e diversidade das espécies marinhas associadas a um costão rochoso na Enseada do Sítio Forte (Baía da Ilha Grande – Rio de Janeiro). *Meio Ambiente (Brasil)*. v.3, n.5, 067-087.



## 1. Introdução

Os costões rochosos compõem um dos principais habitats bentônicos marinhos. São ambientes altamente seletivos, que exigem adaptações específicas dos organismos para seu estabelecimento e desenvolvimento. Abrigam uma numerosa e diversificada comunidade composta por espécies sésseis, vágeis e de vida livre, que passam toda a vida ou parte dela, associadas a este ambiente (Coutinho & Zalmon 2007; Castro & Huber 2012).

Na costa sudeste do Brasil, onde não há formações recifais verdadeiras, os costões rochosos representam o principal habitat para peixes recifais, que podem utilizar os costões para abrigo, alimentação e reprodução, e por isso, são importantíssimos na ecologia e dinâmica trófica destes ambientes (Ferreira et al. 2007; Floeter et al. 2007). Por outro lado, pela proximidade dos principais centros urbanos e pela facilidade de acesso, os costões rochosos são também um dos ecossistemas costeiros que mais sofrem interferências de atividades humanas (Coutinho & Zalmon, 2007; Creed et al. 2007).

Localizada ao sul do estado do Rio de Janeiro, a região da Ilha Grande compreende um conjunto variado de ecossistemas e uma grande diversidade de fauna e flora. Possui uma linha de costa extensa e com geomorfologia costeira bastante recortada, constituída por manguezais, praias arenosas, costões rochosos expostos na parte oriental da ilha e ambientes tipicamente abrigados na porção interna, denominada “Baía da Ilha Grande” (Creed et al. 2007a; Koutsoukos, 2012). É considerada uma área estratégica para a conservação da biodiversidade brasileira (Portaria MMA nº 126/2004), e por isso, concentra o maior número de unidades de conservação do estado do Rio de Janeiro, totalizando 11 unidades de conservação. Dentre essas, a Estação Ecológica de Tamoios (ESEC Tamoios) é a que possui maior área marinha com “status” de proteção integral.

Apesar dos dispositivos legais que conferiram à Ilha Grande o status de *hotspot* de biodiversidade, trabalhos recentes têm alertado para a crescente pressão antrópica, particularmente sobre os costões rochosos da região. Tráfego marítimo, construções sobre os costões, lançamento de efluentes domésticos, derrames de petróleo, metais pesados e introdução de espécies exóticas são apontados como principais atividades potencialmente deletérias para o local (De Paula, 2002; De Paula e Creed, 2004; Creed et al. 2007a; Ferreira et al. 2008; Mantelatto et al. 2011; Lages et al. 2011; Koutsoukos, 2012; Silva et al. 2014).

Oportunamente, os invertebrados bentônicos de substrato consolidado têm sido amplamente utilizados como parâmetros bioindicadores para subsidiar a tomada de decisões no âmbito do gerenciamento costeiro e da avaliação e conservação ambiental. Justamente pela impossibilidade, ou quase, de se movimentarem, os organismos dessas comunidades refletem as condições ambientais do local onde vivem, sendo capazes de acumular efeitos ecológicos durante um tempo longo, revelando um histórico de variações ambientais (Diaz, 2012).

Com o objetivo de caracterizar uma comunidade macrobentônica de substrato consolidado e a ictiofauna associada a um costão rochoso na Enseada do Sítio Forte, na Baía da Ilha Grande - RJ, o presente trabalho utilizou uma abordagem metodológica baseada na análise da diversidade e abundância dos principais organismos presentes no local, para avaliar possíveis efeitos antrópicos na comunidade biológica.

## 2. Material e Métodos

### 2.1 Área de Estudo

A Enseada do Sítio Forte (ESF) está localizada na porção noroeste da Ilha Grande, onde abriga aproximadamente 3,7 km<sup>2</sup> do corpo hidrológico da Baía de Ilha Grande entre a Ponta da Aripeba e a Ponta Grossa do Sítio Forte. Com uma população aproximada de 500 habitantes ao longo de seus mais de 7 km de costa, a região de águas lênticas é composta por seis praias, sendo elas: Ubatubinha, Tapera, Sítio Forte, Marinheiro, Maguariquessaba e Passaterra.

As localidades da ESF possuem histórico de pescaria e maricultura como as atividades predominantes na região. Hoje a enseada possui uma forte atividade turística composta por bares, restaurantes e pousadas a beira-mar que dependem basicamente do transporte náutico para seus funcionamentos. A análise da comunidade biológica foi realizada em um costão rochoso sob influência direta de um empreendimento imobiliário, localizado na Ponta Grossa do Sítio Forte (Figura 1), extremidade oeste da ESF, a 1,47 km da Praia de Ubatuba e a 12 km de Angra dos Reis.

As amostragens foram realizadas no mês de Setembro de 2021 e o período amostral durou cerca de quatro horas, sendo iniciado durante a baixa-mar e concluído próximo à preamar.

**Figura 1-** Mapa da Ilha Grande-RJ (à esquerda) com destaque para a área de estudo e pontos de amostragem (à direita). A) Muro e B) Deck.



Fonte: Extraído de QGIS (2021).

## 2.2 Amostragem do Macrobenetos

As áreas de amostragem foram divididas em duas áreas principais (Figura 1): a primeira área foi denominada “Muro” e corresponde a um substrato artificial contíguo ao costão rochoso, com uma extensão de aproximadamente 17,5 m de comprimento. A segunda área foi denominada “Deck”, que corresponde a uma estrutura suspensa de madeira, com extensão de aproximadamente 20,85 m de comprimento por 7,94 m de largura (165,5 m<sup>2</sup>), apoiada sobre pilares fincados na areia.

Em ambas as áreas, as amostragens foram baseadas na abordagem metodológica *Reef Check*, que consiste em um levantamento relativamente rápido do status ecológico e da saúde ambiental de ambientes recifais, a partir de dados sobre a diversidade e a abundância dos organismos presentes no local (Ferreira & Maida, 2006).

Ao longo de uma extensão de aproximadamente 30 metros, foram realizados 8 transectos verticais por

toda a extensão do costão rochoso (5 no local “Muro” e 3 no local “Deck”) em 3 diferentes níveis: Supralitoral: porção do costão totalmente exposta, acima da linha de maré; Mesolitoral: zona entremarés, entre 0,5 a 1,5m de profundidade e Infralitoral: zona permanentemente submersa, com profundidades maiores que 1,5m.

Cada unidade amostral, ou “quadrat”, consiste em quadrados de 50 x 50 cm feitos de tubos de PVC, transversalmente reticulados com 4 cordas de nylon em disposição equidistante ao longo de cada haste, formando um total de 25 subdivisões regulares, totalizando uma área de 0,5 m<sup>2</sup>.

Para determinar a frequência de ocorrência e a porcentagem de cobertura das espécies bentônicas, 8 unidades amostrais foram posicionadas de maneira aleatória sobre o substrato, em diferentes pontos distribuídos pelo costão. Foram realizadas ao todo 5 réplicas na área do “Muro” e 3 réplicas sob a estrutura do “Deck”.

Todos os organismos amostrados foram identificados ao menor nível taxonômico possível com base na literatura disponível para a área. Para as espécies do zoobentos, foram utilizados inventários faunísticos (Creed et al. 2007a; Fortunato et al. 2020; Koutsoukos, 2012) e eventualmente, pesquisas suplementares em bases de dados como o *World Register of Marine Species* (WoRMS). Para identificação do fitobentos, foram utilizados guias ilustrados de campo (Pedrini, 2011; Nassar, 2012).

### 2.3 Amostragem da Ictiofauna

Durante 45 minutos de mergulho, a ictiofauna associada ao costão rochoso foi amostrada qualitativa e quantitativa, de forma não destrutiva, através de senso visual realizado por toda a extensão do local (Samoilys & Carlos, 2000; Floeter et al. 2007; Bertoni et al. 2018), perfazendo uma distância não linear de aproximadamente 35 metros paralelos ao costão.

A amostragem ocorreu entre 1 e 3 metros de profundidade, incluindo a zona mesolitoral até a interface com o substrato inconsolidado. Os indivíduos foram identificados ao menor nível taxonômico possível, utilizando a base de dados *FishBase* (Froesi & Pauly, 2021) e quantificados em termos de abundância total e abundância relativa.

### 2.4 Análises dos dados

Para determinar quantitativa e qualitativa a composição da comunidade bentônica presente na área de estudo, a porcentagem de cobertura dos organismos em cada quadrat foi estimada. O organismo (ou grupo funcional) dominante em cada subquadrado foi identificado e sua porcentagem de cobertura total foi calculada.

Para auxiliar a identificação dos organismos, foram realizadas fotografias utilizando uma câmera “GoPro” (Modelo Hero9), que foram analisadas posteriormente com uso do software CPCe 4.1 (Kohler & Gill, 2006). A média do número total de táxons foi utilizada para comparação entre os perfis (Supralitoral, Mesolitoral e Infralitoral), assim como também entre os dois locais amostrados (“Muro” e “Deck”).

Para verificar possíveis diferenças na composição e na porcentagem de cobertura das espécies entre os locais e entender os fatores que provocam essas diferenças, foi realizada uma Análise de Variância (ANOVA) entre os dois locais. Posteriormente, a significância estatística dessas variações foi testada (teste T *post-hoc* =  $p > 0,05$ ). Para os peixes, foram considerados os valores absolutos da contagem total do número de indivíduos avistados.

### 3. Resultados

#### 3.1 Macrobentos

Em geral, foi identificada uma fauna macrobentônica bastante diversa, composta basicamente por corais, esponjas e outros invertebrados característicos da Baía da Ilha Grande (Creed et al. 2007a; Skinner et al. 2016). No total, foram identificadas 14 espécies (13 zoobentos e 1 fitobentos) pertencentes a 5 diferentes filos (Tabela 1). Os grupos funcionais “Calcárea incrustante”, “Filamentosa incrustante” e “Tufo” embora não tenham sido identificados ao nível específico, foram contabilizados como grupos separados.

O local denominado “Muro” apresentou maior diversidade de espécies e de grupos funcionais (n=14), enquanto o local denominado “Deck” apresentou menos espécies e grupos funcionais (n=10).

**Tabela 1** - Espécies e grupos funcionais identificados. Estão marcadas com X as espécies presentes em cada um dos locais amostrados (Muro e Deck).

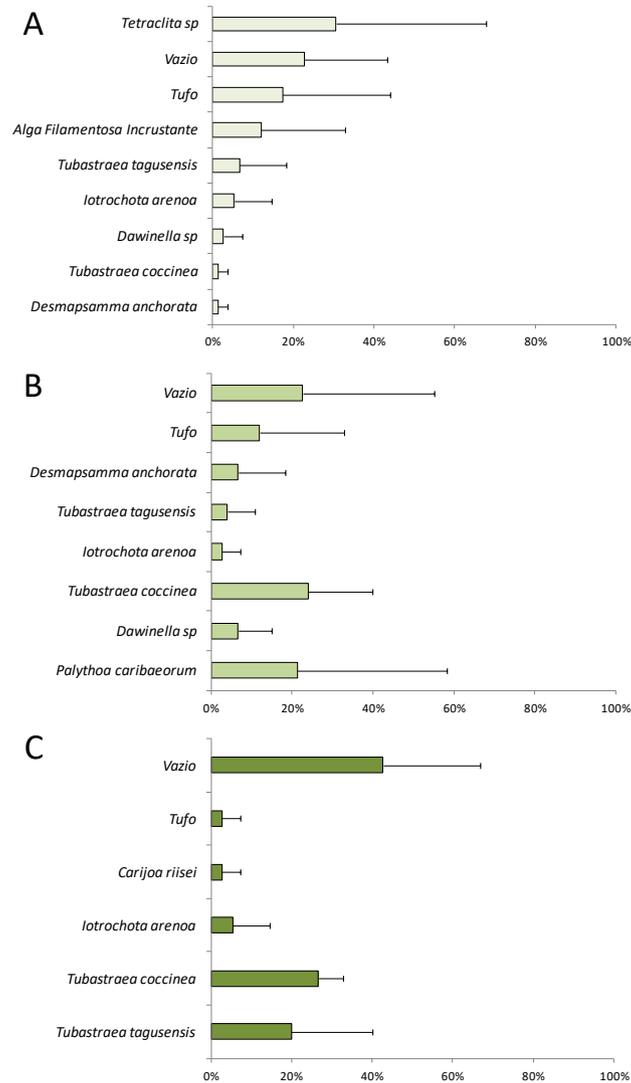
Lista das Espécies (Zoobentos)	Filo	Classe	Nome Popular	Muro	Deck
<i>Aplysilla rosea</i> (Barrois, 1876)	Porífera	Demospongiae	Esponja	X	
<i>Darwinella sp.</i> (Müller, 1865)	Porífera	Demospongiae	Esponja	X	X
<i>Iotrochota arenosa</i> (Rützler et al, 2007)	Porífera	Demospongiae	Esponja	X	X
<i>Desmapsamma anchorata</i> (Carter, 1882)	Porífera	Demospongiae	Esponja	X	X
<i>Tubastraea tagusensis</i> (Wells, 1982)	Cnidaria	Anthozoa	Coral sol	X	X
<i>Tubastraea coccinea</i> (Lesson, 1830)	Cnidaria	Anthozoa	Coral sol	X	X
<i>Mussimillia hispida</i> (Verril, 1901)	Cnidaria	Anthozoa	Coral cérebro	X	
<i>Carijoa riisei</i> (Duchassaing e Michelotti, 1860)	Cnidaria	Anthozoa	Coral mole		X
<i>Palythoa caribaeorum</i> (Duchassaing e Michelotti, 1860)	Cnidaria	Anthozoa	Coral baba-de-Boi	X	X
<i>Zoanthus sociatus</i> (Ellis, 1768)	Cnidaria	Anthozoa	Zoantídeo	X	
<i>Pennaria disticha</i> (Goldfuss, 1820)	Cnidaria	Hydrozoa	Hidróide-pena	X	
<i>Lytechinus variegatus</i> (Lamarck, 1816)	Echinoderma	Echinoidea	Ouriço	X	
<i>Tetraclita sp</i> (Lamarck, 1818)	Crustácea	Cirripedia	Craca	X	X
Lista das Espécies (Fitobentos)	Filo	Classe		Muro	Deck
<i>Dictyota sp</i> (Lamouroux, 1809)	Ochrophyta	Phaeophyceae	Alga parda	X	
Alga calcárea incrustante	Rhodophyta	Florideophyceae	Alga calcárea	X	
Alga filamentosa incrustante	Chlorophyta	Ulvophyceae	Limo/Lodo		X
Tufo	-	-	Tapete de algas	X	X

Os cnidários foram o grupo taxonômico mais diverso (41%), com 7 espécies pertencentes a 3 ordens diferentes. Em seguida, os poríferos contribuíram com 24% da diversidade total (4 espécies e 2 ordens), seguidos de outras espécies do fitobentos que, juntas, totalizaram 24% da diversidade total.

Demais táxons, como Equinoderma e Crustácea, totalizaram 6% cada. Apesar de não terem sido quantificados, indivíduos da espécie *Sternorhynchus sp* (caranguejo aranha), um importante componente da fauna vágil, foram observados durante as amostragens.

O local “Deck” foi dominado pelos corais do gênero *Tubastraea spp*, além do cirripédio *Tetraclita sp*, principalmente na zona supralitoral. O zoantídeo zooxantelado *Palythoa caribaeorum*, assim como as formações turfosas de algas tiveram contribuições discretas para a cobertura total do substrato (Figura 2).

**Figura 2** - Porcentagem de cobertura das espécies mais abundantes em cada perfil amostrado (Local: Deck): A) Supralitoral; B) Mesolitoral e C) Infralitoral. Os valores correspondem à média (%) + desvio padrão.



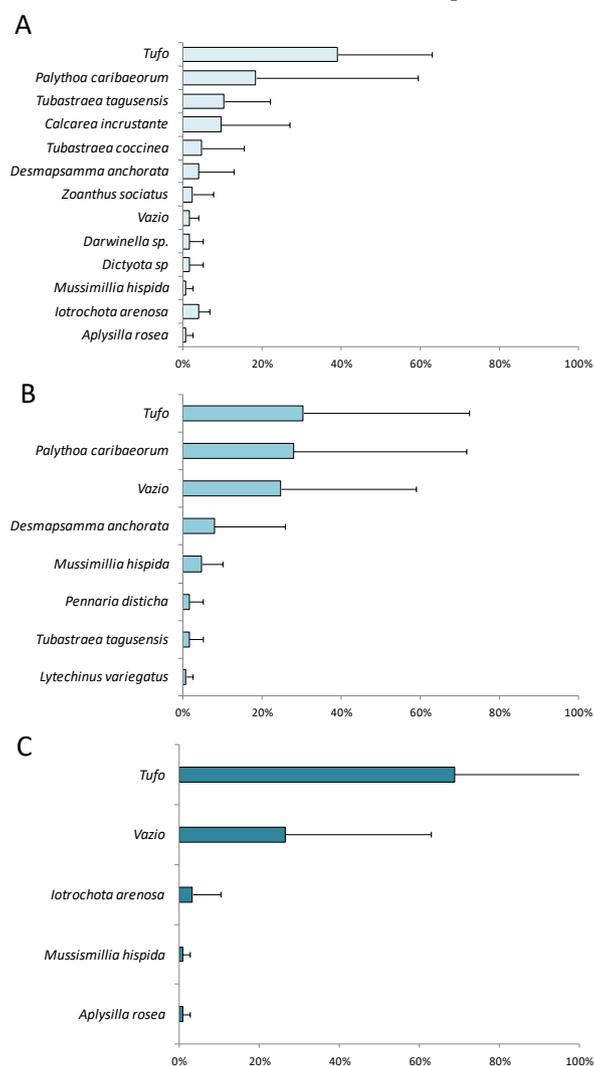
Os corais invasores *Tubastraea coccinea* e *T. tagusensis* ocorreram nos três diferentes perfis amostrados, sendo as maiores porcentagens de cobertura encontradas no Supralitoral e no Mesolitoral. Recrutas e colônias recém-formadas de *Tubastraea* spp. foram dominantes, indicando uma alta taxa de recrutamento neste local. Cabe destaque para a ausência de macroalgas e pela proporção de espaço vazio (+ de 20% nos 3 perfis). Neste local, o componente autotrófico principal foi dominado pelas formações turfosas de algas e pelo zoantídeo *Palythoa caribaeorum*.

Embora os resultados tenham mostrado diferenças na porcentagem de cobertura do substrato entre os perfis, onde a maior variação foi verificada no perfil “Infralitoral” ( $var=0,011$ ), a análise de variância ANOVA indicou que a variação não foi estatisticamente significativa ( $p=0,169$ ) (Tabela 2).

**Tabela 2** - Análise de Variância (ANOVA Fator duplo com repetição) entre as médias dos perfis (Supra, Meso e Infralitoral).  $p=0,05$ .

<i>Fonte da variação</i>	<i>SQ</i>	<i>Gl</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>Valor-P</i>	<i>F crítico</i>
Perfis (Supra, Meso e Infra)	0,133559596	10	0,01335596	1,86883763	0,169321	2,978237
Erro	0,071466667	10	0,007146667			
Total	0,205026263	21				

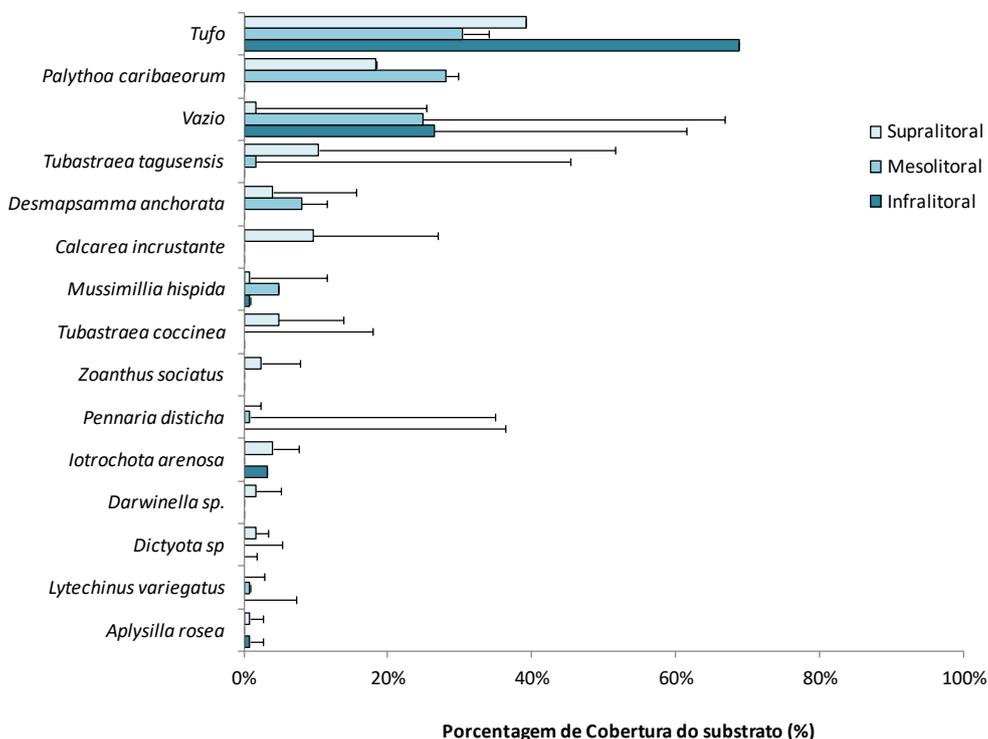
O local “Muro” apresentou uma maior diversidade de taxons quando comparado com o local “Deck”. As formações turfosas dominaram os 3 níveis amostrados, acompanhadas pelo zoantídeo *Palythoa caribaeorum* (Figura 4). Os corais invasores do gênero *Tubastraea* spp. apresentaram densidades menores que o local “Deck”, sendo mais representativas no Supralitoral que nos demais perfis.

**Figura 4** - Porcentagem de cobertura das espécies mais abundantes em cada perfil amostrado (Local: Muro): A) Supralitoral; B) Mesolitoral e C) Infralitoral. Os valores correspondem à média (%) + desvio padrão.

As formações turfosas de algas dominaram a cobertura total em todos os perfis analisados, seguido pelo zoantídeo *Palythoa caribaeorum*. O perfil supralitoral apresentou a maior quantidade de grupos taxonômicos, com destaque para o zoantídeo *Zoanthus sociatus*, para o coral endêmico *Mussismillia hispida* e para a macroalga *Dictyota* sp, todos ausentes no local “Deck” (Figura 5).

A inserção dos corais invasores do gênero *Tubastraea* spp. neste local foi mais discreta do que no local “Deck”, provavelmente por efeito da competição interespecífica e pela menor disponibilidade de espaços vazios.

**Figura 5** - Porcentagem de cobertura total das espécies em cada perfil (Supra, Meso e Infralitoral) do local “Muro”.



A análise de variância mostrou uma variação pouco significativa ( $p=0,003$ ) entre os 3 perfis amostrados no local “Muro”, conforme indica a Tabela 3.

**Tabela 3** - Análise de Variância (Fator duplo com repetição) entre as médias dos perfis (Supra, Meso e Infralitoral).  $p=0,05$ .

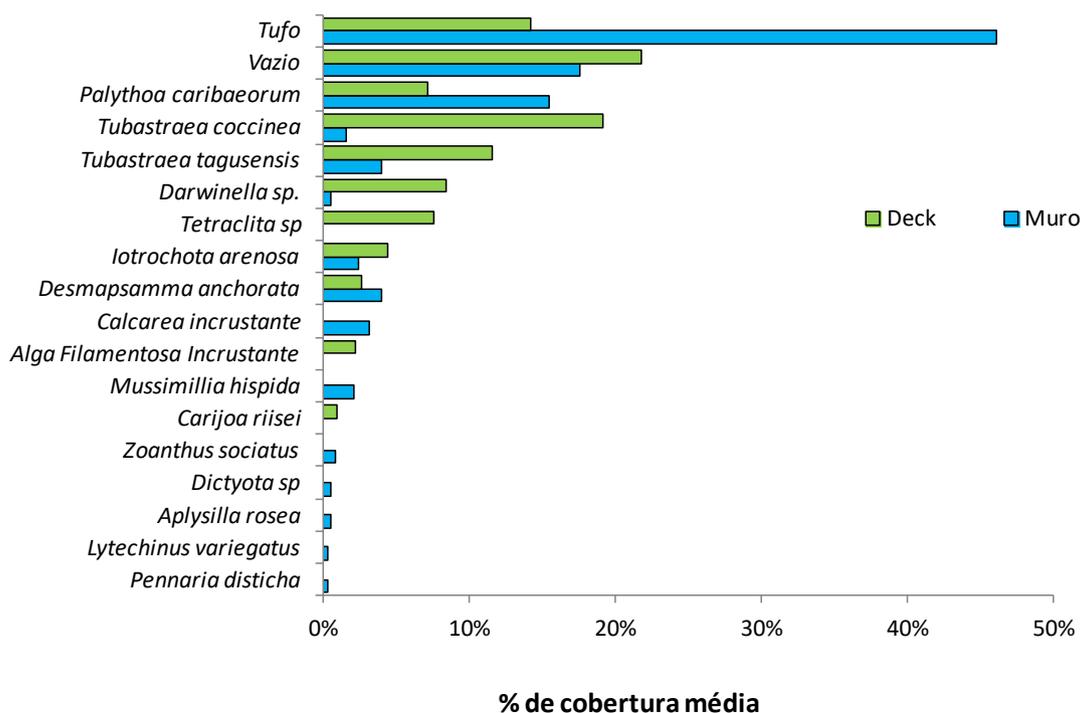
Fonte da variação	SQ	gl	MQ	F	Valor-P	F crítico
Perfis (Supra, Meso e Infralitoral)	0,5355392	14	0,0382528	4,546564277	0,003826092	2,483725741
Erro	0,117789867	14	0,008413562			
Total	0,6533312	29				

Uma comparação direta entre os dois locais amostrados revela que 41% das espécies ocorreram nos dois locais, com destaque para as formações turfosas, que aparentemente foram o grupo mais dominante entre os dois locais (Figura 6).

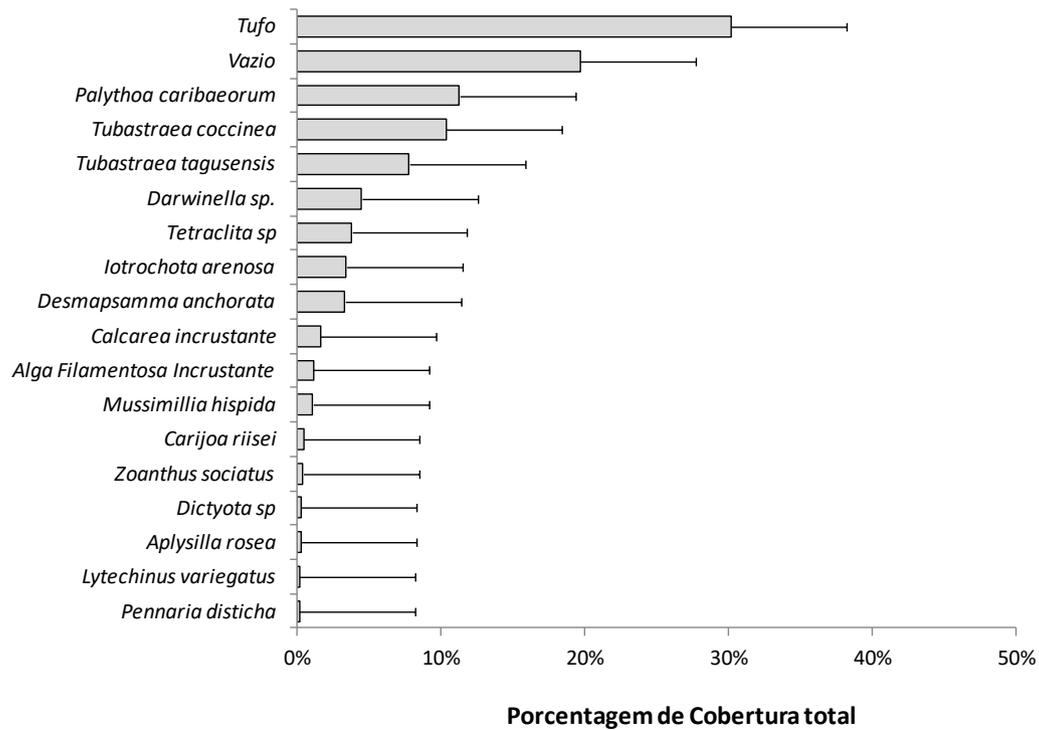
O local “Muro” apresentou uma comunidade bentônica mais diversa, com espécies que não foram observadas no local “Deck”, como por exemplo, as algas calcáreas incrustantes, o ouriço *Lytechinus variegatus*, e o hidrozoário *Pennaria disticha*. *Palythoa caribaeorum* foi também um componente bastante representativo na porcentagem de cobertura total, especialmente no local “Muro”, onde ocupou aproximadamente 18% do substrato.

Os corais do gênero *Tubastraea* spp. foram significativamente mais abundantes no local “Deck”. Somadas, as abundâncias de ambas as espécies de coral sol correspondem a aproximadamente 35% do substrato.

**Figura 6** - Porcentagem de cobertura média em cada local (Deck e Muro).



Em termos de porcentagem de cobertura total na área amostrada, destacam-se as formações turfosas (+30%), os espaços vazios, que correspondem ao substrato nu (aprox. 20%), o zoantídeo *Palythoa caribaeorum* (+10%), os corais *Tubastraea* spp. e as esponjas *Darwinella* sp, *Iotrocota arenosa* e *Desmapsamma anchorata*.

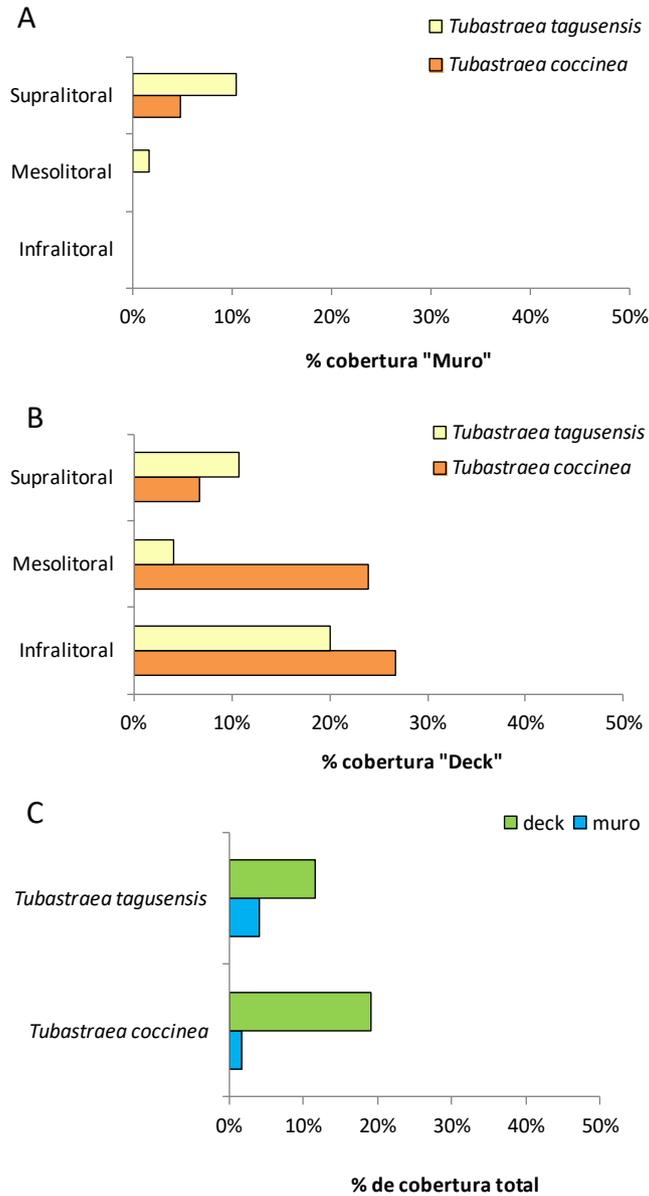
**Figura 7** - Média da porcentagem de cobertura (%) total das espécies.

### 3.2 Abundância dos corais invasores do gênero *Tubastraea*

Em ambos os locais amostrados, os corais invasores *Tubastraea coccinea* e *T. Tagusensis* foram abundantes. Entretanto, a porcentagem de cobertura total foi notadamente mais elevada no local “Deck”, onde chegaram a ocupar aproximadamente 30% do substrato disponível no supralitoral.

Juntas, ambas ocuparam uma parcela de aproximadamente 50% do substrato total (Figura 8).

**Figura 8** - Distribuição por perfil (Supra, Meso e Infralitoral) e porcentagem de cobertura total de *Tubastraea coccinea* e *T. tagusensis*: A) Diferentes perfis do local “Muro”; B) Diferentes perfis no local “Deck” e C) % de cobertura total em ambos os locais.



### 3.3 Ictiofauna associada ao costão rochoso

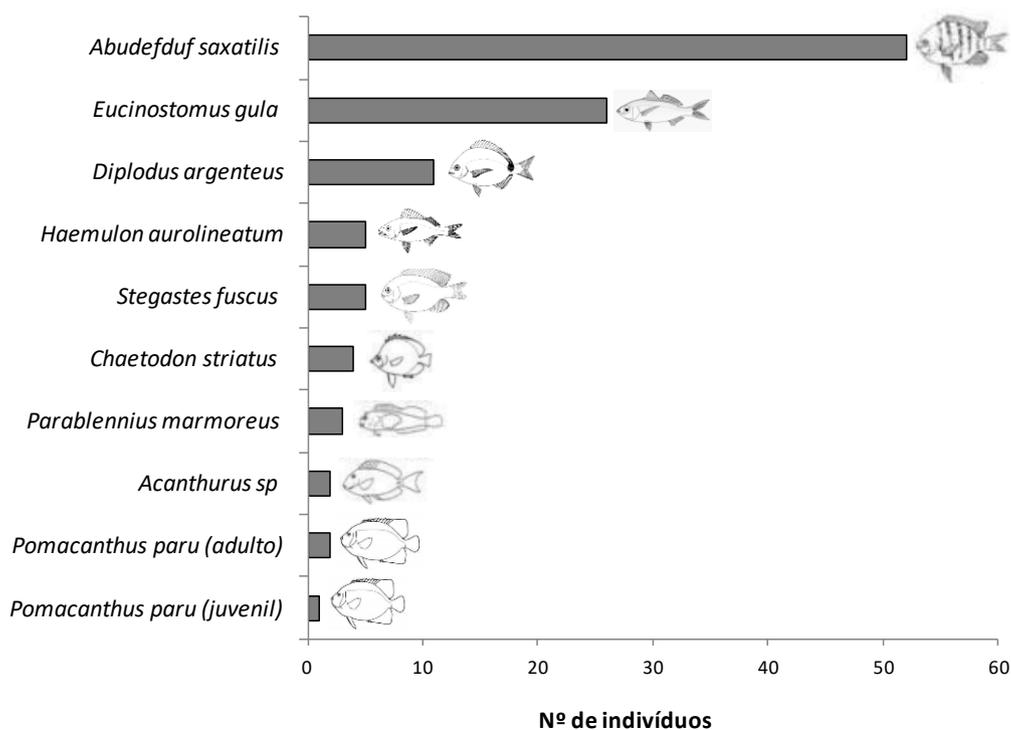
Durante o mergulho exploratório, foi observada uma abundante ictiofauna recifal com espécies de características tropicais, composta por espécies residentes e espécies associadas ao costão (Tabela 4).

**Tabela 4** - Espécies identificadas, nomes populares, famílias e categorias tróficas.

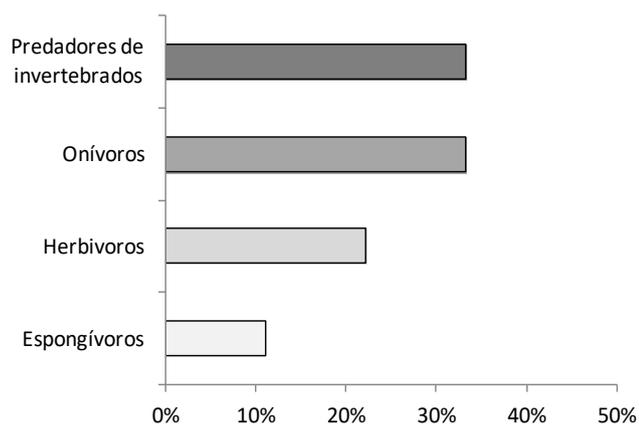
Nome Científico	Nome popular	Família	Categoria Trófica
<i>Stegastes fuscus</i> (Cuvier, 1830)	Donzelinha	Pomacentridae	Herbívoro Territorialista
<i>Abudefduf saxatilis</i> (Linnaeus, 1758)	Sargento	Pomacentridae	Onívoro
<i>Pomacanthus paru</i> - adulto (Bloch, 1787)	Parú, Peixe Frade	Pomacanthidae	Espongívoro
<i>Pomacanthus paru</i> -juvenil (Bloch, 1787)	Parú	Pomacanthidae	Espongívoro
<i>Diplodus argenteus</i> (Valenciennes, 1830)	Marimbá	Sparidae	Onívoro
<i>Parablennius marmoreus</i> (Poey, 1876)	Maria da toca	Blenniidae	Onívoro
<i>Chaetodon striatus</i> (Linnaeus, 1758)	Borboleta	Caetodontidae	Predador de Invertebrados Sésseis
<i>Acanthurus sp</i> (Castelnau, 1855)	Cirurgião	Acanthuridae	Herbívoro Raspador
<i>Eucinostomus gula</i> (Quoy e Gaimard, 1824)	Carapicu	Gerreidae	Predador de Invertebrados de Areia
<i>Haemulon aurolineatum</i> (Cuvier, 1830)	Cocoroca	Haemulidae	Predador de Invertebrados Vágeis

Foram contabilizados e identificados um total de 111 indivíduos de 9 espécies de peixes teleósteos pertencentes a 8 diferentes famílias (Tabela 9), em uma extensão de aproximadamente 30 metros, durante 45 minutos de senso visual. A espécie *Abudefduf saxatilis* foi a espécie mais abundante, totalizando 47%.

Em seguida, as espécies de valor comercial e bastante comuns na baía da Ilha Grande *Eucinostomus gula* (23%) e *Diplodus argenteus* (10%) foram as mais representativas. Outras espécies menos abundantes foram *Haemulon aurolineatum* e *Stegastes fuscus*, com 5% cada, *Chaetodon striatus* (4%), *Parablennius marmoreus* e *Pomacanthus paru* (3%), além de *Acanthurus sp*, com 2% (Figura 9).

**Figura 9** - Espécies de peixes identificadas e número absoluto de indivíduos avistados.

Do ponto de vista da caracterização trófica das espécies, foi aplicado modelo proposto por Ferreira et al. (2007) para a ictiofauna da Baía da Ilha Grande. De acordo com este modelo, foram identificadas 4 guildas tróficas principais (Figura 10), composta por espécies onívoras (34%), predadoras de invertebrados (33%), Herbívoras (22%) e espongiívoras (12%).

**Figura 10** - Porcentagem das categorias tróficas das espécies de peixes.

#### 4. Discussão

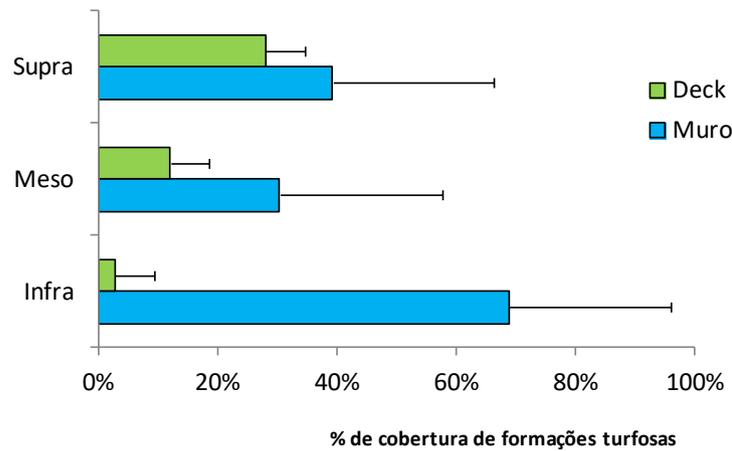
A comunidade macrobentônica encontrada durante as amostragens foi composta por espécies bastante comuns da região da Baía da Ilha Grande, com padrões de densidade e porcentagem de cobertura semelhantes ao relatado em outros trabalhos realizados na área (Creed et al. 2007a; Skinner et al. 2016).

Embora não tenham sido detectadas variações estatisticamente significativas entre os perfis amostrados (Supra, Meso e Infralitoral), os dois locais (Deck e Muro) mostraram diferenças marcantes em termos de composição e porcentagem de cobertura das espécies, principalmente pela cobertura de tufos de alga e pelos corais invasores *Tubastraea coccinea* e *T. tagusensis*.

As formações turfosas, ou simplesmente “Tufos”, são densos conjuntos de várias espécies de algas filamentosas bentônicas, incluindo pequenos indivíduos de macroalgas e cianobactérias, que são normalmente menores que de 1 cm de altura (Connell et al. 2014). São importantes componentes autotróficos nos substratos consolidados, sendo importantes para a fixação de carbono orgânico e desempenhando um papel fundamental para a produtividade primária desses ambientes.

Comparado a outros grupos de algas, como macroalgas e algas calcáreas incrustantes, as algas turfosas ocupam o espaço disponível mais rápido, crescem mais rápido e são menos vulneráveis a herbivoria e a turbulência da água, sendo importantes componentes estruturadores da comunidade (Diaz-Pulido & McCook, 2002; Littler et al. 2006; Swierts & Veimeij, 2016). Comparativamente, o local “Deck” teve uma cobertura total de tufos consideravelmente menor que o local “Muro” (Figura 11).

**Figura 11** - Cobertura total (%) das formações turfosas em cada perfil (supra, meso e infralitoral) dos dois locais amostrados (Muro e Deck). Valores correspondem à média geral  $\pm$  desvio padrão.

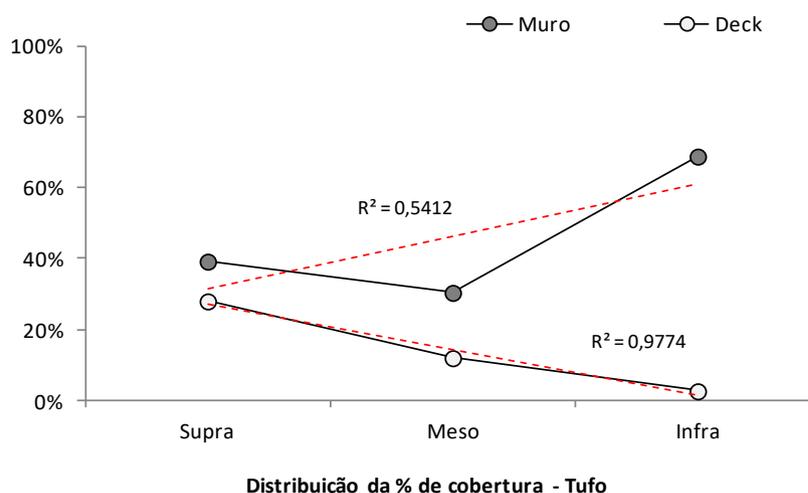


Como a área sub influência da estrutura do Deck fica limitada quanto à radiação solar direta, esta condição de pouca luminosidade pode ser muito provavelmente um dos fatores que ajudam a explicar a redução da cobertura total de fotossintetizantes como macroalgas e formações turfosas.

Para detectar algum padrão em relação a diferenças na distribuição das formações turfosas entre o “Deck” e o “Muro”, foi realizada uma análise de dispersão das médias de cobertura total ao longo dos perfis Supra, meso e Infralitoral (Figura 12). Os resultados mostraram uma tendência positiva moderada quanto ao aumento de abundância nos diferentes perfis do local “Muro” ( $R^2 = 0,541$ ).

Por outro lado, foi detectado um padrão contrário no local “Deck”, onde houve uma tendência fortemente negativa ( $R^2 = 0,977$ ) quanto à redução da cobertura total das formações turfosas. Esses resultados indicam que possivelmente existe algum fator que limita o crescimento e consequentemente, diminui a abundância de tufos no local “Deck”.

**Figura 12** - Distribuição da porcentagem de cobertura total (%) das formações turfosas. A linha tracejada vermelha corresponde à linha de tendência + coeficiente de determinação ( $R^2 = 1$ ).

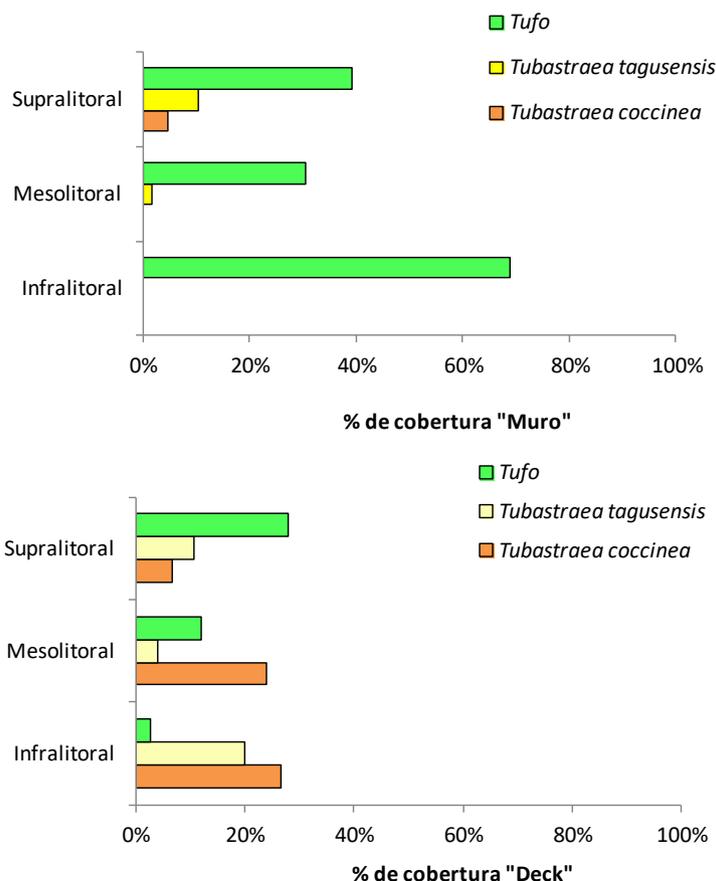


A ausência de cobertura do substrato, aliada a condição de sombreamento causada pela estrutura do Deck, pode também ter criado um local favorável ao assentamento e recrutamento de larvas de coral sol, fato explicado pelo elevado número de recrutas e colônias recém-formadas neste local.

Trabalhos recentes que investigaram a interação entre espécies de corais e formações turfosas relatam uma intensa competição por espaço entre essas espécies (Linares et al. 2012; Swierts & Veimeij, 2016), em que comumente, as algas se sobrepõe às colônias de corais (Jompa & McCook, 2003; Vermeij et al. 2010).

Quando comparadas entre si, as porcentagens de cobertura total das formações turfosas e dos corais *Tubastraea* spp. parecem alternar-se de forma inversamente proporcional, em que locais ou perfis onde a cobertura por tufos é elevada existe menor abundância de *Tubastraea* spp. e vice-versa (Figura 14).

**Figura 14** - Distribuição por perfil das porcentagens de cobertura totais de Tufo, *Tubastraea coccinea* e *T. tagusensis*: A) Muro e B) Deck.



Embora se saiba que *Tubastraea* spp. não dependem diretamente da luz solar e por isso, possuem preferência por substratos sombreados e de inclinação negativa, com angulações entre 80-100° (Creed & De Paula, 2007), na zona entremarés do costão abaixo do “Deck” foi observada a ocorrência de recrutas desses corais em orientação horizontal, possivelmente devido a falta de condições fóticas para as formações turfosas, macroalgas, corais zooxantelados e outros organismos que poderiam competir por espaço e aumentar a resistência biótica desta comunidade.

No ambiente marinho, a competição por substrato disponível é bastante acirrada entre as espécies bentônicas, por isso, a ausência de algas formadoras de tufo, por exemplo, pode diminuir a resistência biótica da comunidade, à medida que aumenta a disponibilidade de substrato vazio para outras espécies. Uma comunidade (ou ecossistema) submetida a stress e com baixa resistência biótica pode também favorecer o recrutamento, estabelecimento e expansão de espécies oportunistas de crescimento rápido, como por exemplo, os corais invasores do gênero *Tubastraea*. O alto potencial invasivo dos corais sol pela sua eficiência de propagação para novas áreas são amplamente conhecidos (Silva et al. 2011; Mantelatto et al. 2011; Mantelatto, 2012; Silva et al. 2014, Santos et al. 2019) (Creed et al. 2007b; Mantelatto, 2012).

Trabalhos clássicos de ecologia de populações como os de Clements (1916) e Gleason (1926), já destacavam que espécies oportunistas rapidamente colonizam novas áreas durante o processo de sucessão

ecológica, pois possuem crescimento rápido, maturação sexual precoce e alta eficiência reprodutiva, sendo invasores em potencial.

A menor porcentagem de cobertura de tufos e de espaços vazios encontrada no local “Deck”, pode ter relação direta com o sombreamento permanente causado pela estrutura suspensa do deck, o que também pode ajudar a explicar a grande quantidade de recrutas de *Tubastraea coccinea* e *T. Tagusensis* neste local, sendo possivelmente, uma espécie de trampolim ecológico. Entretanto, para uma afirmação mais categórica, seriam necessários estudos suplementares e análise temporal da variação da luminosidade no local, com uso de sensores de luz, assim como também a comparação com outros locais sujeitos a condições abióticas semelhantes.

A respeito da ictiofauna associada ao costão, todas as espécies identificadas possuem grande plasticidade ambiental, sendo comuns em habitats sujeitos diferentes regimes de hidrodinamismo (Floeter et al. 2007) e muito comuns na região da Baía da Ilha Grande (Ferreira et al. 2007). Ecologicamente, podem ser subdivididas em dois grupos principais:

O primeiro grupo compõe espécies residentes de ambientes recifais rasos, dentre elas, pequenos blenídeos criptobentônicos como *Parablenius marmoreus* e os onívoros gregários *Abudefduf saxatilis*, *Diplodus argenteus* e *Stegastes fuscus*, que exploram algas incrustantes, tufos e eventualmente o zooplâncton transitório. O segundo grupo é caracterizado por espécies associadas aos recifes, como os pomacentrídeos territoriais espongiívoros *Pomacanthus paru*, predadores de invertebrados, como *Haemulon aurolineatum*, *Chaetodon striatus*, *Eucinostomus gula* e (Floeter et al 2007; Chaves e Monteiro-Neto 2009).

São portanto, espécies que ocupam nichos tróficos distintos e desempenham funções ecológicas complementares. Houve um marcante acoplamento entre a abundância e diversidade de peixes recifais com a disponibilidade de recursos alimentares, onde os herbívoros territoriais, predadores de invertebrados e espongiívoros foram relacionados positivamente com a abundância de algas turfosas, esponjas, zoantídeos e corais que ocorrem no local (Ver sessão sobre comunidade bentônica), indicando aparentemente uma comunidade recifal funcional e bem estruturada, semelhante a outros costões rasos da Baía da Ilha Grande e de outras ilhas costeiras do estado do Rio de Janeiro.

## 5. Conclusões

De uma maneira geral, qualquer construção ou interferência humana realizada ao longo de um ambiente rico e produtivo como o costão rochoso, necessariamente causará, em maior ou menor proporção, um impacto ambiental. Os efeitos de tais impactos podem ser pontuais e episódicos, ou então, podem ter efeito mais prolongado e/ou permanente sobre a comunidade biológica. Os impactos de duração prolongada, assim como aqueles que podem potencialmente alterar a estrutura e o funcionamento de comunidades biológicas são sempre os mais preocupantes.

A estrutura do local “Muro”, a despeito de descaracterizar a paisagem local, parece ter causado um importante impacto episódico na comunidade bentônica no momento de sua construção, onde boa parte do macrobentos foi suprimido pela estrutura artificial. Apesar disso, os resultados do presente estudo indicam que atualmente há uma comunidade recifal diversa e funcional, composta por espécies características de outros locais na Baía da Ilha Grande.

Já a estrutura do local “Deck”, embora não tenha suprimido a comunidade bêntica no momento de sua construção, oferece uma condição permanente de sombreamento sobre a biota imediatamente abaixo. Este efeito duradouro pode, ao longo do tempo, modificar a estrutura e o funcionamento da comunidade deste local específico.

O sombreamento causado pelo deck na região mesolitoral do costão rochoso parece ter criado uma área de condições ambientais favoráveis ao processo, já em avançado grau de ocorrência na Baía da Ilha Grande, no qual consiste no estabelecimento e expansão de corais do gênero *Tubastraea*. A grande

quantidade de pequenos recortas e colônias recém-formadas no local “Deck” são atributos que podem indicar uma população consolidada e em crescimento.

Em termos de perduração e efeitos de impactos ambientais de origem antrópica, a região da BIG é relatada como sendo uma área que recebe diversos tipos de impactos de maior ou menor escala, que variam desde o funcionamento de usinas nucleares até impactos pontuais causados pela especulação imobiliária e pelo turismo predatório (De Paula 2002; De Paula e Creed 2004; Creed et al 2007a; Ferreira et al 2008; Mantelatto et al 2011; Lages et al 2011; Koutsoukos 2012; Silva et al 2014).

Paradoxalmente, os inventários e levantamentos de biodiversidade na IG descrevem esta área como sendo de extrema riqueza de espécies, compondo muitas vezes as maiores parcelas de ocorrência de alguns grupos taxonômicos na costa brasileira (Creed et al 2007a, Koutsoukos 2012; Mantelatto 2012; Silva 2012; Skinner et al 2016). São relatadas ainda altas taxas de endemismo para este local Creed et al 2007; Koutsoukos 2012; Skinner et al 2016).

Se por um lado, todo esse conjunto de impactos antrópicos que esta área está sujeita reflete a pressão antrópica exercida sobre os costões locais, a manutenção de altas taxas de biodiversidade revelam por outro lado, que este ambiente ainda é extremamente resiliente e equilibrado, ou seja, que possui grande capacidade de absorver impactos e de dar respostas ecológicas em direção a condição pré-impacto.

De maneira geral, o uso de dados ecológicos como as estimativas de diversidade e abundância de organismos bentônicos se mostrou uma ferramenta útil, barata e de execução rápida para a avaliação de impactos ambientais em costões rochosos.

## 5. Referências

- Bertoncini, A., Viaggi, J. C., Franco, A. C. S., Seixas, L., Cruz, L. R., & Santos, L. N. (2018). Ictiofauna de costões rochosos. *In: Valentin, J. L., Paiva, P. C., & Salomon, P. S. A Baía de Guanabara: Passado, presente e futuro de um ecossistema ameaçado*. Curitiba. CRV. 213-232.
- Castro P., & Huber M. E. (2012). **Biologia Marinha** (8ª ed). EUA. Wm. C. Brown Publishers.
- Chaves, L. C. T., & Monteiro-Neto, C. (2009). Comparative analysis of rocky reef fish community structure in coastal islands of south-eastern Brazil. **Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom**. v 89 (3). 609–619.
- Clements, F. E. (1916). Plant succession: **Analysis of the development of vegetation**. Carnegie Institute of Washington Publication.
- Connell, S. D., Foster, M. S., & Airoldi, L. (2014). What are algal turfs? Towards a better description of turfs. **Marine Ecology Progress Series**. v 495. 299–307.
- Coutinho, R., & Zalmon, I. R. (2009). O bentos de costões rochosos. *In: Pereira, R. C & Soares-Gomes, A. Biologia marinha*. (2 ed). Rio de Janeiro. Interciência. 147-158.
- Creed, J. C. (2006). Two invasive alien azooxanthellate corals *Tubastraea coccinea* and *Tubastraea tagusensis* dominate the native zooxanthellate *Mussismilia hispida* in Brazil. **Coral Reefs**. 25. 350.
- Creed, J. C., Pires, D. O., & Figueiredo, M. A. O (Org.). (2007a). Biodiversidade Marinha da Ilha Grande. Ministério do Meio Ambiente. **Série Biodiversidade/23**.

- Creed, J. C., & De Paula, A. F. (2007b). Substratum preference during recruitment of two invasive alien corals onto shallow-subtidal tropical rocky shores. **Marine Ecology Progress Series**. v 330. 101–111.
- Creed, J. C., & Oliveira, A. S. (2007). Uma metodologia e análise de impactos ambientais. *In*: Creed JC, Pires DO, Figueiredo MAO (orgs). **Biodiversidade Marinha da Baía da Ilha Grande. Série Biodiversidade/23**. Brasília. Ministério do Meio Ambiente, Brasil. 349–378.
- De Paula, A. F. (2002). **Abundância e distribuição espacial do coral invasor *Tubastraea* na Baía da Ilha Grande, RJ e o registro de *T. tagusensis* e *T. coccinea* para o Brasil**. Dissertação de Mestrado. Universidade do Estado do Rio de Janeiro – RJ. Brasil.
- De Paula, A. F., & Creed, J. C. (2004). Two species of the coral *Tubastraea* (Cnidaria, Scleractinia) in Brazil: a case of accidental introduction. **Bulletin of Marine Science**. v 74. 175-183.
- Diaz, R. S. (2012). **Estrutura de comunidades de costões rochosos de Angra dos Reis, Baía da Ilha Grande e sua relação com a qualidade da água**. Dissertação de Mestrado. Museu Nacional. Universidade Federal do Rio de Janeiro - RJ. 20 p.
- Diaz-Pulido, G., & McCook, J. L. (2002). The fate of bleached corals: patterns and dynamics of algal recruitment. **Marine Ecology Progress Series**. v 232. 115–128.
- Ferreira, B. P., & Maida, M. (2006). Monitoramento dos recifes de coral do Brasil. **Série: Biodiversidade/18**. Ministério do Meio Ambiente. Brasil.
- Ferreira, C. E. L., Ferreira, C. G. W., Rangel, C. A., Mendonça, J. P., Gerhardinger, L. C., Filho, A. C., Godoy, E. A., Junior, O. L., & Gasparini, J. L. (2007). Peixes Recifais. *In*: Creed, J. C., Pires, D. O., & Figueiredo, M. A. O (Org.). **Biodiversidade Marinha da Ilha Grande**. Ministério do Meio Ambiente. 293-322.
- Ferreira, C. E. L., Junqueira, A. O. R., Villac, M. C., & Lopes, R. M. (2008). Marine bioinvasions in the Brazilian coast: brief report on history of events, vectors, ecology, impacts and management of non-indigenous species. *In*: Caldwell, M., Heldmaier, G., Jackson, R., Lange, O., Mooney, H., Schulze, E., & Sommer, U (eds). **Biological invasions in marine ecosystems: ecological, management, and geographic perspectives**. Springer. 459–478.
- Floeter, S. R., Krohling, W e Gasparini, JL. (2007). Reef fish community structure on coastal islands of the southeastern Brazil: the influence of exposure and benthic cover. **Environ Biol Fish**. v 78. 147–160.
- Fortunato, H. F. M., De Paula, T. S., Esteves, E. L., Muricy, G., & Lobo-Hajdu, G. (2020). Biodiversity and structure of marine sponge assemblages around a subtropical island. **Hydrobiologia**. doi.org/10.1007/s10750-020-04183-4.
- Froese, R., & D, Pauly. (Editors). (2021). FishBase: Worldwide Web electronic publication. www.fishbase.org. Acesso em 27/09/2021.
- Gleason, H. A. (1922). On the relation between species and area. **Ecology**. v 3(2). 158-162.

- Jompa, J., & McCook, L. J. (2003). Coral-algal competition: macroalgae with different properties have different effects on corals. **Marine Ecology Progress Series**. v 258. 87–95.
- Koutsoukos, V. S. (2012). **Descrição da estrutura de comunidades bentônicas de ilhas da estação ecológica de Tamoios, Baía da Ilha Grande, RJ**. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal Fluminense. Niterói - RJ. 135 p.
- Lages, B. G., Fleury, B. G., Menegola, C., & Creed, J. C. (2011). Change in tropical rocky shore communities due to an alien coral invasion. **Mar. Eco. Prog Ser**. v 438. 85-96.
- Linares, C., Cebrian, E., & Coma, R. (2012). Effects of turf algae on recruitment and juvenile survival of gorgonian corals. **Mar Ecol Prog Ser**. v 452. 81–88.
- Littler, M. M., Littler, D. S & Brooks, B. L. (2006). Harmful algae on tropical coral reefs: bottom-up eutrophication and top-down herbivory. **Harmful Algae**. v 5. 565–585.
- Kohler, K. E & Gill, S. M. (2006). Coral Point Count with Excel extension (CPCe): a visual basic program for the determination of coral and substrate coverage using random point count methodology. **Computers & Geosciences**. v 32. 1259-1269.
- Mantelatto, M. C., Creed, J. C., Mourão, G. G., Migotto, A. E., & Lindner, A. (2011). Range expansion of the invasive corals *Tubastraea coccinea* and *Tubastraea tagusensis* in the Southwest Atlantic. **Coral Reefs**. 30:397.
- Mantelatto, M.C. (2012). Distribuição e abundância do coral invasor *Tubastraea* spp. Dissertação de Mestrado. Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro RJ. 121 p.
- Nassar, C. (2012). **Macroalgas marinhas do Brasil: Guia de campo das principais espécies**. Technical Books. 178 p.
- Pedrini, A. G (org). 2011. **Macroalgas (Chlorophyta) e gramas (Magnoliophyta) marinhas do Brasil**. Technical Books. 144 p.
- Samoilys, M. A. & Carlos, G. (2000). Determining methods of underwater visual census for estimating the abundance of coral reef fishes. *Environmental Biology of Fishes*. v 57. 289–304.
- Santos, H. S., Silva, F. G. C., Mais, B. P., Fleury, B.G., & Creed, J. C. (2019). Environmental matching used to predict range expansion of two invasive corals (*Tubastraea* spp.). **Marine Pollution Bulletin**. v 145. 587–594.
- Silva, A. G., Lima, R. P., Gomes, N. A., Fleury, B. G & Creed, J. C. (2011). Expansion of the invasive corals *Tubastraea coccinea* and *Tubastraea tagusensis* into the Tamoios Ecological Station Marine Protected Area, Brazil. **Aquat. Invasions**.v 6. 105–110.
- Silva, A. G., De Paula, A. F., Fleury, B. G., & Creed, J. C. (2014). Eleven years of range expansion of two invasive corals (*Tubastraea coccinea* and *Tubastraea tagusensis*) through the southwest Atlantic (Brazil). **Estuarine, Coastal and Shelf Science**. v 141. 9-16.

Skinner, L. F., Rizzo, A. E., Pedrini, A. G., Ramos, A. B., Esteves, E. L. & Hajdu, G. L. (2016). Biodiversidade da Baía da Ilha Grande: integrando pesquisa e divulgação científica. 5º Simpósio de Gestão Ambiental e Biodiversidade.

Swierts, T., & Vermeij, M. J. A. (2016). Competitive interactions between corals and turf algae depend on coral colony form. PEERJ. DOI 10.7717/peerj.1984.

World Register of Marine Species (2021). Disponível em: <https://www.marinespecies.org>. Data de acesso: 28/09/2021.

Vermeij, M. J. A., Van Moorselaar, I., Engelhard, S., Hörnlein, C., Vonk, S. M., & Visser, P. M. (2010) The effects of nutrient enrichment and herbivore abundance on the ability of turf algae to overgrow coral in the Caribbean. **PLoS ONE**. 5:e14312.