



**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO  
INSTITUTO TRÊS RIOS  
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS DO MEIO AMBIENTE - DCMA**

**INFLUÊNCIA DE VARIÁVEIS FÍSICAS, BIOLÓGICAS E  
ESTRUTURAIS NA DISTRIBUIÇÃO DE PEIXES HERBÍVOROS DA  
BAÍA DA ILHA GRANDE, RJ**

**Milaine Silvano da Fonseca**

**ORIENTADOR: Prof. Dr. LEONARDO MITRANO NEVES**

**TRÊS RIOS - RJ  
DEZEMBRO – 2016**



**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO  
INSTITUTO TRÊS RIOS  
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS DO MEIO AMBIENTE - DCMA**

**INFLUÊNCIA DE VARIÁVEIS FÍSICAS, BIOLÓGICAS E  
ESTRUTURAIS NA DISTRIBUIÇÃO DE PEIXES HERBÍVOROS DA  
BAÍA DA ILHA GRANDE, RJ**

**Milaine Silvano da Fonseca**

Monografia apresentada ao curso de Gestão Ambiental,  
como requisito parcial para obtenção do título de  
bacharel em Gestão Ambiental da UFRRJ, Instituto Três  
Rios da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro.

**TRÊS RIOS - RJ  
DEZEMBRO – 2016**

Fonseca, Milaine Silvano, 2016-

Influência de variáveis físicas, biológicas e estruturais na distribuição de peixes herbívoros da baía da Ilha Grande, RJ/ Milaine Silvano da Fonseca – 2016,71f. : grafs., tabs.

Orientador: Leonardo Mitrano Neves.

Monografia (bacharelado) – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Instituto Três Rios.

Bibliografia: f. 57-60.

1. Peixes recifais – 2. Estrutura do habitat – 3. Influência de rios. – Monografia. I. Fonseca, Milaine Silvano . II. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. Instituto Três Rios. III. Influência de variáveis físicas, biológicas e estruturais na distribuição de peixes herbívoros da baía da Ilha Grande, RJ



**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO  
INSTITUTO TRÊS RIOS  
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS DO MEIO AMBIENTE - DCMA**

**INFLUÊNCIA DE VARIÁVEIS FÍSICAS, BIOLÓGICAS E  
ESTRUTURAIS NA DISTRIBUIÇÃO DE PEIXES HERBÍVOROS DA  
BAÍA DA ILHA GRANDE, RJ**

**Milaine Silvano da Fonseca**

Monografia apresentada ao Curso de Gestão Ambiental como pré-requisito parcial para obtenção do título de bacharel em Gestão Ambiental da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Instituto Três Rios da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro.

Aprovada em / /

Banca examinadora:

---

Prof. Orientador Leonardo Mitrano Neves

---

Prof. Fábio Souto de Almeida

---

Prof. Alexandre Ferreira Lopes

**TRÊS RIOS - RJ  
DEZEMBRO – 2016**

*Dedicatória*

Á Deus por ser o meu melhor amigo. Dedico a minha mãe, por trazer luz para os meus dias com seus ensinamentos e sorrisos sendo sempre minha melhor amiga. Dedico também a todas as pessoas que nasceram em famílias pobres, mas que nutrem em seus corações sonhos grandiosos. Continuem sonhando, continuem tentando, pois “Maior é o espírito que está em nós do que o que está no mundo” – 1 João 4:4.

## AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer aos professores e alunos do curso de Cultura Marítima Instituto Politécnico da UFRJ, pois durante os quatro anos de vivência coletiva no Fundão, Arraial do Cabo, Cabo Frio e Paraty compartilhamos conhecimento, planos, sonhos e principalmente um amor indescritível pelo mar. Serei eternamente grata pela oportunidade de conviver com pessoas tão queridas e “maritimeiras” como os professores que entre tantas outras coisas nos ensinaram a nadar, mergulhar, pescar, cultivar ostras, velejar e a respeitar o mar. Agradeço também aos ex alunos Joyce, Vitor, Maria, Edézio e Paolo pela amizade contínua, mesmo depois do término do curso.

Agradeço aos meus queridos amigos da Igreja Batista Canaã em Cabo Frio pelo apoio de sempre desde criança, o que me faz ver em vocês uma grande família até hoje. Em especial a Genildo Filho que respeitou e incentivou a minha escolha de fazer faculdade longe como um bom líder e amigo.

Sou imensamente grata a todas as instituições não governamentais (Ong Filhos das Estrelas, Projeto Resgate, Rotaract Club e Rotary Club) que me deram a oportunidade de participar e colaborar com o trabalho socioeducativo no município de Três Rios. Bem como sou grata a todos que já foram membro da Empresa Júnior do curso Gestão Ambiental pela vivência e pelas experiências compartilhadas.

Agradeço também a todos os técnicos servidores do Instituto Três Rios pelo empenho no trabalho realizado e pelos simples, mas sinceros cumprimentos diários. Em especial agradeço a Graça pela oportunidade de passar três anos como bolsista de apoio técnico aprendendo sobre protocolo e também sobre a vida. Levarei sua amizade comigo para onde eu for.

Sou grata a todos os professores do Instituto Três Rios da UFRRJ pela dedicação e pelo conhecimento passado. Em destaque, agradeço ao professor Fábio Souto que desde o primeiro período da minha graduação, abraçou as minhas ideias de trabalhos e me incentivou a continuar sonhando com o trabalho na área marinha mesmo estudando em um Instituto pouco voltado para essa área. Muita obrigada por sempre me socorrer quando eu tinha dúvidas sobre as normas do curso e sobre suas matérias, pelas palavras de ânimo e encorajamento e por ser um exemplo de ética profissional e empenho acadêmico para mim.

Agradeço ao meu orientador Leonardo Mitrano por muitas vezes me forçar a dar o melhor de mim, por me ensinar que para ser realmente bom no que fazemos, precisamos superar nossos próprios limites e sair da zona de conforto. Obrigada por me ensinar tanto sobre os peixes e sobre o mar, mas principalmente por me ensinar com o seu exemplo que podemos extrair da vida mais do que ela está pré-disposta a nos dar, e que para conseguir isso temos que não apenas sonhar, mas estudar e praticar.

Á FAPERJ eu agradeço pela bolsa de iniciação científica a mim concedida durante um ano e a UFRRJ por todas as bolsas concedidas durante a minha graduação.

Á Dayana Aparecida eu agradeço por me receber em Três Rios de braços abertos assim que ingressei na faculdade, por dividir comigo a casa, as tarefas, as vivências e o mais importante, a fé. Obrigada por segurar a minha mão nos piores e nos melhores momentos durante esses quatro anos e meio que passamos juntas na cidade, por ser meu “anjo guardião”, e por me permitir ser o seu minha querida Menina Colorida.

Á Nágilla Franciele eu agradeço por todas as brincadeiras, pelos momentos de silêncio para estudar, pelos filmes, passeios e pela experiência de morar juntas como corujas que é algo que carregaremos para toda a vida. Você é o meu querido Smurf e eu serei sempre sua Girafa.

Á Angélica Soares eu agradeço por tudo. No tudo cabe muitas coisas, mas realmente é difícil encontrar o que você não fez por mim. Me abraçou, secou minhas lágrimas, me fez sorrir, dançou comigo, cuidou de mim quando eu estava doente (e não foram poucas às vezes)... Você foi a personificação da liberdade, algo que sempre admirei em mim e que também encontrei em você. Como o índio e o Corcel livres e interessados em coisas novas, ou como Mogli e Balu inteiramente preguiçosos, quero estar com você. Desejo que a nossa amizade dure por um espaço de tempo que não sei dizer, mas comecemos com o “para sempre”, pois creio que nesse espaço de tempo ainda haverá o “Count on me”.

Agradeço ao meu noivo Jacson por ser meu amigo, por me apoiar, por me incentivar a voar alto e por me dar motivos para voltar. Sua presença na minha vida durante a graduação fez toda a diferença. Obrigada por se permitir aprender e por me ensinar, por ser adulto e criança comigo, por estudar, brincar, observar o sol, a lua e o mar. Muito obrigada por fazer tudo sem deixar de segurar a minha mão. Entre sonhar sozinha e sonhar com você a segunda opção sempre foi melhor, pois sei que com a sua mão na minha não há lugar aonde não podemos ir.

Agradeço a minha família pelas orações e pela torcida, principalmente da minha irmã Miriane que sempre acreditou em mim. Obrigada pelas brincadeiras, pelas conversas e até pelas discussões. Creio que tudo isso nos fez crescer mais e nos aproximou como irmãs e como amigas.

Em especial agradeço aos meus tios Nilza e Luiz Antônio por desde bebê terem assumido o papel de meus pais, nem sei como agradecer por todo carinho, apoio, dedicação e amor que deram a mim durante todos os anos da minha vida. Foram os conselhos, lições e orações de vocês dois que contribuíram para que eu conseguisse chegar até aqui. Por um tempo que me parece muito longo procurei formas de expressar a minha gratidão, mas percebi que a melhor maneira de fazer isso é dando orgulho a vocês.

Chegando ao fim não posso deixar de agradecer a minha melhor amiga, meu maior exemplo como pessoa, minha mãe, dona Zélia, que por muitas vezes sacrificou a si mesma para que eu tivesse a oportunidade de fazer bons cursos e frequentar as melhores escolas públicas da cidade. Sim, eram escolas públicas sempre, e tenho muito orgulho disso. Orgulho-me de ter uma mãe que me ouvia, me incentivava a estudar e estava presente em todas as reuniões de pais e mestres para ouvir os elogios dos professores. Dar motivos para você ouvir elogios era a minha forma de dizer “obrigada, e vai valer a pena”. Vou te dizer obrigada eternamente e pode ter certeza que vai continuar valendo a pena mãe.

Agradeço a Deus por ter me dado à vida e por ter me presenteado com todas essas pessoas. São presentes sim, pois os presentes nem sempre merecemos, mas por nos amar demais o Pai nos dá. Obrigada por ser meu melhor amigo e pela sua perfeita forma de me amar.

*“Por vezes sentimos que aquilo que fazemos não é senão uma gota de água no mar. Mas o mar seria menor se lhe faltasse uma gota.” (Madre Tereza de Calcutá).*

## RESUMO

Entender as variáveis que influenciam a distribuição dos peixes recifais é fundamental para o planejamento de medidas efetivas em conservação e manejo. O objetivo deste estudo foi hierarquizar a influência de variáveis físicas (distância da foz do rio e exposição às ondas), biológicas (cobertura bêntica) e topográficas (altura do substrato e número de refúgios) sobre os padrões espaciais dos peixes herbívoros raspadores das famílias Labridae e Acanthuridae. Censos visuais foram realizados em 16 costões rochosos de 8 ilhas, situadas ao longo de um gradiente de distância da foz do rio (13 km) na Baía da Ilha Grande (BIG), RJ. Foi amostrado o lado abrigado e exposto à ação das ondas de cada ilha. O total de oito espécies de labrídeos (*Sparisoma tuiupiranga*, *Sparisoma atomarium*, *Cryptotomus roseus*, *Sparisoma frondosum*, *Sparisoma axillare*, *Sparisoma radians*, *Sparisoma amplum*, *Scarus zelindae*) e duas espécies de acanturídeos (*Acanthurus bahianus*, *Acanthurus chirurgus*) foi registrado. A densidade e biomassa de herbívoros raspadores foram principalmente influenciadas pela distância da foz dos rios e altura do substrato (AS), que juntas explicaram entre 30 - 65% da variação total, de acordo com o modelo linear baseado em distância (DistLM). Os herbívoros raspadores foram ausentes nos recifes próximos à foz dos rios (<3km), enquanto áreas mais distantes (>10Km) com maior complexidade topográfica (AS>60cm) comportaram as maiores densidades e biomassas. Nestas áreas, matrizes de algas epilíticas dominaram a cobertura bêntica (>72,7%), indicando que a influência das descargas terrestres e não a disponibilidade de alimento parece ser o fator limitante à distribuição das espécies. A exposição às ondas e a profundidade tiveram um papel secundário nos padrões espaciais, explicando cerca de 5% da variação. Os costões rochosos topograficamente mais complexos e distantes da influência dos rios devem ser considerados prioritários para a conservação de herbívoros raspadores na BIG. Adicionalmente, medidas que preservem os fluxos naturais dos rios devem ser implementadas, visando reestabelecer a estrutura trófica da comunidade de peixes em recifes costeiros.

Palavras-chave: Peixes recifais, Estrutura do habitat, Influência de rios

## ABSTRACT

Understanding the variables that influence the distribution of reef fishes is fundamental for planning effective conservation and management measures. The objective of this study was to hierarchize the influence of physical variables (distance from the river mouth and wave exposure), biological (benthic cover) and topographic (substratum height and number of refuges) on the spatial patterns of roving herbivorous fishes of the Labridae and Acanthuridae families. Visual censuses were carried out in 16 rocky shores of 8 islands, located along a gradient of distance from the river mouth (13 km) in Ilha Grande Bay (IGB), RJ. The sheltered and exposed sides to the wave action of each island were sampled. The total of eight species of labrids (*Sparisoma tuiupiranga*, *Sparisoma atomarium*, *Cryptotomus roseus*, *Sparisoma frondosum*, *Sparisoma axillare*, *Sparisoma radians*, *Sparisoma amplum*, *Scarus zelindae*) and two species of acanthurids (*Acanthurus bahianus*, *Acanthurus chirurgus*) was registered. The density and biomass of roving herbivores were mainly influenced by the distance from the river mouth and substratum height (AS), which together explained from 30 to 65% of the total variation, according to the Distance based linear model (DistLM). Roving herbivores were absent in reefs near river mouths (<3km), while more distant areas (> 10Km) with higher topographic complexity (AS> 60cm) had the highest densities and biomasses. In these areas, epilithic algae matrices dominated the benthic cover (> 72.7%), indicating that the influence of terrestrial discharges rather than food availability seems to be the limiting factor for the distribution of the species. Wave exposure and depth played a secondary role in spatial patterns, explaining about 5% of variation. Rocky reefs with higher topographic complexity and far from the river influences should be prioritized for the conservation of roving herbivores in IGB. In addition, measures that preserve the natural river flows should be implemented, aiming to reestablish the trophic structure of the fish assemblage in coastal reefs.

Keywords: Reef fish, Habitat structure, River influences.

## LISTA DE ABREVIACÕES E SÍMBOLOS

ACC – alga calcária incrustante

AFR – alga frondosa

AIC – Critério de Informação Akaike

AS – Altura do Substrato

ASU – altura do substrato

CEN – talo cenocítico

COR – coral maciço

CPCe – Coral Point with Excel Extensions

DIS – distância da foz do rio

DistML - Modelo linear baseado em distância

ESP – esponja

FO – Frequência de ocorrência

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

MAE – Matriz de Algas Epilíticas

PCA – Análise dos Componentes Principais

PC1 – Primeiro eixo da análise dos componentes principais

PC2 – Segundo eixo da análise dos componentes principais

PERMANOVA – Análise de Variância Permutacional

PVC – Policloreto de Vinila.

REF – número de refúgios

TURF – matriz de algas epilíticas

WP-DC21 – Waterproof Housing Digicamhelp

ZOA – zoantídeos

## LISTA DE FIGURAS

**Figura 1.** Mapa da área de estudo com indicação dos locais de coleta. Círculos representam os locais protegidos e quadrados os locais expostos à ação das ondas. A seta indica a foz do rio Grataú, o ponto inicial do gradiente de distância avaliado.

**Figura 2.** Análise dos componentes principais (PCA) da contribuição relativa de 7 variáveis da cobertura bêntica e 2 variáveis da complexidade topográfica para a variação observada na estrutura do habitat. Cores demonstram os grupos definidos através da análise de agrupamento a uma distância Euclidiana de 4. Triângulos – locais próximos da foz (1,4 a 4,6 km); Quadrados – locais de distância intermediária da foz (8,1 a 9,2 km); Círculos – locais mais distantes da foz (11,2 a 13,1 km). Círculos verdes representam locais distantes da foz do rio, porém com estrutura do habitat semelhante aos locais de distância intermediária. COR – coral maciço; CEN – talo cenocítico; TURF – matriz de algas epilíticas; AFR – alga frondosa; ZOA – zoantídeos; ESP – esponja; ACC – alga calcária incrustante; ASU – altura do substrato; REF – número de refúgios; DIS – distância da foz do rio.

**Figura 3.** Média  $\pm$  Erro padrão do número total de indivíduos entre as faixas de distância da foz do rio definidas de acordo com a Análise de Componentes Principais. Colunas pretas e brancas representam as áreas abrigadas e expostas a ação das ondas, respectivamente. Letras maiúsculas indicam os resultados das comparações par a par da PERMANOVA para os três grupos de distância.

**Figura 4.** Diagrama de dispersão dos parâmetros da assembleia de peixes e o primeiro eixo do dbRDA.

## LISTA DE TABELAS

**Tabela 1.** Abundância (média  $\pm$  EP por 40m<sup>2</sup>), porcentagem do total observado e frequência de ocorrência (FO) para as espécies de peixes herbívoros raspadores observadas através do gradiente de distância da foz do rio. Os dezesseis locais foram agrupados em três grupos de distância, definidos de acordo com os três grupos apresentados na Análise dos Componentes Principais (PCA).

**Tabela 2.** Resultados da PERMANOVA para a abundância de peixes herbívoros considerando os três grupos definidos de acordo com a Análise de Componentes Principais.

**Tabela 3.** Sumário dos modelos finais da regressão linear baseada na distância (DistLM), demonstrando as porcentagens de variação explicada por cada variável.

**Tabela 4.** Correlações parciais múltiplas entre os preditores selecionados pelo DistLM e o primeiro eixo da análise de redundância baseada em distância (dbRDA).

## Sumário

1. INTRODUÇÃO.....	16
1.1 OBJETIVO GERAL .....	18
1.1.1 Objetivos Específicos.....	18
2. MATERIAIS E MÉTODOS.....	19
2.1. ÁREA DE ESTUDO .....	19
2.2. PROGRAMA DE AMOSTRAGEM .....	20
2.3. ANÁLISE DE DADOS.....	22
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	24
3.1. ESTRUTURA DO HABITAT.....	26
3.2. COMPOSIÇÃO DAS ESPÉCIES DE HERBÍVOROS RASPADORES .....	26
3.3. INFLUÊNCIA DOS PREDITORES NA DISTRIBUIÇÃO DOS PEIXES HERBÍVOROS RASPADORES .....	30
4. CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	35
5. REFERÊNCIAS .....	36

## 1. INTRODUÇÃO

O entendimento dos fatores que determinam a distribuição espacial de espécies é fundamental para o planejamento de medidas efetivas de conservação, visando mitigar os efeitos da poluição e degradação dos habitats sobre as populações (Beger & Possingham 2008). Uma vez que, distúrbios naturais e antropogênicos podem promover alterações nos padrões de distribuição das espécies de peixes em recifes rochosos (Neves et al. 2016), hierarquizar a influência de múltiplas variáveis para os padrões espaciais de peixes torna-se fundamental para atender a urgência do delineamento de medidas de conservação que adequadamente compreendam o amplo espectro de variabilidade ambiental, nos quais os organismos recifais estão expostos.

Os principais fatores que influenciam a distribuição espacial dos peixes recifais incluem as variáveis biológicas, como a composição bêmica (Bouchon-Navarro & Bouchon 1989, Munday 2002, Chong-Seng et al. 2012); as variáveis físicas, como a exposição às ondas (McGehee 1994, Floeter et al. 2007, Karnauskas et al. 2012) e a sedimentação (Mallela et al. 2007, Neves et al. 2013); e variáveis estruturais, como a complexidade topográfica (Friedlander & Parrish 1998, Teixeira-Neves et al. 2015) e a profundidade (Friedlander & Parrish 1998, Malcolm et al. 2011). Estes fatores atuam em conjunto mediando a disponibilidade de abrigos e recursos alimentares para peixes (Hixon & Beets 1993, Beger & Possingham 2008, Vinagre et al. 2011).

Peixes herbívoros raspadores das famílias Acanthuridae (cirurgiões) e Labridae (peixes-papagaios) são importantes componentes da comunidade recifal. Alimentam-se primariamente de algas e detritos, sendo, geralmente, os herbívoros recifais dominantes em termos de consumo de biomassa de algas (Bonaldo et al. 2006, Francini-Filho et al. 2009). A sobrepesca destes grupos de peixes tem causado um declínio na cobertura coralínea através de uma mudança de fases de recifes dominados por organismos construtores (ex. corais) para dominância de macroalgas (Mumby 2009). Diversos estudos têm apontado à importância de peixes herbívoros para os recifes de corais. Por outro lado, seu papel funcional para comunidades de recifes rochosos têm recebido pouca atenção, embora suas populações estejam em sério declínio devido à pressão de pesca e atividades antrópicas (Floeter et al. 2006).

Os peixes herbívoros são particularmente afetados pelo depósito de sedimentos proveniente de rios e pelas dragagens regulares associadas às atividades portuárias. Estas atividades promovem, dentre outros efeitos, o aumento da sedimentação, que pode reduzir o sucesso do assentamento ou a sobrevivência de peixes recifais (Wenger et al. 2011) e minimizar a predação de algas por peixes herbívoros (Bellwood & Fulton 2008). Entretanto, o aporte de sedimentos terrígenos para a zona costeira é de difícil medição, pois o fluxo de sedimentos difere de acordo com os regimes da maré, os diferentes níveis de exposição às ondas ou correntes e a batimetria local (Storlazzi et al. 2011). Nestes casos, medidas simples de distância têm sido utilizadas quando dados físicos não estão disponíveis (Karnauskas et al. 2012). Métricas tais como a distância de um local para a costa, para a foz de rios, para rampas de acesso a barcos, têm explicado uma percentagem significativa da variação nos padrões de abundância de peixes (Stuart-Smith et al. 2008, Forcada et al. 2008, Nguyen & Phan 2007, Beger & Possingham 2008, Golbuu et al. 2011). Estas medidas de distância têm sido utilizadas para descrever, pelo menos parcialmente, a influência de fatores físicos como a exposição às ondas, influência da sedimentação, ou para considerar influências antropogênicas na distribuição de espécies de peixes (ex. poluição e pesca). Em costões rochosos de ilhas localizadas em uma enseada impactada por rios, a distância da foz para cada local, pode indicar a influência de fatores associados às descargas terrestres (ex. sedimentação) sobre a comunidade recifal. Enquanto os efeitos dos fatores associados com a sedimentação sobre a cobertura bêntica de ambientes recifais são bem conhecidos, seus efeitos na distribuição de espécies de peixes têm recebido pouca atenção.

A maioria dos estudos que investigaram os padrões da distribuição de peixes através de gradientes de distância da foz de rios (Fabricius et al. 2005, Mallela et al. 2007) foram realizados em recifes dominados por corais, no Caribe e no Pacífico, enquanto poucos estão disponíveis para recifes rochosos tropicais dominados por macroalgas (ver Gibran & Moura 2012). No sudeste da costa brasileira, recifes rochosos representam o principal habitat para peixes recifais e a biota associada aos recifes. Na baía da Ilha Grande, um complexo insular do sul do estado do Rio de Janeiro, ilhas estão distribuídas através de um gradiente de distância da foz de rios, formando regiões onde as comunidades recifais estão sujeitas a grande variação em componentes físicos, biológicos e estruturais do habitat. Embora a influência dos rios sobre recifes costeiros seja um processo natural, ações antrópicas (ex. dragagens, canalizações, destruição das margens) têm acarretado consideráveis alterações no

regime natural dos rios da baía da Ilha Grande, elevando drasticamente o aporte de sedimentos para a região costeira adjacente (Neves 2013). Sendo assim, mudanças nas comunidades de peixes em recifes de ilhas dessa região podem ser relacionadas aos efeitos diretos e indiretos das descargas terrestres, somados a variabilidade ambiental que naturalmente ocorre através de gradientes de distância da foz de rios.

## **1.1 OBJETIVO GERAL**

Investigar as relações entre espécies de peixes herbívoros e variáveis físicas (exposição às ondas e influência de rios), biológicas (cobertura bêntica) e estruturais (complexidade topográfica) em costões rochosos da baía da Ilha Grande.

### **1.1.1 Objetivos Específicos**

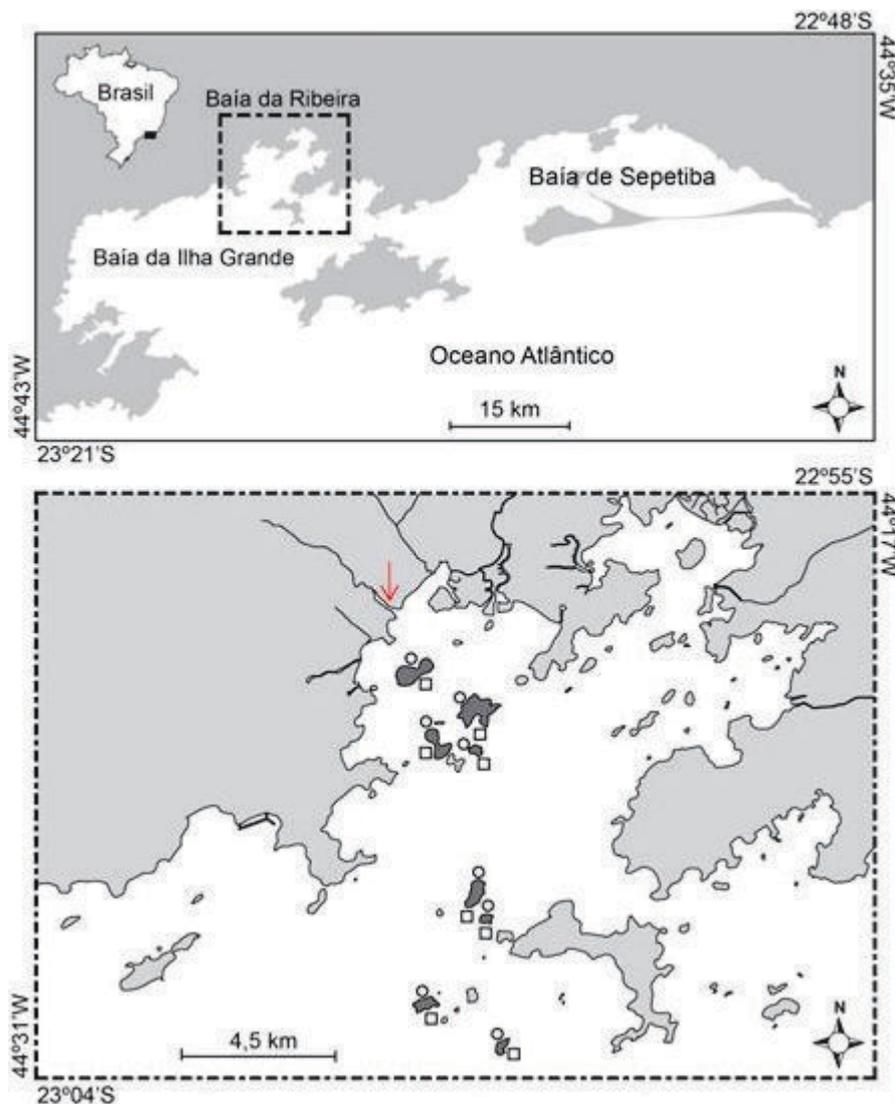
- Caracterizar a estrutura do habitat (complexidade topográfica e cobertura bêntica) dos costões rochosos insulares;
- Avaliar a importância relativa de variáveis físicas e da estrutura do habitat para a distribuição de peixes herbívoros em costões rochosos da Baía da Ilha Grande;
- Identificar áreas prioritárias à conservação de peixes herbívoros, tendo como base os preditores chave para a variação da abundância e biomassa entre diferentes áreas da baía.

## 2. MATERIAIS E MÉTODOS

### 2.1. ÁREA DE ESTUDO

Este estudo foi realizado em recifes rochosos insulares entre 3 e 8 m de profundidade na Baía da Ilha Grande (23°04'36 S; 44°01'18W, sudeste do Brasil), durante os verões de 2011 e 2012. A baía da Ilha Grande abrange uma área de aproximadamente 1,000 km<sup>2</sup> e contém cerca de 350 ilhas rodeadas por águas rasas (geralmente não mais que 8 m de profundidade) (Ignacio et al. 2010). Diversas destas ilhas apresentam recifes rochosos compostos por rochas graníticas que se estendem até a interface com o substrato arenoso. O clima da região é tropical úmido, com uma média anual de temperatura acima de 19°C e chuvas concentradas de dezembro a março (IBGE 1977). A temperatura da água varia de 20°C a 31°C, enquanto que a salinidade varia de 29 a 36 (Dias & Bonecker 2008). As massas de água locais são influenciadas pelos ventos e marés com uma média de amplitude de 1,6 m (Nogueira et al. 1991). Na baía da Ribeira, localizada na região norte da baía da Ilha Grande, os recifes rochosos insulares são mais sujeitos a descargas de água doce, sedimentos terrestres e nutrientes dos rios Bonequeira, Frade, Ambrósio, Grataú e Bracuí. Dentre estes, destacam-se as bacias dos rios do Frade e Bracuí, com áreas de 16 km<sup>2</sup> e 190 km<sup>2</sup>, respectivamente (Francisco & Carvalho 2004).

Os locais de amostragem foram distribuídos ao longo de um gradiente de distância (13 km) da foz do rio Grataú, localizado na porção oeste da baía da Ribeira (Figura 1). O rio Grataú foi considerado o ponto inicial do gradiente de distância neste estudo por representar uma área de confluência dos rios da região, de acordo com Neves et al. (2016). Um total de 16 locais situados nos lados a barlavento e sotavento de 8 ilhas (dois locais por ilha) foram selecionados. Os locais expostos à ação das ondas recebem diretamente os ventos do quadrante sul, enquanto que os locais protegidos são localizados ao norte de cada ilha. Os recifes rochosos localizados entre 1,4 a 5 km de distância da foz do rio são mais expostos às descargas continentais, enquanto que nos recifes entre 10 a 13 km o depósito de sedimentos sobre o substrato rochoso é menor. Durante o verão, a inundação de sedimentos sobre os recifes mais próximos da foz do rio ocorre após chuvas intensas (pluviosidade de 20-60 mm/3h), com drástica diminuição da salinidade de superfície e aumento da turbidez (obs. pessoal).



**Figura 1.** Mapa da área de estudo com indicação dos locais de coleta. Círculos representam os locais protegidos e quadrados os locais expostos à ação das ondas. A seta indica a foz do rio Grataú, o ponto inicial do gradiente de distância avaliado.

## 2.2. PROGRAMA DE AMOSTRAGEM

Censos visuais subaquáticos foram realizados através do mergulho autônomo em transectos de 20 m de comprimento e 2 m de largura (40 m<sup>2</sup>) a fim de acomodar a menor visibilidade dos locais de estudo (Ferreira et al. 2001, Floeter et al. 2007). Em cada local, 9-27 transectos foram amostrados, totalizando 252 transectos (primeiro verão, 114; segundo verão, 138 amostras). Os peixes observados em cada transecto foram identificados visualmente,

contados e tiveram seus comprimentos totais estimados. A unidade amostral, número de peixes por 40 m<sup>2</sup>, foi definida como a soma das espécies de cada transecto. As amostragens foram realizadas com condições oceanográficas estáveis, entre 9:00 e 14:00 h, durante a maré de quadratura, perto da lua crescente.

As espécies de peixes classificadas “herbívoros raspadores” foram selecionadas para este estudo, tendo como base a literatura (Ferreira et al. 2001, Ferreira et al. 2004, Floeter et al. 2007) e o FishBase ([www.fishbase.org](http://www.fishbase.org)). Tais espécies incluem detritos, matriz de algas epilíticas – MAE, e macroalgas na dieta. A biomassa das espécies de peixes foi estimada através de transformações de peso-comprimento e conversões alométricas:  $W = a \cdot L^b$  onde os parâmetros  $a$  e  $b$  são constantes da equação de crescimento alométrico. O Fishbase e a literatura (Macieira & Joyeux 2008, Camilato et al. 2010) foram utilizados como fonte desta informação. Quando os valores dos coeficientes não foram encontrados para as espécies, foram utilizados os coeficientes de espécies proximamente relacionadas ou gênero.

O desenho amostral foi elaborado para avaliar o efeito da cobertura bêntica, complexidade topográfica, exposição a ondas e distância da foz do rio sobre a distribuição de peixes herbívoros. Foram realizadas 30 fotografias em cada local por ano (totalizando 60 fotos por local) para avaliar tanto a complexidade topográfica quanto a cobertura bêntica. As fotos foram tiradas em triplicatas (10 fotos por transecto de peixes) em uma única ocasião em cada período de amostragem. Para a obtenção das fotos foi utilizada a câmera digital PowerShot G9 (Cannon) com caixa estanque WP-DC21 presa a um quadrat de PVC, permitindo amostrar uma área de 0,36m<sup>2</sup> de substrato rochoso em cada foto. A complexidade topográfica foi medida em duas escalas: para uma menor escala de complexidade, o número de buracos e fendas de cada quadrat foi considerado, enquanto que para uma maior escala de complexidade, a altura do substrato foi medida. O número de buracos e fendas de cada fotografia foi contado. Apesar de diferentes medidas de buracos e fendas terem sido registradas, todas as categorias foram agrupadas em uma única medida chamada de “número de refúgios”. A altura do substrato foi registrada no campo, estimando a altura da média das rochas localizadas na mesma posição que cada foto foi retirada, utilizando a altura do quadrat como referência para a estimativa.

As imagens também foram analisadas para estimar a percentagem da cobertura bêntica utilizando o programa Coral Point with Excel Extensions—CPCe 3.4 (Kohler & Gill 2006) plotando 20 pontos aleatórios em cada imagem, e identificando o substrato sob cada um dos

pontos. Os organismos bentônicos expressados como a percentagem de cobertura bêntica foram agrupados em sete categorias: Coral maciço – representado principalmente pelo coral escleractínio *Mussismilia hispida*; Zoantídeos – representado por *Palythoa caribaeorum* e *Zoanthus sociatus*; talo Cenocítico – principalmente *Caulerpa racemosa*; MAE (matriz de algas epilíticas)– compreende uma matriz de pequenas macroalgas pertencendo principalmente as ordens Corallinales, Ceramiales e outras algas filamentosas verdes e vermelhas; Alga frondosa – principalmente *Sargassum* spp; Alga calcária incrustante e Esponja. Outras categorias como Polychaeta, Tunicados, Crinoidea, Hydrozoa e Equinodermata foram quantificadas, mas como apresentaram baixa percentagem de cobertura (<1 % por local) não foram utilizadas nas análises das relações espécie e ambiente.

A exposição às ondas foi categorizada como alta versus baixa exposição, por exemplo, expostas ou na costa a barlavento versus protegida ou na costa a sotavento, ao redor das 8 ilhas. A distância da foz do rio foi considerada como a distância linear em quilômetros de cada local para a foz do rio, medidas com auxílio do software Google Earth.

### **2.3. ANÁLISE DE DADOS**

Os padrões espaciais das variáveis de cobertura bêntica (porcentagem de cobertura de coral maciço, talo cenocítico, matriz de algas epilíticas, alga frondosa, zoantídeos, esponja, alga calcária incrustante), de complexidade topográfica (altura do substrato e número de refúgios) e da distância da foz do rio foram avaliados através da Análise dos Componentes Principais (PCA). Grupos no PCA foram definidos através da análise de agrupamento com o método *group average* utilizando a matriz de distância Euclidiana. Os dados foram log transformados e normalizados, visando minimizar sua dispersão e padronizar a contribuição de variáveis medidas como percentagem de cobertura e aquelas medidas em diferentes escalas, respectivamente. A variação na abundância total de peixes herbívoros raspadores foi avaliada através da análise multivariada de variância permutacional (PERMANOVA; Anderson 2001, Mcardle & Anderson, 2001). O design elaborado considerou os grupos formados pelo PCA (3 níveis), a exposição às ondas (2 níveis) e o período de amostragem (dois níveis) como fatores fixos.

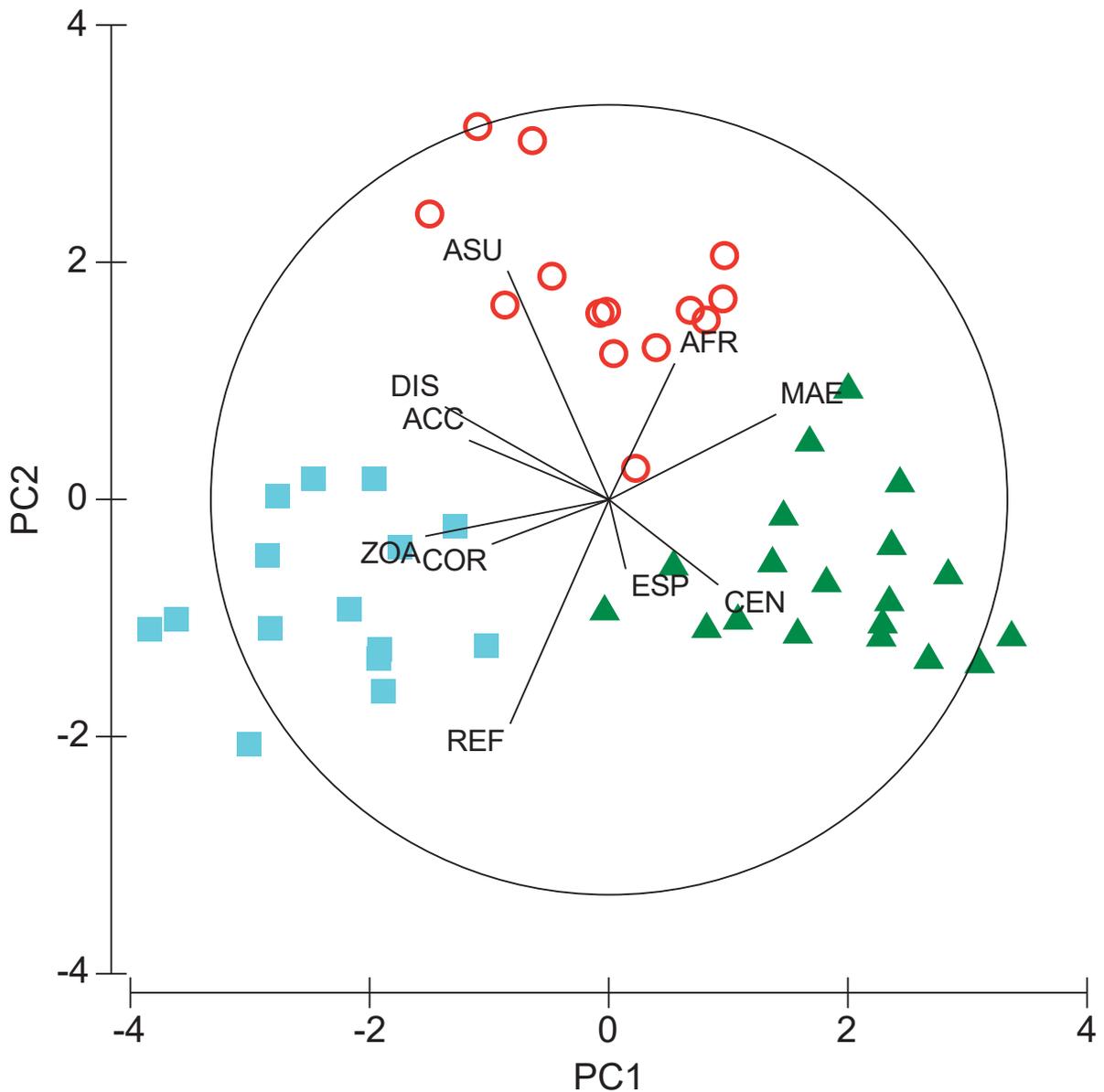
O Modelo linear baseado em distância (DistLM; Legendre & Anderson 1999, McArdle & Anderson 2001) foi utilizado para modelar as relações entre os preditores

(distância da foz do rio, altura do substrato, número de refúgios, porcentagem de cobertura de MAE, zoantídeos e algas frondosas e exposição às ondas) e as variáveis respostas (abundância e biomassa de espécies selecionadas [frequência de ocorrência > 20%], e biomassa total). Previamente as análises, os dados sofreram transformação de raiz quadrada, e a matriz de distância Euclidiana foi calculada. Para todos os preditores, a base de dados utilizada foi caracterizada por dados contínuos, com exceção da exposição às ondas (categórico - abrigado x exposto à ação das ondas). Um Draftsman plot foi gerado para examinar possíveis correlações entre os preditores contínuos, que não apresentaram colinearidade ( $r < 0,7$ ) (Zuur et al. 2007). A importância relativa de cada preditor foi avaliada através do método Step-Wise e o Critério de Informação de Akaike (AIC) na rotina do DistLM. A natureza específica da relação (positiva ou negativa) entre os preditores selecionados e cada variável resposta foi investigada através da análise de redundância baseada em distância (dbRDA; Legendre & Anderson 1999, Mcardle & Anderson 2001). O primeiro eixo do dbRDA (dbRDA1) foi plotado contra cada a abundância ou biomassa da variável resposta em questão. O *scatterplot* gerado foi interpretado utilizando as correlações parciais múltiplas dos preditores com o dbRDA1, visando identificar se a associação foi positiva ou negativa.

### **3. RESULTADOS E DISCUSSÃO**

#### **3.1 Estrutura do habitat**

A cobertura bêntica dos recifes rochosos foi dominada por matrizes de algas epilíticas (MAE), zoantídeos e algas frondosas, que juntas representaram mais de 90% da cobertura total do substrato de cada local. O primeiro eixo da análise dos componentes principais (PC1) diferenciou três grupos de recifes, definidos de acordo com a estrutura do habitat (cobertura bêntica e complexidade topográfica): (1) locais próximos da foz do rio (< 4,6 km), com elevada cobertura de algas do MAE (de 37,97% – 95,23%) e baixa complexidade estrutural (0,55 – 3,18 refúgios por quadrat), (2) locais de distância intermediária da foz do rio (8,1 – 9,2 km), com alta cobertura de zoantídeos (média > 43% por local) e elevado número de refúgios (média entre 2,7 – 4,1 refúgios por quadrat), e (3) locais mais distantes (11,2 – 13,1 km), de elevada complexidade (altura do substrato de 58 a 119 cm) e cobertura de MAE (Figura 2). A análise de agrupamento a um nível de distância Euclidiana de 4 representou quatro destes três grupos, diferindo apenas devido a um grupo de valores extremos representados por 2 transectos. Os demais grupos incluíram dois grupos nos valores extremos de PC1 (grupos 1 e 2), um grupo positivamente associado com PC2 (grupo 3; Figura 2).



**Figura 2.** Análise dos componentes principais (PCA) da contribuição relativa de 7 variáveis da cobertura bêntica e 2 variáveis da complexidade topográfica para a variação observada na estrutura do habitat. Cores demonstram os três principais grupos definidos através da análise de agrupamento a uma distância Euclidiana de 4. Triângulos – locais próximos da foz (1,4 a 4,6 km); Quadrados – locais de distância intermediária da foz (8,1 a 9,2 km); Círculos – locais mais distantes da foz (11,2 a 13,1 km). Círculos verdes representam locais distantes da foz do rio, porém com estrutura do habitat semelhante aos locais de distância intermediária. COR – coral maciço; CEN – talo cenocítico; MAE – matriz de algas epilíticas; AFR – alga frondosa; ZOA – zoantídeos; ESP – esponja; ACC – alga calcária incrustante; ASU – altura do substrato; REF – número de refúgios; DIS – distância da foz do rio. Adaptado de Neves 2013.

Os costões rochosos da baía da Ilha Grande foram amplamente dominados por algas frondosas, MAE e zoantídeos, o que corrobora com estudos prévios na BIG (Teixeira-Neves et al. 2015). Os costões rochosos mais sujeitos a influência dos rios apresentaram baixas percentagens de cobertura de corais duros e zoantídeos, enquanto MAE dominou os costões situados nos extremos (<5 e > 10km) do gradiente de distância estudado. A influência da proximidade de rios sobre a cobertura de corais é amplamente reportada na literatura (Fabricius 2005, Golbuu et al. 2011) para recifes de corais. A MAE é comumente composta por uma matriz de pequenas macroalgas, sedimentos e detritos (Wismer et al. 2009) que comumente apresenta uma maior porcentagem de cobertura em locais impactados (ex. descargas de rios), enquanto a cobertura de corais duros e zoantídeos apresenta o padrão inverso (Steneck et al. 1994, Sala et al. 2012, Fraschetti et al. 2012). Em recifes rochosos, os corais contribuem pouco para a complexidade topográfica se comparados aos sistemas coralíneos, sendo à disposição das rochas o principal componente estrutural utilizado como abrigo para os peixes.

### 3.2. COMPOSIÇÃO DAS ESPÉCIES DE HERBÍVOROS RASPADORES

O total de oito espécies de labrídeos (*Sparisoma tuiupiranga*, *Sparisoma atomarium*, *Cryptotomus roseus*, *Sparisoma frondosum*, *Sparisoma axillare*, *Sparisoma radians*, *Sparisoma amplum*, *Scarus zelindae*) e duas espécies de acanturídeos (*Acanthurus bahianus*, *Acanthurus chirurgus*) foi registrado. As espécies com maior frequência de ocorrência (> 20%) foram *Sparisoma frondosum*, *Acanthurus Chirurgus* e *Sparisoma axillare* (Tabela 1). *Sparisoma frondosum* foi a espécie mais abundante, com valores médios de  $1.95 \pm 0.44$  indivíduos nos locais > 10km da foz dos rios (considerando todas as outras espécies da assembleia de peixes).

O número de espécies decresceu com a proximidade da foz do rio, com os locais mais próximos (< 5 km) apresentando apenas duas espécies (*Acanthurus chirurgus* e *Sparisoma axillare*) com baixos valores médios de abundância (<0.05 indivíduos/40m<sup>2</sup>), enquanto dez espécies foram observadas em locais > 10 km (Tabela 1).

**Tabela 1.** Abundância (média  $\pm$  EP por 40m<sup>2</sup>), percentagem do total observado e frequência de ocorrência (FO) para as espécies de peixes herbívoros raspadores observadas através do gradiente de distância da foz do rio. Os dezesseis locais foram agrupados em três grupos de distância, definidos de acordo com os três grupos apresentados na Análise dos Componentes Principais (PCA).

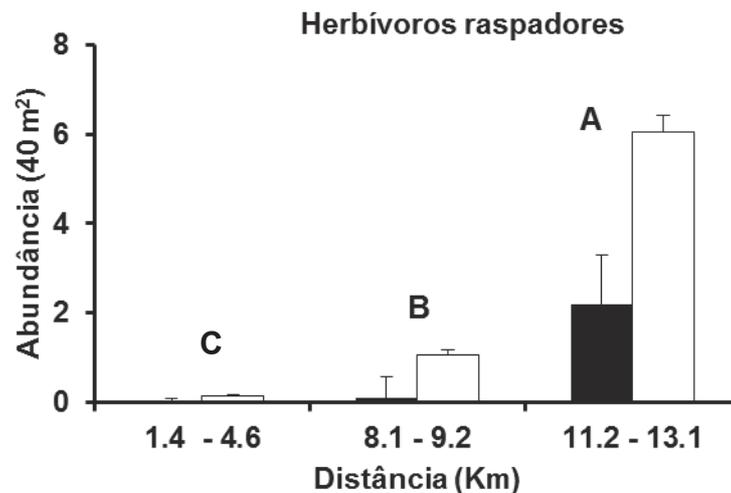
Família/Espécies	Próximos (<5km)			Intermediários (5 – 10 Km)			Distantes (10 – 13 Km)		
	Abundância	%	FO	Abundance	%	FO	Abundance	%	FO
<b>Acanthuridae</b>									
<i>Acanthurus bahianus</i>				0.03 $\pm$ 0.03	0.06	2.09	0.08 $\pm$ 0.05	0.09	5.56
<i>Acanthurus chirurgus</i>	0.05 $\pm$ 0.03	0.11	3.34	0.34 $\pm$ 0.2	0.86	12.5	0.73 $\pm$ 0.26	0.87	31.49
<b>Labridae</b>									
<i>Sparisoma tuiupiranga</i>				0.13 $\pm$ 0.13	0.32	2.09	0.23 $\pm$ 0.14	0.27	9.26
<i>Sparisoma atomarium</i>							0.02 $\pm$ 0.02	0.03	1.86
<i>Cryptotomus roseus</i>							0.12 $\pm$ 0.06	0.14	9.26
<i>Sparisoma frondosum</i>				0.15 $\pm$ 0.06	0.38	12.5	1.95 $\pm$ 0.44	2.34	59.26
<i>Sparisoma axillare</i>	0.03 $\pm$ 0.02	0.07	1.34				0.41 $\pm$ 0.14	0.49	22.23
<i>Sparisoma radians</i>				0.03 $\pm$ 0.03	0.06	2.09	0.25 $\pm$ 0.08	0.29	18.52
<i>Sparisoma amplum</i>							0.06 $\pm$ 0.04	0.07	5.56
<i>Scarus zelindae</i>							0.15 $\pm$ 0.07	0.18	11.12
<b>Número de espécies</b>	2			5			10		

Diferenças marcantes foram observadas para o número total de indivíduos (abundância/40m<sup>2</sup>) à medida que a distância aumenta. Os herbívoros raspadores foram mais abundantes nos locais expostos à ação das ondas, em locais situados a uma distância > 10 km da foz do rio. Diferenças na abundância foram observadas entre os dois períodos de amostragem (Tabela 2, Figura 3).

**Tabela 2.** Resultados da PERMANOVA para a abundância de peixes herbívoros considerando os três grupos definidos de acordo com a Análise de Componentes Principais.

Fonte de Variação	Gl	MS	Pseudo-F	P
Grupos de distância	2	343,8	69,8	***
Exposição às ondas	1	149,8	30,4	***
Período (dois verões)	1	36,8	7,5	*
Gr*Ex	2	77,6	15,7	***
Gr*Per	2	17,1	3,5	*
Ex*Per	1	18,0	3,6	ns
Gr*Ex*Per	2	8,8	1,9	ns
Resíduos	240	4,9		
Total	251			

(gl = graus de liberdade; MS = média da soma dos quadrados, F = pseudo-F, \*=p<0.05; \*\*=p<0.01, \*\*\*p<0.001).



**Figura 3.** Média  $\pm$  Erro padrão do número total de indivíduos entre as faixas de distância da foz do rio definidas de acordo com a Análise de Componentes Principais. Colunas pretas e brancas representam as áreas abrigadas e expostas a ação das ondas, respectivamente. Letras maiúsculas indicam os resultados das comparações par a par da PERMANOVA para os três grupos de distância. Adaptado de Neves 2013.

Este estudo identificou a ausência de peixes herbívoros raspadores em costões rochosos situados em distâncias menores que 3 km da foz do rio. Entre 3-5 km de distância,

os peixes herbívoros foram ocasionalmente observados, atingindo uma frequência maior que 20% apenas em recifes situados a mais de 10 km de distância da influência dos rios. Diversos estudos reportaram uma redução no número de herbívoros e na pressão de herbivoria em áreas com elevada sedimentação (Letourneur et al. 1998, Airoidi 2003, Bellwood & Fulton 2008, Goatley & Bellwood 2012), o que revelou que herbívoros recifais são altamente sensíveis a variações de carga de sedimentos. Experimentos demonstram um aumento na taxa de forrageamento de herbívoros quando depósitos de sedimentos foram removidos (Bellwood & Fulton 2008).

O elevado aporte desses sedimentos tem sido apontado como um fator inibidor das taxas de forrageamento dos herbívoros (Goatley & Bellwood 2012). Bonaldo & Bellwood (2010) sugeriram que a relação negativa entre depósitos de sedimentos e taxa de herbivoria pode ser explicada pelo decréscimo no valor nutricional de MAE causados pelo elevado depósito de sedimentos. Cabe ressaltar que possíveis diferenças na composição das espécies de algas da MAE entre áreas próximas e distantes da influência do rio podem estar relacionadas com a distribuição dos peixes herbívoros observadas.

A distribuição dos organismos bentônicos indica que a disponibilidade de alimento por si só não é o motivo para o aumento na abundância de herbívoros com a distância da foz do rio, uma vez que o MAE também foi a cobertura bêntica dominante (média % cobertura  $> 72,71 \pm 2,5$  EP) nos recifes mais próximos da foz ( $< 3,3$  km da foz do rio). MAE foi considerada o item alimentar preferencial de muitas espécies de herbívoros raspadores na costa brasileira (Bonaldo et al. 2005, Francini-Filho et al. 2009). As duas famílias de peixes herbívoros (Labridae e Acanthuridae) têm um papel ecológico fundamental na estruturação da MAE (Francini-Filho et al. 2009), pois elas contribuem para o controle do crescimento das espécies de macroalgas igualando assim a competição por espaço entre macroalgas e corais e dificultando a mudança de fase do domínio de corais para o domínio de macroalgas em recifes coralíneos (Mumby 2009, Bellwood 2004). O papel dos peixes herbívoros no controle do crescimento da MAE ainda carece de estudos, sendo uma lacuna importante para estudos futuros.

### 3.3. INFLUÊNCIA DOS PREDITORES NA DISTRIBUIÇÃO DOS PEIXES HERBÍVOROS RASPADORES

A presença de várias ilhas ao longo de um gradiente de condições oceanográficas fornece uma boa oportunidade para investigar a influência de variáveis físicas (distância da foz do rio e exposição às ondas) sobre a estrutura do habitat (cobertura bêntica e complexidade topográfica), e o papel destes preditores na distribuição das assembleias de peixes. O modelo linear baseado em distância (DistLM) indicou que a distância da foz do rio e a altura do substrato são as principais fontes de variação dos parâmetros da assembleia de peixes, explicando entre 30 - 65% da variação total da abundância e biomassa da maioria das espécies selecionadas (Tabela 3). A exposição às ondas e a profundidade tiveram um papel secundário nos padrões espaciais, explicando cerca de 5% da variação total (Tabela 3).

**Tabela 3.** Sumário dos modelos finais da regressão linear baseada na distância (DistLM), demonstrando as porcentagens de variação explicada por cada variável.

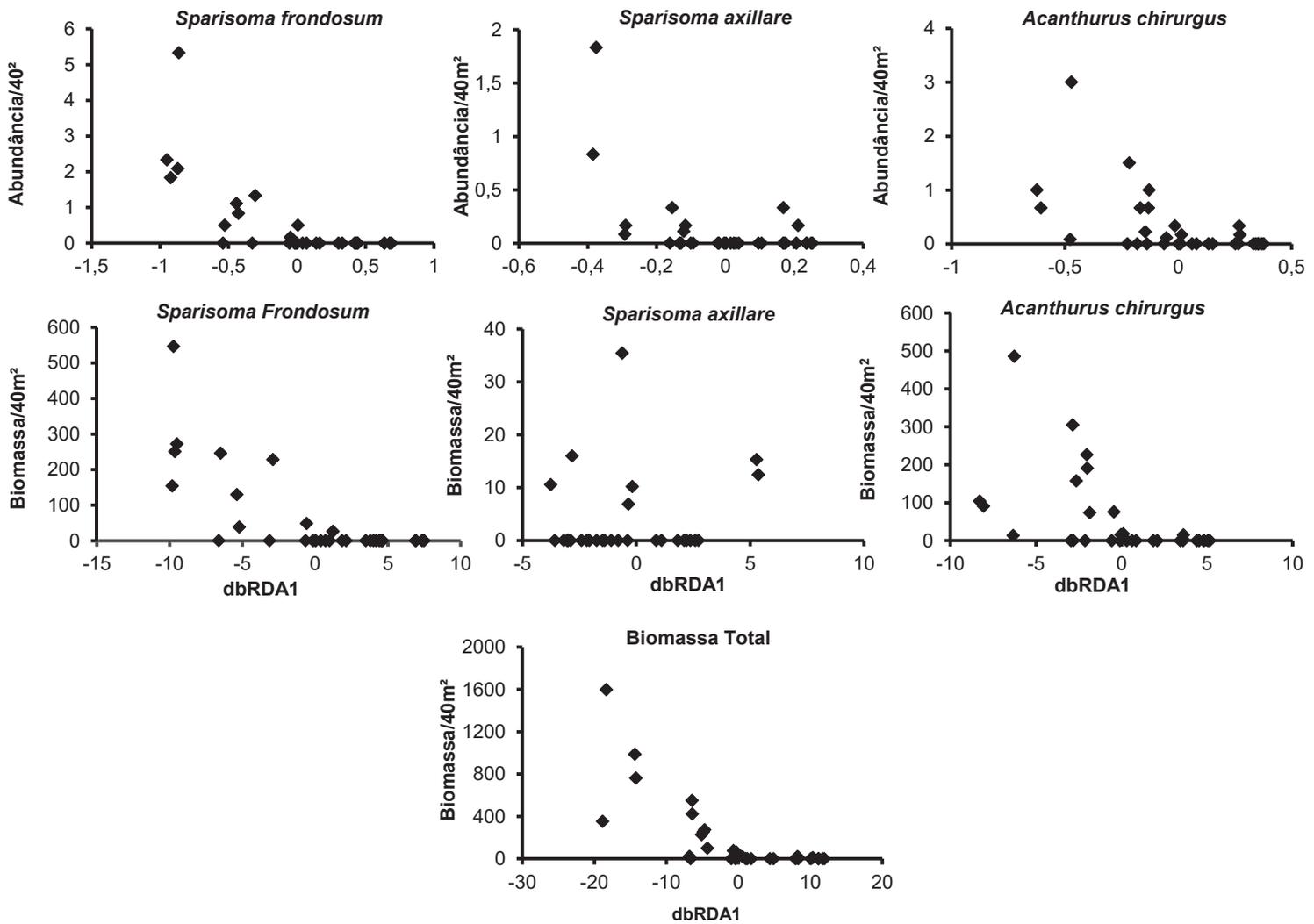
Parâmetro da assembleia	Variáveis selecionadas no modelo (% explicação)	R <sup>2</sup>
<i>Sparisoma frondosum</i> (Abundância)	Distância (52,1%), Altura do Substrato (8,9%)	0,61
<i>Sparisoma frondosum</i> (Biomassa)	Distância (49,5%), Altura do Substrato (8,1%), Profundidade (5,2%)	0,63
<i>Sparisoma axillare</i> (Abundância)	Distância (28,6%), Altura do Substrato (4,7%)	0,33
<i>Sparisoma axillare</i> (Biomassa)	Altura do Substrato (25%)	0,25
<i>Acanthurus chirurgus</i> (Abundância)	Altura do Substrato (33,7%), Distância (5,3%), Exposição às ondas (6,1%)	0,45
<i>Acanthurus chirurgus</i> (Biomassa)	Altura do Substrato (31,8%), Distância (6,5%), Exposição às ondas (5,1%)	0,43
Biomassa total	Distância (53%), Altura do Substrato (12%)	0,65

A complexidade topográfica foi elevada tanto em costões próximos quanto em costões distantes da foz dos rios, especialmente nas faces das ilhas expostas à ação das ondas. O mesmo ocorreu para a cobertura de MAE. Esse complexo mosaico de habitats, não acompanhando o gradiente de influência de rios, faz com que as relações entre as espécies de peixes e o ambiente sejam melhores compreendidas através de modelos de distribuição que não considerem locais definidos a priori, como adotado no presente estudo.

A distância da foz do rio e a altura do substrato foram negativamente correlacionados com o primeiro eixo do dbRDA, indicando que foram positivamente associadas com a abundância e biomassa dos parâmetros da assembleia de peixes herbívoros utilizados (Tabela 4, Figura 4).

**Tabela 4.** Correlações parciais múltiplas entre os preditores selecionados pelo DistLM e o primeiro eixo da análise de redundância baseada em distância (dbRDA).

Espécies/Preditores	Altura do Substrato	Distancia da foz do rio	Profundidade
<i>Sparisoma frondosum</i> (Abundância)	-0,82	-0,56	0,070
<i>Sparisoma frondosum</i> (Biomassa)	-0,79	-0,58	0,153
<i>Sparisoma axillare</i> (Abundância)	-0,83	-0,55	-
<i>Sparisoma axillare</i> (Biomassa)	-1,00	-	-
<i>Acanthurus chirurgus</i> (Abundância)	-0,89	-0,44	-
<i>Acanthurus chirurgus</i> (Biomassa)	-0,87	-0,48	-
Biomassa Total	-0,86	-0,50	-



**Figura 4.** Diagrama de dispersão dos parâmetros da assembleia de peixes e o primeiro eixo do dbRDA.

A altura do substrato explicou a maior percentagem do componente de variação da abundância e biomassa de *Acanthurus chirurgus*, e foi o segundo preditor mais importante para as demais espécies selecionadas. Rochas com altura do substrato maior que 100 cm em costões distantes da foz do rio (>10km) foram cobertas principalmente por MAE. Este aumento da área disponível para o forrageamento, em áreas com depósito de sedimento reduzido, foi associado às maiores abundâncias e biomassas de peixes herbívoros encontradas neste estudo. Por outro lado, o número de refúgios, considerado aqui como o número de buracos e fendas por  $0,36 \text{ m}^2$ , não foi selecionado por nenhum modelo como importante para a distribuição de peixes herbívoros. De acordo com Kostilev (2005) o número de

microhabitats disponível para animais de pequeno porte em uma unidade de área é superior ao número de microhabitats disponível para animais maiores. Esta observação corrobora com o baixo poder preditivo da complexidade topográfica em uma menor escala encontrado para as espécies vágeis e de grande porte (> 20 cm de comprimento total) do presente estudo.

Estudos sugerem que a coexistência de diversas espécies está atrelada a complexidade do habitat (Pianka 1988, Sebens 1991, Levin 1981). Habitats mais complexos promovem maior igualdade competitiva, uma vez que oferecem refúgios anti predação, maior disponibilidade de recursos para a alimentação e áreas de desova (Almany 2004, Grober-Dunsmore et al. 2008). Os mecanismos envolvidos no efeito da complexidade do habitat para abundância de peixes incluem um maior número de nichos devido ao aumento da disponibilidade de microhabitats, assim como uma maior produtividade e diversificação dos recursos, tais como alimento, refúgio contra predação ou contra luz, e locais de descanso ou acasalamento (García-Charton & Pérez-Ruzafa 2001). A importância das variáveis estruturais observada neste estudo está de acordo com estudos prévios que indicaram relações positivas entre o aumento da complexidade do habitat e o número de peixes (Charbonnel et al. 2002, Gratwicke & Speight 2005), e riqueza de espécies (Fabi & Fiorentini 1994, Harborne et al. 2011).

A profundidade explicou uma menor porcentagem da variação na abundância e biomassa das espécies analisadas (<6%). Isso pode ser atribuído ao fato de que os locais de amostragem eram águas rasas (<8m), sendo assim a profundidade não exerce uma influência direta sobre as assembleias de peixes. Por outro lado, recifes rochosos com maiores profundidades apresentam maior superfície de substrato rochoso e uma maior diversidade estrutural para a vida marinha se estabelecer (Gibran & Moura 2012). Entretanto, tal fonte de variação sobre os peixes herbívoros foi capturada principalmente pela altura do substrato.

Poucas evidências foram encontradas para sugerir que a ação das ondas teve um amplo efeito direto na distribuição dos peixes herbívoros. Isto pode ser em parte devido ao relativo pequeno grau de diferença entre os locais ‘expostos’ e ‘abrigados’ com ilhas localizadas em uma enseada, com uma pequena distância para o obstáculo (continente, outra ilha) mais próximo. O grau de movimento de água pode, entretanto, ser relacionado às diferenças na complexidade topográfica entre áreas abrigadas e expostas à ação das ondas, uma vez que onde há elevada complexidade da superfície da rochosa, há também uma menor intervenção da ação das ondas (Sebens 1991). O depósito de sedimentos no lado abrigado das ilhas é

relacionado a uma menor complexidade em relação ao lado exposto (Santin & Willis 2007). Diferenças na altura do substrato entre áreas abrigadas e expostas aumentaram com a distância, até um máximo de 2x na ilha mais distante da foz do rio. A maior abundância total de herbívoros nas áreas expostas pode ser relacionada a variações na disponibilidade de substrato para o forrageamento, pois de acordo com Palmer (1992) existe uma forte correlação entre a dimensão fractal do habitat e a abundância da macrofauna.

Identificar as fontes de variação naturais e antropogênicas na distribuição da biota é fundamental para a elaboração de medidas efetivas de conservação e manejo. Considerando os impactos sofridos nas bacias hidrográficas da região da BIG, como assoreamento dos rios, canalização e retirada da vegetação de mangue podemos sugerir que a descarga de sedimentos atual sobre os costões rochosos está acima do esperado como distúrbio natural. Algumas áreas densamente cobertas pelo principal recurso alimentar utilizado por estas espécies (MAE), com elevada complexidade topográfica, não apresentaram uma assembleia de peixes herbívoros raspadores. Isto indica que ações de conservação que priorizem os locais com maior área disponível para o forrageamento apenas podem não ser efetivas, caso tomadas isoladamente da influência dos rios, devido a inibição que o depósito de sedimentos promove à herbivoria. Os resultados do presente estudo apontam que os costões rochosos topograficamente mais complexos e distantes da influência dos rios devem ser considerados prioritários para a conservação de herbívoros raspadores na BIG. Adicionalmente, um gerenciamento eficiente dos recursos de água doce com medidas de recuperação e preservação dos fluxos naturais dos rios, córregos e das bacias hidrográficas onde eles se inserem deve ser implementado, visando reestabelecer a estrutura trófica da comunidade de peixes em recifes costeiros.

#### 4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Uma drástica redução na abundância e biomassa de herbívoros raspadores foi observada em locais próximos a foz do rio, o que indica que mecanismos associados às influências das descargas terrestres são preponderantes para estruturar as assembleias locais de cada ilha. Sendo assim, medidas que priorizem preservar os fluxos naturais dos rios são fundamentais para permitir que estas espécies ocorram em costões mais próximos da foz dos rios (<5 km de distância).

A altura do substrato foi o segundo preditor mais importante para a variação das assembleias de peixes, com as áreas topograficamente mais complexas sendo associadas às maiores abundâncias e biomassas de *S. frondosum*, *S. axillare* e *A. chirurgus*, bem como a biomassa total. Os costões rochosos da BIG topograficamente mais complexos, situados a uma distância superior a 5km da foz de rios configuram áreas prioritárias para a conservação de peixes herbívoros, e devem ser considerados no planejamento de áreas marinhas protegidas, já que estas configuram-se ferramentas fundamentais na conservação de espécies marinhas.

## 5. REFERÊNCIAS

Airoidi L (2003) The effects of sedimentation on rocky coast assemblages. *Oceanography and Marine Biology: an Annual Review* 41: 161–236.

Almany GR (2004) Differential effects of habitat complexity, predators and competitors on abundance of juvenile and adult coral reef fishes. *Oecologia* 141:105–113

Anderson MJ (2001) A new method for non-parametric multivariate analysis of variance. *Austral Ecology* 26: 32– 46.

Anderson MJ, Gorley RN, Clarke KR (2008) PERMANOVA+ for PRIMER: Guide to Software and Statistical Methods. Primer-E, Plymouth, UK, 214 p.

Beger M, Possingham HP (2008) Environmental factors that influence the distribution of coral reef fishes : modeling occurrence data for broad-scale conservation and management. *Marine Ecology Progress Series* 361:1–13.

Bellwood DR, Fulton CJ (2008) Sediment-mediated suppression of herbivory on coral reefs: Decreasing resilience to rising sea-levels and climate change. *Limnology and Oceanography* 53(6): 2695–2701.

Bellwood DR, Hughes TP, Folke C, Nyström M (2004) Confronting the coral reef crisis. *Nature* 429: 827–833.

Bonaldo RM, Bellwood DR (2010) Spatial variation in the effects of grazing on epilithic algal turfs on the Great Barrier Reef, Australia. *Coral Reefs* 30(2): 381–390.

Bonaldo RM, Krajewski JP, Sazima I (2005) Meals for two: foraging activity of the butterflyfish *Chaetodon striatus* (Perciformes) in southeast Brazil. *Brazilian journal of biology* 65(2): 211–5.

- Bonaldo RM, Krajewski JP, Sazima C, Sazima I (2006) Foraging activity and resource use by three parrotfish species at Fernando de Noronha Archipelago, tropical West Atlantic. *Marine Biology* (2006) 149: 423–433
- Bouchon-Navarro Y, Bouchon C (1989) Correlations between chaetodontid fishes and coral communities of the Gulf of Aqaba (Red Sea). *Environmental Biology of Fishes* 25: 47–60.
- Camilato V, Simon T, Pinheiro HT, Pimentel CR, Joyeux JC (2010) Length-weight relationships for some cryptobenthic reef fishes off Guarapari. *Journal of Applied Ichthyology* 26: 463–464.
- Charbonnel E, Serre C, Ruitton S, Harmelin J-G, Jensen A (2002) Effects of increased habitat complexity on fish assemblages associated with large artificial reef units (French Mediterranean coast). *ICES Journal of Marine Science* 59: 208–213.
- Chong-seng KM, Mannering TD, Pratchett MS, Bellwood DR, Graham NJ (2012) The influence of coral reef benthic condition on associated fish assemblages. *PloS one* 7(8): e42167.
- DIAS C, BONECKER SLC (2008) Long-term study of zooplankton in the estuarine system of Ribeira Bay, near a power plant (Rio de Janeiro, Brazil). *Hydrobiologia* 614(1): 65–81.
- Fabi G, Fiorentini L (1994) Comparison between an artificial reef and a control site in the Adriatic Sea: analysis of four years of monitoring. *Bulletin of Marine Science* 55: 538–558.
- Fabricius KE (2005) Effects of terrestrial runoff on the ecology of corals and coral reefs: review and synthesis. *Marine pollution bulletin* 50(2): 125–46.
- Ferreira CEL, Goncalves JEA, Coutinho R (2001) Community structure of fishes and habitat complexity on a tropical rocky shore. *Environmental Biology of Fishes* 61: 353–369.
- Ferreira CEL., Floeter SR., Gasparini JL, Ferreira BP, Joyeux JC (2004) Trophic structure patterns of Brazilian reef fishes : a latitudinal comparison. *Journal of Biogeography* 31( 7): 1093–1106.
- Floeter SR, Halpern BS, Ferreira CEL (2006) Effects of fishing and protection on Brazilian reefs fishes. *Biological Conservation* 180: 391-402.

- Floeter SR, Krohling W, Gasparini JL, Ferreira CEL, Zalmon IR (2007) Reef fish community structure on coastal islands of the southeastern Brazil : the influence of exposure and benthic cover. *Environmental Biology of Fishes* 78: 147–160.
- Forcada A, Bayle-Sempere JT, Valle C, Sánchez-Jerez P (2008) Habitat continuity effects on gradients of fish biomass across marine protected area boundaries. *Marine environmental research* 66(5): 536–47.
- Francini-Filho RB, Ferreira CM, Coni EOC, Moura RL, Kaufman L (2009) Foraging activity of roving herbivorous reef fish (Acanthuridae and Sacridae) in eastern Brazil: influence of resource availability and interference competition. *Marine Biological Association of the United Kingdom* 90(3): 481-492.
- Francisco CN, Carvalho CN (2004) Disponibilidade Hídrica: Da Visão Global às Pequenas Bacias Hidrográficas: O Caso de Angra dos Reis. *Revista de geociências* 3: 53–72.
- Fraschetti S, Bevilacqua S, Guarnieri G, Terlizzi A (2012) Idiosyncratic effects of protection in a remote marine reserve. *Mar Ecol Prog Ser* 466: 21–24.
- Friedlander AM, Parrish JD (1998) Habitat characteristics affecting fish assemblages on a Hawaiian coral reef. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 224: 1–30.
- Froese R, Pauly D. Fish Base. Disponível em: <http://www.fishbase.org/>. Acessado em: Outubro, 2016.
- García-Charton JA, Pérez Ruzafa A (2001) Spatial pattern and the habitat structure of a Mediterranean rocky reef fish local assemblage. *Marine Biology* 138: 917– 934.
- Gibran FZ, Moura RLD (2012) The structure of rocky reef fish assemblages across a nearshore to coastal islands' gradient in Southeastern Brazil. *Neotropical Ichthyology* 10(2): 369–382.
- Goatley CHR, Bellwood DR (2012) Sediment suppresses herbivory across a coral reef depth gradient. *Biology letters* p. 24–27.

- Golbuu Y, Van Woesik R, Richmond RH, Harrison P, Fabricius KE (2011) River discharge reduces reef coral diversity in Palau. *Marine pollution bulletin* 62: 824–31. 2011
- Golbuu Y, Wolanski E, Harrison P, Richmond RH, Victor S, Fabricius KE (2011) Effects of land-use change on characteristics and dynamics of watershed discharges in Babeldaob, Palau, Micronesia. *J Mar Biol.* Article ID 981273, 17 pages. [doi:10.1155/2011/981273](https://doi.org/10.1155/2011/981273).
- Gratwicke B, Speight MR (2005) The relationship between fish species richness, abundance and habitat complexity in a range of shallow tropical marine habitats. *Journal of Fish Biology* 66: 650–667.
- Grober-Dunsmore R, Frazer TK, Beets JP, Lindberg WJ, Zwick P, Funicelli NA (2008) Influence of landscape structure on reef fish assemblages. *Landsc Ecol* 23:37–53
- Harborne AR, Mumby PJ, Ferrari R (2011) The effectiveness of different meso-scale rugosity metrics for predicting intra-habitat variation in coral-reef fish assemblages. *Environmental Biology of Fishes* 94(2): 431–442.
- Hixon MA, Beets JP (1993) Predation, prey refuges, and the structure of coral-reef fish assemblages. *Ecol Monogr* 63:77–101
- Ignacio BL, Julio LM, Junqueira AOR, Ferreira-Silva MAG (2010) Bioinvasion in a Brazilian bay: filling gaps in the knowledge of southwestern Atlantic biota. *PloS one* 5(9):1–9.
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, *Geografia do Brasil—Região Sudeste* (1997). Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística 3: 1–89.
- Karnauskas M, Chérubin LM, Huntington BE, Babcock EA, Thoney DA (2012) Physical forces influence the trophic structure of reef fish communities on a remote atoll. *Limnology Oceanography* 57: 1403–1414.
- Kohler KE, Gill SM (2006) Coral Point Count with Excel extensions (CPCe): Visual Basic program for the determination of coral and substrate coverage using random point count methodology. *Computers & Geosciences* 32: 1259–1269.

- Kostylev VE, Erlandsson J, Ming MY, Williams GA (2005) The relative importance of habitat complexity and surface area in assessing biodiversity: Fractal application on rocky shores. *Ecological Complexity* 2: 272–286
- Legendre P, Anderson MJ (1999) Distance-based redundancy analysis: testing multispecies responses in multifactorial ecological experiments. *Ecological Monographs* 69: 1–24.
- Letourneur Y, Kulbicki M, Labrosse P (1998) Spatial structure of commercial reef fish communities along a terrestrial runoff gradient in the northern lagoon of New Caledonia. *Environmental Biology of Fishes* 51: 141–159.
- Levin SA (1981) Mechanisms for the generation and maintenance of diversity. In: *The Mathematical Theory of the Dynamics of Biological Populations*, Academic Press. London, England.
- Macieira RM, Joyeux J-C (2008) Length–weight relationships for rockpool fishes in Brazil. *Journal of Applied Ichthyology*, v. 1–2.
- Malcolm HA, Jordan A, Smith SD (2011) Testing a depth-based habitat classification system against reef fish assemblage patterns in a subtropical marine park. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems* 21: 173–185.
- Mallela J, Roberts C, Harrod C, Goldspink CR (2007) Distributional patterns and community structure of Caribbean coral reef fishes within a river-impacted bay. *Journal of Fish Biology* 70: 523–537.
- Mcardle BH, Anderson M.J (2001) Fitting multivariate models to community data: a comment on distance-based redundancy analysis. *Ecology* 82: 290–297.
- Mcgehee MA (1994) Correspondence between assemblages of coral reef fishes and gradients of water motion, depth, and substrate size off Puerto Rico. *Marine Ecology Progress Series* 105: 243–255.
- Mumby PJ (2009) Phase shifts and the stability of macroalgal communities on Caribbean coral reefs. *Coral Reefs* 28: 761–773

Munday PL (2002) Does variability determine geographical-scale abundances of coral-dwelling fishes? *Coral Reefs* 21: 105–116.

Neves LM (2013) Estrutura e diversidade das assembleias de peixes recifais na Baía da Ilha Grande: importância de variáveis físicas, da estrutura do habitat e variações temporais de curto prazo. Tese de Doutorado. Programa de Pós-Graduação em Biologia Animal. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. Seropédica.

Neves LM, Teixeira-Neves TP, Pereira-Filho GH, Araújo FG (2016) The Farther the Better: Effects of Multiple Environmental Variables on Reef Fish Assemblages along a Distance Gradient from River Influences. *PlosOne* 11(12): e0166679. doi:10.1371/journal.pone.0166679

Nguyen L, Phan H (2007) Distribution and factors influencing on structure of reef fish communities in Nha Trang Bay Marine Protected Area, South-Central Vietnam. *Environmental Biology of Fishes* 82(3): 309–324.

Nogueira CR, Bonecker ACT, Bonecker SLC, Santos CC (1991) Studies of zooplankton near the Nuclear Power Plant—Angra I. Preoperational conditions (RJ-Brazil). In: MAGOON O, Editores. New York: American Society of Civil Engineering. 4 ed. Coastal Zone '91: Beach. pp. 3221–3233

Palmer MW (1992) The coexistence of species in fractal landscapes. *The American Naturalist*. 139: 375–397.

Pianka ER (1988) *Evolutionary Ecology*. New York: Harper and Row. 356 p.

Sala E, Ballesteros E, Dendrinis P, di Franco A, Ferretti F, Foley D, et al. (2012) The structure of Mediterranean rocky reef ecosystems across environmental and human gradients, and conservation implications. *PLoS One* 7(2): doi: [10.1371/journal.pone.0032742](https://doi.org/10.1371/journal.pone.0032742).

Santin S, Willis TJ (2007) Direct versus indirect effects of wave exposure as a structuring force on temperate cryptobenthic fish assemblages. *Marine Biology* 151(5): 1683–1694.

Sebens KP (1991). Habitat structure and community dynamics in marine benthic systems. In: Bell SS, McCoy ED, Mushinsky HR, Editeurs. *Habitat Structure: the Physical Arrangement of Objects in Space*. London: Chapman and Hall. pp. 211–234.

Steneck RS, Dethier MN (1994) A functional group approach to the structure of algal-dominated communities. *Oikos* 69(3): 476–498.

Storlazzi CD, Michael EF, Bothner MH (2011). The use (and misuse) of sediment traps in coral reef environments: theory, observations, and suggested protocols. *Coral Reefs* 30: 23–38. doi: [10.1007/s00338-010-0705-3](https://doi.org/10.1007/s00338-010-0705-3).

Stuart-Smith RD, Barrett NS, Crawford CM, Frusher SD, Stevenson DG, Edgar GJ (2008) Spatial patterns in impacts of fishing on temperate rocky reefs: Are fish abundance and mean size related to proximity to fisher access points? *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 365(2): 116–125.

Teixeira-Neves TP, Neves LM, Araújo FG (2015) Hierarchizing biological, physical and anthropogenic factors influencing the structure of fish assemblages along tropical rocky shores in Brazil. *Environ Biol Fish* 98(6): 1645–1657.

Vinagre C, Máguas C, Cabral HN, Costa MJ (2011) Spatial variation in river runoff into a coastal area—An ecological approach. *J Sea Res* 65(3): 362–367. doi: [10.1016/j.seares.2011.02.003](https://doi.org/10.1016/j.seares.2011.02.003).

Wenger AS, Johansen J.L, Jones GP (2011) Suspended sediment impairs habitat choice and chemosensory discrimination in two coral reef fishes. *Coral Reefs* 30: 879–887.

Wismer S, Hoey AS, Bellwood DR (2009) Cross-shelf benthic community structure on the Great Barrier Reef: relationships between macroalgal cover and herbivore biomass. *Mar Ecol Prog Ser* 376:45–54

Zuur AF, Ieno EN, Smith GM (2007) *Analysing ecological data*. Berlin: Springer Verlag. 672 p.

