

# Universidade Federal da Bahia Instituto de Geociências Curso de Graduação em Oceanografia

Carlos Rogério Lapa

Complexidade de habitat e diversidade nos recifes em franja de Abrolhos, BA.

Salvador, 2019

## Carlos Rogério Lapa

# Complexidade de habitat e diversidade nos recifes em franja de Abrolhos, BA.

Trabalho apresentado ao Curso de Graduação em Oceanografia, Instituto de Geociência, Universidade Federal da Bahia, como requisito parcial para obtenção do grau de Bacharel em Oceanografia.

Orientador: Prof. Dr. Ruy K. P. Kikuchi

Salvador, 2019

Complexidade of	de hahitat e	diversidade	nos recifes em	frania de	Ahrolhos BA
OUTTIPICATURAGE (	ac nabitat c	uivoisiuauo		mama ac	/ NOI OII 103, D/ N

#### Carlos Rogério Lapa

Orientador: Prof. Dr. Ruy K. P. Kikuchi

GEOA88 - Trabalho de Graduação II

Departamento de Oceanografia do Instituto de Geociências da Universidade Federal da Bahia.

	Comissão examinadora
Prof. Dro. Zalinda Margarida da Andrada Nagul aão	
Prof. Dra. Zelinda Margarida de Andrade Nery Leão_	
Dra. Barbara Ramos Pinheiro _	
Data da a	provação: / /

#### Agradecimentos

Aos meus filhos, Clara, Ian, Julia e Diego e minha esposa Tatiana, pela paciência, apoio e dedicação. Sem a participação de vocês esse sonho seria impossível de ser realizado. Esse reconhecimento será por toda a vida.

Aos meus pais pelo apoio e compreensão.

Aos colegas e amigos do RECOR – UFBA pelas dicas, opiniões e colaborações ao trabalho, pela amizade e compreensão e por aturarem minhas brincadeiras. Um agradecimento especial ao amigo e colega Lucas Rocha, pelo acolhimento quando cheguei ao Grupo de pesquisa e por toda a ajuda dada em diferentes etapas do processo de elaboração desse trabalho. Esse apoio fez toda a diferença.

Ao meu orientador, Prof. Ruy Kikuchi por acreditar na viabilidade do projeto, pela orientação, apoio e suporte para a realização deste trabalho.

A Prof. Zelinda Leão e a Dra. Bárbara Ramos Pinheiro, pela amizade, apoio, inspiração e por terem aceitado participar da Comissão examinadora.

Ao Prof. Igor Cruz, pelos trabalhos cedidos e conversas sobre o assunto e a todos os meus professores pelos conhecimentos passados e pela dedicação ao ensino da Oceanografia, todos foram essenciais para a minha formação acadêmica.

Ao Colegiado de Oceanografia, nas pessoas de Prof. Pablo e Rita, pelo suporte, dedicação às causas da Oceanografia e apoio.

Ao PARNA Marinho de Abrolhos, aos colaboradores e amigos Fernando Repinaldo, Marcello Lourenço, Berna Barbosa, Bárbara Figueiredo, Erley Cruz e estagiários, pelo apoio e acolhimento como Voluntário na residência do ICMBio na Ilha de Santa Bárbara, pelo empréstimo da embarcação para a realização dos mergulhos e equipamentos de mergulho.

A Marinha do Brasil, na pessoa do Faroleiro Fabio Carvalho, pela companhia nos mergulhos e fotos externas.

Aos meus colegas, especialmente a turma 2014.1, pela aceitação e apoio. Vocês me proporcionaram momentos felizes.

Aos funcionários e amigos do IGeo – UFBA.

Dedico e agradeço à simplicidade da vida e a todos que amo, admiro e respeito. Dedico com carinho a todos vocês.

### Sumário

Introdução	11
Materiais e Métodos	12
Obtenção dos dados	14
Diversidade de Organismos	15
Perfis batimétricos e cálculo da rugosidade digital	17
Análise dos dados	19
Resultados	20
Morfologia do Recife	20
Discussão	26
Conclusão	33
Referências	34

## Lista de figuras

Figura 1 - Mapa de localização das cinco ilhas que compõem o Arquipélago de
Abrolhos, (Foto: Manu Dias/Gov - BA)
Figura 2 - Sonda multiparamétrica Hobo® para medidas de pressão, temperatura e
tempo transcorrido (Posteriormente transformado em distância)
Figura 3 - Localização dos sítios de coleta de dados na Ilha de Santa Bárbara -
Arquipélago de Abrolhos, Brasil. (Fonte: Google Earth)
Figura 4 - Foto ilustrativa da haste em PVC com câmeras GoPro® voltadas para peixes
e bentos acoplada a sonda multiparâmetros HOBO
Figura 5 - Ilustração do VT perpendicular à linha de costa (Dip) e dos VT paralelos nas
marcações de 0m, 5m e 10m da trena estendida no fundo. (Ilustração Rogério Lapa) 16
Figura 6 - Perfil pressão x tempo x temperatura do software Hobo. Marcação do início e
final do VT
Figura 7 - Tela do VTA (Video Transect Analyzer) mostrando os pontos amostrais
aleatórios gerados em cada frame do vídeo de 30 cm x 50 cm
Figura 8 - Declividade das linhas de transecto (DIP), nos recifes de franja, dos sítios
analisados ao redor da Ilha de Santa Bárbara. (MV - Mato Verde; PS - Portinho Sul;
PN – Portinho Norte; NF – Norte Farol; CB – Canal da Barracuda)
Figura 9 - Gráfico do Número total de colônias de corais e desvio padrão. Diferença
significativa para as regiões do PS e MV (ANOVA p < 0,05) comparado as regiões do
lado norte da ilha e CB
Figura 10 - Análise de componentes principais (PCA) entre rugosidade e cobertura de
corais e espécies de peixes. Pontos localizados na face norte da Ilha ( NF = triângulo;
PN = círculo) e no Canal da Barracuda ( $X$ ) diferem claramente dos pontos da face sul.
Figura 11 - Gráfico % de cobertura de corais e riqueza de espécies de peixes em cada
sítio amostrado. Verifica-se que os sítios MV e PS que apresentaram menor cobertura
de corais, também apresentam menor número de espécies de peixes recifais
Figura 12 - Gráfico de correlação entre valores médios de cobertura de corais e riqueza
de espécies de peixes para todos os sítios amostrados. Índice de correlação r2 = 68,32%

e p = $0.0844$ . Os sítios MV e PS apresentam os menores índices de cobertura e riqueza
de peixes. 27
Figura 13 - Gráfico de correlação entre valores médios de cobertura de corais e riqueza
de espécies de peixes sem o sítio MV (r2 = $0.9104$ e p = $0.0458$ )
Figura 14 - Rugosidade do recife representada pelas linhas vermelhas que contornam
cada estrutura de coral de forma única. Adaptado de (Richardson, Graham, & Hoey,
2017)
Figura 15 - Gráfico de amplitudes das profundidades encontradas em cada região
estudada
Figura 16 - Gráfico da relação entre riqueza de colônias de corais e espécies de peixes
para todos os sítios amostrados. $r2 = 0.2343 p = 0.0027$ 31
Figura 17 - Gráfico da relação entre riqueza de colônias de corais e espécies de peixes
para todos os sítios amostrados exceto MV (Mato Verde) . r2 = 0.2343 p = 0.0027 31
Figura 18 - Ilustração mostrando os diferentes fatores que representam a complexidade
morfológica (rugosidade) e a complexidade de habitat
Lista de Quadros

Quadro 1 - Coordenadas geográficas centrais e profundidades médias dos sítios

#### **Abstract**

Coral reefs are rigid structures built by different marine organisms that use calcium carbonate dissolved in sea water to build their limestone skeletons. The objective of this work was to evaluate the relationship between the roughness (digital method) of the reef and the resulting habitat complexity and diversity of associated organisms. It was used vídeo-transects to obtain detailed diversity of coral and fish fauna. The study area was the fringing reef formation around Santa Bárbara Island, Abrolhos Archipelago, Southern region of the state of Bahia. The data were obtained through an agile and effective video device developed by the students of the RECOR - Coral Reefs and Global Change Laboratory of the Federal University of Bahia. The mean coral cover rates, varied from:  $6.75 \pm 1.27\%$  (Mato Verde – MV) to  $19.64 \pm 2.23\%$  (Portinho Norte) and fish species indexes ranged from 11.12 ± 1.83 (Mato Verde – MV) to 15.33 ± 3.74 (Portinho Norte – PN). The results explain 49% of the association between richness of fish species and coral cover in reefs. The values of amplitude, difference between the highest and the lowest depth in each videotransect, of the analyzed reefs ranged from 0.72m to 4.14m, both points found within the Norte Farol (NF) site. Each sampled site showed very different characteristics. Twelve (12) species of corals and 26 fish species were observed, but the complete understanding the aspects of species / structure interactions requires the analysis of a larger number of variables. Complex or simple structure environments play their role in habitat selectivity. It is possible that some species of fish prefer the ease of benefits in choosing the site to structural complexity.

Key words: coral reefs, digital reef roughness, biodiversity.

#### Resumo

Recifes de corais são estruturas rígidas edificadas por diferentes organismos marinhos que se utilizam do carbonato de cálcio dissolvido na água do mar para construir seus esqueletos calcários. Este trabalho teve como objetivo avaliar a relação entre a rugosidade (método digital) do recife e sua complexidade de habitat e a diversidade de organismos associados, através da realização de vídeos transectos para obtenção detalhada da diversidade da fauna coralina e de peixes recifais. A área de estudo foi a formação recifal em franja ao redor da Ilha de Santa Bárbara, Arquipélago de Abrolhos, região sul do estado da Bahia. Os dados foram obtidos através de um aparato de vídeo para mergulho ágil e eficaz desenvolvido pelos alunos do Recor – Laboratório de Recifes de Corais e Mudanças Globais da Universidade Federal da Bahia. Os índices médios de cobertura de corais variaram de 6,75 ±1,27% (Mato Verde – MV) até 19,64 ± 2,23% (Portinho Norte – PN) e os índices de espécies de peixes variaram de 11,12 ± 1,83 (Mato Verde - MV) até 15,33 ± 3,74 (Portinho Norte – PN). Os resultados explicam 49% da associação entre riqueza de espécies de peixes e cobertura de corais nos recifes. Os valores de amplitude, diferença entre a maior e a menor profundidade em cada vídeotransecto, dos recifes analisados variaram entre 0,72m a 4,14m ambos os pontos encontrados dentro do sítio do Norte Farol (NF). Cada sítio amostrado apresentou características bem distintas. Foram observadas 12 espécies de corais e 26 espécies de peixes, porém entender os aspectos das interações espécie/estrutura requer a análise de um numero maior de variáveis. Ambientes complexos ou de simples estrutura desempenham seu papel na seletividade do habitat. É possível que algumas espécies de peixes prefiram a facilidade dos benefícios na escolha do local à complexidade estrutural.

Palavras-chave: recifes de corais, rugosidade recifal digital, biodiversidade.

#### Introdução

Recifes de corais são estruturas edificadas por diferentes organismos, animais e vegetais, que se utilizam do carbonato de cálcio dissolvido na água do mar para construir seus esqueletos calcários. Tais esqueletos ao se agregarem e cimentarem-se a outros constituintes marinhos dão a característica da rigidez recifal. O acúmulo de organismos encontrados em recifes de corais associado a outros fatores como: energia de ondas, correntes, marés e luminosidade determinam sua morfologia. Um número infinito de saliências, tocas, reentrâncias, diferentes graus de declividade, formam uma estrutura complexa e produzem o que se pode chamar de rugosidade do recife.

Essa rugosidade ou complexidade estrutural do recife é definida como a configuração tridimensional do recife e interfere na abundancia e diversidade das espécies de peixes recifais e outros organismos, em pequena e larga escala (Darling et al., 2017a).

Entender a relação entre a complexidade estrutural e a diversidade de vida em recifes de corais é de fundamental importância, pois ela pode ser um fator determinante na abundância e riqueza dos organismos encontrados nos recifes. Do ponto de vista ecológico, recifes de corais agregam uma biodiversidade comparável a florestas tropicais (Leão, 1994). Quanto maior essa complexidade estrutural, maior a quantidade de habitat e maior a diversidade de seres vivos (Holbrook et al., 2015). Diversos organismos encontram proteção, alimentação e também abrigo contra seus predadores. Nenhum outro ecossistema marinho apresenta uma produtividade tão elevada quanto à encontrada nos recifes de corais e em toda uma região que os circunda (Leão, 1994).

Os recifes em franja da Ilha de Santa Bárbara estão localizados dentro do Parque Nacional Marinho de Abrolhos, uma área protegida de ameaças como a sobrepesca e despejo de esgoto doméstico. Impactos relacionados ao turismo e atracação de barcos descritos por Spanó *et al.*, 2008 diminuíram sensivelmente a partir da ordenação do turismo e colocação de poitas de amarração para

barcos de mergulho, turismo e veleiros visitantes. Por ser uma área que conta com relativa proteção a impactos ambientais, que resultariam por influenciar a estrutura e complexidade do recife, foi escolhida para a realização desse estudo.

Este trabalho teve como objetivo avaliar a relação entre a rugosidade do recife, medida através de um instrumento digital de alta precisão, e a diversidade de organismos associados aos recifes em franja ao redor da Ilha de Santa Bárbara, no Arquipélago de Abrolhos, Brasil.

#### Materiais e Métodos

O estudo foi realizado na Ilha de Santa Bárbara, no Arquipélago de Abrolhos, região sul do estado da Bahia. Os recifes em franja bordejam a ilha onde se encontra o farol cujas coordenadas são: paralelo 17° 57′ 48″ S, e meridiano 38° 41′ 30″ O. O conjunto de cinco ilhas que compõem o Arquipélago de Abrolhos dista cerca de 80 km do continente (Fig. 1). Os recifes ao redor da Ilha de Santa Bárbara são de fácil acesso pela praia do Porto Sul ou Norte, estão localizados a baixas profundidades e representam a área com maior ocorrência de corais dentre todas as cinco ilhas do arquipélago (Leão, 2008).

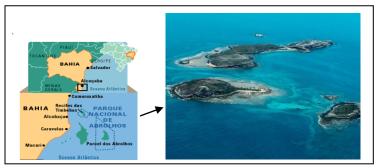


Figura 1 - Mapa de localização das cinco ilhas que compõem o Arquipélago de Abrolhos, (Foto: Manu Dias/Gov - BA).

O trabalho foi realizado durante o período de primavera no mês de novembro de 2017, com excelentes condições de visibilidade da água do mar, sempre superior a 10m horizontais, baixa ondulação, sempre inferior a 0,40m e

condições atmosféricas e climáticas favoráveis, com ventos predominantes de nordeste, com velocidades médias entre 4 e 10 nós e ocorrência de apenas uma frente fria pelo período de dois dias (www.windguru.com). A temperatura da água foi medida através uma sonda multiparâmetros Hobo<sup>®</sup> (Fig.2).



Figura 2 - Sonda multiparamétrica Hobo® para medidas de pressão, temperatura e tempo transcorrido (Posteriormente transformado em distância).

A ilha foi dividida em três regiões principais, faces norte, sul e leste, compreendendo cinco sítios de coleta de dados de acordo com a denominação dada as suas praias. A face da ilha voltada para o norte compreende os sítios do Portinho Norte (PN) e Norte Farol (NF). A face da ilha voltada para o sul compreende mais dois sítios de coleta de dados, Portinho Sul (PS) e Mato Verde (MV). A face extrema da ilha voltada para o oeste contemplou um sítio, denominado de Canal da Barracuda (CB) e coincidente com o canal arenoso que separa as ilhas de Santa Bárbara e Redonda. (Fig.3)



Figura 3 - Localização dos sítios de coleta de dados na Ilha de Santa Bárbara — Arquipélago de Abrolhos, Brasil. (Fonte: Google Earth).

As coordenadas geográficas (Quadro 1) foram registradas através da utilização de GPS Garmin E-Trex 10 e a profundidade média através da média do

resultado da subtração da profundidade máxima e mínima de todos os VT perpendicular à linha de costa. Antes de cada mergulho foram anotadas as informações de direção do vento, ondulação, horário e amplitude da maré no site www.windguru.com e no site da NOAA, www.weather.gov.

Sítio	Sigla	Lat.°	Lon.°	Prof. Média (m)
Portinho Sul	PS	-17.963613	-38.698466	2.95
Mato Verde	MV	-17.963237	-38.700924	2.90
Portinho Norte	PN	-17.961512	-38.696320	3.80
Norte Farol	NF	-17.962891	-38.694822	4.42
Canal da Barracuda	СВ	-17.964497	-38.705187	4.05

Quadro 1 - Coordenadas geográficas centrais e profundidades médias dos sítios amostrados.

#### Obtenção dos dados

Para a realização desse experimento foi desenvolvido pelos alunos do RECOR - Laboratório de Recifes de Corais e Mudanças Globais da Universidade Federal da Bahia um aparato de vídeo acoplado a uma sonda multiparâmetros. Esse aparato é composto por uma haste confeccionada em tubos PVC de 20 mm de diâmetro, comprimento vertical de 30 cm e comprimento horizontal de 10cm, com duas câmeras GoPro Hero 3 acopladas nas extremidades dos tubos. O ângulo de visão das câmeras foi de 107° e a qualidade de imagem de 1080pp, uma direcionada para a captura das imagens de peixes e a outra voltada para o fundo, responsável pela captura das imagens do bentos (Fig.4). Essa configuração foi utilizada para transectos de dez metros (10m) de comprimento e largura lateral analisável de 0,50m cobrindo uma área de fundo de 5m<sup>2</sup>. Cruz, et al., 2008 utilizou o método do vídeo-transecto (VT) pela primeira vez no Brasil nos recifes do interior da Baía de Todos os Santos. Esse método consiste em uma filmagem do fundo marinho ao longo de uma seção linear mantendo velocidade de natação constante (aproximadamente 0,1m/s) enquanto a sonda multiparamétrica mede as diferenças de pressão das

diversas profundidades e o tempo transcorrido. Como a distância percorrida é constante e com a medição do tempo, tem-se o cálculo da velocidade de natação. As imagens são posteriormente analisadas, em laboratório, através da utilização de software específico.



Figura 4 - Foto ilustrativa da haste em PVC com câmeras GoPro® voltadas para peixes e bentos acoplada a sonda multiparâmetros HOBO.

#### Diversidade de Organismos

Para a obtenção dos dados de diversidade de organismos foram realizados em cada um dos sítios amostrados doze (12) vídeos-transectos, divididos em três conjuntos com quatro VT cada conjunto. No total dos cinco sítios foram realizados 60 vídeos-transectos (VT). O formato dos VT e códigos utilizados no estudo segue o padrão proposto pelo Protocolo para o monitoramento de habitat bentônicos costeiros - ReBentos (Rede de monitoramento de habitat bentônicos costeiros).

O primeiro VT de cada conjunto é sempre perpendicular à linha de costa e inicia na parte mais rasa do recife de franja e afunda gradativamente à medida que se afasta da costa (dip). Os outros três VT são capturados na marca do zero metro, cinco metros e dez metros na marcação da trena estendida no fundo marinho, sempre perpendicular ao primeiro VT (Dip) e paralelos à linha de costa (Fig. 5). Nas extremidades de todos os VT paralelos, foi colocada marcação visível, com peso de chumbo, para facilitar a identificação do local correto de início e fim dos VT.

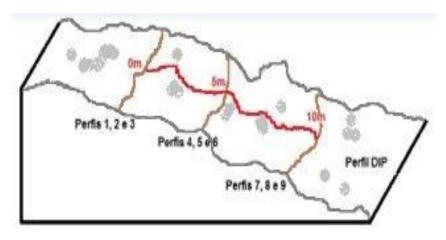


Figura 5 - Ilustração do VT perpendicular à linha de costa (Dip) e dos VT paralelos nas marcações de 0m, 5m e 10m da trena estendida no fundo. (Ilustração Rogério Lapa)

Na análise primária dos VT dos sítios identificados na Ilha de Santa Bárbara, alguns parâmetros de controle da qualidade dos dados obtidos foram adotados. Os VT realizados em dias ou horários com condições adversas de vento (maior que 10 nós), ondulação (maior que 0,20m) e amplitude de profundidade (maior que 5 metros) foram descartados. Ao final da análise, foram aproveitados quarenta e cinco VT paralelos à linha de costa e quinze VT perpendiculares à linha de costa. O conjunto de três VT perpendicular e nove VT paralelos à linha de costa foi nomeado de acordo com a localização dos sítios. A escolha dos locais para a realização dos vídeos procurou contemplar toda a diversidade morfológica do recife de franja ao redor da ilha, incluindo áreas de maior e menor declividade, diferentes tipos de fundo e também toda a extensão do recife que circunda a Ilha. Os transectos paralelos receberam numeração variando de 1 a 9, sendo que os de número 1 a 3 foram realizados em águas rasas, na marcação de 0 m da trena estendida no fundo, os transectos de número 4 a 6, em águas com profundidades médias, na marcação de 5 m da trena, e por fim, os transectos de número 7 a 9, em águas mais profundas, na marcação de 10 m da trena. Dessa forma, procurou-se contemplar não apenas diferentes regiões ao redor da ilha, mas também diferentes faixas de profundidades.

#### Perfis batimétricos e cálculo da rugosidade digital

Para o cálculo da rugosidade digital, a sonda multiparamétrica Hobo é passada sobre o recife de corais e registra pequenas diferenças de pressão absoluta a cada segundo de leitura. As medidas de pressão absoluta são devidamente transformadas em medidas de profundidade utilizando-se da relação entre pressão medida em kPa (Pascal) para profundidade em m (metros). A relação de conversão é de 100 Quilos Pascal = 10,1974 metros na coluna d'água. Para eliminar erros no cálculo das profundidades, subtraiu-se a pressão absoluta encontrada na superfície da água do mar, medida antes de cada mergulho, da pressão absoluta encontrada nas diferentes profundidades. Os valores de rugosidade foram obtidos através do resultado da subtração de valores de profundidades de pontos subsequentes e calculado o desvio padrão dos resultados encontrados, conforme equação 1. Metodologia semelhante foi utilizada no trabalho de Dustan, et al., 2013.

$$X = \underbrace{X_n}_{n} - X_{(n-1)};$$

$$\overline{X} = \frac{\sum_{i=1}^{n} X_i}{n}$$

$$Dp = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \overline{x})^2}{n}}$$

$$x_i = \text{valor individual}$$

$$\overline{x} = \text{média dos valores}$$

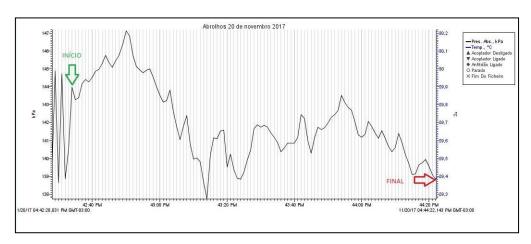
Equação 1 - Cálculo de rugosidade

Pressão na Superfície (kPa):		103359.00		Índice de Rugosidade		MVM1T2PAR0		
Registro	Data	Hora	Pressão Absoluta (kPa)	Pressão Absoluta (ATM)	Distância (m)	Profundidade (m)	Temperatura (°C)	Amplitude (m)
2094	20/11/2017	04h34min53s	147,836	1.430	0.00	4.30	26,390	0.14
2095	20/11/2017	04h34min54s	147,223	1.424	0.10	4.24	26,390	0.20
2096	20/11/2017	04h34min55s	147,315	1.425	0.20	4.25	26,390	0.19
2097	20/11/2017	04h34min56s	148,204	1.434	0.30	4.34	26,390	0.10
2098	20/11/2017	04h34min57s	148,571	1.437	0.40	4.37	26,390	0.07
2099	20/11/2017	04h34min58s	148,326	1.435	0.50	4.35	26,390	0.09
2100	20/11/2017	04h34min59s	148,050	1.432	0.60	4.32	26,390	0.12
2101	20/11/2017	04h35min0s	148,602	1.438	0.70	4.38	26,390	0.06
2102	20/11/2017	04h35min1s	149,001	1.442	0.80	4.42	26,390	0.02
2103	20/11/2017	04h35min2s	149,215	1.444	0.90	4.44	26,390	0.00
2104	20/11/2017	04h35min3s	148,817	1.440	1.00	4.40	26,390	0.04
2105	20/11/2017	04h35min4s	148,265	1.434	1.10	4.34	26,390	0.10
2106	20/11/2017	04h35min5s	146,793	1.420	1.20	4.20	26,390	0.24
2107	20/11/2017	04h35min6s	146,763	1.420	1.30	4.20	26,390	0.24
2108	20/11/2017	04h35min7s	147,682	1.429	1.40	4.29	26,390	0.15

Quadro 2 - Planilha de cálculo da rugosidade conforme Equação 1.

O início de todas as medidas batimétricas foi marcado por movimentações rápidas da sonda para cima e para baixo, com amplitude aproximada de 1m, facilmente identificadas nos gráficos de pressão x temperatura x tempo. A distância percorrida utilizada foi a da trena de dez metros, estendida no fundo marinho, marcado o início e o final dos perfis com o horário do relógio de mergulho e da sonda. (Fig. 6). Procurou-se manter uma velocidade média na realização dos perfis em torno de 0,10m/s para que dessa forma, todos tivessem duração aproximada de 100s.

A declividade dos recifes foi calculada através da medida de amplitude entre o ponto mais raso e o mais profundo de cada transecto e dividido posteriormente pelo comprimento do transecto para que se tivesse uma ideia de percentual de afundamento do recife.



 $Figura\ 6 - Perfil\ press\~ao\ x\ tempo\ x\ temperatura\ do\ software\ Hobo.\ Marcaç\~ao\ do\ início\ e\ final\ do\ VT.$ 

Outros materiais utilizados no estudo foram: equipamento SCUBA para realização dos mergulhos autônomos, trena carretilha confeccionada em tubos de PVC, com comprimento de 20m, pesos de chumbo para marcação dos limites dos transectos paralelos à linha de costa, prancheta em PVC e lápis para anotação dos dados subaquáticos, relógio de mergulho para anotação dos horários de início e fim dos transectos, câmera extra com caixa estanque para a captura de imagens externas e da ação do operador do vídeo-transecto e computador portátil para armazenar os dados coletados e pesquisas nos sites de previsão meteorológica. Neste trabalho foram utilizados dados referentes à riqueza de espécies, cobertura viva de corais, número e diâmetro das colônias

da espécie dominante *Mussismilia braziliensis* (MB), contagem e identificação das espécies de peixes, identificação de outros organismos marinhos.

#### Análise dos dados

Todos os dados foram analisados através da utilização do Software VTA (*Video Transect Analyzer*) desenvolvido pelo Grupo de Pesquisas RECOR – Recifes de Corais e Mudanças Globais, do Instituto de Geociências da Universidade Federal da Bahia. O software VTA distribui aleatoriamente vinte pontos amostrais em cada imagem da tela do computador, congelada do fundo marinho, com 30cm x 50cm. As telas subsequentes de toda a extensão do vídeo são analisadas dessa forma, gerando uma quantidade de pontos amostrais. Esses pontos são identificados segundo uma tabela de descrição de espécies de corais, esponjas, algas e outros diferentes organismos, tipo de fundo, dentre outras classificações.

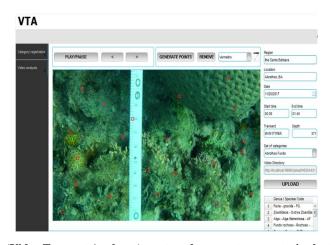


Figura 7 - Tela do VTA (Video Transect Analyzer) mostrando os pontos amostrais aleatórios gerados em cada frame do vídeo de 30 cm x 50 cm.

Os resultados gerados pelo VTA foram tabulados em planilhas Excel<sup>®</sup>. Para análise estatística desses dados utilizou-se o Software livre PAST 5, onde as análises de regressão linear, Teste de análise de variância ANOVA, Teste Tukey, Análise de componentes Principais (PCA) foram feitos. Na Análise de componentes principais, procedimentos matemáticos transformam um conjunto

de variáveis possivelmente correlacionadas em um conjunto de valores de variáveis linearmente não correlacionadas. Desta forma, os diferentes componentes da análise podem ser analisados separadamente, com a garantia de serem independentes. Para a análise dos índices de cobertura viva de corais, foi utilizada a Análise de Variância (ANOVA) e Teste TUKEY para verificar se existia diferença significativa (p < 0,05) entre os dados coletados nos diferentes sítios.

#### Resultados

#### Morfologia do Recife

Verificou-se que na região sul da Ilha de Santa Bárbara, os sítios de Mato Verde (MV) e Portinho Sul (PS), apresentam uma estrutura recifal mais ampla e plana, com importante alargamento na região central e quando comparados com os outros recifes em franja ao redor da ilha, apresentam maior área rochosa contínua (Fig.7). Para as regiões de MV e PS, a declividade dos platôs recifais é inferior a 10%, não são encontradas grandes depressões ou regiões com ausência de formação rochosa, a estrutura recifal estende-se até aproximadamente os 8 metros de profundidade, onde se encontra com o fundo de areia. Essas regiões mostram grandes áreas do recife aplainadas. No sítio MV, a Ilha de Santa Bárbara apresenta um pequeno embaiamento e é aonde o recife chega a aflorar na superfície em marés mais baixas. A pouca profundidade dessa região, 0m a 8m, associada à grande luminosidade e a ação das marés, que por vezes expõem o platô recifal, aparentam ser os fatores limitantes ao crescimento das grandes colônias de corais comumente encontradas em outras partes do recife de franja que circunda a ilha principal do arquipélago. Outro aspecto importante relacionado à face sul da ilha é o fato de ser o principal porto de atracação. O vento predominante de nordeste na região, nas estações de primavera e verão, período em que a ilha é mais visitada, possibilita que as embarcações figuem fundeadas com segurança

desse lado da ilha. Uma vasta atividade recreativa de mergulho livre e autônomo é realizada próximo aos sítios de MV e PS. Estudos realizados na região apontam a soma desses fatores como possível justificativa para a baixa cobertura de corais vivos na região (Spanó, *et al.*, 2008).

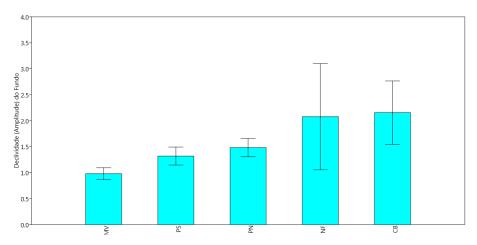


Figura 8 - Declividade das linhas de transecto (DIP), nos recifes de franja, dos sítios analisados ao redor da Ilha de Santa Bárbara. (MV – Mato Verde; PS – Portinho Sul; PN – Portinho Norte; NF – Norte Farol; CB – Canal da Barracuda)

Próximo à extremidade sul da Ilha principal o recife sofre um importante estreitamento, sua profundidade média começa lentamente a aumentar em direção à praia dos Caldeiros e ao Canal da Barracuda, região que separa a Ilha de Santa Bárbara da Ilha Redonda, onde novamente há um alargamento do recife. No Canal da Barracuda (CB) o processo de edificação do recife acontece em cima de uma plataforma de abrasão e de grandes blocos basálticos que descansam sobre o fundo arenoso. O processo de cimentação do recife se dá pela presença de corais, algas coralinas, moluscos incrustantes e outros organismos construtores. O CB não apresenta uma caracterização morfológica única. Há regiões onde o fundo arenoso é mais presente, a declividade do recife é pequena, apresentando inclusive pequenas áreas bastante planas. Em outras regiões, o fundo é bastante modificado, grandes blocos de rochas basálticas estão incrustados por corais e algas e dão uma conformação tridimensional ao ambiente. Existem muitas tocas, reentrâncias, saliências profundas e um aprofundamento repentino do recife. É uma região onde os peixes demersais são encontrados em grandes quantidades; bodiões azuis (Scarus coeruleus), badejos (Mycteroperca microlepis) e garoupas

(Epinephelus marginatus) são facilmente vistos. Outros peixes como: barracudas (Sphyraena barracuda), xareis (Caranx hippos) e bonitos (Sarda sarda) usam a forte correnteza gerada pelo estreitamento do canal para se alimentar dos peixes recifais de menor porte. Grandes colônias de coral Mussismilia braziliensis crescem em abundancia e nas paredes verticais onde o recife encontra o fundo arenoso, colônias de Millepora alcicornis são vistas dominando o recife.

Nos sítios da face norte da Ilha de Santa Bárbara, Portinho Norte (PN) e Norte Farol (NF) a formação recifal é mais acidentada. O recife, assim como em áreas do CB, está edificado sobre grandes blocos basálticos, estendendo-se do limite do nível do mar até uma profundidade em torno de 6m. Esse recife não é contínuo, apresenta espaçamentos onde aparece o fundo arenoso, às vezes coberto por gramas marinhas. Essas rochas são substrato pra uma variedade de espécies de corais e onde foi observado o maior número de colônias de corais jovens na ilha. Diversos habitat são criados em uma infinidade de espaços, com diferentes dimensões, níveis de luminosidade e influencia de correntes e ondas. Essas características agregam uma variedade de organismos, peixes de diferentes espécies, tamanhos e hábitos alimentares. É a área menos explorada pelo turismo na ilha principal em função das dificuldades de atracação e pela presença constante de ondulações causadas pelos ventos de nordeste. Os maiores índices de cobertura de corais foram encontrados nessa face da ilha, assim como, através de uma estimativa visual concluiu-se que a quantidade de recrutas de corais é a maior entre as regiões observadas. Algumas das espécies identificadas foram: Millepora alcicornis; Mussimilia braziliensis, M. hartii e M. híspida; Siderastrea; Montastraea cavernosa e Porites. Branneri. Próximo à região onde o recife encontra o fundo arenoso foram observadas também colônias de Scolymia welsii.

Quando são analisados os dados de número de colônias de corais, independente da espécie, a análise de variância apresentou diferença significativa (ANOVA p < 0,05) e através do Teste de Tukey mostra-se que o Portinho Sul difere significativamente dos sítios Portinho Norte (PN) e Norte Farol (NF).

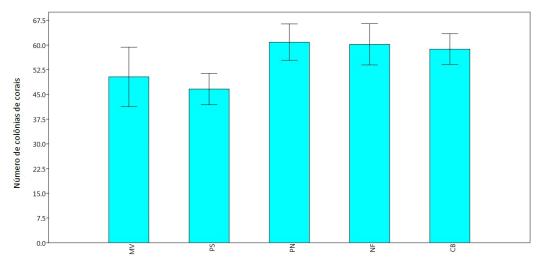
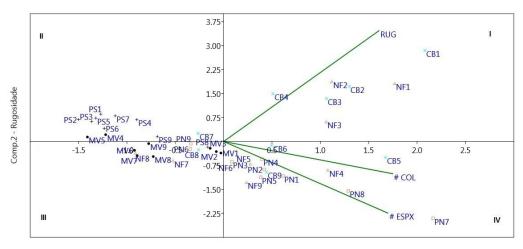


Figura 9 - Gráfico do Número total de colônias de corais e desvio padrão. Diferença significativa para as regiões do PS e MV (ANOVA p < 0,05) comparado as regiões do lado norte da ilha e CB.

A análise multivariada PCA dos fatores Rugosidade (Eixo Y) e % de cobertura de corais e número de espécies de peixes (Eixo X) revelou que as duas componentes principais explicam 77,88% da variância (Fig.9). Os valores foram normalizados para cumprir os pressupostos da análise (PCA). Dessa forma, valores negativos significam apenas valores menores numa ordem crescente de crescimento, não representando índices negativos de rugosidade, cobertura ou riqueza de espécies. Através da análise dos quadrantes do gráfico é possível verificar uma clara divisão entre os sítios localizados na face norte da ilha mais o Canal da Barracuda dos sítios localizados na face sul. A região mais rasa do Canal da Barracuda (CB), Norte Farol (NF), são as que apresentam maiores valores de rugosidade, cobertura de corais e espécies de peixes (representadas no primeiro (I) quadrante do gráfico). Posteriormente têm-se as regiões de média profundidade e as regiões mais profundas do Porto Norte (PN), Norte Farol (NF) e Canal da Barracuda (representadas no quarto (IV) quadrante do gráfico) que mesmo apresentando valores menores de rugosidade apresentam valores muito positivos de cobertura de corais e espécies de peixes. No segundo e terceiro quadrantes, concentram-se os pontos localizados no Portinho Sul (PS) e Mato Verde (MV). Os pontos localizados no segundo (II) quadrante, mesmo tendo valores positivos de rugosidade, apresentam baixíssimos valores de cobertura de coral e espécies de peixes. E por fim, os pontos encontrados no terceiro (III) quadrante, que representam a maioria dos pontos do Mato verde (MV) apresentam não só

baixa cobertura de corais e espécies de peixes assim como valores baixos de rugosidade.



Comp.1 - Cobert. corais e Especies de peixes

Figura 10 - Análise de componentes principais (PCA) entre rugosidade e cobertura de corais e espécies de peixes. Pontos localizados na face norte da Ilha (NF = triângulo; PN = círculo) e no Canal da Barracuda (X) diferem claramente dos pontos da face sul.

Os percentuais de cobertura de corais entre os sítios apresentou diferença significativa (ANOVA p < 0,05), e através do Teste de Tukey foi mostrada a diferença estatística entre as médias de cobertura do sítio Mato Verde (MV) e todos os outros sítios analisados, e também entre o Portinho Sul (PS) e o Portinho Norte (PN), Norte Farol (NF) e Canal da Barracuda (CB). Não houve diferença significativa (ANOVA p > 0,05) entre as coberturas de corais do PN, NF e CB. Os índices médios de cobertura ( $\pm$  desvio padrão) de corais foram: 19,64  $\pm$  2,23 Portinho Norte (PN); 19,49  $\pm$  0,81 Norte Farol (NF); 17,59  $\pm$  0,76 Canal da Barracuda (CB); 9,83  $\pm$  1,56 Portinho Sul (PS) e 6,75  $\pm$ 1,27 Mato Verde (MV). Analisando os resultados encontrados conforme (Tab.2) tem-se que aproximadamente 94% (1299,87 /1383,34  $\pm$  0,9394) da variação de complexidade entre os sítios é explicada pela cobertura viva de corais.

ANOVA	Soma	df	Quadrado	F	P
	sqrs		médio		
Entre grupos	1299,87	4	324,968	155,7	8.091E-24
Dentro do grupo	83,4645	40	2,08661		1E-05
Total	1383,34	44			

Quadro 3 - ANOVA (p < 0,05) valores do teste mostrando como o percentual de cobertura viva de corais interfere na formação do recife e consequentemente na complexidade do habitat.

Na análise do número de espécies de peixes a Análise de Variância (ANOVA) e Teste TUKEY verificaram não haver diferença significativa (p < 0,05 ANOVA) entre os sítios amostrados, exceto para o sítio Portinho Sul (PS) que apresentou diferença significativa quando comparado aos demais. O teste de analise de variâncias para riqueza de peixes entre os diferentes sítios mostrou que no sitio do Portinho sul foi observado o menor numero de espécies de peixes em relação aos demais sítios.

Os valores médios (± desvio padrão) de número de espécies de peixes foram de: Portinho Norte (PN): 15,33 ± 3,74; Norte Farol (NF): 13,32 ± 3,74; Canal da Barracuda (CB): 13,78 ± 2,95; Porto Sul (PS): 8,88 ± 1,27 e por fim, Mato Verde (MV): 11,12 ± 1,83. Os resultados da ANOVA mostram que 49% da riqueza de espécies de peixes é explicada pela associação à cobertura de corais nos recifes. Os valores obtidos de percentual de cobertura de corais vivos e de número de espécies de peixes estão apresentados na figura 10. Verifica-se um alinhamento dos dados de cobertura de corais e espécies de peixes nos sítios amostrados, predominando maiores valores de ambos, em locais da ilha onde não só o fundo rochoso é mais acidentado, mas também onde são encontradas as maiores e mais numerosas colônias de corais.

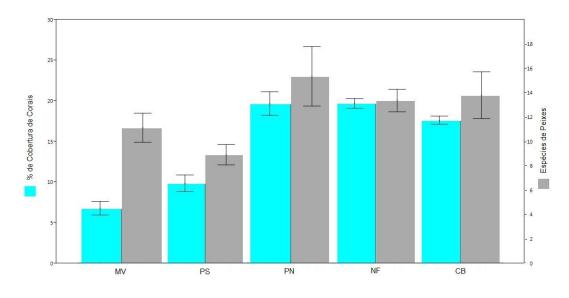


Figura 11 - Gráfico % de cobertura de corais e riqueza de espécies de peixes em cada sítio amostrado. Verifica-se que os sítios MV e PS que apresentaram menor cobertura de corais, também apresentam menor número de espécies de peixes recifais.

#### Discussão

A grande vantagem do sistema de captura de imagem e da medida digital e precisa da rugosidade é o funcionamento simultâneo em uma única passada sobre o recife de corais. Enquanto uma câmera filma o fundo a uma distancia vertical fixa, garantida pelo comprimento da haste de PVC perpendicular à superfície do recife, a outra câmera, voltada para frente do deslocamento do mergulhador e paralela ao fundo, captura a imagem dos peixes que estão no caminho e que posteriormente podem ser contados e identificados por espécie. Nessa mesma passada do artefato, a sonda multiparâmetros digital registra com precisão as variações de pressão que serão analisadas e transformadas em medidas de profundidade desenhando o fundo marinho. Esse procedimento mostrou-se muito produtivo pela possibilidade de operação por apenas um mergulhador e economizou bastante tempo de mergulho pela simplicidade de execução e bons resultados. Dessa forma, um mergulhador auxiliar fica responsável apenas por captura externa de imagens, auxilio na extensão da trena graduada e apoio na operação de mergulho.

A diferença na complexidade dos recifes da região dos Abrolhos, aqui avaliada com base na rugosidade, cobertura de coral e riqueza de peixes em diferentes sítios, indicou que as formações recifais são distintas entre o sul e o norte da ilha de Santa Barbara. Vários mecanismos buscam solucionar a questão de como a complexidade estrutural dos recifes se relaciona com a diversidade de organismos. Aspectos como: disputa por espaços, áreas de alimentação, refúgio e reprodução são amplamente estudados e tentam compreender como cada um desses fatores interfere mais ou menos na composição do ambiente recifal. Essas relações são complexas e estarão sempre, de algum modo, interligadas. Isolar e avaliar um único aspecto, como no caso da rugosidade nesse trabalho, ajuda a compreender um importante componente, mas certamente não dará todas as respostas esperadas sobre o assunto. Nos mergulhos realizados verificou-se, por vezes, grandes cardumes pairando sobre áreas aparentemente sem maiores atrativos. Com o tempo de

observação, foi percebido que alguns comportamentos estavam associados, possivelmente, a presença de predadores de topo como as barracudas, na área do CB, ou badejos em áreas mais profundas do Portinho Norte e Norte Farol. Algumas rochas isoladas no fundo arenoso, serviam de estação de limpeza para peixes maiores e tartarugas e reuniam uma grande quantidade de peixes limpadores de menor porte, camarões palhaço e outros organismos. Grandes extensões de grama marinha na face norte, principalmente no sítio PN, eram visitadas por tartarugas e algumas espécies de peixes pastadores. Outra infinidade de pequenos organismos, moluscos, camarões, pareciam fixados a grama marinha exercendo suas atividades de alimentação, reprodução, limpeza e abrigo contra maiores predadores.

Na avaliação dos locais amostrados, a região sul da Ilha de Santa Bárbara, que compreende os sítios de Portinho Sul (PS) e Mato Verde (MV) foram as que apresentaram os menores valores médios de coberturas de corais, Portinho Sul (PS):  $9.83 \pm 1.56$  e Mato verde (MV):  $6.75 \pm 1.27$  e de riqueza de espécies de peixes; Portinho Sul (PS):  $8.88 \pm 1.27$  e Mato Verde (MV):  $11.12 \pm 1.83$  (Fig.11). Quando o sítio MV é retirado da análise, os valores para  $r^2 = 0.9104$  e p = 0.0458.

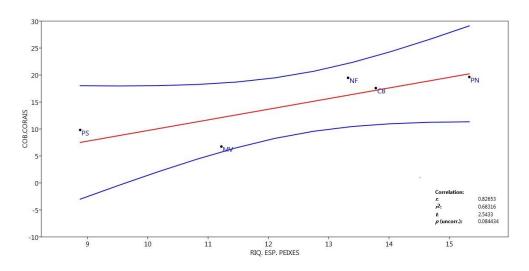


Figura 12 - Gráfico de correlação entre valores médios de cobertura de corais e riqueza de espécies de peixes para todos os sítios amostrados. Índice de correlação r2=68,32% e p=0,0844. Os sítios MV e PS apresentam os menores índices de cobertura e riqueza de peixes.

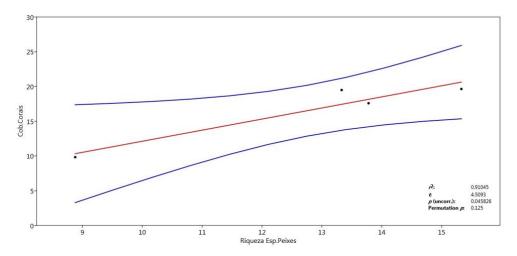


Figura 13 - Gráfico de correlação entre valores médios de cobertura de corais e riqueza de espécies de peixes sem o sítio MV (r2 = 0.9104 e p = 0.0458).

A face sul da ilha é a região onde se encontram as mais baixas profundidades, alta luminosidade, o que inibe o crescimento de determinadas espécies de corais, e está sujeita as variações das marés. É possível verificar uma grande quantidade de colônias de corais mortos. Diferentemente de outras regiões da ilha principal do arquipélago, não são encontradas em grande quantidade, grandes colônias do coral *Mussismilia braziliensis*, espécie que junto com a *Millepora alcicornis e as algas coralinas* são os principais construtores dos recifes ao redor das ilhas (Leão, 2004). Apesar da maioria das colônias de *Mussismilia braziliensis* (MB) vistas no (PS) 57,24 ± 2,45% e (MV), 61,25 ± 1,73% apresentarem diâmetro maior que 20 cm, o número total de colônias é inferior a outras regiões. A predominância de colônias maciças no recife diminuem sua rugosidade (Fig.12), torna menor o número de habitat específicos para pequenas espécies que vivem nas reentrâncias e diminui a abundância e riqueza de peixes recifais (Darling et al., 2017b).



Figura 14 - Rugosidade do recife representada pelas linhas vermelhas que contornam cada estrutura de coral de forma única. Adaptado de (Richardson, Graham, & Hoey, 2017).

Outro aspecto que provavelmente interfere na abundância de peixes na região é o fato de que o Portinho Sul e o Mato Verde são diariamente visitados por mergulhadores SCUBA das operadoras autorizadas a realizar turismo submarino na ilha. Durante a realização desse trabalho, por diversas ocasiões, entre três a quatros barcos com mergulhadores estavam operando na área. Levando em consideração que cada barco leva aproximadamente dez mergulhadores à água por vez, o número de pessoas com real potencial de impacto sobre os corais e peixes recifais da região é muito elevado. Segundo (Spanó et al., 2008) as regiões associadas ao lado sul da Ilha de Santa Bárbara apresentam os maiores impactos causados pela atividade de mergulho e atracação de embarcações. Após a implantação das poitas de amarração, o problema da atracação de barcos acabou, mas a atividade de mergulho na região mais protegida da ilha dos ventos e ondas aumentou significativamente.

Para os sítios do Portinho Norte (PN), Norte Farol (NF) e algumas regiões de profundidades específicas do Canal da Barracuda (CB), a avaliação dos resultados encontrados é bastante semelhante. Todos os sítios descritos apresentam como característica de formação um recife edificado sobre grandes rochas basálticas em blocos isolados no leito marinho ou empilhadas, com diferenças de profundidades e contornos bem acentuados e irregulares. Essas

características são bem distintas das encontradas na face sul da ilha principal, onde os grandes platôs recifais dominam a paisagem. Na face norte, os ventos predominantes são de nordeste/leste e a ondulação e arrebentação das ondas na praia é mais intensa. Quanto à cobertura de corais e riqueza de espécies de peixes dessas regiões, os resultados das análises mostram que: para cobertura viva de corais: Portinho Norte (PN): 19,64 ± 2,23; Norte farol (NF): 19,49 ± 0,81; Canal da Barracuda (CB): 17,59 ± 0,76 apresentaram respectivamente os maiores valores. Na análise da riqueza de espécies: Porto norte (PN): 15,33 ± 3,74; Norte farol (NF): 13,32 ± 3,74; Canal da Barracuda (CB): 13,78 ± 2,95. (Fig.15)

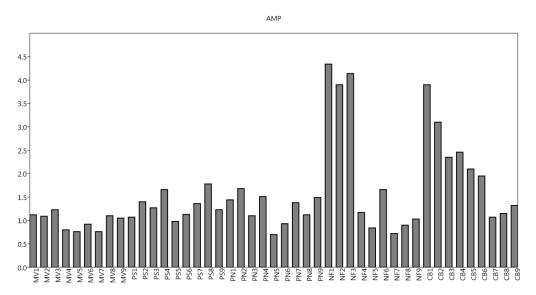


Figura 15 - Gráfico de amplitudes das profundidades encontradas em cada região estudada.

Na face norte, a quantidade de espécies de corais e o tamanho médio das colônias de *Mussismilia braziliensis* (MB > 20cm) também foram superiores aos valores encontrados nos sítios da face sul. Associado a isso, grandes áreas com fundo de areia e gramas marinhas completam a descrição do ambiente. Observações realizadas durante os mergulhos mostraram a presença de grandes cardumes de peixes pastadores, como os bodiões e peixes predadores de topo, garoupas, badejos, maiores em tamanho e em abundancia quando comparados com os números encontrados na face sul da ilha. Levando em consideração os resultados encontrados, um entendimento claro de quais

propriedades estruturais seria mais favorável a maiores valores de riqueza de espécies de peixes ainda é pouco compreendido.

De um modo geral, quando os gráficos de número de colônias de corais e riqueza de espécies de peixes que avaliam transecto a transecto em cada sitio amostrado são analisados, verifica-se em todos eles, com maior ou menor grau de interferência, correlações positivas entre as variáveis analisadas. Comparando os valores obtidos no PS e MV, percebe-se que mesmo com uma cobertura menor de corais no sítio MV quando comparado ao sítio PS, existe uma inversão na riqueza de peixes o que reforça a ideia de que outros fatores são tão ou mais importantes para a presença de peixes nessa região do que simplesmente a rugosidade. Ao eliminar o sítio MV das análises de correlação, tem-se os seguintes resultados: (Fig. 16 e 17)

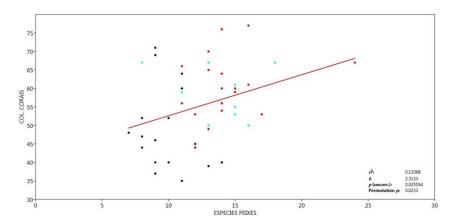


Figura 16 - Gráfico da relação entre riqueza de colônias de corais e espécies de peixes para todos os sítios amostrados. r2 = 0.2343 p = 0.0027

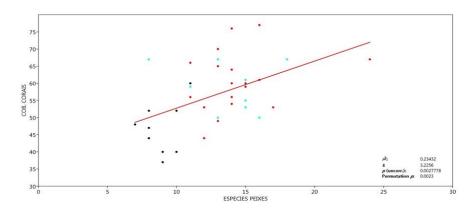


Figura 17 - Gráfico da relação entre riqueza de colônias de corais e espécies de peixes para todos os sítios amostrados exceto MV (Mato Verde) .  $r2=0.2343\ p=0.0027$ 

O desafio em entender as associações específicas de espécies à estrutura tridimensional do recife reside na dificuldade de medir a complexidade estrutural do habitat, um conceito que engloba múltiplos fatores ao longo de uma série de escalas que são exploradas diferentemente por espécies (Richardson, Graham, & Hoey, 2017).

Fazendo uma análise mais detalhada nos aspectos geológicos e bióticos associados aos recifes, é possível afirmar que o arranjo espacial e os padrões de crescimento, bem como as interações bióticas e abióticas das espécies de organismos que o compõem determinarão a complexidade estrutural dos habitat ao longo do tempo (Richardson *et al.*, 2017). Ainda segundo esses autores, uma varieriedade de dimensões na estrutura de um recife resulta em ambientes mais diversificados e complexos, possibilitando o estabelecimento de um numero maior de espécies de organismos. Em recifes de corais existe uma grande competição por espaços. Diferentes associações de organismos formam diferentes habitat que acomodam uma grande variedade de atividades. Esses espaços são explorados diferencialmente pelas espécies de peixes, dificultando a compreensão do quanto essas estruturas influenciam no comportamento dos mesmos. O somatório dessas atividades é de suma importância para a manutenção da vida nesses ambientes (González-Rivero et al., 2017).



Figura 18 - Ilustração mostrando os diferentes fatores que representam a complexidade morfológica (rugosidade) e a complexidade de habitat.

#### Conclusão

Diversos estudos apresentam relação entre a complexidade estrutural e os diferentes benefícios ou componentes da comunidade de peixes recifais. Tanto os ambientes mais complexos estruturalmente quanto os mais simples desempenham seu papel na seletividade do habitat. Verificou-se que algumas espécies de peixes ocorreram tanto em ambientes com maior complexidade estrutural quanto em ambiente complexidade estrutural menor. É possível que algumas prefiram a facilidade dos benefícios de alimentação ou corte, por exemplo, na escolha do local à complexidade estrutural.

Foram observadas 12 espécies de corais e 26 espécies de peixes ao avaliar os 60 vídeos realizados em um recife marginal de alta complexidade estrutural. Estabelecer uma relação entre a rugosidade do recife, em sua complexidade de habitat, e a diversidade de organismos encontrados é tarefa difícil quando apenas um fator é avaliado. Entender os aspectos das interações espécie/estrutura requer a análise de um número de variáveis superior às estudadas nesse trabalho.

#### Referências

- Darling, E. S., Graham, N. A. J., Januchowski-Hartley, F. A., Nash, K. L., Pratchett, M. S., & Wilson, S. K. (2017a). Relationships between structural complexity, coral traits, and reef fish assemblages. *Coral Reefs*, *36*(2), 561–575. https://doi.org/10.1007/s00338-017-1539-z.
- Darling, E. S., Graham, N. A. J., Januchowski-Hartley, F. A., Nash, K. L., Pratchett, M. S., & Wilson, S. K. (2017b). Relationships between structural complexity, coral traits, and reef fish assemblages. *Coral Reefs*, *36*(2), 561–575. https://doi.org/10.1007/s00338-017-1539-z.
- Ferrari, R., McKinnon, D., He, H., Smith, R. N., Corke, P., González-Rivero, M., ... Upcroft, B. (2016). Quantifying multiscale habitat structural complexity: A cost-effective framework for underwater 3D modelling. *Remote Sensing*, 8(2). https://doi.org/10.3390/rs8020113.
- González-Rivero et al,. (2017). Linking fishes to multiple metrics of coral reef structural complexity using three-dimensional technology. *Scientific Reports*. https://doi.org/10.1038/s41598-017-14272-5.
- Holbrook, S. J., Schmitt, R. J., Messmer, V., Brooks, A. J., Srinivasan, M., Munday, P. L., & Jones, G. P. (2015). Reef Fishes in Biodiversity Hotspots Are at Greatest Risk from Loss of Coral Species, 1–12. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0124054.
- Leão, Z. M. A. N.; Kikuchi, R. K. P. A relic coral fauna threatened by global changes an human activities, Eastern Brazil. Marine Pollution Bulletin, v. 51, p. 599-611, 2005.
- Leao, Z., & Kikuchi, R. (2008). Diagnóstico do estado de conservação dos recifes em franja do Parque Nacional Marinho dos Abrolhos, (December 2013).
- Leão, Z. M. A. N. (1994). Os recifes de coral do sul da Bahia. *Corais Do Sul Da Bahia*, (December 2013), 151–160.
- Richardson, L. E., Graham, N. A. J., & Hoey, A. S. (2017). Cross-scale habitat structure driven by coral species composition on tropical reefs. *Scientific Reports*, 7(1), 1–11. https://doi.org/10.1038/s41598-017-08109-4.
- Richardson, L. E., Graham, N. A. J., Pratchett, M. S., & Hoey, A. S. (2017). Structural complexity mediates functional structure of reef fish assemblages among coral habitats. *Environmental Biology of Fishes*.

https://doi.org/10.1007/s10641-016-0571-0.

Spanó, S., Leão, Z. M. A. N., & Kikuchi, R. K. P. (2008). Diagnóstico do estado de conservação dos recifes em franja do Parque Nacional Marinho dos Abrolhos. *OLAM Ciência & Tecnologia*, *8*(2), 245–274. Retrieved from http://scholar.google.com/scholar?hl=en&btnG=Search&q=intitle:No+Title# 0%5Cnhttp://www.researchgate.net/publication/259287157\_Diagnstico\_do \_estado\_de\_conservao\_dos\_recifes\_em\_franja\_do\_Parque\_Nacional\_Mar inho\_dos\_Abrolhos/file/9c96052ab86d8651f6.pdf.