



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA  
CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS  
DEPARTAMENTO DE ECOLOGIA E ZOOLOGIA

ISADORA CORD PESSOA FERREIRA

**ECOLOGIA TRÓFICA DO PEIXE-BORBOLETA  
*CHAETODON OCELLATUS* NO ATOL DAS ROCAS**

Florianópolis

2018

ISADORA CORD PESSOA FERREIRA

**ECOLOGIA TRÓFICA DO PEIXE-BORBOLETA  
*CHAETODON OCELLATUS* NO ATOL DAS ROCAS**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao curso de Ciências Biológicas da Universidade Federal de Santa Catarina como requisito para obtenção do grau de Bacharela em Ciências Biológicas.

Orientador: Prof. Dr. Sergio Ricardo Floeter

Co-orientador: MSc. Lucas Nunes Teixeira

Florianópolis

2018

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,  
através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária da UFSC.

Ferreira, Isadora Cord Pessoa  
Ecologia Trófica do Peixe-borboleta *Chaetodon ocellatus*  
no Atol das Rocas / Isadora Cord Pessoa Ferreira;  
orientador, Sergio Ricardo Floeter, coorientador, Lucas  
Nunes Teixeira, 2018.

23 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) -  
Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de  
Ciências Biológicas, Graduação em Ciências  
Biológicas, Florianópolis, 2018.

Inclui referências

1. Ciências Biológicas. 2. Chaetodontidae. 3.  
comportamento alimentar. 4. dieta. 5. isótopos  
estáveis.. I. Floeter, Sergio Ricardo. II. Teixeira  
Lucas Nunes. III. Universidade Federal de Santa  
Catarina. Graduação em Ciências Biológicas. IV. Título.

Isadora Cord Pessoa Ferreira

**ECOLOGIA TRÓFICA DO PEIXE-BORBOLETA  
*CHAETODON OCELLATUS* NO ATOL DAS ROCAS**

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi apresentado à disciplina BIO7016 – Trabalho de Conclusão de Curso II, para a obtenção do título de Bacharela em Ciências Biológicas, junto ao Centro de Ciências Biológicas da UFSC.

---

Prof<sup>a</sup>. Dra. Andrea Marrero  
Coordenadora do Curso

**Orientadores:**

---

Prof. Dr. Sergio R. Floeter  
Orientador  
ECZ/UFSC

---

MSc. Lucas Nunes Teixeira  
Co-orientador  
PPG Ecologia/UFSC

**Banca Examinadora:**

---

Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Bárbara Segal Ramos  
ECZ/UFSC

---

Prof. Dr. Renato Hajenius  
Achê de Freitas  
ECZ/UFSC

---

Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Ana Maria Rubini Liedke  
ENS/UFSC

Florianópolis, 29 de novembro de 2018.



Este trabalho é dedicado aos meus avós (oma, opa, vó e vô).



## AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar, à minha mãe, Denise, e ao meu pai, Emerson, por tudo. Vocês são as pessoas mais importantes da minha vida. Em seguida, à minha família (oma, opa, vó, vô, tias, tios, irmãos, primas e primos), sem vocês eu não poderia ser quem sou.

Ao meu orientador, Sergio, por ter me recebido no laboratório da melhor forma possível (com infinitos livros, artigos e documentários para recomendar), e por ser um grande exemplo, não apenas no âmbito da pesquisa. Ao meu co-orientador, Lucas, por ter me ensinado tanto em tão pouco tempo, pela paciência e por constantemente me provar que tudo pode ser melhorado. No fim, a sua maestria tecnológica se sobressaiu à bizarrice do meu computador! (vírus.)

Aos pesquisadores que realizaram as coletas utilizadas neste trabalho: Ana Liedke, Jarian Dantas, Lucas Nunes, Renan Ozekoski e Thiago Mendes. Aos colegas do LBMM, pelos momentos de seriedade e também de descontração. Um “muito obrigada” especial à Débora, que me iniciou na arte do Photoquad. À Clarissa Teixeira e Luiza Pereira, pelo apoio essencial na parte dos isótopos, vocês são sensacionais!

À Barbara Segal e Karla Scherer por disponibilizarem seus laboratórios, pelo suporte com materiais dos quais não dispúnhamos e pelo apoio em diversos momentos.

Às melhores amigas do mundo (okiver, com menção honrosa à “conexão” etc), à minha segunda família (shomer) e à galera da bio (atlética&agregados e 14.1). Agradeço a vocês não apenas pelas incontáveis risadas, pelos barzinhos, praias e viagens (às vezes sem sair do lugar), mas pelos papos cabeça, pelas críticas e puxões de orelha, que me ajudaram a crescer durante todos esses anos.

A todos os meus professores e às minhas professoras, do NDI até a graduação.

Ao Alberto Lindner e João “Montanha” Doria, os primeiros avaliadores deste trabalho, ainda na fase de projeto. Ao Edson “Chuck” Faria Jr., por me introduzir no mundo mágico do mergulho, por ter sido um grande amigo desde o início da minha graduação, e uma inspiração para mim.

E, finalmente, à banca avaliadora: Ana Liedke, Bárbara Segal e Renato Freitas. Muito obrigada por terem aceitado avaliar este trabalho, e me ajudar neste momento tão importante da minha caminhada na biologia.

Ao Programa de Monitoramento de Longa Duração das Comunidades Recifais de Ilhas Oceânicas (PELD) e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Pesquisa (CNPQ) pela bolsa concedida.





## RESUMO

Estudar a ecologia trófica dos animais é importante para estabelecer ligações entre diversos aspectos que tangem a biologia das espécies e sua relação com o meio. O comportamento alimentar e a dieta são aspectos cruciais, envolvidos na distribuição das espécies no globo e padrão de ocorrência no ambiente, seu papel funcional no ecossistema e na estrutura das comunidades. Além disso, tais estudos proporcionam conhecimentos necessários para a conservação dos ecossistemas, como por exemplo os ambientes recifais. O comportamento alimentar dos peixes-borboleta (Família Chaetodontidae) é bem documentado para as regiões do Indo-Pacífico, Mar Vermelho e Caribe, enquanto ainda existem aspectos desconhecidos acerca de algumas espécies do Oceano Atlântico. *Chaetodon ocellatus* é uma espécie restrita ao Atlântico, onde ocorre da costa dos Estados Unidos até o Espírito Santo. Neste trabalho foram abordados os três níveis da ecologia trófica da espécie, avaliando seu forrageamento, dieta e assimilação de nutrientes, no Atol das Rocas. Esta abordagem integrativa revelou-se importante, pois os resultados obtidos mostraram diferenças entre a seletividade de micro-habitats de forrageamento e a dieta. A análise isotópica de átomos de carbono-13 e nitrogênio-15 demonstrou que *C. ocellatus* encontra-se em um nível trófico baixo, o que corrobora com os resultados encontrados para a dieta (com >80% do volume do conteúdo estomacal composto pelo zoantídeo *Zoanthus sociatus*). A espécie possui hábitos alimentares especialistas, o que a diferencia dos demais peixes-borboleta do gênero *Chaetodon* do Atlântico, que são generalistas.

**Palavras-chave:** Atlântico, Chaetodontidae, comportamento alimentar, dieta, isótopos estáveis



## ABSTRACT

Animal's trophic ecology is an important subject, as it helps establishing connections between various aspects of species' biology and it's relation to the environment. Feeding behavior and diet are crucial features, involved in species distribution and occurrence pattern in the environment, their functional role in the ecosystem and also in communities' structure. Moreover, these studies provide necessary knowledge to the conservation of natural environments, such as reef ecosystems. The feeding behavior of butterflyfishes (Chaetodontidae family) is well documented in the Indo-Pacific, Red Sea and Caribbean regions, meanwhile there are currently unknown aspects when it comes to some chaetodontids of the Atlantic Ocean. *Chaetodon ocellatus*' distribution is restricted to the Atlantic, where it occurs from the coast of the United States till the state of Espirito Santo, Brazil. In this study the three levels of the species' trophic ecology were assessed, that being it's foraging behavior, diet and nutrient assimilation. This integrative approach bared great importance, due to the differences found between the selectivity of foraging micro-habitats and the species' diet. The isotopic analysis of atoms of carbon-13 and nitrogen-15 demonstrated that *C. ocellatus* belongs to a low trophic level, what corroborates with the results found for the diet (>80% of the volume was composed by the zoanthid *Zoanthus sociatus*). *C. ocellatus* is a specialist, differently from the other butterflyfishes of the genus *Chaetodon* of the Atlantic, which are generalists.

**Key-words:** Atlantic, Chaetodontidae, feeding behavior, diet, stable isotopes



## LISTA DE FIGURAS

- Figura 1** – A) Filogenia das quatro espécies do subgênero *Chaetodon* que ocorrem no Novo Mundo (imagem adaptada de BELLWOOD et al., 2010); B) Indivíduo de *C. ocellatus* no Atol das Rocas (foto: Lucas Nunes). .....19
- Figura 2** – Mapa do Atol das Rocas. Piscinas fechadas estão em azul-escuro, e piscinas abertas em azul-claro. Asteriscos verdes representam locais onde houve coleta de indivíduos para o estudo da dieta, e asteriscos cor-de-rosa piscinas onde houve amostragem de forrageamento (imagem adaptada de LONGO et al., 2015)......21
- Figura 3** - Material utilizado para mensurar o volume dos itens alimentares (imagem: Miguel Hall)......24
- Figura 4** - Representações gráficas da porcentagem de cobertura de cada substrato (A), do número de mordidas observado em três minutos para cada substrato (B) e do índice de seletividade de Ivlev (C), nas piscinas abertas e fechadas. ....28
- Figura 5** - A. Dispersão de pontos do volume (círculos cor-de-rosa) dos principais itens alimentares na dieta de *C. ocellatus* e sua respectiva importância para a dieta (linha azul), calculada através do índice de importância alimentar (%IAi). Losangos pretos com linha representam a média  $\pm$  erro-padrão. B. Análise de coordenadas principais (PCoA) dos itens alimentares presentes no conteúdo estomacal dos 32 indivíduos de *C. ocellatus*. Círculos azuis representam os peixes coletados no ano de 2013, círculos verdes representam o ano de 2016, e círculos lilás o ano de 2017. ....29
- Figura 6** - Análise isotópica de carbono-13 e nitrogênio-15. Quadrados vermelhos representam os 5 indivíduos de *C. striatus*, coletados em Arraial do Cabo, em 2018. Triângulos azuis representam os 10 indivíduos de *C. ocellatus*, coletados em 2017 no Atol das Rocas, e também utilizados na análise do conteúdo estomacal (Imagem adaptada de Scott Patridge). .....30



## **LISTA DE TABELAS**

<b>Tabela 1</b> - Itens encontrados no conteúdo estomacal de <i>Chaetodon ocellatus</i> nos anos de 2013, 2016 e 2017, com seus respectivos: Frequência de Ocorrência (%FO), Volume (%V) e Índice de Importância Alimentar (%IAi) .....	27
---	----





## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	17
<b>2. OBJETIVOS</b> .....	19
Objetivo geral .....	19
Objetivos específicos .....	19
<b>4. MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	20
Área de estudo e procedimentos de campo .....	20
Procedimentos laboratoriais .....	22
Análises estatísticas .....	25
<b>5. RESULTADOS</b> .....	25
<b>6. DISCUSSÃO</b> .....	31
<b>7. CONCLUSÃO</b> .....	34
<b>8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	35



## 1. INTRODUÇÃO

---

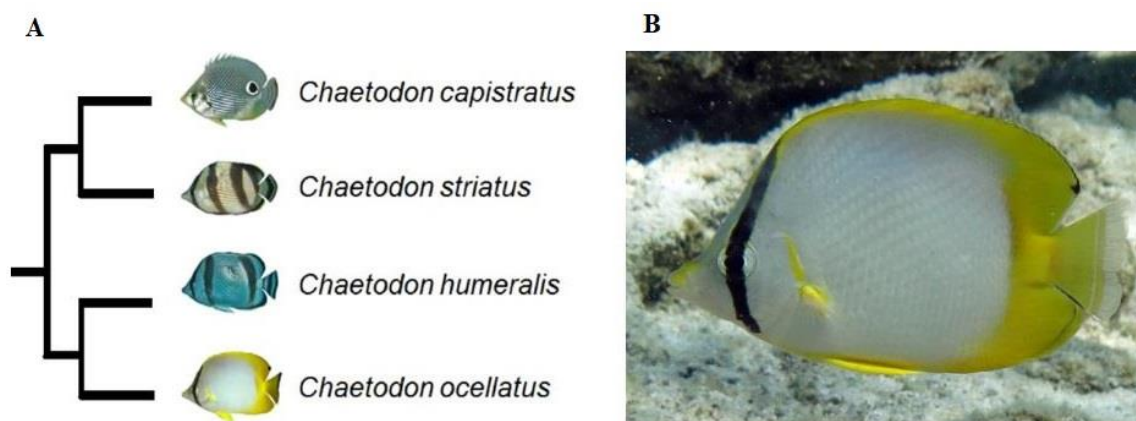
O forrageamento é uma atividade de extrema importância para os animais e um aspecto primordial em todos os âmbitos de sua ecologia. É através da alimentação que os organismos heterotróficos adquirem a energia necessária para crescer, se desenvolver e desempenhar suas funções ecológicas (GERKING, 2014). Estudos de ecologia trófica buscam esclarecer a dinâmica de transferência energética e as relações alimentares que ocorrem nos ambientes naturais, abordando comportamento alimentar, dieta e assimilação de nutrientes (GERKING, 2014). Tendo em vista a centralidade desta questão, estudos de comportamento alimentar e dieta são cruciais para melhor entender os fatores que compõe as dinâmicas populacionais e a estrutura das comunidades, assim como diversas características das espécies (HUGHES, 1989; KREBS, 1989).

Muitos são os trabalhos que abordam um ou mais aspectos da ecologia trófica dos animais, sejam eles mais específicos, centrados em uma ou poucas espécies (e.g. TRENCH, 1974; BONALDO et al., 2005), estudos que abordem teias complexas e a relação entre os hábitos alimentares dos animais e seu habitat (e.g. SCHOENER, 1974; ROSS, 1986), ou até mesmo investigações acerca de processos de cascatas tróficas em ecossistemas (e.g. HEBBLEWHITE, 2005). Independentemente da abordagem utilizada, estudos de comportamento alimentar e dieta ajudam a melhor entender a distribuição das espécies no globo, seu padrão de ocorrência no ambiente (HOEY et al., 2013), seu papel no ecossistema (HUTCHINSON, 1959; BERUMEN et al., 2005) e na estrutura da comunidade (HOPKINS et al., 1988; BULMAN et al., 2002;), além de proporcionar conhecimentos necessários para conservação de ambientes naturais, como os recifes (GREEN & BELLWOOD, 2009; ADAM et al., 2015).

Os ambientes recifais são ecossistemas extremamente diversos (CONSTANZA et al., 1997), onde milhares de espécies exercem distintas funções ecossistêmicas (D'AGATA et al., 2016). Uma das famílias de peixes mais características destes ambientes é Chaetodontidae (FLOETER et al., 2018), bastante estudada neste contexto por sua íntima relação com os corais escleractíneos (e.g. HARMELIN-VIVIEN & BOUCHON-NAVARO, 1983; COX, 1991; PRATCHETT, 2005; PRATCHETT et al., 2006; BERUMEN & PRATCHETT, 2008). Estes corais figuram entre os principais componentes dos recifes do Indo-Pacífico e Mar Vermelho, onde ocorrem 90% das cerca de 130 espécies que compõe a família Chaetodontidae (KUITER, 2002; NELSON et al., 2016). A maioria dos estudos que aborda esta família foi realizada no Indo-Pacífico (e.g.

HIATT & STRASBURG, 1960; REESE, 1975; BOUCHON-NAVARO, 1986; ZEKERIA et al., 2005; BERUMEN & PRATCHETT, 2008; BLOWES et al., 2017; MONTANARI et al., 2017), onde há maior diversidade de espécies de Chaetodontidae, enquanto há ainda uma lacuna no conhecimento quanto a diversos aspectos da biologia e ecologia dos peixes-borboleta do Oceano Atlântico. Algumas das características dos peixes-borboleta que os tornam uma das famílias de peixes recifais mais bem estudadas (BELLWOOD et al., 2010) são sua conspicuidade no ambiente recifal, abundância de cores, padrões exuberantes e forma corporal singular, que chamam a atenção dos observadores, além da ampla gama de funções ecológicas que podem desempenhar (ALLEN et al., 1998; CRAIG et al., 2010). Os peixes da família Chaetodontidae apresentam quatro principais hábitos alimentares: comedores de invertebrados bentônicos/ generalistas, coralívoros obrigatórios, coralívoros facultativo e planctívoros (COLE & PRATCHETT, 2014). Algumas espécies apresentam maior plasticidade na escolha de suas presas, então dentro de uma mesma guilda pode haver flexibilidade entre espécies consideradas “especialistas” e “generalistas” (PRATCHETT, 2005).

No Brasil há seis espécies de peixes-borboleta, três do gênero *Chaetodon* e três *Prognathodes*. Dentre essas, a espécie *Chaetodon ocellatus* (BLOCH, 1878), popularmente conhecida como “Bicudinha”, “Jandaia” ou “Caco-de-prato” (FROESE & PAULY, 2018), (**Figura 1, “B”**) é uma das quatro espécies do subgênero *Chaetodon* (**Figura 1, “A”**) com distribuição restrita ao Novo Mundo, juntamente com *Chaetodon humeralis* (sua espécie-irmã, que ocorre no Oceano Pacífico Tropical), *C. capistratus* e *C. striatus*, as quais também ocorrem no Oceano Atlântico Ocidental.



**Figura 1** – A) Filogenia das quatro espécies do subgênero Chaetodon que ocorrem no Novo Mundo (imagem adaptada de BELLWOOD et al., 2010); B) Indivíduo de *C. ocellatus* no Atol das Rocas (foto: Lucas Nunes).

*Chaetodon ocellatus* é uma espécie que habita recifes desde o litoral de Massachusetts, nos Estados Unidos, até o Nordeste do Brasil. Há escassos registros de indivíduos em distribuições mais amplas, tendo como limite ao Norte o Canadá e ao sul ao Rio de Janeiro, em sua maioria juvenis e sem populações estabelecidas (McBRIDE & ABLE, 1998; NUNES, 2013). Estes peixes estabelecem um território, onde permanecem a maior parte da sua vida (McBRIDE & ABLE, 1998). Assim como ocorre com algumas outras espécies de sua família, os indivíduos de *C. ocellatus* possuem uma faixa de coloração escura na linha dos olhos, e um ocelo preto na região posterior da nadadeira dorsal, mais visível em indivíduos jovens, que pode ser utilizado para confundir predadores (NELSON, 2006). Atualmente já existem alguns trabalhos que mencionam aspectos da ecologia de *C. ocellatus* (PITTS, 1991; NUNES, 2013), mas nenhum que tenha abordado integralmente a ecologia trófica da espécie.

## 2. OBJETIVOS

---

### Objetivo geral

Descrever o forrageamento, a dieta e assimilação de nutrientes de *C. ocellatus* no Atol das Rocas.

### Objetivos específicos

- Comparar o forrageamento e a dieta da espécie, com base nas proporções de micro-habitats (tipos de substratos recifais) utilizados para forrageio e os itens ingeridos pelos indivíduos.

- Calcular a taxa de mordidas por minuto dos indivíduos *C. ocellatus* no substrato recifal.
- Classificar a espécie em uma guilda trófica a partir dos resultados da análise do conteúdo estomacal, e relacionar à assimilação de nutrientes através da análise de isótopos estáveis.
- Investigar eventuais diferenças na ecologia trófica da espécie nos três anos estudados e entre as piscinas amostradas no Atol das Rocas.

### 3. PERGUNTAS E HIPÓTESES

---

1. Quais são os substratos selecionados por *C. ocellatus* para forrageio, e estes correspondem aos substratos onde vivem os itens de maior importância na dieta da espécie?

A hipótese é que os indivíduos terão preferência por micro-habitats onde possam buscar invertebrados sésseis. Apesar de serem observados forrageando preferencialmente em determinados substratos, acredita-se que os indivíduos podem estar buscando itens específicos, os quais podem ser imperceptíveis pelo método utilizado durante a amostragem.

2. Há diferença entre o forrageamento e a dieta da espécie em piscinas abertas e fechadas do Atol das Rocas?

As comunidades bentônicas das piscinas abertas e fechadas do Atol das Rocas são distintas (FONSECA et al., 2012; LONGO et al., 2015), o que leva à hipótese de que esta diferença na disponibilidade de substratos influencie a preferência dos indivíduos por determinados substratos.

3. Há diferença na dieta da espécie nos três anos analisados?

A hipótese é que não haverá diferença significativa na dieta entre os anos.

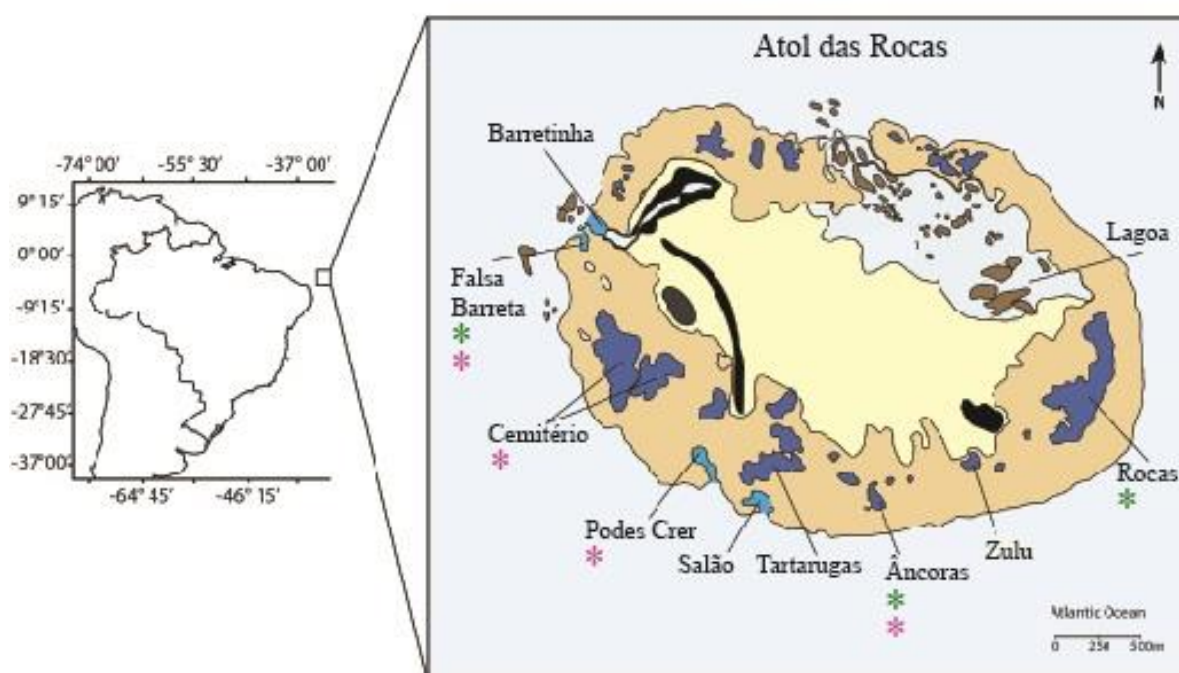
### 4. MATERIAL E MÉTODOS

---

#### Área de estudo e procedimentos de campo

Localizado a 266 quilômetros da cidade de Natal (RN), NE, Brasil, o Atol das Rocas (31°51'S e 33°49'O WGS85) (**Figura 2**) é um ambiente singular: o único atol do Atlântico Sul e a primeira Reserva Biológica Marinha do Brasil. Esta categoria foi

conferida pelo governo federal em 1979, e restringiu as atividades no local apenas para fins de pesquisa e educação (FISHER et al., 2007; FONSECA, 2012). O atol possui formato elipsoidal, com os eixos Leste - Oeste e Norte - Sul medindo respectivamente 3,7 e 2,5 quilômetros, ao redor de uma área de aproximadamente 360 km<sup>2</sup>, incluindo a parte submersa. O platô recifal possui área correspondente a 2,62 km<sup>2</sup>, e superfície composta por uma associação de algas coralíneas, foraminíferos e conchas de gastrópodes vermetídeos. Enquanto o anel recifal é formado predominantemente por uma espessa camada de algas coralíneas e corais, o que contrasta com os atóis encontrados no Indo-Pacífico, que são constituídos por corais hermatípicos (GHERARDI, 1995; KIKUCHI & LEÃO, 1997; GHERARDI & BOSENCE, 2001; FONSECA et al., 2012).



**Figura 2** – Mapa do Atol das Rocas. Piscinas fechadas estão em azul-escuro, e piscinas abertas em azul-claro. Asteriscos verdes representam locais onde houve coleta de indivíduos para o estudo da dieta, e asteriscos cor-de-rosa piscinas onde houve amostragem de forrageamento (imagem adaptada de LONGO et al., 2015).

Dentro das margens do atol figuram duas ilhas: Ilha do Farol e Ilha do Cemitério, as quais somam 7,2 km<sup>2</sup> de área emersa, e dezoito piscinas naturais, influenciadas em diferentes graus pelo regime de marés (KIKUCHI & LEÃO, 1997; ALMEIDA et al., 2000). Estas piscinas são classificadas como abertas (i.e. possuem uma conexão constante com o mar externo, mesmo durante a maré baixa) ou fechadas (i.e. sem



conexão com o ambiente externo do atol quando na maré baixa; LONGO et al., 2015). Para avaliar o forrageamento (seletividade e taxa de mordidas) de *C. ocellatus* foram amostradas as piscinas fechadas: Âncoras e Cemitério, e as piscinas abertas: Podes Crer e Falsa Barreta no ano de 2017. Para qualificar e quantificar a dieta foram amostradas as piscinas fechadas: Rocas e Âncoras, e a piscina aberta: Falsa Barreta.

As amostragens para o estudo de forrageamento foram realizadas durante o dia (entre 8h e 15h), através do método animal focal (LEHNER, 1996). No total, 20 indivíduos de *C. ocellatus* foram seguidos, em mergulho livre, durante três minutos, a uma distância mínima de 2 metros (BIRKELAND & NEUDECKER, 1981) e profundidade máxima de 4 metros. Para cada indivíduo foi contabilizado o número de mordidas e o substrato onde estas ocorreram.

Ao final dos três minutos de observação, para cada indivíduo foram tiradas cinco fotografias do substrato, próximas ao local onde foi dada a última mordida.

Foram utilizados dados da literatura (NUNES, 2013) para a dieta de 12 indivíduos coletados em 2013. Além disso, foram coletados 10 indivíduos em 2016 e 10 em 2017 para a análise do conteúdo estomacal. Deste total de 32 estômagos, sete pertenciam a indivíduos coletados em piscinas abertas, e 25 provém de piscinas fechadas. Os peixes foram coletados com arpão havaiano, em mergulho livre e após a coleta foram mantidos congelados para cessar ações enzimáticas danosas aos tecidos.

### **Procedimentos laboratoriais**

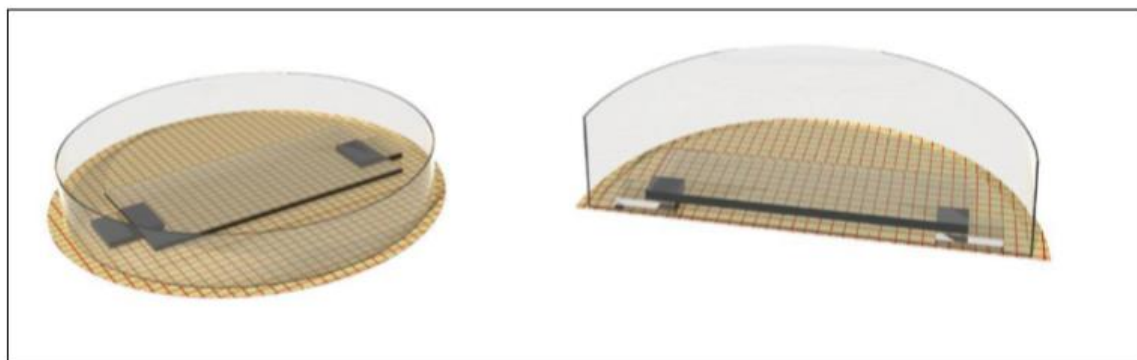
Para investigar a seletividade de microhabitats de forrageio foram analisados 69 fotoquadrados (PRESKITT et al., 2004) de 25 cm<sup>2</sup> cada, com o programa PhotoQuad. Em cada foto foram aleatoriamente dispostos 50 pontos, sob os quais o substrato foi identificado e categorizado nos seguintes grupos: MAE (matriz de algas epilíticas), CCA, Macroalga Foliácea, Macroalga Coriácea, Macroalga Filamentosa, Macroalga Calcária, Zoantharia, Cianofíceas, Scleractinia, Porífera, Sedimento e Outros. Desta forma, a proporção de cobertura bentônica de cada grupo corresponde ao número de pontos posicionados sobre esta categoria, dividido pelo total de pontos presentes nos fotoquadrados do tipo de piscina correspondentes (i.e. abertas e fechadas).

Os peixes coletados foram dissecados em laboratório, onde se obteve amostras de tecido muscular para análise isotópica, e os estômagos foram removidos e fixados em

formol 10%. Todo o conteúdo estomacal foi triado em placa de petri com microscópio estereoscópio, e identificado até o menor nível taxonômico possível. Os itens alimentares que não puderam ser identificados nesta etapa foram analisados com microscopia óptica, em busca de estruturas que identifiquem seu grupo taxonômico (e.g. nematocistos para o grupo Cnidaria). Itens alimentares que não apresentaram nenhuma estrutura que permitisse sua categorização foram denominados “indeterminado”, e materiais amorfos com a presença de estruturas celulares utilizadas para determinar mais de um grupo taxonômico foram classificados como “M.O.D.” (matéria orgânica digerida).

Após a separação do conteúdo estomacal em diferentes grupos, os itens alimentares foram mensurados volumetricamente com o uso de uma folha milimetrada disposta sobre uma placa de Petri, e uma lâmina entre duas lamínulas com 1 mm de espessura (**Figura 3**). Primeiramente retirou-se a maior quantidade possível de água do material, secando-o com papel-toalha. Este então retorna à placa milimetrada, onde é posicionado para que permaneça entre as duas lamínulas de um milímetro de espessura, fazendo com que cada quadrado da folha milimetrada ocupado pelo material equivalha a 1 mm<sup>3</sup> (LIEDKE et al., 2013).

Para a quantificação da dieta foram empregados os métodos Frequência de Ocorrência (%FO) e o método Volumétrico (%V). A Frequência de Ocorrência é determinada pela razão entre o número de indivíduos em que um determinado item alimentar ocorre e o número total de espécimes da amostra (HYNES, 1950; HYSLOP, 1980). O método Volumétrico (%V) relaciona o volume de cada item alimentar com a totalidade do volume de todos os itens encontrado no conteúdo estomacal (HYNES, 1950; HYSLOP, 1980). Cada item alimentar teve sua importância na dieta de *C. ocellatus* determinada por um índice de importância alimentar (“IAi”) (KAWAKAMI & VAZZOLER, 1980), o qual relaciona os métodos de Frequência de Ocorrência e Volumétrico.



**Figura 3** - Material utilizado para mensurar o volume dos itens alimentares (imagem: Miguel Hall).

Para investigar o nível trófico ao qual a espécie pertence, foi realizada uma análise de isótopos estáveis de carbono-13 e nitrogênio-15. Análises de isótopos estáveis baseiam-se no fato de que as proporções de isótopos presentes nos tecidos dos consumidores refletem as composições dos produtores primários, e estes refletem as características do ambiente em que ocorrem. Esta diferença na proporção dos isótopos é resultado de processos químicos, físicos e biológicos, e as proporções variam de forma previsível entre gradientes ambientais. Desta forma, organismos da mesma espécie, ou de grupos taxonômicos próximos, e que ocorrem no mesmo ambiente, costumam compartilhar uma “assinatura isotópica” (REICH & WORTHY, 2006).

Para a análise isotópica foram obtidas amostras de tecido muscular dos mesmos 10 indivíduos de *C. ocellatus* coletados no Atol das Rocas em 2017. Além disso, foram utilizadas amostras de 5 indivíduos de *C. striatus*, coletados em Arraial do Cabo em 2018 para comparação com uma espécie filogeneticamente próxima. As amostras de tecido muscular de cada um dos indivíduos foram desidratadas por 48h em estufa a 60 °C. Em seguida, os tecidos foram macerados até atingir a menor granulometria possível. Com a balança analítica de precisão “Sartorius Cubis” foram preparadas 15 cápsulas de estanho contendo as amostras de tecido macerado, com peso de  $0,649 \pm 0,007$  (média $\pm$ ep) miligramas. Este material foi encaminhado para análise no laboratório especializado do “Center for Stabilized Isotopes”, na Universidade do Novo México (EUA).

## Análises estatísticas

Para medir o nível de seletividade alimentar foi utilizado o índice de eletividade de Ivlev (IVLEV, 1961), o qual compara a disponibilidade de determinado item com sua respectiva utilização como recurso alimentar. Neste índice, a seletividade é calculada através da equação  $E_i = (r_i - p_i)/(r_i + p_i)$ , onde “ $r_i$ ” representa a proporção na qual o item alimentar “ $i$ ” foi consumido, e “ $p_i$ ” a proporção na qual este mesmo item encontra-se disponível no ambiente. Valores de “ $E_i$ ” entre 0 e 1 indicam preferência por este item, valores entre 0 e -1 apontam que os indivíduos evitam consumi-lo, e o valor “0” assinala que o item está sendo consumido na mesma proporção de sua disponibilidade no ambiente.

Para investigar as possíveis diferenças na dieta entre os indivíduos, piscinas abertas e fechadas e anos amostrados, foi realizada uma análise de coordenadas principais (PCoA) e uma posterior análise de variância multivariada permutacional (Permanova). Todas as análises supracitadas foram realizadas no programa R (R CORE TEAM, 2018).

## 5. RESULTADOS

---

Foram analisados 69 fotoquadrados para avaliar a composição do substrato bentônico do local de forrageio de *C. ocellatus*. Dentre eles, 39 (975 cm<sup>2</sup>) representaram as piscinas fechadas Âncoras e Cemitério, e 30 (750 cm<sup>2</sup>) as piscinas abertas Falsa Barreta e Podes Crer. Registrou-se 15 diferentes categorias de substrato (**Figura 4, “A”**), sendo que na categoria “Outros” constam peixes e aparatos utilizados pelos pesquisadores para as marcações dos fotoquadrados que acidentalmente apareceram nas fotos. A categoria “Sedimento”, composta por areia e detritos inorgânicos, foi a mais representativa dentre as piscinas abertas. Nas piscinas fechadas, matriz algal epilítica (MAE) foi o substrato mais observado. As cianofíceas representaram cerca de 25% da cobertura bentônica registrada nas quatro piscinas estudadas, figurando como terceiro item de maior abundância.

A taxa de mordidas de *C. ocellatus*, considerando todas as observações realizadas, foi  $2,63 \pm 0,74$  (média ± erro padrão) mordidas por minuto. Avaliando-se somente as piscinas fechadas, a taxa foi de  $3,22 \pm 1,18$  (média ± ep) mordidas por minuto, enquanto nas piscinas abertas o resultado obtido foi  $1,75 \pm 0,48$  (média ± ep). Nas piscinas de Falsa Barreta e Podes Crer houve um maior número de investidas no sedimento, enquanto nas

piscinas de Âncoras e Cemitério os substratos mais mordidos foram MAE e macroalgas (**Figura 4, “B”**). Nas piscinas abertas, os indivíduos de *C. ocellatus* forragearam nos substratos MAE e macroalga numa taxa maior que sua disponibilidade no ambiente, no item CCA na mesma proporção com a qual ele é encontrado, e os demais itens foram evitados. Nas piscinas abertas, além da MAE e das macroalgas, os indivíduos observados também selecionaram positivamente cnidários do gênero *Porites*, forragearam no sedimento sem seletividade aparente e nos demais itens o forrageio foi realizado numa proporção menor do que a proporção de cobertura observada no ambiente (**Figura 4, “C”**).

Com a análise de conteúdo estomacal foram encontrados 25 itens distintos (**Tabela 1**). A soma de quatro destes itens (i.e. cnidários do gênero *Zoanthus*, outros cnidários Hexacorallia, algas e matéria orgânica digerida) permeia mais de 90% do volume total (**Figura 5**). Em 2013 os itens mais importantes, de acordo com o IAI, foram Cnidaria Hexacorallia (não identificado), Cnidaria Zoantharia e Algas. Os resultados foram compatíveis nos anos de 2016 e 2017: Cnidaria Zoantharia apresentou-se como o item alimentar de maior importância na dieta, seguido de Matéria Orgânica Digerida e Algas. Diversos itens foram encontrados em um pequeno número de estômagos (e.g. Nematoda, Chironomidae e Nudibranchia), ou com certa frequência, porém em volumes baixos (e.g. esqueleto calcário, desovas e escamas de peixes), resultando em uma importância alimentar irrelevante para a espécie, e por isso foram agrupados como “Outros” (**Figura 5**). Fragmentos de plástico foram frequentemente encontrados no conteúdo estomacal dos indivíduos coletados em 2016 e 2017, porém seu volume reduzido torna seu IAI baixo (**Tabela 1**).

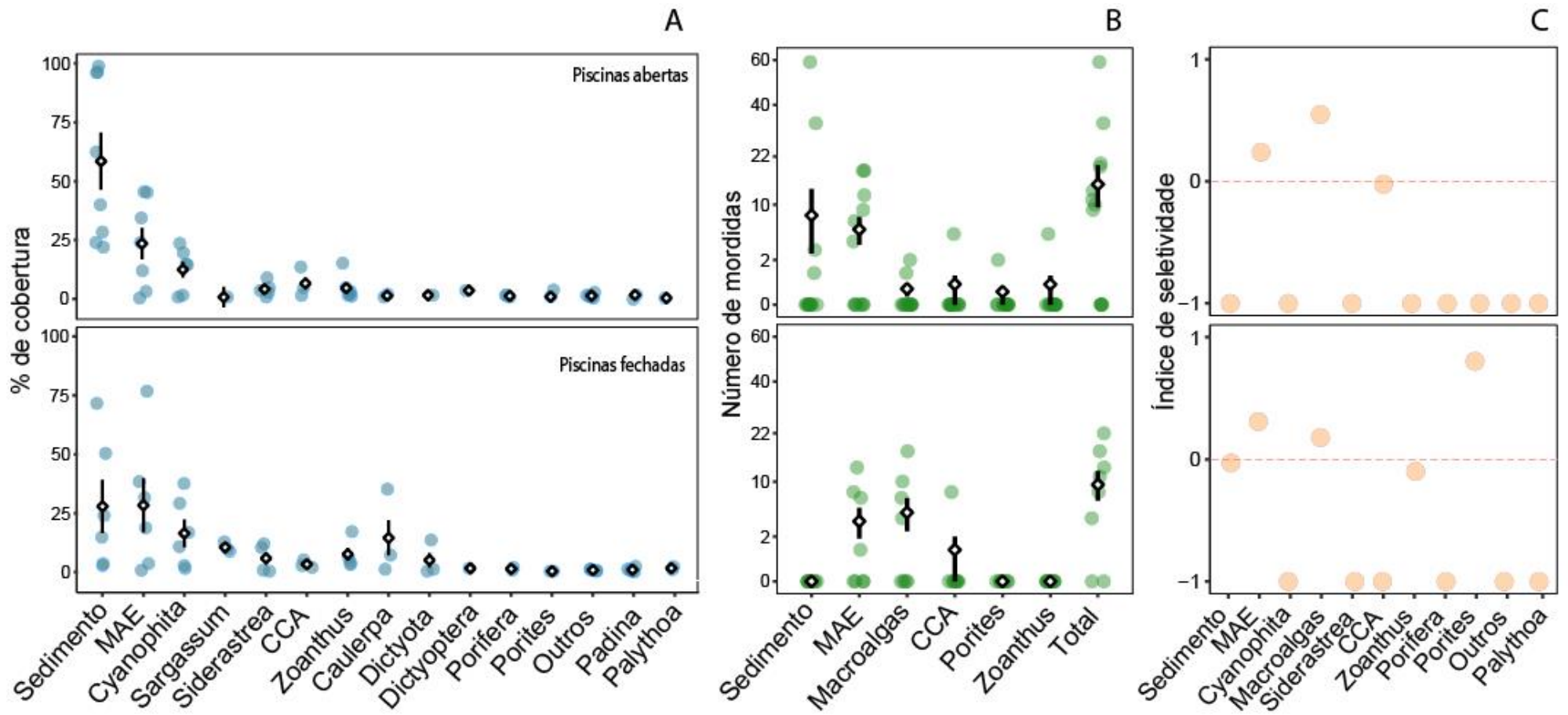
A relação entre os itens alimentares (variável categórica) e os anos amostrados (variável resposta) foi estudada por meio de uma análise de coordenadas principais (PCoA), que demonstrou um agrupamento dos anos de 2016 e 2017, influenciado sobretudo pelas categorias “algas”, “matéria orgânica digerida”, “desova” e “indeterminado”, enquanto as amostras de 2013 têm seu agrupamento melhor explicado pelo item “Hexacorallia (outros)”. Não houve diferença entre a dieta de *C. ocellatus* nas piscinas abertas e fechadas do Atol das Rocas.

A média $\pm$ ep dos isótopos estáveis de carbono-13 foi  $-10,5\pm 0,19$  para *C. ocellatus* e  $-16,4\pm 0,34$  para *C. striatus*. Para nitrogênio-15, a média $\pm$ ep foi  $9,8\pm 0,07$  para *C.*

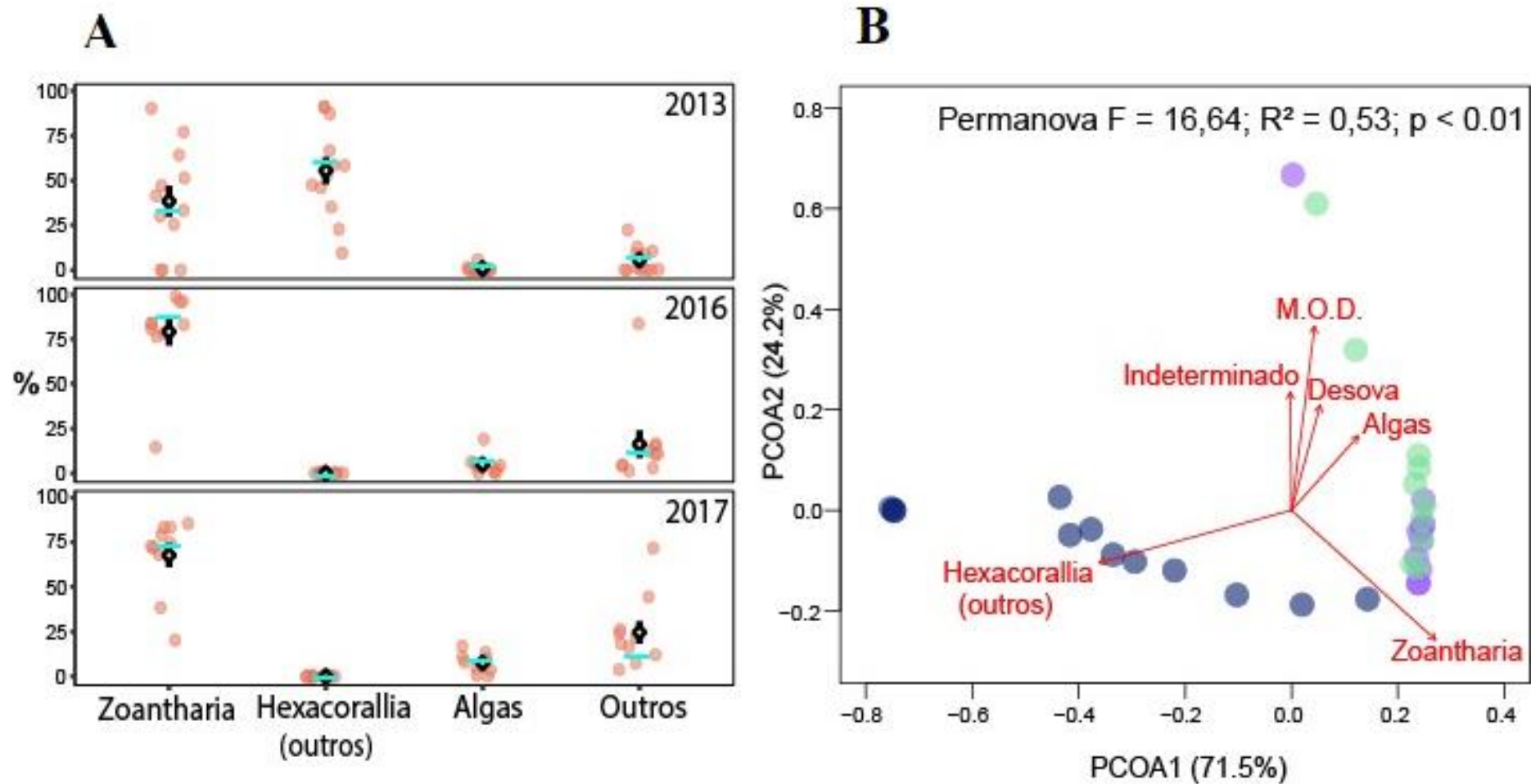
*ocellatus* e  $14,4 \pm 0,15$  para *C. striatus* (**Figura 6**). Com esta análise foi possível determinar que *C. ocellatus* pertence a um nível trófico inferior a *C. striatus*.

**Tabela 1** - Itens encontrados no conteúdo estomacal de *Chaetodon ocellatus* nos anos de 2013, 2016 e 2017, com seus respectivos: Frequência de Ocorrência (%FO), Volume (%V) e Índice de Importância Alimentar (%IAi). Itens mais importantes destacados em negrito.

Ano Nº de estômagos	2013			2016			2017			Todos		
	%FO	%V	%IAi	%FO	%V	%IAi	%FO	%V	%IAi	%FO	%V	%IAi
<b>Itens alimentares</b>												
Cnidaria												
Hydrozoa	16,67	0,08	0,02							8,00	0,04	<0,01
Anthozoa												
<b>Zoantharia</b>	75	45,47	<b>39,76</b>	68,8	81,82	<b>85,32</b>	66,7	75,28	<b>77,37</b>	120	60,04	<b>12,34</b>
<b>Hexacorallia (não identificado)</b>	100	49,6	<b>57,84</b>							48	25,85	<b>2,12</b>
Octocorallia							6,67	0,09	<0,01	4,00	0,03	<0,01
Polychaeta												
Sabellidae	8,34	0,04	<0,01				6,67	<0,01	<0,01	8,00	0,02	<0,01
Serpulidae				6,25	0,02	<0,01	6,67	0,28	0,02	12	0,09	<0,01
Polychaeta (não identificado)	41,67	3,44	1,67				6,67	0,17	0,02	20	1,83	0,06
Crustacea												
Amphipoda Gammaridae	8,34	0,02	<0,01							4,00	<0,01	<0,01
Caridea (não identificado)	8,34	0,31	0,03							4,00	0,16	<0,01
Echinodermata												
Echinoidea				6,25	0,02	<0,01				4,00	<0,01	<0,01
Alga												
<b>Algas</b>	58,34	0,98	<b>0,67</b>	56,3	6,39	<b>5,45</b>	66,7	8,51	<b>8,75</b>	104	4,52	<b>0,80</b>
Nematoda	8,34	<0,01	<0,01				6,67	1,22	0,12	4,00	<0,01	<0,01
Escamas de peixe	8,34	0,01	<0,01	6,25	0,30	0,03				8,00	0,07	<0,01
Desova	8,34	0,01	<0,01	31,3	0,32	0,15	20,00	0,07	0,02	36	0,09	<0,01
Esqueleto Calcário				31,3	1,49	0,70	13,3	0,84	0,17	28	0,58	0,02
<b>Matéria Orgânica Digerida</b>				62,5	8,47	<b>8,03</b>	66,7	13,04	<b>13,40</b>	80	6,24	<b>0,85</b>
Cheilostomata				6,25	0,02	<0,01	6,67	0,09	<0,01	8,00	0,03	<0,01
Indeterminado	16,67	0,02	<0,01	6,25	0,05	<0,01				12	0,02	<0,01
Larva de Chironomidae				6,25	0,09	<0,01				4,00	<0,01	<0,01
Nudibranchia				6,25	0,17	<0,01				4,00	0,01	<0,01
Vertebra				6,25	0,05	<0,01				4,00	0,03	<0,01
Sedimento				18,8	0,74	0,21	13,3	0,39	0,08	20	0,27	<0,01
Plástico				43,8	0,10	0,06	20,00	0,02	<0,01	4,00	0,02	<0,01

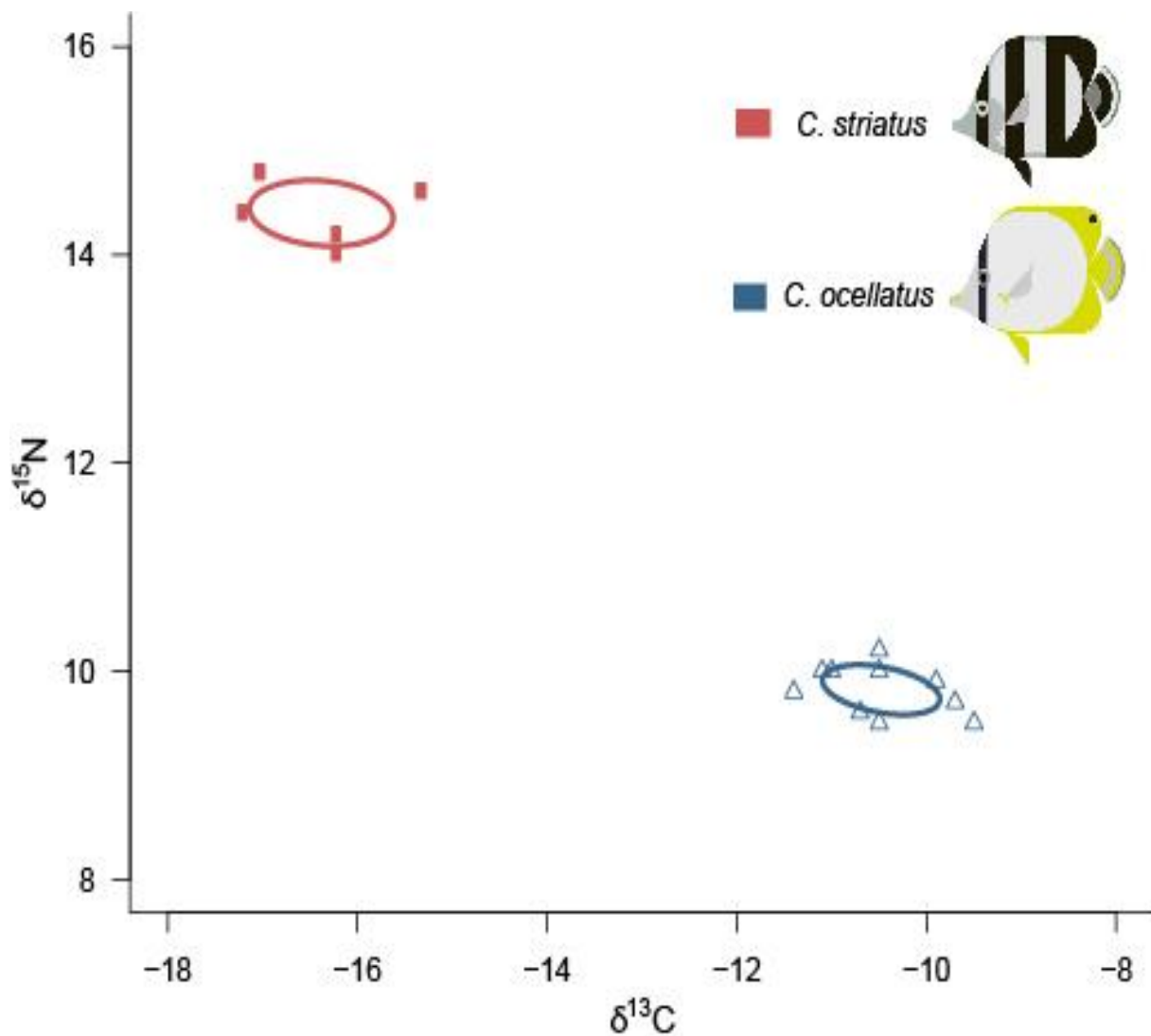


**Figura 4** - Representações gráficas da porcentagem de cobertura de cada substrato (A), do número de mordidas observado em três minutos para cada substrato (B) e do índice de eletividade de Ivlev (C), nas piscinas abertas e fechadas. MAE significa “Matriz Algal Epilítica” e CCA “Crustose Coralline Algae” (algas coralíneas encrustantes).



**Figura 5** - **A.** Dispersão de pontos do volume (círculos cor-de-rosa) dos principais itens alimentares na dieta de *C. ocellatus* e sua respectiva importância para a dieta (linha azul), calculada através do índice de importância alimentar (%IA<sub>i</sub>). Losangos pretos com linha representam a média  $\pm$  erro-padrão. **B.** Análise de coordenadas principais (PCoA) dos itens alimentares presentes no conteúdo estomacal dos 32 indivíduos de *C. ocellatus*. Círculos azuis representam os peixes coletados no ano de 2013, círculos verdes representam o ano de 2016, e círculos lilás o ano de 2017.





**Figura 6** - Análise isotópica de carbono-13 e nitrogênio-15. Quadrados vermelhos representam os 5 indivíduos de *C. striatus*, coletados em Arraial do Cabo, em 2018. Triângulos azuis representam os 10 indivíduos de *C. ocellatus*, coletados em 2017 no Atol das Rocas, e também utilizados na análise do conteúdo estomacal (Imagem adaptada de Scott Patridge).

## 6. DISCUSSÃO

---

Embora muitos estudos sejam realizados somente com amostras de comportamento alimentar, este trabalho evidencia a importância da análise de conteúdo estomacal para uma abordagem mais completa e precisa da ecologia trófica das espécies. Aqui fica explícito que a seletividade de substratos pode não ser equivalente à ingestão de determinados itens, o que muitas vezes não pode ser inferido apenas com a observação do forrageamento do animal. Com a análise da dieta e dos isótopos de carbono-13 e nitrogênio-15 foi possível confirmar que a espécie alimenta-se principalmente de itens pouco proteicos, o que resulta em seu posicionamento em um nível trófico baixo.

Ao contrário do observado em trabalhos que buscaram amostrar a comunidade bentônica do Atol das Rocas de forma mais representativa (e.g. FONSECA et al., 2012; LONGO et al., 2015), neste estudo não houve diferença na disponibilidade de substratos encontrados nas piscinas abertas e fechadas, o que demonstra que *C. ocellatus* buscou os mesmos micro-habitats para forragear. O cnidário *Z. sociatus* foi um dos itens mais encontrados nas piscinas, e com exceção do substrato “sedimento”, os demais itens abundantes foram Cyanophyta e diferentes grupos de algas (e.g. matriz algal epilítica, algas calcárias e *Sargassum*) (**Figura 4**). No Atol das Rocas há uma grande variedade de peixes que utilizam este abundante recurso de diferentes formas (e.g. herbívoros territorialistas como *Stegastes fuscus*, e raspadores como *Acanthurus chirurgus* e *Sparisoma axillare*), enquanto a única espécie que figura como “comedor de invertebrados sésseis” é *C. ocellatus* (FERREIRA et al., 2004; LONGO et al., 2015). A competição por *Z. sociatus* é branda, potencialmente devido a seu baixo valor proteico e suas defesas químicas, as quais os peixes-borboleta possuem mecanismos para evitar (PRATCHETT, 2013).

Zoantídeos não possuem esqueletos calcários como os escleractíneos, ou endoesqueletos proteicos como os antipatários (DALY et al., 2003). Mesmo assim são pouco consumidos por predadores generalistas (RANDALL, 1967) em ambientes como recifes de coral, os quais são reconhecidos por seus altos níveis de pressão de predação (WOOD, 1993). Isso pode indicar a presença de mecanismos especializados de defesa, como químicos impalatáveis ou células urticantes, e também um baixo valor nutricional agregado, o que já foi demonstrado como uma estratégia de defesa tanto em plantas quanto animais (e.g. VAN DER MEJDEN et al., 1988; DUFFY & PAUL, 1992). O zoantídeo mais abundante no Atol das Rocas, *Z. sociatus* (FONSECA, 2012), apresenta

proteções químicas que lhe conferem salvaguarda, mas seus nematocistos não lhe auxiliam contra predação (HINES & PAWLIK, 2012)

Embora exista variação no conteúdo energético das muitas espécies de zoantídeos, todas que foram testadas até então demonstram possuir um valor energético comparável ao de outros organismos reconhecidos como importantes recursos para peixes recifais, como esponjas e gorgônias (HILL, 1998; O'NEAL & PAWLIK, 2002; HINES & PAWLIK, 2012). Entretanto, em comparação com estes outros recursos alimentares, o valor médio de proteínas solúveis presente no tecido dos zoantídeos é baixo (O'NEAL & PAWLIK, 2002). Há evidências de que o montante proteico seja o fator mais importante a ser considerado quanto à relevância de uma presa para peixes recifais (MILLIKIN, 1982). Mesmo com tecidos “desprotegidos” (sem esqueleto), e com um considerável valor energético agregado, é possível que os zoantídeos não sejam um recurso alimentar de qualidade para a maioria de seus potenciais predadores (HINES & PAWLIK, 2012). Isso pode explicar a escassez de peixes do Atol das Rocas visando *Z. sociatus* como presa, e também o porquê de *C. ocellatus* complementar sua dieta com outros itens de maior índice proteico (e.g poliquetas e ovos), apesar da falta de competição por seu item alimentar preferido e da alta disponibilidade com a qual ele se encontra no substrato.

No Atol das Rocas, o cnidário *Z. sociatus* apresenta-se como o segundo organismo representante da criptofauna bentônica mais presente nas piscinas abertas, e o mais frequente nas fechadas (LONGO et al., 2015). De forma semelhante, no presente estudo *Z. sociatus* figura como o mais abundante organismo da criptofauna bentônica, em todas as piscinas avaliadas. A densidade de criptofauna (e.g. poliquetas, pequenos crustáceos) associada à matriz algal é cinco vezes maior nas piscinas abertas que nas fechadas (LONGO et al., 2015), o que poderia ampliar o interesse no forrageio próximo às algas pela espécie, que estaria em busca destes itens nutritivos e que complementam sua ingestão de proteínas. Os organismos da criptofauna são dificilmente notados pela metodologia de amostragem utilizada, o que explica a ausência de sua observação durante o estudo de forrageamento, sendo apenas descobertos pela análise do conteúdo estomacal.

O principal item alimentar na dieta de *C. ocellatus* foi *Z. sociatus*, correspondendo a 60% do volume contido nos estômagos examinados (**Tabela 1**). A importância da ingestão deste item para a espécie também pôde ser observada comparando-se a

assinatura isotópica de *Z. sociatus* (média±ep -12,32±1,64 para carbono-13, e média±ep 7,28±2,71 para nitrogênio-15; LEAL et al., 2017) com as proporções destes átomos presentes no tecido de *C. ocellatus* (**Figura 6**). A preferência de peixes-borboleta por *Z. sociatus* já foi relatada em outros estudos (e.g. RANDALL, 1967; GORE, 1984; LIEDKE et al., 2016). Porém, este mesmo item pareceu ser evitado pelos peixes na análise de seletividade, tanto nas piscinas abertas quanto nas fechadas (**Figura 4**). Isso provavelmente se deve ao fato de que os zoantídeos não foram percebidos pelos observadores durante a amostragem de animal focal (i.e. apenas um indivíduo foi observado forrageando neste substrato). Na dieta pouco diversificada de *C. ocellatus*, outros itens de alto valor nutricional e proteico apresentaram um baixo índice de importância alimentar (LOBATO et al., 2014).

O hábito de alimentar-se principalmente de cnidários pode estar relacionado com o fato de que, dentre seus congêneres do Atlântico, *C. ocellatus* e *C. capistratus* possuem as maiores taxas de mordida (média±ep 2,63±0,74 e 3.36±0.38, respectivamente; LIEDKE et al., 2018). Os peixes-borboleta comedores de cnidários dão mais mordidas no substrato por minuto que os generalistas (GREGSON et al., 2008), como é o caso de *C. humeralis* e *C. striatus* (média±ep 0,85±0,15 e 2,50±0.80, respectivamente; LIEDKE et al., 2016). Além do baixo valor proteico, que resulta na necessidade de alimentar-se em taxas maiores ou por um maior período do dia, outro fator que faz com que as espécies que buscam corais e outros cnidários deem mais mordidas é que o tempo despendido no forrageio é menor (BIRKELAND & NEUDECKER, 1981; TRICAS, 1989; GREGSON et al., 2008). Isso ocorre porque os peixes que se alimentam de itens “discretos” empenham mais tempo na busca pelas presas, identificando-as em meio ao substrato e eventualmente perseguindo-as (GREGSON et al., 2008).

A espécie-irmã de *C. ocellatus*, *C. humeralis*, possui a menor abundância e menor taxa de mordida dentre as quatro citadas no estudo, e é considerada uma zoobentívora generalista (LIEDKE, 2013). Ambas consomem algas em uma proporção consideravelmente alta para um peixe-borboleta, os quais não costumam ingerir este item, embora haja exceções (SANO, 1989). Há semelhanças notáveis entre os hábitos alimentares destas duas espécies, e ambas forrageiam principalmente na interface recife-areia (LIEDKE, 2013).

Quanto a *C. striatus*, espécie que também ocorre na província Brasileira, percebe-se uma distinção clara entre as dietas: enquanto *C. ocellatus* consome preferencialmente *Z. socitatus*, *C. striatus* é uma espécie generalista, que se alimenta de itens de alto valor nutricional, como poliquetas e crustáceos. *C. striatus* também consome cnidários, principalmente Antozoários Hexacorallia (LIEDKE et al., 2018), mas é difícil determinar exatamente o quanto em proporção aos demais itens, porque, assim como ocorre com outros generalistas, seu conteúdo estomacal apresenta-se na forma de um muco de aparência uniforme, indistinta (SANO et al., 1948; PITTS, 1991). *C. striatus* também forrageia com maior frequência na interface recife-areia (PITTS, 1991; LIEDKE et al., 2018), e sua abundância parece inversamente relacionada à de *C. ocellatus* em diversas localidades (PITTS, 1991).

A comparação realizada por meio da análise isotópica de carbono-13 e nitrogênio-15 foi importante para demonstrar as diferenças entre *C. ocellatus* e *C. striatus*. A dieta de *C. ocellatus*, composta principalmente por zoantídeos, posicionou a espécie em um nível trófico mais baixo que *C. striatus*, que possui uma dieta composta por uma diversidade maior de itens como poliquetas, crustáceos e desovas (LIEDKE et al., 2016). As proporções de carbono e nitrogênio presentes nos tecidos de *C. ocellatus* e *C. striatus* foram menores aproximadamente 6 e 5%, respectivamente. Isso indica que *C. ocellatus* está cerca de dois níveis tróficos abaixo de *C. striatus* (JACOB et al., 2005). Este tipo de análise tem sido utilizado com sucesso no estudo de ecologia trófica, tanto de organismos terrestres (e.g. KELLY, 2000) quanto marinhos (e.g. HOBSON & SCHELL, 1998), por representar um registro da alimentação assimilada, e não apenas ingerida pelo animal.

## **7. CONSIDERAÇÕES FINAIS**

---

Estudos de ecologia alimentar são essenciais para uma real compreensão da biodiversidade (GERKING, 1994), e este trabalho demonstra a importância da utilização de uma abordagem que integre forrageamento, dieta e assimilação de nutrientes. A análise da ecologia trófica de *C. ocellatus* aponta que esta é a única espécie de peixe-borboleta do Oceano Atlântico que possui uma dieta especialista, enquanto as demais são consideradas principalmente generalistas (LIEDKE et al., 2018). Futuras análises integrativas da ecologia trófica da espécie, em outros locais de sua distribuição, podem

ser interessantes para verificar se o resultado encontrado neste estudo corresponde apenas ao Atol das Rocas, ou pode ser generalizado para os demais pontos de sua distribuição.

## 8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

---

ADAM, T. C.; BURKEPILE, D. E.; RUTTENBERG, B. I.; PADDACK, M. J. Herbivory and the resilience of Caribbean coral reefs: knowledge gaps and implications for management. **Marine Ecology Progress Series**, v. 520, p. 1-20, 2015.

ALLEN, G. R.; STEENE, R. C.; ALLEN, Mark. A guide to angelfishes & butterflyfishes. **Odyssey Publishing/Tropical Reef Research**, 1998.

ALMEIDA, C. E.; MARCHON-SILVA, V.; ALMEIDA, J. R.; COSTA, J. Entomological fauna from Reserva Biológica do Atol das Rocas, RN, Brazil: I. Morphospecies composition. **Revista brasileira de biologia**, v. 60, n. 2, p. 291-298, 2000.

BELLWOOD, D. R.; KLANTEN, S.; COWMAN, P. F.; PRATCHETT, M. S.; KONOW, N.; VAN HERWERDEN, L. Evolutionary history of the butterflyfishes (f. Chaetodontidae) and the rise of coral feeding fishes. **Journal of Evolutionary Biology**, v. 23, p. 335-349, 2010.

BERUMEN, M. L.; PRATCHETT, M. S.; MCCORMICK, M. I. Within-reef differences in diet and body condition of coral-feeding butterflyfishes (Chaetodontidae). **Marine Ecology Progress Series**, v. 287, p. 217-227, 2005.

BERUMEN, M. L.; PRATCHETT, M. S. Trade-offs associated with dietary specialization in corallivorous butterflyfishes (Chaetodontidae: Chaetodon). **Behavioral Ecology and Sociobiology**, v. 62, n. 6, p. 989-994, 2008.

BIRKELAND, C.; NEUDECKER, S. Foraging behavior of two Caribbean chaetodontids: *Chaetodon capistratus* and *C. aculeatus*. **Copeia**, p. 169-178, 1981.

BONALDO, R. M.; KRAJEWSKI, J. P.; SAZIMA, I. Meals for two: foraging activity of the butterflyfish *Chaetodon striatus* (Perciformes) in southeast Brazil. **Brazilian Journal of Biology**, v. 65, n. 2, p. 211-215, 2005.

BOUCHON-NAVARO, Y. Partitioning of food and space resources by chaetodontid fishes on coral reefs. **Journal of Experimental Marine Biology and Ecology**, v. 103, n. 1-3, p. 21-40, 1983.

BLOWES, S. A.; PRATCHETT, M. S.; CONNOLLY, S. R. Aggression, interference, and the functional response of coral-feeding butterflyfishes. **Oecologia**, v. 184, n. 3, p. 675-684, 2017.

BULMAN, C. M.; HE, X.; KOSLOW, J. A. Trophic ecology of the mid-slope demersal fish community off southern Tasmania, Australia. **Marine and Freshwater Research**, v. 53, n. 1, p. 59-72, 2002.

COLE, A. J.; PRATCHETT, M. S. Diversity in diet and feeding behaviour of butterflyfishes: reliance on reef corals versus reef habitats. **Biology of butterflyfishes**. CRC Press, Boca Raton, FL, p. 107-139, 2014.

COSTANZA, R.; D'ARGE, R.; DE GROOT, R.; FARBER, S.; GRASSO, M.; HANNON, B.; RASKIN, R. G. The value of the world's ecosystem services and natural capital. **Nature**, v. 387, n. 6630, p. 253, 1997.

COX, E. F. **Interactions between trophic levels on coral reefs: scleractinian corals and corallivorous butterflyfishes in Hawaii**. Tese de Doutorado. The University of New Mexico, 1991.

CRAIG, M. T.; EBLE, J. A.; BOWEN, B. W. Origins, ages and population histories: comparative phylogeography of endemic Hawaiian butterflyfishes (genus *Chaetodon*). **Journal of Biogeography**, v. 37, n. 11, p. 2125-2136, 2010.

D'AGATA, S.; VIGLIOLA, L.; GRAHAM, N. A. J.; WANTIEZ, L.; PARRAVICINI, V.; VILLÉGER, S.; MOU-THAM, G.; FROLLA, P.; FRIEDLANDER, A. M.; KULBICKI, M.; MOUILLOT, D. Unexpected high vulnerability of functions in

wilderness areas: evidence from coral reef fishes. **Proc. R. Soc. B**, v. 283, n. 1844, p. 20160128, 2016.

DALY, M.; FAUTIN, D. G.; CAPPOLA, V. A. Systematics of the hexacorallia (Cnidaria: Anthozoa). **Zoological Journal of the Linnean Society**, v. 139, n. 3, p. 419-437, 2003.

DUFFY, J. E.; PAUL, V. J. Prey nutritional quality and the effectiveness of chemical defenses against tropical reef fishes. **Oecologia**, v. 90, n. 3, p. 333-339, 1992.

FERREIRA, C. E. L.; FLOETER, S. R.; GASPARINI, J. L.; FERREIRA, B. P.; JOYEUX, J. C. Trophic structure patterns of Brazilian reef fishes: a latitudinal comparison. **Journal of Biogeography**, n. 31, p. 1093-1106, 2004.

FISCHER, C. F.; AVELAR, J. C. L. de; BRITO, M.; GROSMAN, A.; CARVALHO, D. A. de; CARNEIRO, C. L.; ARRUDA, M. B. **Plano de manejo para a reserva biológica de Atol das Rocas**. Brasília, P. 241, 2007.

FLOETER, S. R.; BENDER, M. G.; SIQUEIRA, A. C.; COWNMAN, P. F. Phylogenetic perspectives on reef fish functional traits. **Biological Reviews**, v. 93, n. 1, p. 131-151, 2018.

FONSECA, A. C.; VILLAÇA, R.; KNOPPERS, B.. Reef flat community structure of Atol das Rocas, northeast Brazil and southwest Atlantic. **Journal of Marine Biology**, v. 2012, 2012.

FROESE, R.; PAULY, D. **FishBase**, version February 2018. 2018.

GERKING, S. D. **Feeding ecology of fish**. Elsevier, 2014.

GHERARDI, D. F. M. A windward coralline algal ridge on Rocas Atoll, Atlantic Ocean. **Coral Reefs**, v. 14, n. 1, p. 34-34, 1995.

GHERARDI, D. F. M.; BOSENCE, D. W. J. Composition and community structure of the coralline algal reefs from Atol das Rocas, South Atlantic, Brazil. **Coral Reefs**, n. 19, p. 205-219, 2001.



GORE, M. A. Factors affecting the feeding behavior of a coral reef fish, *Chaetodon capistratus*. **Bulletin of marine science**, v. 35, n. 2, p. 211-220, 1984.

GREEN, A. L.; BELLWOOD, D. R. **Monitoring functional groups of herbivorous reef fishes as indicators of coral reef resilience: a practical guide for coral reef managers in the Asia Pacific Region**. IUCN, 2009.

GREGSON, M. A.; PRATCHETT, M. S.; BERUMEN, M. L.; GOODMAN, B. A. Relationships between butterflyfish (*Chaetodontidae*) feeding rates and coral consumption on the Great Barrier Reef. **Coral Reefs**, v. 27, n. 3, p. 583-591, 2008.

HARMELIN-VIVIEN, M. L.; BOUCHON-NAVARO, Y. Feeding diets and significance of coral feeding among chaetodontid fishes in Moorea (French Polynesia). **Coral reefs**, v. 2, n. 2, p. 119-127, 1983.

HEBBLEWHITE, M.; WHITE, C. A.; NIETVELT, C. G.; MCKENZIE, J. A.; HURD, T. E.; FRYXELL, J. M.; BAYLEY, S. E.; PAQUET, P.; C. Human activity mediates a trophic cascade caused by wolves. **Ecology**, v. 86, n. 8, p. 2135-2144, 2005.

HIATT, R. W.; STRASBURG, D. W. Ecological relationships of the fish fauna on coral reefs of the Marshall Islands. **Ecological Monographs**, v. 30, n. 1, p. 65-127, 1960.

HILL, M. S. Spongivory on Caribbean reefs releases corals from competition with sponges. **Oecologia**, v. 117, n. 1-2, p. 143-150, 1998.

HINES, D. E.; PAWLIK, J. R. Assessing the antipredatory defensive strategies of Caribbean non-scleractinian zoantharians (Cnidaria): is the sting the only thing?. **Marine biology**, v. 159, n. 2, p. 389-398, 2012.

HOBSON, K. A.; SCHELL, D. M. Stable carbon and nitrogen isotope patterns in baleen from eastern Arctic bowhead whales (*Balaena mysticetus*). **Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences**, v. 55, n. 12, p. 2601-2607, 1998.

HOEY, A. S.; BRANDL, S. J.; BELLWOOD, D. R. Diet and cross-shelf distribution of rabbitfishes (f. *Siganidae*) on the northern Great Barrier Reef: implications for ecosystem function. **Coral Reefs**, v. 32, n. 4, p. 973-984, 2013.

HOPKINS, T. L.; LANCRAFT, T. M.; TORRES, J. J.; DONNELLY, J. Community structure and trophic ecology of zooplankton in the Scotia Sea marginal ice zone in winter. **Deep Sea Research Part I: Oceanographic Research Papers**, v. 40, n. 1, p. 81-105, 1988.

HUGHES, T. P. Community structure and diversity of coral reefs: the role of history. **Ecology**, v. 70, n. 1, p. 275-279, 1989.

HUTCHINSON, G. E. Homage to Santa Rosalia or why are there so many kinds of animals?. **The American Naturalist**, v. 93, n. 870, p. 145-159, 1959.

HYNES, H. B. N. The food of fresh-water sticklebacks (*Gasterosteus aculeatus* and *Pygosteus pungitius*), with a review of methods used in studies of the food of fishes. **Journal of Animal Ecology**, v. 19, n. 1, p. 36-58, 1950.

HYSLOP, E. J. Stomach contents analysis: a review of methods and their application. **Journal of Fish Biology**, v. 17, p. 411-429, 1980.

IVLEV, V. S. Experimental ecology of the feeding of fishes. **University Microfilms**, 1961.

JACOB, U.; MINTENBECK, T. B.; KNUST, R.; BEYER, K. Stable isotope food web studies: a case for standardized sample treatment. **Marine Ecology Progress Series**, v. 287, p. 251-253, 2005.

KAWAKAMI, E.; VAZZOLER, G. Método gráfico e estimativa de índice alimentar aplicado no estudo de alimentação de peixes. **Boletim Instituto Oceanográfico**, v. 29, p. 205-207, 1980.

KELLY, Jeffrey F. Stable isotopes of carbon and nitrogen in the study of avian and mammalian trophic ecology. **Canadian journal of zoology**, v. 78, n. 1, p. 1-27, 2000.

KIKUCHI, R. K. P.; LEÃO, Z. M. A. N. Rocas (Southwestern Equatorial Atlantic, Brazil): an atoll built primarily by coralline algae. **Proc 8th Int Coral Reef Symp.** p. 731-736, 1997.

KREBS, C. J. **Ecological methodology**. New York: Harper & Row, 1989.

KUITER, R. H. **Butterflyfishes, bannerfishes, and their relatives: a comprehensive guide to Chaetodontidae & Microcanthidae**. Twayne Publishers, 2002.

LEAL, M. C.; ROCHA, R. J. M.; ANAYA-ROJAS, J. M.; CRUZ, I. C. S.; FERRIER-PAGÈS, C. Trophic and stoichiometric consequences of nitrification for the intertidal tropical zoanthid *Zoanthus sociatus*. **Marine pollution bulletin**, v. 119, n. 1, p. 169-175, 2017.

LEHNER, P. N. **Handbook of Ethological Methods**., 2nd edn.(Cambridge University Press: Cambridge, UK.). 1996.

LIEDKE, A. M. R. **Ecologia alimentar e conectividade genética de *Chaetodon Striatus* em um gradiente geográfico**. 2013. Dissertação (Doutorado em Ecologia) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2013.

LIEDKE, A.M.R.; BARNECHE, D. R.; FERREIRA, C.E.L.; SEGAL, B.; NUNES, L. T.; BURIGO, A.P.C.; CARVALHO, J. A.; BUCK, S.; BONALDO, R.; FLOETER, S. R. Abundance, diet, foraging and nutritional condition of the banded butterflyfish (*Chaetodon Striatus*) along the western Atlantic. **Marine Biology**, 163:6, 2016.

LIEDKE, A. M. R.; BONALDO, R. M.; SEGAL, B., FERREIRA, C. E. L.; NUNES, L. T.; BURIGO, A. P.; BUCK, S.; OLIVEIRA-SSANTOS, L. G. R; FLOETER, S. R. Resource partitioning by two syntopic sister-species of butterflyfish (Chaetodontidae). **Journal of the Marine Biological Association of United Kingdom**. 98: 1767–1773, 2018.

LOBATO, F. L.; BARNECHE, D. R.; SIQUEIRA, A. C.; LIEDKE, A. M.; LINDNER, A.; PIE, M. R.; BELLWOOD, D. R.; FLOETER S. R. Diet and diversification in the evolution of coral reef fishes. **PLoS One**, v. 9, n. 7, p. e102094, 2014.

LONGO, G. O.; MORAIS, R. A.; MARTINS, C. D. L.; MENDES, T. C.; AUEDM A. W.; CÂNDIDO, D. V.; OLIVEIRA, J. C.; NUNES, L. T.; FONTURA, L.; SISSINI, M. N.; TESCHIMA, M. M.; SILVA, M. B.; RAMLOV, F.; GOUVEA, L. P.; FERREIRA, C. E. L.; SEGAL, B.; HORTA, P. A.; FLOETER, S. R. Between-habitat variation of

benthic cover, reef fish assemblage and feeding pressure on the benthos at the only atoll in South Atlantic: Rocas Atoll, NE Brazil. **PLoS One**, v. 10, n. 6, p. e0127176, 2015.

MCBRIDE, R. S.; ABLE, K. W. Ecology and fate of butterflyfishes, *Chaetodon* spp., in the temperate, western North Atlantic. **Bulletin of Marine Science**, v. 63, n. 2, p. 401-416, 1998.

MILLIKIN, M. R. Qualitative and quantitative nutrient requirement of fishes: a review. **Fish. Bull.**, v. 80, p. 655-696, 1982.

MONTANARI, S. R.; HOBBS, J. A.; PRATCHETT, M. S.; BAY, L. K.; HERWERDEN, L. Naturally occurring hybrids of coral reef butterflyfishes have similar fitness compared to parental species. **PloS one**, v. 12, n. 3, p. e0173212, 2017.

NELSON, J. S. **Fishes of the world**. John Willey & Sons. Inc., Hoboken, New Jersey, 2006.

NELSON, J. S.; GRANDE, T. C.; WILSON, M. V. H. **Fishes of the World**. John Wiley & Sons. Inc., Hoboken, New Jersey, 2016.

NUNES, L. T. **Dieta, densidade e distribuição de Chaetodontidae: o que os peixes-borboleta do novo mundo comem?**. 2013. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia de Aquicultura) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2013.

O'NEAL, W.; PAWLIK, J. R. A reappraisal of the chemical and physical defenses of Caribbean gorgonian corals against predatory fishes. **Marine Ecology Progress Series**, v. 240, p. 117-126, 2002.

PITTS, P. A. Comparative use of food and space by three Bahamian butterflyfishes. **Bulletin of Marine Science**, v. 48, p. 749–746, 1991.

PRESKITT, L. B.; VROOM, P. S.; SMITH, C. M. A rapid ecological assessment (REA) quantitative survey method for benthic algae using photoquadrats with scuba. **Pacific Science**, v. 58, n. 2, p. 201-209, 2004.

PRATCHETT, M. S. Dietary overlap among coral-feeding butterflyfishes (Chaetodontidae) at Lizard Island, northern Great Barrier Reef. **Marine Biology**, v. 148, n. 2, p. 373-382, 2005.

PRATCHETT, M. S.; WILSON, S. K.; BAIRD, A. H. Declines in the abundance of Chaetodon butterflyfishes following extensive coral depletion. **Journal of Fish Biology**, v. 69, n. 5, p. 1269-1280, 2006.

PRATCHETT, M. S.; BERUMEN, M. L.; KAPOOR, B. G. (Ed.). **Biology of Butterflyfishes**. CRC Press, 2013.

RANDALL, J. E. Food habits of reef fishes of the West Indies. **Proceedings of the International Conference on Tropical Oceanography: Studies in Tropical Oceanography**, 1967.

REICH, K. J.; WORTHY, G. A. J. An isotopic assessment of the feeding habits of free-ranging manatees. **Marine Ecology Progress Series**, v. 322, p. 303-309, 2006.

REESE, E. S. A Comparative Field Study of the Social Behavior and Related Ecology of Reef Fishes of the Family Chaetodontidae. **Zeitschrift für Tierpsychologie**, v. 37, n. 1, p. 37-61, 1975.

ROSS, S. T. Resource partitioning in fish assemblages: a review of field studies. **Copeia**, p. 352-388, 1986.

SANO, M. Feeding habits of Japanese butterflyfishes (Chaetodontidae). **Env Biol Fish** 25: 195–203, 1989.

SCHOENER, T. W. Resource partitioning in ecological communities. **Science**, v. 185, n. 4145, p. 27-39, 1974.

TRENCH, R. K. Nutritional potentials in *Zoanthus sociathus* (Coelenterata, Anthozoa). **Helgoländer Wissenschaftliche Meeresuntersuchungen**, v. 26, n. 2, p. 174, 1974.

TRICAS, T. C. Determinants of feeding territory size in the corallivorous butterflyfish, *Chaetodon multicinctus*. **Animal Behaviour**, v. 37, n. 1-2, p. 830-841, 1989.

VAN DER MEIJDEN, E.; WIJN, M.; VERKAAR, H. J. Defence and regrowth, alternative plant strategies in the struggle against herbivores. **Oikos**, p. 355-363, 1988.

WOOD, R. Nutrients, predation and the history of reef-building. **Palaios**, p. 526-543, 1993.

ZEKERIA, A.; AFEWORKI, Y.; VIDELER, J. The distribution patterns of Red Sea chaetodontid assemblages. **Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems**, v. 15, n. S1, p. S71-S76, 2005.