

Alexander Artero Floyd

**COMPORTAMENTO ALIMENTAR DO PEIXE RECIFAL
SARGENTINHO (*ABUDEFDUF SAXATILIS*) EM SANTA
CATARINA**

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

Floyd, Alexander Artero
Comportamento alimentar do peixe recifal
Sargentinho (*Abudefduf saxatilis*) em Santa Catarina
/ Alexander Artero Floyd ; orientador, Sergio
Ricardo Floeter, coorientador, Lucas Teixeira
Nunes, 2018.
34 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. Ecologia alimentar. 3.
Uso de habitat. 4. Peixes-donzela. 5. Planctívoro.
I. Floeter, Sergio Ricardo. II. Nunes, Lucas
Teixeira. III. Universidade Federal de Santa
Catarina. Graduação em Ciências Biológicas. IV. Título.

Alexander Artero Floyd

**COMPORTAMENTO ALIMENTAR DO PEIXE RECIFAL
SARGENTINHO (*ABUDEFDUF SAXATILIS*) EM SANTA
CATARINA**

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

Prof. Dr. Carlos Roberto Zanetti
Coordenador do Curso

Orientadores:

Prof. Dr. Sergio Ricardo Floeter
Orientador
ECZ/UFSC

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

Banca Examinadora:

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

Dr. Luis C. P. De Macedo Soares
INCT-Mar COI/FURG

MSc. Marcelo Crivellaro
Membro suplente - ECZ/UFSC

Florianópolis, 22 de junho de 2018.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a pessoa mais influente na minha vida, minha mãe Beatriz Carlos Artero. Como exemplo de bondade, sabedoria e determinação, ela ilumina a vida de todos ao seu redor e constantemente me ensina como ser uma pessoa melhor. Graças a ela aprendi a ser solidário, não ter preconceitos, buscar a paz e ter prazer em me aventurar pelo mundo, mas, acima de tudo, ela me ensinou a não ter medo de enfrentar o desconhecido, e por isso, dedico este trabalho a você mãe.

Agradeço também ao meu orientador Sergio Floeter, uma pessoa admirável e exemplo de cientista profissional. Como guia do mundo científico, ele transpira sua curiosidade e paixão pela natureza (e rock n'roll), estimulando todos ao seu redor. Meu co-orientador Lucas Nunes, um grande amigo e cientista, obrigado por toda a paciência, compreensão e disponibilidade, você me acompanhou durante todas as etapas percorridas da minha formação de biólogo e sempre ajudando. Os colegas do LBMM, sempre mantendo o ambiente laboratorial agradável e produtivo para nossas reuniões, discussões e trabalho.

Agradeço a minha namorada, Luiza Machado, por ouvir meus desabafos todas as vezes que me senti a beira de um abismo. Ela esteve ao meu lado em todas as dificuldades que encarei durante este trabalho e me ajudou a enfrenta-las de cabeça erguida, sem a sua ajuda com a escrita e nossas conversas a dificuldade do TCC teria sido muito maior. A minha família que sempre apoiou minhas decisões e me ajudou de forma possível. Meus amigos íntimos que fazem minha vida mais alegre e me mantem são durante momentos difíceis, Alana, Gabriel, Pedro e Tomás.

Aos membros da banca, obrigado pela disponibilidade, leitura e contribuição. E todos os amigos e colegas envolvidos na minha educação e formação, cada um de vocês moldaram de alguma forma a pessoa que sou hoje.

Muito obrigado e boa leitura!

RESUMO

Estudos da ecologia alimentar de peixes recifais são essenciais para compreender o fluxo energético nestes ecossistemas. Diversos estudos abordam o comportamento alimentar das espécies, porém, são poucos os estudos que avaliam esse comportamento ao longo do dia. Visto isso, este estudo busca observar e quantificar o comportamento alimentar do peixe recifal Sargentinho (*Abudefduf saxatilis*) no litoral de Santa Catarina, Brasil. Foram realizados mergulhos livres e autônomos, nos quais empregou-se busca ativa por indivíduos de *A. saxatilis*. Utilizando o método de animal focal, um indivíduo era seguido de cada vez por um minuto ou até sua primeira mordida, quando era anotado em qual substrato o mesmo estava mordendo, seu comprimento total e o horário. Para verificar se [1] há diferenças no substrato de forrageio ao longo do dia; e se [2] há diferença no substrato de forrageio entre classes de tamanho, foram utilizados teste-G. Sete substratos foram utilizados pela espécie para forrageio, sendo a coluna d'água o predominante (79,7% dos indivíduos observados), seguido pelos substratos bentônicos: matriz algal epilítica (16,6%), *Sargassum* sp. (3,3%), alga calcária (0,22%), *Palythoa* sp. (0,12%) e desova de *A. saxatilis* (0,06%). As análises sugerem *A. saxatilis* prefere forragear na coluna d'água durante toda a manhã e no final da tarde, com maior intensidade antes do meio dia, enquanto no começo da tarde preferem o componente bentônico. Estas diferenças podem ser explicadas pelo comportamento oportunista da espécie, que o permite explorar diferentes substratos para forrageio. Também foi demonstrado que as classes de tamanho utilizam diferentes substratos de forrageio, indicando diferenças nas demandas energéticas ao longo de sua ontogenia. Por fim este trabalho revela a grande importância do comportamento alimentar na compreensão geral da ecologia alimentar para a espécie.

Palavras-chave: Ecologia alimentar, uso de habitat, Peixes-donzela, planctívoria

ABSTRACT

Reef fish feeding ecology is essential for understating the energy flow of these ecosystems. Many studies approach feeding behaviour, although those approaching the variation of feeding behaviours during the day are scarce. This study aims to observe the feeding behaviour of the reef fish Sargeant major (*Abudefduf saxatilis*) on the coast of Santa Catarina state, Brazil. For this, free and SCUBA dives were conducted, in which active search for *A. saxatilis* was performed. Using the focal animal method, an individual was followed each time for one minute or until it's first bite, when the bitten substrate, total length and time was recorded. To verify if [1] there are differences among the foraging substratum during the day; and if [2] there are differences among foraging substratum between different size classes, a G-test was used. Seven substrata were utilized, being the water column predominant (79,7% of observed individuals), followed by the benthic substrata: epilithic algal matrix (16,6%), *Sargassum* sp. (3,3%), calcareous algae (0,22%), *Palythoa* sp. (0,12%) and *A. saxatilis* eggs (0,06%). The analysis suggests that *A. saxatilis* prefer to forage on the water column during the morning and end of the evening, with a higher intensity of bites before midday, while at the beginning of the evening benthic substrata are preferred. These differences can be explained by the opportunistic behaviour of the species, that allows the exploration of different substrata. It was also demonstrated that individual size classes use different foraging substrata, indicating different energetic demands according to the species different ontogeny. Lastly, this study verified the important role of feeding behaviour in the general understanding of the species feeding ecology.

Keywords: Feeding Ecology, habitat use, Damselfish, planktivore

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1 – A) Indivíduo adulto de *A. saxatilis*; B) macho reprodutivo defendendo desova; C) indivíduos comendo na coluna d'água; D) indivíduos próximos ao substrato bentônico. Fotos de Lucas Nunes e Thiago Fiuza. 19
- Figura 2 – Hipótese do forrageio alimentar de *A. saxatilis* durante o dia. 20
- Figura 3 – Mapa dos pontos amostrados. 1) Praia de Bombas; 2) Praia da Sepultura; 3) Praia da Lagoinha; 4) Ilha do Macuco; 5) Ilha do Arvoredo: dentro da REBIO; 6) Ilha do Arvoredo: fora da REBIO; 7) Matadeiro; 8) Pântano do Sul. 22
- Figura 4 – Frequência de mordidas de *A. saxatilis* em cada um substratos por hora. O eixo y representa a frequência de mordidas em porcentagem (%), e o eixo x representa o tempo. No eixo y o 0 divide a coluna d'água dos substratos bentônicos. As letras indicam diferenças significativas, segundo o teste-G, entre os horários ($p = 0,05$). 25
- Figura 5 – Frequência de mordidas de *A. saxatilis* em cada substrato por classe de tamanho. O eixo y representa a frequência de mordidas em porcentagem (%), e o eixo x representa as classes de tamanho. No eixo y o 0 divide a coluna d'água dos substratos bentônicos. As letras indicam diferenças significativas, segundo o teste-G, entre os horários ($p = 0,05$). 26

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Número total de indivíduos de <i>A. saxatilis</i> anotados comendo em cada substrato nas horas amostradas.....	24
---	----

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	17
2	OBJETIVOS	21
2.1	OBJETIVO GERAL.....	21
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	21
3	MATERIAL E MÉTODOS	22
3.1	ÁREA DE ESTUDO	22
3.2	COLETA DE DADOS	23
3.3	ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	23
4	RESULTADOS	24
5	DISCUSSÃO	27
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	29
	REFERÊNCIAS.....	30

1 INTRODUÇÃO

A compreensão da ecologia dos organismos é fundamental para entender como funciona a transferência de energia e as relações alimentares em ecossistemas naturais. A ecologia alimentar é a área que busca esclarecer essa dinâmica energética através de estudos que envolvem o comportamento alimentar, dieta e assimilação do alimento (Gerking 1994). Ao longo dos anos, diversos estudos abordaram sobre o comportamento alimentar das espécies, desencadeados principalmente pela Teoria do Forrageio Ótimo (Emlen 1966; MacArthur e Pianka 1966). Essa teoria busca explicar esse comportamento com base no investimento e no lucro energético de cada ação, sendo assim, todo comportamento contribui de alguma forma para o saldo energético (Ware 1967; Charnov 1976a, b).

Considerando que as espécies têm comportamentos visando um saldo energético positivo, o investimento na alimentação deve ser econômico e eficiente. Para que isso seja possível, as espécies avaliam seu gasto energético durante a busca de alimento, e o ganho energético após sua metabolização (Pyke et al. 1977). Ou seja, há uma seleção de um alimento ótimo de acordo com variáveis como o valor nutricional do alimento e o gasto energético para sua obtenção (Pyke 1984; Wolf e Schmid-Hempel 1989). Dessa forma, os estudos de forrageio ótimo se tornam importantes para a compreensão geral do ecossistema.

Estudos de ecologia alimentar estão intimamente relacionados às dinâmicas populacionais, e com isso tornam-se essenciais para a compreensão real da nossa biodiversidade (Gerking 1994). Como atualmente nosso mundo encontra-se em crise ecológica, onde limiares globais de biodiversidade já foram ultrapassados (Rockström et al. 2009), há uma grande importância no entendimento das dinâmicas populacionais para o desenvolvimento de estratégias de conservação. Por conseguinte, compreender o metabolismo das espécies é essencial para dominarmos conceitos da ecologia alimentar, como a distribuição de recursos, preferência de habitat, seleção de presa, predação, evolução, competição e transferência de energia (Braga 2012).

Na natureza, todo animal é limitado espacialmente por diversos fatores, como, disponibilidade de alimento e/ou competição (Morris 1987). Como muitas espécies se encontram em contextos ecológicos parecidos, são observados alguns padrões na maneira que estas espécies usam seu hábitat (Mittelbach 1981; Werner et al. 1983). Padrões de uso

de hábitat possibilitam prever como as espécies se comportam na natureza; a comparação a diferentes grupos animais entre si; e o entendimento de como funciona a relação das espécies com variáveis abióticas (Aebischer et al. 1993).

Ambientes recifais são extremamente diversos e complexos, o que viabiliza inúmeras possibilidades de uso de seus habitats pelos organismos. Diversos estudos demonstram que esta característica de ambientes recifais é de grande importância para a evolução e composição de comunidades dos ambientes recifais marinhos (e.g. Renema et al. 2008; Cowman e Bellwood 2011; Bellwood et al. 2018), sendo um dos fatores mais importantes na evolução de peixes recifais (Floeter et al. 2018).

O Brasil está localizado na província marinha do sudoeste do oceano atlântico (SOA), também conhecida como a Província Biogeográfica Marinha Brasileira (Briggs 1974). Esta província se estende pela costa do Brasil, desde a foz do Rio Amazonas até o sul do estado de Santa Catarina. Possui aproximadamente 470 espécies de peixes recifais e uma taxa de endemismo de aproximadamente 25% (Floeter et al. 2008). Santa Catarina representa o limite sul da província brasileira e pertence a subprovíncia leste-sul-sudeste do Brasil, sendo essa a província com maior riqueza de peixes e maior endemismo (Pinheiro et al. 2018). O ambiente marinho de Santa Catarina é de recife rochoso, e influenciado tanto por correntezas quentes tropicais do norte, quanto por correntezas geladas que vem pelo sul (Möller Jr. et al. 2008). A geografia da região costeira de Santa Catarina é complexa, incluindo ilhas, manguezais e rios, além de abrigar 278 espécies de peixes recifais, sendo o peixe sargentinho *Abudefduf saxatilis* (Linnaeus 1758) uma das espécies mais comuns nos recifes rasos e poças de maré (Anderson et al. 2015).

A. saxatilis (Fig. 1A) é um peixe pertencente à família Pomacentridae, popularmente conhecidos como peixes-donzela (Frédérich e Parmentier 2016). A família Pomacentridae possui a quarta maior riqueza de peixes marinhos no mundo (Frédérich e Parmentier 2016) com 411 espécies descritas (Eschmeyer e Fong 2018). *A. saxatilis* é uma espécie amplamente distribuída pelo oceano Atlântico sendo presente e comum em todas as províncias biogeográficas desse oceano (Allen 1991; Azzurro et al. 2013).

Morfológicamente, o *A. saxatilis* é um peixe de pequeno porte com tamanho corporal médio de 15 centímetros, alcançando no máximo 23 cm. É caracterizado por cinco listras verticais escuras nas laterais e um dorso verde amarelado (Randall 1996). O dimorfismo sexual ocorre apenas no macho durante seu cuidado parental, ao proteger a desova com seu territorialismo reprodutivo (Fig. 1B; Fishelson 1970). A dieta desta espécie é composta predominantemente por invertebrados e algas (Dubiaski-Silva e Masunari 2008), e recebe a categoria trófica de omnívoro (Krajewski e Floeter 2011; Anderson et al. 2015). Seu pico de atividade alimentar é das 10h às 13h (Fishelson 1970) e comumente é encontrando forrageando na coluna d'água (Fig. 1C; Fishelson 1970; Krajewski et al. 2011) ou em substratos bentônicos (Fig. 1D; Hiatt e Strasburg 1960). O canibalismo do ovo também é um comportamento alimentar habitual da espécie, e pode ser atuado pelo próprio macho territorial, ou pela invasão de outros indivíduos da espécie (Foster 1987; Hoelzer 1995; Cheney 2008).

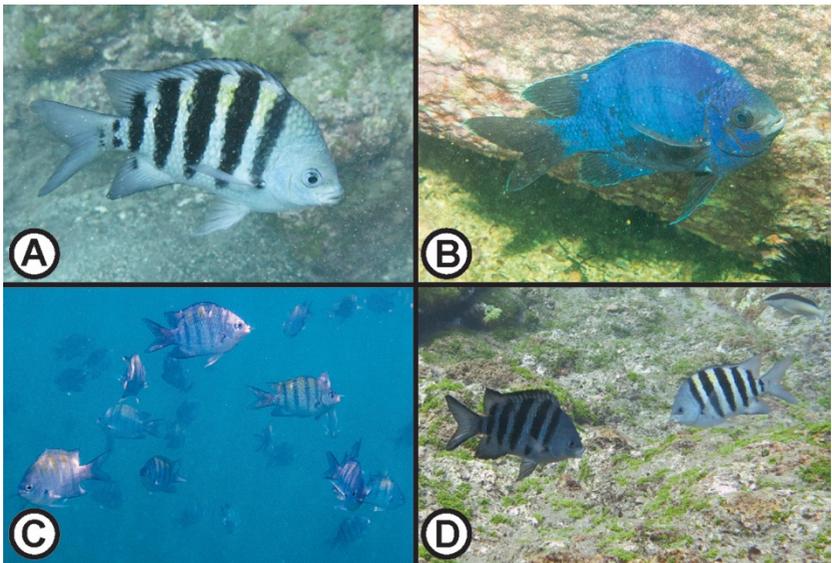


Figura 1 – A) Indivíduo adulto de *A. saxatilis*; B) macho reprodutivo defendendo desova; C) indivíduos comendo na coluna d'água; D) indivíduos próximos ao substrato bentônico. Fotos de Lucas Nunes e Thiago Fiuza.

A alta abundância e diversificação da família Pomacentridae a tornou um grupo chave para estudos sobre ecologia alimentar marinha, proporcionando fundamentos para teorias sobre populações e comunidades (Barneche et al. 2009). Como representante mais abundante dos peixes-donzela nos ambientes recifais de Santa Catarina, estudos sobre a ecologia alimentar de *A. saxatilis* são essenciais para a compreensão da ecologia local, porém são escassos. Tem sido reportado um aumento na taxa de forrageio no início da tarde para diferentes espécies de peixes herbívoros tropicais (e.g. Ferreira et al. 1998a, b), provavelmente devido à acumulação fotossintética nas algas no período da tarde (Zemke-White 2002). Sendo assim, esse trabalho busca examinar as variações no comportamento de forrageio alimentar do *A. saxatilis*, testando as hipóteses que o comportamento alimentar da espécie estudada apresentará diferenças: [1] Na sua preferência de substrato de forrageio ao longo do dia, com enfoque na coluna d'água durante o período da manhã e nos substratos bentônicos à tarde (Fig. 2); [2] No uso de substrato de forrageio entre as diferentes classes de tamanho do peixe, de acordo com as variações de demanda energética ao longo da sua ontogenia.

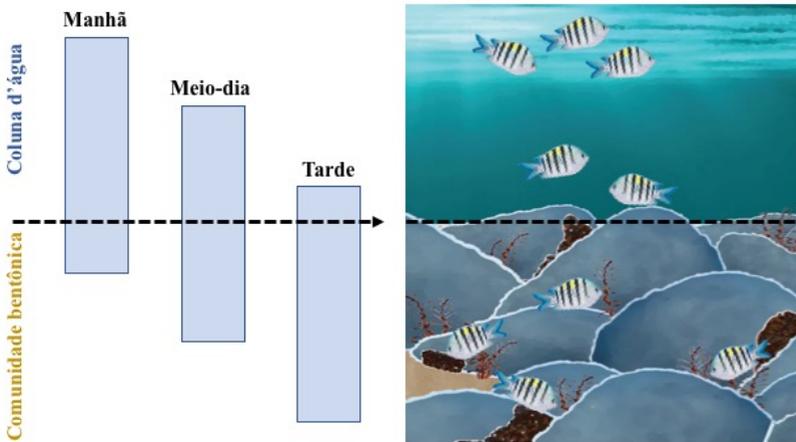


Figura 2 – Hipótese do forrageio alimentar de *A. saxatilis* ao longo do dia.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Estudar o comportamento de forrageio alimentar do peixe recifal *A. saxatilis* no litoral do estado de Santa Catarina, Brasil.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Identificar variações na preferência do substrato de forrageio da espécie entre diferentes horários do dia;
- Averiguar se há diferença no uso de substrato de forrageio entre as classes de tamanho da espécie.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 ÁREA DE ESTUDO

As amostragens foram conduzidas entre 8h e 17h durante os verões dos anos de 2006/2007 e 2017/2018, através do mergulho livre e autônomo. Oito pontos foram amostrados nos municípios de Bombinhas e Florianópolis, no estado de Santa Catarina, Brasil (Fig. 3). Destes pontos, dois estão na Ilha do Arvoredo, sendo um deles dentro da Reserva Biológica Marinha do Arvoredo (REBIO Arvoredo).

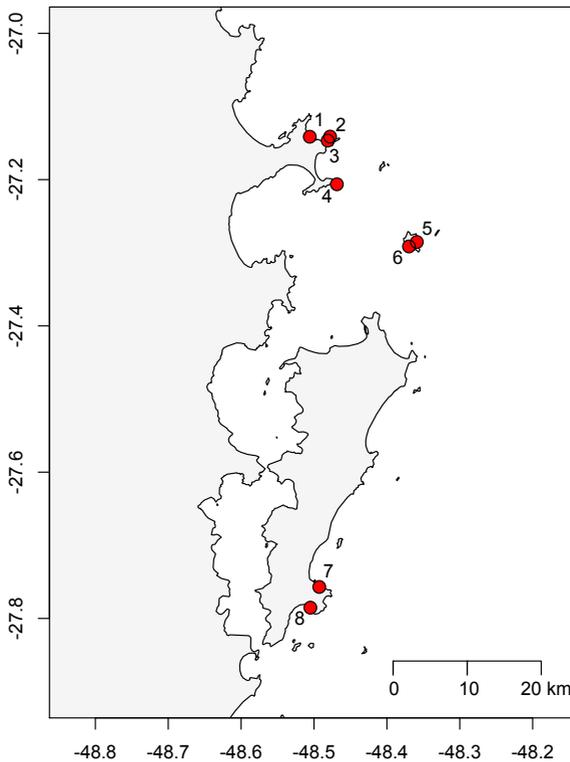


Figura 3 – Mapa dos pontos amostrados. 1) Praia de Bombas; 2) Praia da Sepultura; 3) Praia da Lagoinha; 4) Ilha do Macuco; 5) Ilha do Arvoredo: dentro da REBIO; 6) Ilha do Arvoredo: fora da REBIO; 7) Praia do Matadeiro; 8) Praia do Pântano do Sul.

3.2 COLETA DE DADOS

As coletas de dados foram executadas principalmente com mergulho livre, sendo que o mergulho autônomo foi utilizado apenas nos pontos da Ilha do Arvoredo. Independente da técnica de mergulho aplicada e seus equipamentos, o mergulhador possuía uma prancheta de anotação subaquática e um relógio.

Dentro da água, o mergulhador seguiu um trajeto linear com o intuito de evitar reamostragem. Ao avistar um indivíduo de *A. saxatilis*, este era observado até realizar sua primeira mordida ou por no máximo 1 minuto, então o mergulhador anotava a hora, o substrato mordido pelo peixe e estimava o comprimento total do indivíduo visualmente. Se o indivíduo não realizava nenhuma mordida em até um minuto desde o início da observação, era desconsiderado da amostragem e o mergulhador seguia seu trajeto buscando novos indivíduos. A coluna d'água foi dividida em dois estratos de acordo com a sua distância entre o peixe e o fundo: para espécimes a uma distância menor que 50 cm do fundo (coluna d'água < 50 cm); para espécimes mais distantes que 50 cm do fundo (coluna d'água > 50 cm).

Para facilitar as anotações subaquáticas, o horário e o comprimento total estimado dos indivíduos foram divididos em classes. As classes de horário foram de uma em uma hora, enquanto as classes de tamanho foram: juvenis (menores que 5 cm); sub-adultos (entre 5 e 12 cm); adultos (maiores que 12 cm); e adultos territoriais (espécimes machos realizando cuidado parental).

3.3 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Para testar se as classes de tamanho utilizam diferentes substratos de forrageio e se houve preferência por um substrato de forrageio entre os horários amostrados, foi utilizado um teste-G que compara a frequência dos valores observados com os valores esperados, com base na distribuição de probabilidades multinomial, com adaptação pelo método “Williams” (Gotelli e Ellison 2011). Primeiramente o teste-G foi aplicado para verificar se existia diferenças entre as classes de tamanho e horários amostrados em relação aos substratos, depois o teste-G foi aplicado para as variáveis pareadas entre si, verificando as diferenças significativas entre elas. Estas análises foram executadas no programa R (R CoreTeam 2017) através do pacote “DescTools” (Signorell et al. 2018).

4 RESULTADOS

Foram observadas mordidas de *A. saxatilis* em sete diferentes substratos de forrageio durante as amostragens (Tabela 1). Os substratos predominantemente investidos foram na coluna d'água, totalizando 79,7% das mordidas observadas. Destas, 40,6% ocorreram numa distância menor que 50 cm do fundo e 39,1% numa distância maior que 50 cm do fundo. O terceiro substrato mais investido foi a matriz algal epilítica (turf), compondo 16,6% das amostragens, seguido pelo substrato *Sargassum* sp. que compôs 3,3%. Alga calcária, *Palythoa* sp. e ovos de *A. saxatilis*, somados, constituíram apenas 0,4% das mordidas.

O teste-G indicou diferenças significativas para a preferência de substrato de forrageio de *A. saxatilis* entre diferentes horários do dia (Fig. 4). Uma similaridade foi observada entre horários iniciais (8 e 9h da manhã) e finais (16 e 17h da tarde) das amostragens. O auge de ocorrência de mordidas foi das 10 às 12h (61% de todas as mordidas), enquanto durante os outros horários a ocorrência se manteve similar. Além disso, o investimento em substratos bentônicos foi mais frequente nos horários do início da tarde (13, 14 e 15h) e no horário das 9h.

Em relação ao comprimento dos indivíduos amostrados, os juvenis corresponderam a 22% do total, os sub-adultos a 48,3%, e os adultos a 29,2%. Os machos territoriais representaram apenas 0,5% do total de mordidas amostradas e foram excluídos da análise devido a sua baixa atividade alimentar. O teste-G apontou diferenças significativas no uso dos substratos de forrageio utilizados entre as classes de tamanho (Fig. 5).

Tabela 1 – Número total de indivíduos de *A. saxatilis* anotados comendo em cada substrato nas horas amostradas.

Substrato	8h	9h	10h	11h	12h	13h	14h	15h	16h	17h
Coluna > 50 cm	27	49	120	178	36	73	56	56	42	90
Coluna < 50 cm	0	0	233	264	129	8	12	55	0	0
Turf	2	41	28	28	13	46	47	67	6	20
<i>Sargassum</i> sp.	3	1	5	34	4	0	0	0	1	11
Alga calcária	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0
<i>Palythoa</i> sp.	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0
Ovo	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
Total	32	91	387	505	182	127	119	147	49	121

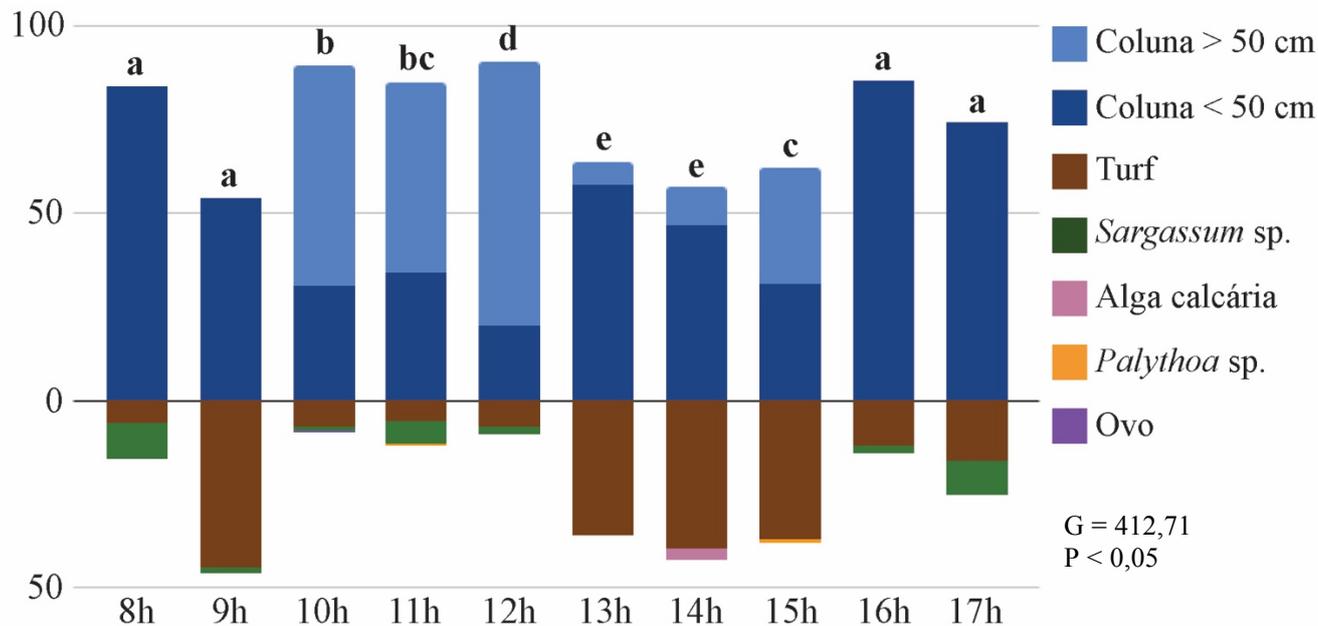


Figura 4 – Frequência de mordidas de *A. saxatilis* em cada um substratos por hora. O eixo y representa a frequência de mordidas em porcentagem (%), e o eixo x representa o tempo. No eixo y o 0 divide a coluna d'água dos substratos bentônicos. As letras indicam diferenças significativas, segundo o teste-G, entre os horários ($p = 0,05$).

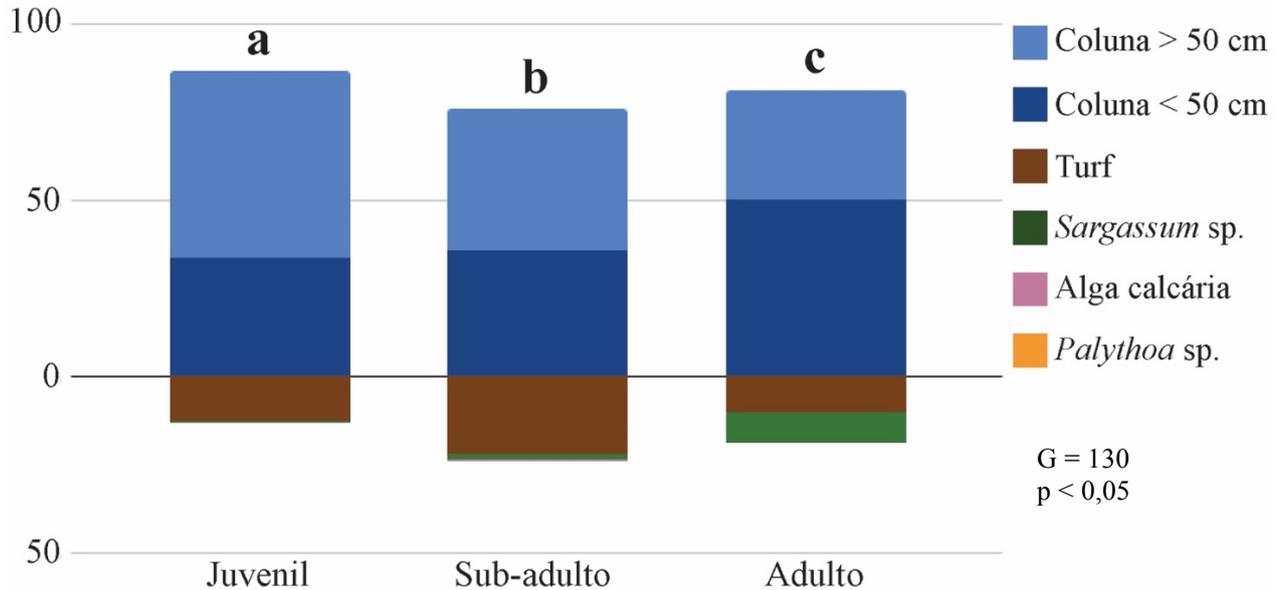


Figura 5 – Frequência de mordidas de *A. saxatilis* em cada substrato por classe de tamanho. O eixo y representa a frequência de mordidas em porcentagem (%), e o eixo x representa as classes de tamanho. No eixo y o 0 divide a coluna d'água dos substratos bentônicos. As letras indicam diferenças significativas, segundo o teste-G, entre os horários ($p = 0,05$).

5 DISCUSSÃO

Os peixes-donzelas são representantes emblemáticos de omnivoria e oportunismo alimentar nos ambientes recifais marinhos (Frédérich e Parmentier 2016). A plasticidade alimentar de *A. saxatilis* já foi apontada como fator influenciador na variação morfológica entre populações dessa espécie (Piñeros et al. 2015), sendo capazes de forragear nos mais variados substratos recifais, incluindo detritos (Sazima et al. 2003) e limpando outras espécies (Rocha e Myers 2015). O presente trabalho foi pioneiro na avaliação de variações do comportamento de forrageio alimentar durante o dia, indicando os horários do dia como fator determinante do comportamento alimentar da espécie.

A preferência do substrato de forrageio do *A. saxatilis* variou significativamente de acordo com o horário do dia. A predominância de mordidas na coluna d'água (i.e. mais de 50% do total de mordidas) condiz com trabalhos para a espécie (Frédérich et al. 2013) e para o gênero (Frédérich et al. 2009). Os horários das 10, 11 e 12h demonstraram uma preferência maior do *A. saxatilis* pela coluna d'água, próximos a superfície, provavelmente devido ao aumento na produção primária do fitoplâncton nestes horários de maior incidência solar (Pereira e Soares-Gomes 2009), este aumento do fitoplâncton estimula um aumento do zooplâncton na coluna d'água. Ao longo do dia a incidência solar diminui, consequentemente a produção primária decai, reduzindo a alimentação dos peixes na coluna d'água. Dietas baseadas em conteúdo estomacal da espécie na mesma região demonstram alta frequência na ingestão de macroinvertebrados componentes do zooplâncton, principalmente decápodes e amphipodas (Dubiaski-Silva e Masunari 2008).

Entre os substratos bentônicos, a matriz de algas epilíticas (turf) e a alga *Sargassum* sp. foram os mais frequentes, compondo aproximadamente 98% das mordidas quantificadas no bentos. O turf (Wilson et al. 2003) e o *Sargassum* sp. (Dubiaski-Silva e Masunari 2008) são substratos complexos compostos por comunidades de algas, invertebrados e sedimentos, indicando que o forrageio sobre esses substratos demonstra que o peixe está comendo amphipodas e algas epífitas, observados na dieta da espécie em Santa Catarina (Dubiaski-Silva e Masunari 2008). Além disso, o investimento nos substratos bentônicos foi significativamente maior fora dos horários de maior incidência solar, indicando uma seletividade do alimento ótimo em cada horário. Isto pode ser explicado pelos ciclos verticais diários do

zooplâncton que buscam o fitoplâncton na coluna d'água nos horários de maior produção primária, mas depois se refugiam nos substratos bentônicos (Pereira e Soares-Gomes 2009). O *Sargassum* sp. teve ocorrência insignificante nas dietas de *A. saxatilis*, porém sua alga epífita *Hypnea* sp. representou 15% da dieta. Isso pode ser explicado pelo aumento do valor energético das algas nestes horários por consequência dos açúcares sintetizados pela fotossíntese durante os picos solares (Zemke-White et al. 2002), sendo já verificado para outros peixes-donzela e peixes herbívoros tropicais (Ferreira et al. 1998a, b).

As mordidas nos substratos bentônicos alga calcária, no coral *Palythoa* sp. e na desova de *A. saxatilis*, foram interpretadas como oportunistas, devido a sua baixa frequência (menos que 0,5% de toda a amostragem). Algas calcárias e corais são substratos difíceis de serem extraídos fisicamente e digeridos por espécies sem características alimentares específicas (Jobling 1995), isso sugere que as mordidas que ocorreram nestes substratos acontecem devido a presença de algum organismo como epífitas ou macroinvertebrados. As observações de mordidas em desova ocorreram apenas nos machos realizando territorialismo reprodutivo, comportamento alimentar compensatório esperado para estes indivíduos que diminuem sua atividade de forrageio para focar na proteção e manutenção da desova (Hoelzer 1992; FitzGerald 1992).

Os resultados deste trabalho demonstraram diferenças significativas do uso de substrato entre as diferentes classes de tamanho analisados, provavelmente devido a variação das demandas energéticas durante as diferentes fases de crescimento (Jobling 1995). Indivíduos juvenis de *A. saxatilis* são comumente avistados em pequenos cardumes forrageando nas águas rasas e ambientes abrigados, investindo primariamente nos macroinvertebrados da coluna d'água e ocasionalmente no turf (Fishelson 1970). Ao observar os indivíduos sub-adultos e adultos, é verificada uma maior frequência e diversidade de investimento nos substratos bentônicos em relação aos indivíduos juvenis. Estas diferenças no uso de substrato entre as diferentes classes de tamanho eram esperadas, pois retratam as diferenças na demanda energética necessária para o crescimento durante as diferentes fases de vida da espécie (Barneche et al. 2009).

A diminuição da atividade alimentar dos machos territoriais foi confirmada durante nossas amostragens, ao compor apenas 0,5% de todas as mordidas observadas. Quando este tomava a decisão de se alimentar,

investia em substratos próximos a sua desova, demonstrando novamente o oportunismo alimentar da espécie.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Como fechamento, foi verificada diferenças na preferência do substrato de forrageio do *A. saxatilis* ao longo do dia, apresentando preferência em forragear na coluna d'água durante a manhã, e uma preferência proporcionalmente maior pelo substrato bentônico no início da tarde. Além disso, foi averiguado diferenças no uso de substrato de forrageio entre as classes de tamanho do peixe, sendo que os juvenis demonstraram preferência pelo substrato coluna d'água mais próximo a superfície (coluna > 50 cm), os sub-adultos apresentaram proporções parecidas entre seus substratos de forrageio, e o adultos tiveram preferência pela coluna d'água próximo ao fundo (coluna < 50 cm), além de serem a classe de tamanho que apresentaram maior frequência de mordidas no substrato *Sargassum* sp.

A ecologia alimentar de espécies é um elemento essencial para entender como funciona a transferência de energia dentro dos ecossistemas naturais. Estudos sobre ecologia alimentar de peixes-donzela classicamente buscam dividir o grupo em espécies que se alimentam na coluna d'água, nos substratos bentônicos ou em ambos (Frédérich e Parmentier 2016; Floeter et al. 2018). Neste trabalho verificamos que o horário do dia e tamanho individual são fatores determinantes na preferência pelo substrato de forrageio para o *A. saxatilis* no litoral de Santa Catarina, confirmando seu papel trófico de omnívoro oportunista (Anderson et al. 2015). Atualmente estudos sobre a ecologia alimentar das espécies são baseados principalmente por trabalhos de dieta alimentar, porém no presente trabalho foi verificado que o conhecimento sobre o comportamento alimentar das espécies é essencial para a compreensão geral da ecologia alimentar de um ambiente, principalmente em relação as variações ao longo do dia e as diferentes fases de crescimento das espécies.

REFERÊNCIAS

- Aebischer NJ, Robertson PA, Kenward RE (1993) Compositional analysis of habitat use from animal radio-tracking. *Ecology* 74(5): 1313–1325. Doi: 10.2307/1940062
- Allen GR (1991) *Damselfishes of the world*. Mergus Publishers, Germany.
- Anderson AB, Carvalho-filho A, Morais RA, Nunes LT, Quimbayo JP, Floeter SR (2015) Brazilian tropical fishes in their southern limit of distribution: checklist of Santa Catarina's rocky reef ichthyofauna, remarks and new records 11(4): 1–25. Doi: 10.15560/11.4.1688
- Azzurro E, Broglio E, Maynou F, Bariche M (2013) Citizen science detects the undetected: the case of *Abudefduf saxatilis* from the Mediterranean Sea. *Management of Biological Invasions* 4(2): 167–170. Doi: 10.3391/mbi.2013.4.2.10
- Barneche DR, Floeter SR, Ceccarelli DM, Frensel DMB, Dinslaken DF, Mário HFS, Ferreira CEL (2009) Feeding macroecology of territorial damselfishes (Perciformes: Pomacentridae). *Marine Biology* 156(3): 289–299. Doi: 10.1007/s00227-008-1083-z
- Bellwood DR, Tebbett SB, Bellwood O, Mihalitsis M, Morais RA, Streit RP, Fulton CJ (2018) The role of the reef flat in coral reef trophodynamics: past, present, and future. *Ecology and Evolution* 8(8): 4108–4119. Doi: 10.1002/ece3.3967
- Braga RR, Bornatowski H, Vitule JRS (2012) Feeding ecology of fishes: an overview of worldwide publications. *Reviews in Fish Biology and Fisheries* 22(4): 915–929. Doi: 10.1007/s11160-012-9273-7
- Briggs JC (1974) *Marine zoogeography*. McGraw-Hill, New York.
- Charnov EL (1976a) Optimal foraging theory: the marginal value theorem. *Theoretical Population Biology* 9(2): 129–136. Doi: 10.1016/0040-5809(76)90040-X
- Charnov EL (1976b) Optimal foraging: attack strategy of a mantid. *The American Naturalist* 110(971): 141–151. Doi: 10.1086/283054
- Cheney KL (2008) Non-kin egg cannibalism and group nest-raiding by Caribbean sergeant major damselfish (*Abudefduf saxatilis*). *Coral Reefs* 27(1): 115. Doi: 10.1007/s00338-007-0324-9
- Cowman PF, Bellwood DR (2011) Coral reefs as drivers of cladogenesis: expanding coral reefs, cryptic extinction events, and the development of biodiversity hotspots. *Journal of Evolutionary Biology* 24(12): 2543–2562. Doi: 10.1111/j.1420-9101.2011.02391.x

- Dubiaski-Silva J, Masunari S (2008) Natural diet of fish and crabs associated with the phytal community of *Sargassum cymosum* C. Agardh, 1820 (Phaeophyta, Fucales) at Ponta das Garoupas, Bombinhas, Santa Catarina State, Brazil. *Journal of Natural History* 42(27–28): 1907–1922. Doi: 10.1080/00222930802126896
- Elliott JP, Bellwood DR (2003) Alimentary tract morphology and diet in three coral reef fish families. *Journal of Fish Biology* 63(6): 1598–1609. Doi: 10.1111/j.1095-8649.2003.00272.x
- Emlen JM (1966) The role of time and energy in food preference. *The American Naturalist* 100(916): 611–617. Doi: 10.1086/282455
- Eschmeyer WN, Fong JD (2018) Species by family/subfamily. *Catalog of fishes*.
<http://researcharchive.calacademy.org/research/ichthyology/catalog/SpeciesByFamily.asp>. Acesso em 20/05/2018.
- Ferreira CEL, Gonçalves JEA, Coutinho R, Peret AC (1998a) Herbivory by the dusky damselfish *Stegastes fuscus* (Cuvier, 1830) in a tropical rocky shore: Effects on the benthic community. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 229(2): 241–264. Doi: 10.1016/S0022-0981(98)00056-2
- Ferreira CEL, Peret AC, Coutinho R (1998b) Seasonal grazing rates and food processing by tropical herbivorous fishes. *Journal of Fish Biology* 53(sa): 222–235. Doi: 10.1111/j.1095-8649.1998.tb01029.x
- Fishelson L (1970) Behavior and ecology of a population of *Abudefduf saxatilis* (Pomacentridae, Teleostei) at Eilat (Red Sea). *Animal Behaviour* 18(2): 225–237. Doi: 10.1016/S0003-3472(70)80032-X
- FitzGerald GJ (1992) Filial cannibalism in fishes: Why do parents eat their offspring? *Trends in Ecology and Evolution* 7(1): 7–10. Doi: 10.1016/0169-5347(92)90190-M
- Floeter SR, Bender MG, Siqueira AC, Cowman PF (2018) Phylogenetic perspectives on reef fish functional traits. *Biological Reviews* 93(1): 131–151. Doi: 10.1111/brv.12336
- Floeter SR, Rocha LA, Robertson DR et al (2008) Atlantic reef fish biogeography and evolution. *Journal of Biogeography* 35(1): 22–47. Doi: 10.1111/j.1365-2699.2007.01790.x
- Foster SA (1987) Diel and lunar patterns of reproduction in the Caribbean and Pacific sergeant major damselfishes *Abudefduf saxatilis* and *A. troschellii*. *Marine Biology* 95(3): 333–343. Doi: 10.1007/BF00409563

- Frédérich B, Fabri G, Lepoint G, Vandewalle P, Parmentier E (2009) Trophic niches of thirteen damselfishes (Pomacentridae) at the Grand Récif of Toliara, Madagascar. *Ichthyological Research* 56(1): 10–17. Doi: 10.1007/s10228-008-0053-2
- Frédérich B, Sorenson L, Santini F, Slater GJ, Alfaro ME (2013) Iterative ecological radiation and convergence during the evolutionary history of damselfishes (Pomacentridae). *The American Naturalist* 181(1): 94–113. Doi: 10.1086/668599
- Frédérich B, Parmentier E (2016) *Biology of Damselfishes*. CRC Press, Florida.
- Gerking SD (1994) *Feeding ecology of fish*. Academic Press, San Diego
- Gotelli NJ, Ellison AM (2011) *Princípios de estatística em ecologia*. Artmed Editora, Porto Alegre.
- Hiatt RW, Strasburg, DW (1960) Ecological relationships of the fish fauna on coral reefs of the Marshall Islands. *Ecological Monographs* 30(1): 65–127. Doi: 10.2307/1942181
- Hoelzer GA (1992) The ecology and evolution of partial-clutch cannibalism by paternal cortex damselfish. *Nordic Society Oikos* 65(1): 113–120. Doi: 10.2307/3544893
- Hoelzer GA (1995) Filial cannibalism and male parental care in damselfishes. *Bulletin of Marine Science* 57(3): 663–671.
- Jobling M (1994) *Fish bioenergetics*. Springer, Netherlands.
- Krajewski JP, Floeter SR, Jones GP, Leite FPP (2011) Patterns of variation in behaviour within and among reef fish species on an isolated tropical island: Influence of exposure and substratum. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom* 91(6): 1359–1368. Doi: 10.1017/S0025315410000111
- Krajewski JP, Floeter SR (2011) Reef fish community structure of the Fernando de Noronha Archipelago (Equatorial Western Atlantic): The influence of exposure and benthic composition. *Environmental Biology of Fishes* 92(1): 25–40. Doi: 10.1007/s10641-011-9813-3
- MacArthur RH, Pianka ER (1966) On optimal use of a patchy environment. *The American Naturalist* 100(916): 603–609. Doi: 10.1086/282454
- Mittelbach GG (1981) Foraging efficiency and body size: a study of optimal diet and habitat use by bluegills. *Ecological Society of America* 62(5): 1370–1386. Doi: 10.2307/1937300
- Möller Jr OO, Piola AR, Freitas AC, Campos EJD (2008) The effects of river discharge and seasonal winds on the shelf off Southeastern South

- America. *Continental Shelf Research* 28(13): 1607–1624. Doi: 10.1016/j.csr.2008.03.012
- Morris DW (1987) Ecological scale and habitat use. *Ecology* 68(2): 362–369. Doi: 10.2307/1939267
- Pereira RC, Soares-Gomes A (2009) *Biologia marinha*. Editora Interciência, Rio de Janeiro.
- Piñeros VJ, Rios-Cardenas O, Gutiérrez-Rodríguez C, Mendoza-Cuenca L (2015) Morphological differentiation in the damselfish *Abudefduf saxatilis* along the mexican atlantic coast is associated with environmental factors and high connectivity. *Evolutionary Biology* 42(2): 235–249. Doi: 10.1007/s11692-015-9314-y
- Pinheiro HT, Rocha LA, Macieira et al (2018) Southwestern Atlantic reef fishes: zoogeographic patterns and ecological drivers reveal a secondary biodiversity center in the Atlantic Ocean. *Diversity and Distributions* 1–15. Doi: 10.1111/ddi.12729
- Pyke GH, Pulliam HR, Charnov EL (1977) Optimal foraging: a selective review of theory and tests. *The Quarterly Review of Biology* 52(2): 137–154. Doi: 10.1086/409852
- Pyke GH (1984) Optimal foraging theory: a critical review. *Annual Review of Ecology and Systematics* 15(1): 523–575. Doi: 10.1146/annurev.ecolsys.15.1.523
- R CoreTeam (2017) R: A language and environment for statistical computing.
- Randall JE (1996) *Caribbean Reef Fishes*. TFH Publications.
- Renema W, Bellwood DR, Braga JC, Bromfield K, Hall R, Johnson KG, Lunt P, Meyer CP, McMonagle LB, Morlet RJ, O’Dea A, Todd JA, Wesselingh FP, Wilson MEJ, Pandolfi JM (2008) Hopping hotspots: global shifts in marine biodiversity. *Science* 321(5889): 654–657. Doi: 10.1126/science.1155674
- Rocha L A, Myers R (2015) *Abudefduf saxatilis*. The IUCN Red List of Threatened Species 2015: e.T188581A1896808. Doi: 10.2305/IUCN.UK.2015-4.RLTS.T188581A1896808.en
- Rockström J, Steffen W, Noone K, Persson A, Stuart Chapin F, Lambin EF, Lenton TM, Scheffer M, Folke C, Schellnhuber HJ, Nykvist B, Wit CY, Hughes T, Leeuw S, Rodhe H, Sörlin S, Snyder PT, Costanza R, Svedin U, Falkenmark M, Karlberg L, Corell RW, Fabry VJ, Hansen J, Walker B, Liverman D, Richardson K, Crutzen P, Foley JA (2009) A safe operating space for humanity. *Nature* 461: 472–475. Doi: 10.1038/461472a

- Sazima I, Sazima C, Silva JM (2003) The cetacean offal connection: Feces and vomits of spinner dolphins as a food source for reef fishes. *Bulletin of Marine Science* 72(1): 151–160. Doi: 10.1590/S1679-62252006000400009
- Signorell A et al (2018) DescTools: Tools for descriptive statistics. R package version 0.99.24.
- Ware DM (1972) Predation by Rainbow Trout (*Sarmo gairdneri*): the influence of hunger, prey density, and prey size. *Journal of the Fisheries Board of Canada* 29(8): 1193–1201. Doi: 10.1139/f72-175
- Werner EE, Gilliam JF, Hall DJ, Mittelbach GG (1983) An experimental test of the effects of predation risk on habitat use in fish. *Ecology* 64(6): 1540–1548. Doi: 10.2307/1937508
- Wilson SK, Bellwood DR, Choat JH, Furnas MJ (2003) Detritus in the epilithic algal matrix and its use by coral reef fishes. *Oceanogr Mar Biol Annu Rev* 41: 279–309.
- Wolf TJ, Schmid-Hempel P (1989) Extra loads and foraging life span in honeybee workers. *Source Journal of Animal Ecology* 58(3): 943–954. Doi: 10.2307/5134
- Zemke-White WL, Choat JH, Clements KD (2002). A re-evaluation of the diel feeding hypothesis for marine herbivorous fishes. *Marine Biology* 141(3): 571–579. Doi: 10.1007/s00227-002-0849-y