

**BIOLOGIA E ECOLOGIA ALIMENTAR DE *DASYATIS*
AMERICANA HILDEBRAND & SCHROEDER, 1928
(CHONDRICHTHYES: DASYATIDAE) NO
ARQUIPÉLAGO DE FERNANDO DE NORONHA**



ALINE AUGUSTO AGUIAR

Rio de Janeiro

2010

Livros Grátis

<http://www.livrosgratis.com.br>

Milhares de livros grátis para download.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO
CENTRO DE CIÊNCIAS DA SAÚDE
INSTITUTO DE BIOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECOLOGIA

BIOLOGIA E ECOLOGIA ALIMENTAR DE *DASYATIS AMERICANA*
HILDEBRAND & SCHROEDER, 1928 (CHONDRICHTHYES: DASYATIDAE) NO
ARQUIPÉLAGO DE FERNANDO DE NORONHA

ALINE AUGUSTO AGUIAR

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ecologia da Universidade Federal do Rio de Janeiro, como parte dos requisitos necessários à obtenção do grau de Doutor em Ecologia.

Orientação Prof Dr. Jean Louis Valentin
Co-Orientação Prof Dr. Pedro Peres Neto

RIO DE JANEIRO, RJ - BRASIL
MARÇO DE 2010



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO/UFRJ
INSTITUTO DE BIOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECOLOGIA-PPGE

CX.POSTAL 68.020 – ILHA DO FUNDÃO
CEP: 21941-590 – RIO DE JANEIRO – RJ – BRASIL
TEL./FAX: (21) 290-3308 TEL.: (21) 562-6320

BIOLOGIA E ECOLOGIA ALIMENTAR DE *DASYATIS AMERICANA*
HILDEBRAND & SCHROEDER, 1928 (CHONDRICHTHYES:
DASYATIDAE) NO ARQUIPÉLAGO DE FERNANDO DE NORONHA

ALINE AUGUSTO AGUIAR

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ecologia da
Universidade Federal do Rio de Janeiro, como parte dos requisitos
necessários à obtenção do grau de Doutor em Ecologia.

Rio de Janeiro, 31 de março de 2010.

APROVADA POR:

Prof. Jean Louis Valentin, Dr. - Orientador

Prof. Carlos Eduardo Leite Ferreira, Dr. - Titular

Prof^ª. Erica Maria Pellegrini Caramaschi, Dr^a. - Titular

Prof. Jansen Alfredo Sampaio Zuanon, Dr. - Titular

Prof^ª. Rosangela Paula Teixeira Lessa, Dr^a. - Titular

Prof. Cassiano Monteiro Neto, Dr. - Suplente

Prof. Fernando Antônio dos Santos Fernandez, Dr. - Suplente

AGUIAR, ALINE AUGUSTO

Biologia e Ecologia Alimentar de *Dasyatis americana* Hildebrand & Schroeder, 1928 (Chondrichthyes: Dasyatidae) no Arquipélago de Fernando de Noronha [Rio de Janeiro] 2010

08 + 159 p. 29,7 cm (Instituto de Biologia/UFRJ, D.Sc., Ecologia, 2010)

Tese - Universidade Federal do Rio de Janeiro, PPGE

1. Dieta, Comportamento, Habitat, Raia Prego, Brasil

I. IB/UFRJ II. Título (série)

À minha família

AGRADECIMENTOS:

À CAPES pelas bolsas de estudo (doutorado e estágio de doutorado sanduíche) e pelo apoio financeiro ao projeto, através do Programa de Pós-Graduação em Ecologia da UFRJ.

Ao CNPq e FAPERJ pelo apoio financeiro ao projeto, através das bolsas de produtividade do Dr. Jean Valentin.

Ao Instituto Chico Mendes, PARNAMAR e APA de Fernando de Noronha (ICMBIO) pelas licenças de pesquisa no Arquipélago de Fernando de Noronha e pelo apoio ao projeto.

À Administração do Distrito Estadual de Fernando de Noronha pelas autorizações e apoio ao projeto.

Aos laboratórios de Polichaeta, Carcinologia, Macroalgas e Tecnologia e Biologia Pesqueira da UFRJ, assim como o laboratório de Biologia Pesqueira da UFRN, em especial à Vanine Alecrim, Tereza Silva, Rômulo Barroso, Vinícius de Oliveira, Luis Constantino e Tatiana Leite, pela identificação taxonômica do material biológico.

Ao laboratório de Bentos da UFRJ, em particular à Elianne Omena, pela colaboração no delineamento amostral.

Ao laboratório de Ictiologia da UERJ, em especial à Ulisses Leite e Hugo Santos, pelo depósito dos espécimes de *D. americana* na Coleção Científica.

Às operadoras de mergulho Noronha Divers, Águas Claras e Atlantis pelo apoio operacional aos mergulhos autônomos.

Às Empresas de Cinegrafia Hidrosphera Produções e Ciliares Produções pelo apoio às filmagens subaquáticas e edições de imagens.

Ao Programa de Pós-Graduação em Ecologia da UFRJ pelo apoio ao projeto e à minha formação como DSc. em Ecologia.

Ao meu orientador e eterno “guru”, Dr. Jean Louis Valentin, pela grande amizade, ensinamentos e apoio às mirabolantes análises estatísticas.

Ao meu co-orientador, Dr. Pedro Peres-Neto, pelo grande apoio durante minha estada em Montreal e pela colaboração inestimável para tratamento de dados da tese.

Aos pesquisadores Dra. Gisela Mandali de Figueiredo, Dr. Marcelo Vianna, Dr. Mauricio Pinto, MSc. Renato Freitas e MSc. Ana Karina Felício e meus orientadores, Dr. Jean Valentin e Dr. Pedro Peres-Neto, pelas contribuições aos manuscritos.

À minha mãe, Yeda Aguiar, e irmã Joana Aguiar pelas pacientes, valorosas e detalhadas revisões aos textos da tese e dos manuscritos.

Aos queridos amigos, Janaina Machado, Tatiana Leite, Gisela de Figueiredo, Áthila Andrade, Renato Freitas, Ana Karina Felício e Mauricio Almeida, pela companhia e pela inestimável ajuda durante os trabalhos de campo em Noronha.

A todos os biólogos, guias, mergulhadores, ilhéus, nativos e turistas que de uma forma ou de outra ajudaram muito nos trabalhos de campo.

A todos meus queridos amigos no Rio, Noronha e em Montreal que, apesar de ser impossível listar todos aqui sem cometer o pecado de esquecer alguém, estão sempre em meus pensamentos e coração, pelo gigantesco incentivo e apoio durante esses árduos anos de trabalho!!!

Aos meu pais Clerio e Yeda, irmãos, Ivan e Joana, minha vó, Dona Nilda, cunhada Carol e sobrinhas mais lindas e queridas Lulu e Juju, pelo apoio incondicional durante o doutorado e por florirem diariamente minha vida!

À Deus por mais uma maravilhosa oportunidade de estudar, aprender e amar.

RESUMO GERAL: Focando as temáticas de biologia e ecologia alimentar de elasmobrânquios, em especial da raia prego, *Dasyatis americana*, o presente estudo está subdividido em quatro capítulos. O primeiro capítulo trata de uma revisão geral sobre o estado da arte no Brasil dos estudos sobre biologia e ecologia alimentar de tubarões e raias. Os demais capítulos visam ampliar os conhecimentos acerca da raia *D. americana*, no Brasil, e têm o objetivo geral de testar se a biologia e o comportamento alimentar das raias prego no Arquipélago de Fernando de Noronha, durante sua ontogenia, são independentes do habitat. Esta hipótese é verificada a partir de objetivos específicos que envolvem a descrição do comportamento de forrageamento e da dieta da raia prego, e o teste estatístico da relação entre estas propriedades biológicas e variáveis ambientais. A metodologia utilizada envolve desde pesquisas em bancos de dados para formulação do inventário das publicações brasileiras, até amostragens subaquáticas para coleta de dados. Para análise de dados foram aplicadas técnicas tradicionais de estatística uni- e multivariada, além de uma nova versão do método “Fourth-Corner Problem”. Observa-se que, apesar do número relativamente elevado de referências encontradas sobre biologia e ecologia alimentar de elasmobrânquios no Brasil, grande parte está restrita ao estudo baseado apenas na dieta de poucas espécies, e que os resultados estabelecidos para a costa brasileira estão de acordo com os padrões de dieta já descritos para os elasmobrânquios. Com relação à *D. americana* no Arquipélago de Fernando de Noronha, indica-se que: a espécie é capaz de realizar vários comportamentos altamente plásticos e complexos enquanto forrageia solitariamente; o repertório comportamental das raias prego é baseado principalmente em estímulos ambientais; a raia prego forrageia intermitentemente ao longo do dia e aparentemente possui um pico de atividade de alimentação durante as marés altas; *D. americana* é um predador zoobentívoro capaz de se alimentar de presas vágeis, compostas principalmente por crustáceos, poliquetos e peixes ósseos; a raia prego tem dieta generalista e oportunista; existem tendências de diferenças ontogenéticas na composição da dieta; existe uma relação direta entre a ocorrência dos comportamentos de forrageamento e a dieta de *D. americana* e características do ambiente; os padrões de ocorrência destas propriedades biológicas acompanham a mudança ontogenética no uso do habitat das raias prego; os comportamentos de forrageamento e tipo de dieta da raia prego não agem como filtros mediando o uso do habitat da espécie. Por fim o presente estudo ressalta a importância do ambiente como fator influenciando a população *D. americana* no Arquipélago de Fernando de Noronha.

GENERAL ABSTRACT: Focusing on the feeding biology and ecology of elasmobranchs, and especially of the southern stingray, *Dasyatis americana*, the present work is subdivided in four chapters. The first chapter presents the state of the knowledge of the Brazilian researches on feeding biology and ecology of sharks and batoids. All of others chapters aim to improve our knowledge of *D. americana* in Brazilian waters, and have the main objective of testing whether the feeding biology and behavior of the southern stingray at the Fernando de Noronha Archipelago are independent of the habitat, during its ontogeny. This hypothesis is verified based on specific objectives which deal with the description of the foraging behavior and diet of *D. americana*, and also with the statistical test of the relationship between these biological traits and environmental variables. The methods used by the present work involve searches on abstracting and indexing services to formulate the list of the Brazilian literature and also underwater surveys to sample new data on *D. americana*. Univariate and multivariate statistical techniques were used to data analyses, including an extended version of the Fourth-Corner Problem method. Although it was identified a high number of Brazilian articles on feeding biology and ecology of elasmobranchs, a great part of it is based on the diet of a few species. Moreover, the established results for the Brazilian coast are in accordance to the diet patterns already described for the elasmobranchs. Regarding *D. americana* at the Fernando de Noronha Archipelago, it is indicated that: the species is capable of performing various behaviors that are complex and highly plastic while solitarily foraging; the behavioral repertoire of the southern stingray is based mainly on environmental stimulus; *D. americana* forages intermittently throughout the day and likely has a peak of foraging activity during high tides; *D. americana* is a zoobenthic predator that is clearly capable of feeding on active prey which are mainly composed of crustaceans, polichaetes and osteichthyans; the southern stingray is a generalist and an opportunistic feeder; trends concerning the ontogenetic feeding differences of *D. americana* were revealed; a direct relationship exists between the occurrence of the foraging behaviors and diet of *D. americana* and environmental features; these biological trait patterns accompany the habitat use shifts of the southern stingrays during their ontogeny; foraging behaviors and diet do not act filtering the species habitat use. Finally the present work reinforces the relevance of the environment as a key factor influencing the southern stingray population at Fernando de Noronha Archipelago.

SUMARIO:

<i>Introdução Geral</i>	2
<i>Objetivos e Estrutura da Tese</i>	7
<i>Área de Estudo</i>	10
<i>Capítulo 1 - Biologia e Ecologia Alimentar de Elasmobrânquios (Chondrichthyes: Elasmobranchii): Uma Revisão dos Métodos e do Estado da Arte no Brasil</i>	17
<i>Capítulo 2 - Descrição do Comportamento Alimentar da Raia Prego, <u>Dasyatis americana</u>, Hildebrand & Schroeder, 1928 (Chondrichthyes: Dasyatidae) sob Condições Naturais no Arquipélago de Fernando de Noronha</i>	55
<i>Capítulo 3 - Notas sobre a Biologia Alimentar da Raia Prego, <u>Dasyatis americana</u>, Hildebrand & Schroeder, 1928 (Chondrichthyes: Dasyatidae) no Arquipélago de Fernando de Noronha</i>	79
<i>Capítulo 4 - Variação Ontogenética na Biologia e Ecologia Alimentar da Raia Prego, <u>Dasyatis americana</u>, Hildebrand & Schroeder, 1928 (Chondrichthyes: Dasyatidae) e sua relação com Uso do Habitat no Arquipélago de Fernando de Noronha</i>	108
<i>Discussão Geral</i>	144
<i>Conclusão Geral</i>	149
<i>Referências Bibliográficas</i>	152

**Introdução Geral,
Objetivos e
Estrutura da Tese**

1 - Introdução Geral

1.1. O gênero *Dasyatis* e a espécie *Dasyatis americana* Hildebrand & Schroeder, 1928

Pertencentes à ordem Myliobatiformes, os membros da família Dasytidae são raias de médio a grande tamanho (largura de disco de 300mm a 2000mm) e possuem ampla distribuição (BIGELOW & SCHROEDER, 1953). As espécies ocorrem por quase todos os oceanos e geralmente habitam águas rasas e costeiras (McEACHRAN & CARVALHO, 2002). Apesar de ocuparem primariamente ambientes marinhos, alguns dasytídeos podem frequentar temporariamente ambientes de baixa salinidade (McEACHRAN & CARVALHO, 2002). No mundo, são conhecidos seis gêneros (COMPAGNO, 1999), sendo que no Brasil a família é representada por apenas três: *Dasyatis*, *Himantura* e *Pteroplatytrygon* (SANTOS *et al.*, 2004; SANTOS & CARVALHO, 2004).

Dasyatis é o gênero com maior riqueza de espécies dentre os myliobatiformes. Cerca de 38 espécies válidas são reconhecidas na literatura (SANTOS & CARVALHO, 2004). Estas raias possuem hábito bentônico e ocorrem principalmente em águas tropicais rasas (BIGELOW & SCHROEDER, 1953; COMPAGNO, 1999; McEACHRAN & CARVALHO, 2004). Sete espécies, conhecidas como raias manteiga ou prego, até o presente são registradas no Brasil: *Dasyatis americana*, *D. centroura*, *D. colarensis*, *D. geijskesi*, *D. guttata*, *D. hypostigma* e *D. marianae* (SANTOS, 2007). No entanto, recentemente um trabalho de revisão taxonômica levantou alguns questionamentos sobre os dasytídeos vivos no Atlântico Ocidental (SANTOS, 2007). Dentre estas questões está a descrição de uma possível nova espécie de *Dasyatis* que seria comumente confundida com *D. americana* Hildebrand and Schroeder, 1928 (SANTOS, *in prep*).

Esta nova espécie assemelha-se à *D. americana* principalmente quanto a alguns caracteres de morfologia externa, mas, segundo SANTOS (*in prep*), características quanto à morfologia do cláster, espinulação e coloração diferenciam prontamente as duas. O autor indica também que ambas as espécies ocorrem em simpatria em algumas regiões brasileiras, e que é importante que se dê início a uma revisão de dados de modo a confirmar a separação destas possíveis espécies irmãs. Ressalta-se que esta dúvida inclui a raia *D. americana* que ocorre na área de estudo do presente trabalho, o Arquipélago de Fernando de Noronha (SANTOS, *in prep*). No entanto, como o status da espécie nova ainda não foi validado e que os exemplares coletados em Fernando de

Noronha pelo presente estudo ainda encontram-se em análise (H. Santos com. pess.), considera-se aqui que a espécie que ocorre na região é *D. americana*.

De forma geral, *D. americana* é diferenciada das demais espécies do gênero no Brasil por apresentar focinho curto, órgão da fontanela, crista caudal dorsal, membrana caudal somente na superfície ventral da cauda, além de uma linha longitudinal central de tubérculos e de duas linhas de tubérculos escapulares na superfície dorsal do disco (AGUIAR, 2002; SANTOS, *in prep*). A espécie possui uma coloração variável da superfície dorsal, podendo ser cinza claro, cinza escuro, marrom ou oliváceo (BIGELOW & SCHROEDER, 1953).

O conhecimento disponível na literatura sobre *D. americana* não é abundante e, dentre os estudos já publicados, existem informações nas seguintes temáticas: anatomia (HAMLETT *et al.*, 1996a e 1996b), áreas berçário (YOKOTA & LESSA, 2006), bioerosão (VALENTINE *et al.*, 1994), bioquímica (BERNARD *et al.*, 1966; JOHNSTON *et al.*, 1971; CAIN *et al.*, 2004; DELLIAS *et al.*, 2004), citologia (OLSON, 1967), coloração (BIGELOW & SCHROEDER, 1953; SCHWARTZ & SAFRIT, 1977), distribuição (BIGELOW & SCHROEDER, 1953; FIGUEIREDO, 1977; MENNI & STEHMANN, 2000; SOTO, 2001), genética (NUNEZ & TRANT, 1997), hábitos alimentares (BIGELOW & SCHROEDER, 1953; RANDALL, 1967; FIGUEIREDO, 1977; SNELSON & WILLIAMS, 1981; STOKES & HOLLAND, 1992; GILLIAM & SULLIVAN, 1993), impacto antrópico do turismo (SEMENIUK *et al.*, 2007; SEMENIUK *et al.*, 2009; SEMENIUK & ROTHLEY, 2008), interações interespecíficas (SNELSON, *et al.*, 1990; STRONG *et al.*, 1990; SAZIMA *et al.*, 2007; SOUZA *et al.*, 2007), morfologia (BIGELOW & SCHROEDER, 1953; FIGUEIREDO, 1977), reprodução (BIGELOW & SCHROEDER, 1953; BROOCKMANN, 1975; FIGUEIREDO, 1977; HENNINGSEN, 2000; CHAPMAN *et al.*, 2003; SILVA *et al.*, 2007), uso do habitat (PIKITCH *et al.*, 2005; AGUIAR *et al.*, 2009) e status de conservação populacional (LESSA *et al.*, 1999; BIZERRIL & COSTA, 2001; SBEEL, 2005; GRUBBS *et al.*, 2006).

Segundo os resultados já obtidos, sabe-se que *D. americana* é uma espécie de hábitos bentônicos, normalmente encontrada em águas costeiras e rasas. É uma espécie comum em águas tropicais e subtropicais do Atlântico Oeste e sua distribuição inclui desde o estado de Nova Jersey (EUA) até o estado de São Paulo (Brasil) (BIGELOW & SCHROEDER, 1953; FIGUEIREDO, 1977; MENNI & STEHMANN, 2000). Adicionalmente, *D. americana* também é frequentemente observada em algumas ilhas

oceânicas do nordeste brasileiro (LESSA *et al.*, 1999; SBEEL, 2005; AGUIAR *et al.*, 2009) e ilhas do caribe (GILLIAM & SULLIVAN, 1993; PIKITCH *et al.*, 2005; SEMENIUK & ROTHLEY, 2008).

Indivíduos machos e fêmeas de *D. americana* maturam respectivamente a 510mm e 750-800mm de largura de disco (BIGELOW & SCHOEDER, 1953). HENNINGSEN (2000), em um estudo em cativeiro, indicou que nascem de três a cinco embriões por gestação e com largura de disco variando de 200 a 340mm. O ciclo reprodutivo é de dois ciclos por ano e gestação de em média 175,4 dias (HENNINGSEN, 2000).

De acordo com GILLIAM & SULLIVAN (1993), *D. americana* é claramente capaz de se alimentar de presas ativas, e sua dieta é principalmente composta por espécies epibentônicas (*eg.* crustáceos e pequenos peixes). Os autores registraram que sua alimentação é contínua ao longo do dia e sugeriram que a espécie é predadora oportunista. Portanto, *D. americana* se alimenta das presas mais disponíveis no ambiente, ao invés de preda seletivamente algum grupo. GILLIAM & SULLIVAN (1993) indicaram também que os hábitos alimentares de *D. americana* são similares aos do tubarão limão, *Negaprion brevirostris*, e desta forma pode ser considerada entre as espécies que ocupam os mais altos níveis tróficos em ambientes marinhos. Adicionalmente, VALENTINE *et al.* (1994), em um estudo em condições controladas, verificou que indivíduos grandes de *D. americana* são capazes de causar distúrbios bioerosivos em planícies de grama marinha e limitar sua distribuição quando em atividade de escavação.

Com relação ao status de conservação populacional, *D. americana* encontra-se globalmente na categoria de “Dados Deficientes”, segundo a Lista Vermelha de Espécies Ameaçadas da IUCN (GRUBBS *et al.*, 2006). No Brasil, ainda na década de 90, a espécie estava classificada com status “Desconhecido” (LESSA *et al.*, 1999). Mais recentemente, *D. americana* foi listada como “Vulnerável” para o município do Rio de Janeiro (BIZERRIL & COSTA, 2001), e em “Risco de Declínio” para as costas norte e nordeste do Brasil (SBEEL, 2005). A captura da espécie ocorre principalmente por redes de emalhe, arrasto e espinhel de fundo, mas na maioria dos casos *D. americana* é pescada como fauna acompanhante, tanto em atividades artesanais, quanto industriais (CERVIGÓN *et al.*, 1993; LESSA *et al.*, 1999; SBEEL, 2005; GRUBBS *et al.*, 2006). Segundo CERVIGÓN *et al.* (1993) *D. americana* tem algum valor comercial como recurso pesqueiro na costa norte da América do Sul. Já seu consumo no Brasil é

relativamente comum na região Nordeste, principalmente no estado da Bahia, onde a espécie é utilizada como base de pratos tradicionais (LESSA *et al.*, 1999; SBEEL, 2005). Além da captura com fins de alimentação, existem registros de indivíduos de *D. americana* sendo coletados vivos para fins ornamentais, através de mergulho (SBEEL, 2005).

Indica-se ainda que em algumas áreas no mundo e no Brasil, *D. americana* é importante como recurso recreativo em atividades de ecoturismo (GRUBBS *et al.*, 2006). As Ilhas Cayman no Caribe são internacionalmente conhecidas pela prática de mergulho turístico para alimentação dessas raias (SEMENIUK & ROTHLEY, 2008). No Brasil, a presença de *D. americana* proporciona um grande atrativo turístico nos mergulhos no Arquipélago de Fernando de Noronha, já que a espécie não é agressiva e permite fácil aproximação dos mergulhadores (AGUIAR, 2005). No entanto, de acordo com diversos estudos, as práticas de alimentação artificial nas Ilhas Cayman já foram identificadas como prejudiciais para *D. americana* em diversos aspectos (SEMENIUK *et al.*, 2007; SEMENIUK *et al.*, 2009; SEMENIUK & ROTHLEY, 2008).

1.2. Informações sobre *Dasyatis americana* no Arquipélago de Fernando de Noronha e Relevância da Tese

Apesar do status populacional de *D. americana* já ser considerado vulnerável ou em risco de declínio para algumas áreas brasileiras, os trabalhos publicados sobre a espécie no Brasil são escassos. Tais pesquisas restringem-se a estudos sobre seus aspectos reprodutivos e áreas berçário na região Nordeste (YOKOTA & LESSA, 2006; SILVA *et al.*, 2007) e uso do habitat no Arquipélago de Fernando de Noronha (AGUIAR *et al.*, 2009). Destaca-se que, dentre as recomendações para conservação da espécie, está a realização de estudos populacionais, além do monitoramento do impacto crescente da atividade pesqueira em populações de *D. americana* no Brasil (GRUBBS *et al.*, 2006). Adicionalmente, segundo o “Plano de Ação Internacional para a Conservação e Manejo de Tubarões” (IPOA – *Sharks*), para a efetiva conservação das populações de elasmobrânquios deve-se, dentre outras iniciativas, estudar aspectos da biologia e ecologia básica das espécies para geração de dados que subsidiem iniciativas de manejo (WALKER, 2000).

O presente estudo visa ampliar os conhecimentos acerca da raia *Dasyatis americana* no Brasil, através da abordagem sobre relação entre a dieta, o comportamento alimentar e o uso do habitat da espécie no Arquipélago de Fernando de

Noronha. É objetivo geral do estudo testar se a biologia e o comportamento alimentar das raias da espécie *Dasyatis americana* durante sua ontogenia são independentes do habitat. Esta hipótese está baseada no fato de que existe um uso diferenciado do habitat durante a ontogenia de indivíduos de *D. americana* no arquipélago (AGUIAR *et al.*, 2009). As praias são possivelmente utilizadas como áreas berçário, e as regiões recifais mais profundas, como áreas de alimentação para adultos e subadultos da espécie (AGUIAR *et al.*, 2009). Segundo AGUIAR *et al.* (2009), essa mudança de habitat pode estar acompanhada de uma alteração no comportamento alimentar e na dieta das diferentes classes de tamanho da espécie. Esta alteração seria vantajosa para a espécie uma vez que evitaria uma possível competição por recursos alimentares entre coespecíficos (AGUIAR *et al.*, 2009).

Destaca-se que o entendimento das relações entre características dos habitats nos quais as espécies ocorrem e seus atributos biológicos ou ecológicos é necessário, especialmente no âmbito da ecologia preditiva, quando se deseja saber se a espécie com certas características irá persistir sob uma gama definida de condições ambientais (RIBERA *et al.*, 2001). Tais informações também podem ser aplicadas para prever as respostas dos organismos às variações e distúrbios ambientais (RIBERA *et al.*, 2001). Desta forma, entende-se que é importante, além de se estudar a dieta e comportamento de *D. americana* no arquipélago, investigar também se estas propriedades biológicas dependem e estão diretamente ligadas ao tipo de habitat ocupado. A comprovação de uma relação direta entre o ambiente e a biologia e ecologia de *D. americana* pode subsidiar importantes informações para programas de monitoramento e conservação, tanto da população local quanto de seus habitats no Arquipélago de Fernando de Noronha. Ressalta-se também que, segundo GRUBBS *et al.* (2006), a proteção de áreas de nascimento e berçário de *D. americana* em partes da América do Sul pode ser necessária para a sobrevivência da espécie a longo prazo. De acordo com os autores, os impactos antrópicos em áreas costeiras nestas regiões, incluindo ambientes recifais, também podem representar ameaças à espécie. A preocupação com o estudo e preservação de habitats críticos para espécies de elasmobrânquios também é indicada no *IPOA – Sharks* como uma das recomendações para a conservação de espécies ameaçadas (WALKER, 2000).

Ressalta-se ainda a importância do estudo sobre relação entre o ambiente e a biologia e ecologia de *D. americana*, haja vista que as águas do arquipélago, além de serem áreas de alimentação e berçários para a espécie, também concentram uma grande

atividade turística (AGUIAR *et al.*, 2009). Apesar de não existirem práticas de alimentação artificial, a presença de *D. americana* proporciona um grande atrativo turístico nos mergulhos em Fernando de Noronha, e não se conhece os possíveis impactos que tais atividades podem ter sobre a população local e sobre seus habitats. Desta forma, as informações geradas pelo presente estudo podem também servir na previsão de possíveis distúrbios diretos ou indiretos do mergulho na população local de *D. americana*, auxiliando também no ordenamento destas atividades.

Adicionalmente, tendo em vista a importância de *D. americana* como um grande predador (GILLIAM & SULLIVAN, 1993), o estudo sobre sua biologia e ecologia alimentar pode ajudar no entendimento do papel da espécie na trofodinâmica dos ecossistemas marinhos de Fernando de Noronha, colaborando, desta forma, também com a previsão de alterações na população de suas presas.

2 - Objetivos e Estrutura da Tese

A hipótese central da tese de que a biologia e o comportamento alimentar das raias da espécie *Dasyatis americana* durante sua ontogenia são independentes do habitat é verificada a partir dos seguintes objetivos específicos:

- ✓ Descrever o repertório comportamental associado à atividade alimentar de *D. americana* no Arquipélago de Fernando de Noronha, verificando também se a espécie apresenta um período preferencial de alimentação de acordo com horário do dia e maré;
- ✓ Identificar e quantificar os itens presentes na dieta de *D. americana* no Arquipélago de Fernando de Noronha, verificando a ocorrência de possíveis variações ontogenéticas e preferência alimentar;
- ✓ Verificar se o tipo de habitat ocupado influencia o comportamento e a dieta de indivíduos de *D. americana* de diferentes tamanhos no Arquipélago de Fernando de Noronha.

Estes objetivos específicos são abordados individualmente nos capítulos dois, três e quatro. Cada capítulo contém a tradução de um manuscrito em fase final de preparação ou já submetido para publicação em periódicos científicos, sendo estes:

a) AGUIAR, A. A.; FELICIO, A. K. C.; FREITAS, R. H. A. & VALENTIN, J. L. Description of the foraging behavior of the Southern Stingray, *Dasyatis americana*, under natural conditions in a Southwestern Atlantic Oceanic Island. *Manuscrito em preparação*.

b) AGUIAR, A. A.; ALMEIDA, M. P. & VALENTIN, J. L. Notes on the diet of the Southern Stingray, *Dasyatis americana*, at a Brazilian Oceanic Island. *Manuscrito submetido para o periódico Neotropical Ichthyology*.

c) AGUIAR, A. A.; PERES-NETO, P. & VALENTIN, J. L. Ontogenetic changes of the foraging behavior and diet of the Southern Stingray, *Dasyatis americana*, at a Brazilian Oceanic Island: a pattern in response to individual fitness or habitat use shift? *Manuscrito em preparação*.

O primeiro capítulo trata da revisão do estado da arte no Brasil dos estudos sobre biologia e ecologia alimentar de elasmobrânquios, cujas informações foram essenciais para o desenvolvimento da tese. Este capítulo apresenta na íntegra o seguinte manuscrito: AGUIAR, A. A. & VALENTIN, J. L. Biologia e Ecologia Alimentar de Elasmobrânquios (Chondrichthyes: Elasmobranchii): Uma Revisão dos Métodos e do Estado da Arte no Brasil. *Manuscrito aceito para publicação no periódico Oecologia Australis*.

ÁREA DE ESTUDO

3. ÁREA DE ESTUDO

3.1. O Arquipélago de Fernando de Noronha

O Arquipélago de Fernando de Noronha está localizado no Oceano Atlântico Sul entre as coordenadas 3° 54' S e 32° 25' W, distante aproximadamente 360km da cidade Natal (RN) e 545km de Recife (PE). Situado no topo de um dos cones vulcânicos pertencentes à Cordilheira Dorsal Meso-Atlântica, o arquipélago é formado por 21 ilhas e abrange uma área de 26km² (TEIXEIRA *et al.*, 2003) (Figura 1). A principal ilha, também chamada de Fernando de Noronha, possui dimensões de aproximadamente 9km x 6km e está orientada no sentido NE – SO, e é a única habitada. As demais são menores porções de terras em forma de pequenas ilhas, ilhotas e rochedos (ESTON *et al.*, 1986; TEIXEIRA *et al.*, 2003).

O arquipélago tem clima tropical com estação seca bem definida, que se estende de agosto a fevereiro. A temperatura atmosférica média anual é 27⁰ C e a da água é 24⁰ C. A precipitação média anual é de 1300mm, podendo, entretanto, ser superior a 2000 mm ou inferior a 500mm anuais (TEIXEIRA *et al.*, 2003). As marés são semi-diurnas com amplitude de 2m a 3,2m. A Corrente Sul Equatorial, com águas quentes (26⁰ C - 27⁰ C) e salinas (36), predomina no entorno do arquipélago, mas a área também é influenciada pela Sub-Corrente Equatorial Atlântica (ESTON *et al.*, 1986). Os ventos predominantes que atingem a região são os ventos alísios. Ambos, corrente e ventos, têm ações diretas no lado meridional do arquipélago voltado para o continente africano, que é chamado de “mar de fora” e, devido a isso, possui águas revoltas durante o ano todo. O lado setentrional da Ilha voltado para o Atlântico Norte, mais protegido dos ventos e correntes, é chamado de “mar de dentro”, e apresenta condições de mar calmo durante a maior parte do ano (TEIXEIRA *et al.*, 2003).

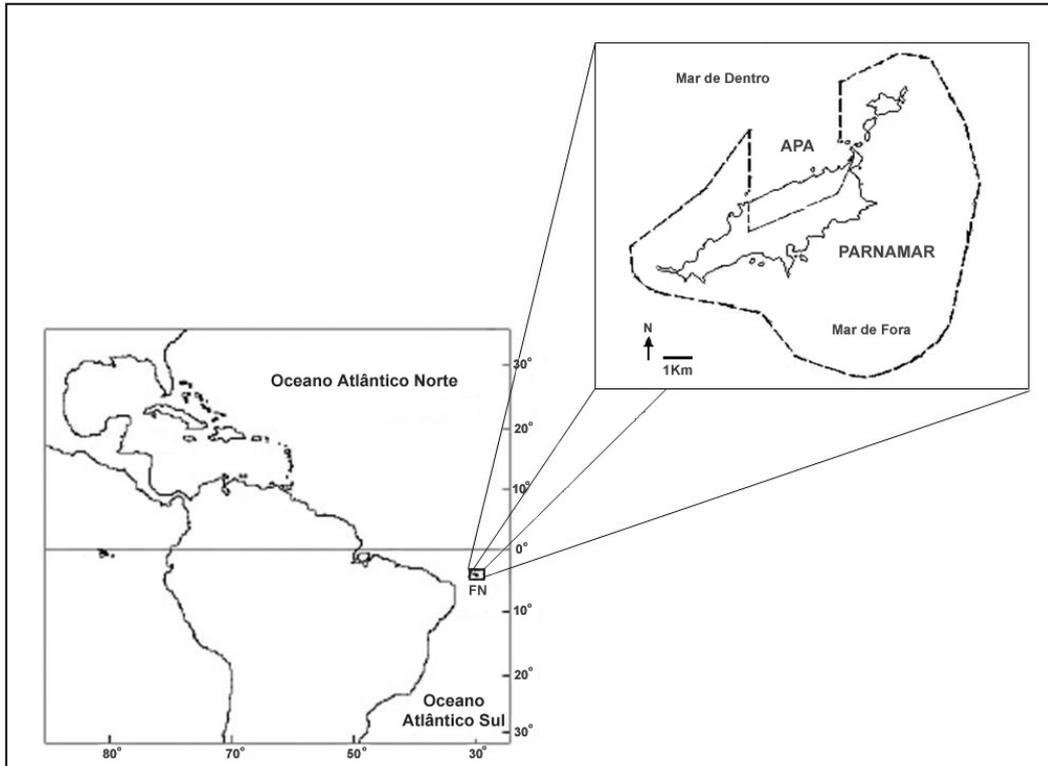


Figura 1: Mapa do Arquipélago de Fernando de Noronha e delimitações das Unidades de Conservação (APA – Área de Preservação Ambiental; PARNAMAR – Parque Nacional Marinho de Fernando de Noronha) (Fonte: AGUIAR, 2005).

A plataforma do arquipélago tem aproximadamente 10km e limite em torno dos 100m de profundidade (TEIXEIRA *et al.*, 2003). As costas sul e sudeste da ilha principal são caracterizadas por feições rochosas e extensas barreiras de algas calcárias. Já o litoral norte-nordeste possui praias arenosas com grandes blocos de pedras, plataformas rochosas e recifes de algas calcárias com inclinação normalmente gradual (ESTON *et al.*, 1986). O infralitoral é coberto principalmente por macroalgas. Dictyotaceae e Sargassaceae são os grupos predominantes de algas marrons, sendo *Laurencia papillosa* e *Dictyota mertensii* as algas mais abundantes e que ocorrem respectivamente em substrato rochoso e substrato rochoso coberto por areia (ESTON *et al.*, 1986). Algas verdes Caulerpaceae também são bem representadas no arquipélago, assim como *Amphiroa sp.*. Corais e esponjas também são observados, mas não cobrindo grandes extensões da costa (ESTON *et al.*, 1986). *Montastrea cavernosa* é a espécie de coral mais comum, formando colônias de grande tamanho. Já as espécies dos gêneros *Mussismilia*, *Millepora* e *Siderastrea*, apesar de frequentes, têm formações comparativamente pouco desenvolvidas (ESTON *et al.*, 1986). Outros grupos também são pouco representados ou até inexistentes no arquipélago, tais como: cirripédios,

asteroides, holotúrias, crinóideos e ascidiáceas solitárias, entre outros (ESTON *et al.*, 1986). A ictiofauna do arquipélago é composta tanto por espécies presentes em águas costeiras do Brasil quanto em áreas oceânicas, e até mesmo por peixes da fauna típica do Caribe. Segundo SOTO (2001), ocorrem no arquipélago 167 espécies de 68 famílias de peixes. Dentre as espécies presentes na região, 25 são de elasmobrânquios e 142 de actinoptérgeos, sendo quatro endêmicas do conjunto Atol das Rocas-Fernando de Noronha.

Por apresentar essa biodiversidade marinha significativa e única, alto potencial genético, piscosidade elevada, e ser uma das mais extensas áreas de ambientes recifais do Brasil, o Arquipélago de Fernando de Noronha inspira concomitantemente o grande interesse de atividades de ecoturismo e os cuidados dos órgãos governamentais. Uma área correspondente a 70% do arquipélago é parte integrante do Parque Nacional Marinho de Fernando de Noronha. Isso equivale a dois terços da superfície da ilha principal e todas as ilhas restantes, incluindo a parte submersa até a isóbata de 50 m. A extensão total do parque equivale a 112,7 km² e tem um perímetro aproximado de 60 km (LINSKER, 2003), onde apenas atividades de pesquisa e turismo de visita são permitidas (Figura 1). O restante da ilha principal, que faz parte de uma área de proteção ambiental (APA), é a única região habitada e onde algumas atividades como agricultura, pecuária e pesca são permitidas com restrições.

3.1. Locais de Amostragem

As amostragens foram feitas através de mergulhos livres ou autônomos em locais escolhidos de acordo com a abundância e atividade de forrageamento de indivíduos de *D. americana* no local, bem como a facilidade de acesso, condições do mar (presença de ondas, correnteza e visibilidade) e logística. Os mergulhos foram realizados em locais caracterizados por ambientes de praias, regiões arenosas associadas a ambientes recifais, e ambientes recifais. As profundidades dos locais de amostragem variaram entre 0,5 e 45m e com tipo de substrato inconsolidado, consolidado ou ecotone, compostos principalmente por cascalho, macroalgas e algas calcárias, ou totalmente arenoso. Na tabela 1 e figura 2 são sumarizados os pontos de mergulho, o tipo de ambiente e amostragem realizadas no local. O detalhamento das metodologias de amostragem consta dos capítulos subsequentes da tese.

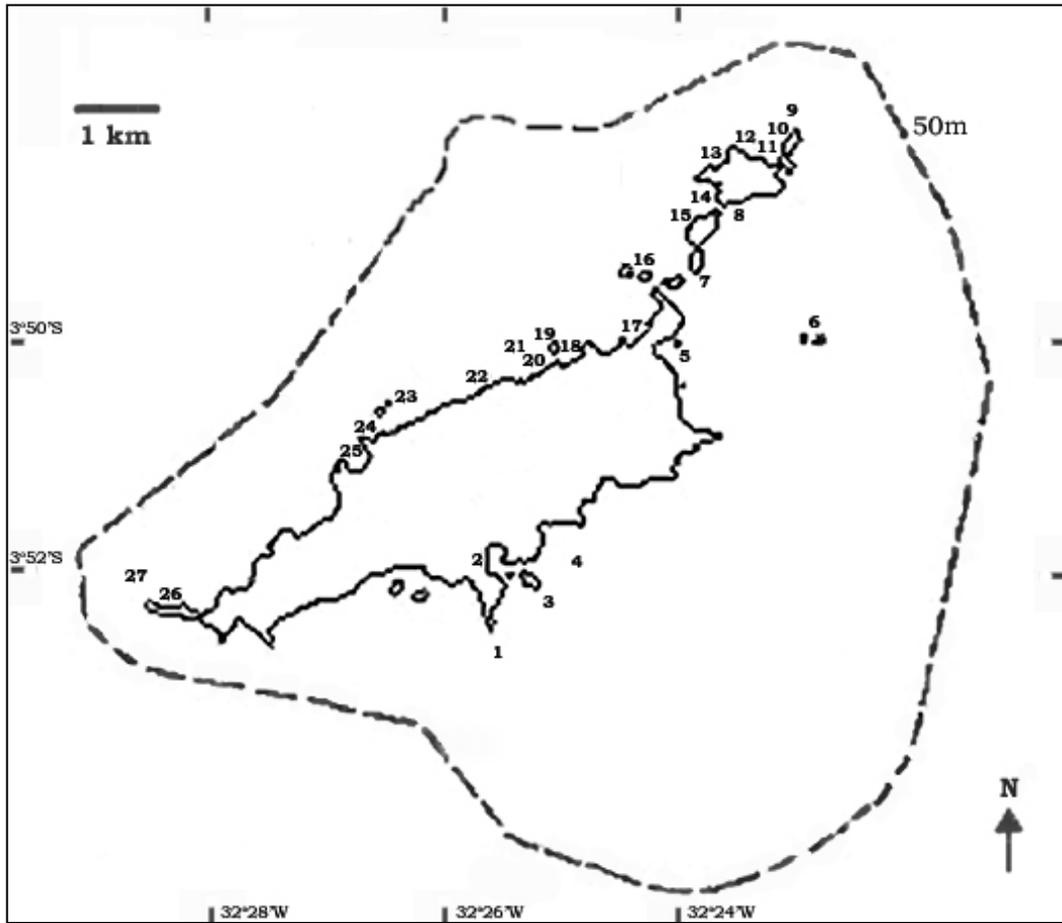


Figura 2: Mapa do Arquipélago de Fernando de Noronha com a localização dos pontos de amostragem (Modificado de AGUIAR *et al.*, 2009). Número dos Locais conforme Tabela 1. Linha tracejada delimita a isóbata de 50m.

Tabela 1 – Sumário dos Pontos de Mergulho, tipo de ambiente e amostragem realizada. REC – Ambiente Recifal; PRA – Praia; AAR - Área arenosa associada a Ambiente Recifal

Informações do Local		Tipo de Amostragem			
Ponto de Mergulho	Tipo de Ambiente	Frequência de Alimentação por Busca Intensiva	Observação Comportamental por Animal focal ou <i>Ad libitum</i>	Coleta Indivíduos <i>D. americana</i>	Coleta substrato
1 Iuias	REC	x	-	-	-
2 Sueste	REC - PRA – AAR	x	x	-	-
3 Cabeço Submarino	REC – AAR	x	-	-	-
4 Trinta Réis	REC – AAR	x	-	-	-
5 Caieiras	REC – AAR	x	-	-	-
6 Pedras Secas	REC	x	-	-	-
7 Sela Ginete	REC – AAR	x	-	-	-
8 Buraco das Cabras	REC	x	-	-	-
9 Cabeço das Cordas	REC	x	-	-	-
10 Cordilheiras	REC	x	-	-	-
11 Buraco do Inferno	REC – AAR	x	x	x	x
12 Cagarras 2	REC	x	-	-	-
13 Cagarras 1	REC	x	x	x	x
14 Ressureta	REC – AAR	x	x	x	x
15 Ilha do Meio	REC – AAR	x	x	x	x
16 Cuscuz	REC – AAR	x	-	-	-
17 Porto	PRA	x	x	-	-
18 Cachorro - Meio	PRA – AAR	x	x	x	x

19	Morro de Fora	REC - AAR	x	-	-	-
20	Conceição	PRA – AAR	x	-	-	-
21	Laje dos Cabos	REC - AAR	x	-	-	-
22	Boldró	REC - PRA – AAR	x	x	x	x
23	Laje Dois Irmãos	REC - AAR	x	-	-	-
24	Baía dos Porcos	PRA – AAR	x	x	x	x
25	Sancho	PRA – AAR	x	x	x	x
26	Caverna da Sapata	REC - AAR	x	-	-	-
27	Cabeço da Sapata	REC	x	-	-	-

Capítulo 1

Biologia e Ecologia Alimentar de
Elasmobrânquios
(Chondrichthyes: Elasmobranchii):
Uma Revisão dos Métodos e
do Estado da Arte no Brasil

**BIOLOGIA E ECOLOGIA ALIMENTAR DE ELASMOBRÂNQUIOS
(CHONDRICHTHYES: ELASMOBRANCHII):
UMA REVISÃO DOS MÉTODOS E DO ESTADO DA ARTE NO BRASIL**

Aline Augusto Aguiar^{1,2} & Jean Louis Valentin^{1,2}

¹ Universidade Federal do Rio de Janeiro, Instituto de Biologia, Centro de Ciências da Saúde, Departamento de Ecologia, Programa de Pós-Graduação em Ecologia, Ilha do Fundão, Rio de Janeiro, RJ, Brasil. CEP: 21.941-590.

² Universidade Federal do Rio de Janeiro, Instituto de Biologia, Centro de Ciências da Saúde, Departamento de Biologia Marinha, Ilha do Fundão, Rio de Janeiro, RJ, Brasil. CEP: 21.941-590.

RESUMO

Informações sobre a biologia e ecologia alimentar dos elasmobrânquios podem ser acessadas de forma compilada na literatura mundial, no entanto trabalhos de revisão e inventários sobre os estudos realizados no Brasil são raros. Publicações dessa natureza revisionária são úteis, pois facilitam o delineamento de pesquisas e comparação dos resultados. São objetivos do presente estudo: (1) sumarizar as metodologias e os principais conhecimentos já estabelecidos na literatura mundial sobre biologia e ecologia alimentar de elasmobrânquios; (2) disponibilizar um inventário dos trabalhos desenvolvidos no Brasil nesta área do conhecimento. Foram realizadas buscas em bancos de dados indexadores e de referências, e publicações em veículos de distribuição restrita e sem corpo editorial. Colegas pesquisadores foram consultados, assim como foram revisadas as referências citadas nos trabalhos adquiridos. Para as análises das pesquisas brasileiras foram incluídos apenas estudos publicados em periódicos científicos. Além disso, informações sobre o status de conservação populacional e a riqueza das espécies foram utilizadas para recomendações de pesquisas futuras. Um total de 94 estudos brasileiros foi identificado. A quantidade de trabalhos aumentou bastante na última década acompanhando uma tendência mundial, porém a maioria está disponível na forma de literatura cinza. Somente 26% do total da riqueza de elasmobrânquios registrados no Brasil já tiveram sua biologia alimentar estudada. Desta forma, os pesquisadores se propõem muitas vezes a apenas suprir a carência do conhecimento, sem apresentarem preocupações com ações de gestão e manejo. Os resultados estabelecidos nas pesquisas brasileiras sobre aspectos da dieta das espécies

estão de acordo com os padrões descritos mundialmente, sendo a única exceção relacionada às raias da família Potamotrygonidae. A literatura sobre comportamento e consumo alimentar, mecânica de captura e relação dieta e ambiente é praticamente inexistente no Brasil, e bastante limitada também no mundo. Existem, portanto, grandes lacunas no conhecimento sobre biologia e ecologia alimentar das espécies na costa brasileira, e muitas destas já se encontram em fortes declínios populacionais. Em conclusão, pesquisas nesta área do conhecimento são fortemente recomendadas e seus resultados devem ser publicados em periódicos científicos conceituados conjuntamente com proposições para o manejo e gestão das populações estudadas.

Palavras-chave: revisão bibliográfica, dieta, comportamento alimentar, peixes cartilaginosos.

ABSTRACT

Feeding Biology and Ecology of Elasmobranchs (Chondrichthyes: Elasmobranchii): A Review of Methods and the State of the Art in Brazil. Information on feeding biology and ecology of elasmobranchs can be accessed in summary form in the worldwide literature, however revisionary studies and inventories on the research conducted in Brazil are rare. Such revisionary publications are useful because they facilitate the design of research and comparison of results. The present study aims to: (1) summarize the methodologies and the main knowledge already established in the worldwide literature on feeding biology and ecology of elasmobranchs; (2) provide an inventory of the works performed in Brazil in this field of knowledge. Searches were done on abstracting and indexing services and also included gray literature. Colleagues were consulted and the cited references on the acquired studies were revised as well. Only works published in scientific journals were considered in the analysis of the Brazilian researches. In addition, information on the conservation status of population and species richness were used in recommendations for future research. A total of 94 Brazilian studies were identified. The amount of works has grown plenty over the last decade following a worldwide trend, but most are available as gray literature. Only 26% of the total richness of the elasmobranch registered in Brazil has had their feeding biology studied. Thus, researchers often only aim to fill the knowledge gaps, showing no concern about management actions. The results established in the Brazilian research on aspects of the species diet are in accordance with the patterns described worldwide,

being the only exception related to the Potamotrygonidae family of stingrays. The literature on feeding behavior, food consumption, and mechanics of prey capture and also on relationship between diet and environment almost does not exist in Brazil, and indeed is quite limited in the world too. Therefore, there are large gaps in knowledge on feeding biology and ecology of the species on the Brazilian coast, and many of these are already suffering strong population declines. In conclusion, researches in this field of knowledge are highly recommended and their results should be published in reputable scientific journals together with management proposals for the studied populations.

Keywords: literature revision, diet, feeding behavior, cartilaginous fishes.

INTRODUÇÃO

A grande maioria dos elasmobrânquios está restrita a ambientes marinhos. Porém algumas espécies têm capacidade de tolerar ambientes de água doce ou estuarinos com águas salobras, e, até mesmo, há a ocorrência da família de raias Potamotrygonidae, endêmica da América do Sul, exclusiva de ambiente dulcícola. Dentro do ambiente aquático, são encontradas espécies de elasmobrânquios que vão desde as partes mais profundas dos oceanos e nos taludes continentais, até águas superficiais oceânicas ou rasas e costeiras (COMPAGNO, 1990; BLECKMANN & HOFMANN 1999). Como são encontradas diferentes formas de tubarões e raias que ocupam uma grande variedade de ambientes aquáticos, é presumível que possuam diferentes estratégias de alimentação (COMPAGNO, 1990). No entanto, a imagem mais comum que se tem de uma espécie de elasmobrânquio é a de um grande predador dos mares (HOLMGREN & NILSON, 1999).

É amplamente reconhecido que os elasmobrânquios estão entre os principais predadores que ocupam o topo da cadeia alimentar no ambiente marinho e, sendo assim, podem exercer um importante papel no controle das populações de suas presas (CAMHI *et al.*, 1998). Acredita-se, portanto, que para se entender o funcionamento e a dinâmica trófica dos ecossistemas marinhos, é importante estudar a ecologia destes grandes predadores. Entende-se também que o equilíbrio e a saúde dos ecossistemas podem depender diretamente da integridade das populações locais de elasmobrânquios.

Apesar da reconhecida importância da conservação dos elasmobrânquios nos sistemas aquáticos, a biologia e ecologia básica da maioria das espécies ainda são pouco conhecidas (CORTÉS & PARSON, 1996). Percebe-se que a quantidade de estudos

sobre alimentação e forrageamento de tubarões e raias é muito inferior quando comparada a de outros peixes marinhos e vertebrados, e que o conhecimento disponível sobre o papel trófico destes animais é limitado (CORTÉS, 1999; WETHERBEE & CORTÉS, 2004). A escassez de conhecimento sobre o grupo deve-se principalmente à complexidade envolvida nos estudos desses organismos, tais como: coleta, preservação, manutenção dos exemplares em coleções científicas, observações diretas em ambiente natural e em cativeiro (NELSON, 1977; GRUBER & MYRBERG, 1977).

Na atualidade, informações sobre a biologia e ecologia alimentar de elasmobrânquios e os principais métodos utilizados na literatura mundial podem ser acessadas de forma compilada em artigos de revisão e capítulos de livro (ex., NELSON, 1977; GRUBER & MYRBERG, 1977; CORTÉS, 1997; MOTTA & WILGA, 2001; WETHERBEE & CORTÉS, 2004). Publicações dessa natureza revisionária são potencialmente úteis para os pesquisadores especialistas no grupo, pois proporcionam um panorama geral da área do conhecimento que facilita o delineamento de linhas de pesquisa e comparação dos resultados obtidos nos estudos.

Trabalhos de revisão e inventários sobre os estudos realizados no Brasil são raros. MARION (2006) revisou os métodos para análise de conteúdo estomacal com ênfase para os condricties e indicou algumas pesquisas realizadas no Brasil. Outra fonte de consulta são estudos específicos que apresentam breves revisões do estado da arte do conhecimento sobre a espécie ou o grupo taxonômico em foco (ex., NAMORA, 2003). Além disso, informações sobre aspectos alimentares de tubarões e raias no Brasil podem ser acessadas em alguns livros sobre a ictiofauna brasileira que apresentam citações generalizadas sobre as espécies (ex., FIGUEIREDO, 1977; CARVALHO-FILHO, 1999). Portanto, são objetivos do presente estudo: (1) sumarizar as metodologias e os principais conhecimentos já estabelecidos na literatura mundial sobre biologia e ecologia alimentar de elasmobrânquios; (2) disponibilizar um inventário detalhado dos trabalhos realizados no Brasil nesta área do conhecimento, agregando informações sobre objetivos, espécies estudadas, métodos, análises, aplicações e resultados. Com base no estado da arte no Brasil, são feitas ainda considerações acerca da padronização de métodos, divulgação dos resultados, lacunas no conhecimento e necessidade de pesquisas futuras.

Para o levantamento bibliográfico, foram consultados bancos de dados indexadores e de referências (Biological Abstracts, Science Direct, Blackwell, CAB Abstracts, Cambridge University Press, CSA - Cambridge Scientific Abstracts, OVID,

Scielo, Springer e Web of Science), utilizando as palavras-chave *Elasmobranch*, *Chondrichthyes* e *Brazil*. Como complementação, utilizaram-se publicações em veículos de distribuição restrita e sem corpo editorial, entre os quais foram incluídos trabalhos de conclusão de curso e monografias, dissertações e teses de pós-graduação, além de resumos de congressos e de relatórios institucionais, internos e públicos. Após a aquisição dos trabalhos, a literatura neles citada foi revisada para obtenção de referências suplementares. Adicionalmente, colegas pesquisadores também foram consultados para aquisição de referências pertinentes. A busca bibliográfica foi delimitada para estudos publicados entre 1970 e 2009.

Para a formulação do inventário sobre as pesquisas realizadas no Brasil, os trabalhos foram enumerados primeiramente como “publicações em periódicos científicos” (artigo completo e nota científica) ou “literatura cinza” (dissertação de mestrado, monografia/ TCC, publicação em *proceedings* relatório técnico, resumo em evento científico e tese de doutorado). Foram excluídos do levantamento os resumos em eventos científicos considerados como resultados apresentados também em outra forma de publicação. Nas análises quali-quantitativas foram incluídas apenas informações oriundas das pesquisas publicadas em periódicos científicos, haja vista que estas constituem uma literatura já validada por um corpo editorial e de revisores. Para a listagem das espécies estudadas, as sinonímias foram agrupadas (ex., *Raja*, *Rioraja*, *Atlantoraja* e *Psammobatis*). Além disso, informações sobre o status de conservação populacional e a riqueza das espécies de tubarões e raias, segundo o “Plano Nacional de Ação para a Conservação e o Manejo dos Estoques de Peixes Elasmobrânquios no Brasil” (SBEEL, 2005), foram utilizadas para a formulação de recomendações para pesquisas futuras.

ESTUDOS SOBRE BIOLOGIA E ECOLOGIA ALIMENTAR DE ELASMOBRÂNQUIOS

DIETA E NÍVEIS TRÓFICOS

A biologia alimentar de tubarões e raias vem sendo investigada por várias razões, dentre elas estão a compreensão da história natural de uma espécie em particular, do papel ecológico desses organismos nos ecossistemas marinhos e do impacto da predação sobre presas ameaçadas ou de valor econômico. Para estas abordagens, as pesquisas são baseadas principalmente na dieta das espécies e podem variar desde simples descrições qualitativas dos conteúdos estomacais até um exame

detalhado da abundância dos itens alimentares, periodicidade alimentar e frequência (WETHERBEE & CORTÉS, 2004).

O estudo sobre a dieta e hábitos alimentares de peixes baseados no conteúdo estomacal é uma prática padrão na comunidade científica atual (CORTÉS, 1997). Em especial para o grupo dos elasmobrânquios, a vasta maioria dos dados sobre biologia alimentar é restrita a análises de conteúdo estomacal (MOTTA & WILGA, 2001; WETHERBEE & CORTÉS, 2004). Apesar desta prática muito comum, é reconhecida a falta de consistência nas abordagens metodológicas e aplicações de testes estatísticos para a análise dos resultados (CORTÉS, 1997). Em um panorama geral dos estudos sobre biologia alimentar dos elasmobrânquios, os primeiros trabalhos sobre dieta somente listavam os itens alimentares presentes nos conteúdos estomacais, e aproximadamente a partir da década de 70, o uso de métodos quantitativos se tornou uma prática mais comum. No entanto, percebe-se que a grande maioria dos estudos sobre alimentação de elasmobrânquios apenas descreve o conteúdo estomacal de certa espécie em um local em particular (WETHERBEE & CORTÉS, 2004).

CORTÉS (1997) fez a primeira revisão crítica sobre as metodologias aplicadas em estudos sobre alimentação de elasmobrânquios baseados principalmente em análises de conteúdos estomacais. A partir deste trabalho, foram recomendadas medidas a serem utilizadas para facilitar a comparação entre os estudos sobre biologia alimentar de elasmobrânquios. Dentre as recomendações destacam-se: (i) Apresentação dos resultados sobre a dieta para todos os níveis taxonômicos considerados em porcentagem de frequência de ocorrência (O %), porcentagem numérica (N %), porcentagem em peso ou volume (P % ou V %) e porcentagem do índice de Importância Relativa (IRI %); (ii) Representação dos resultados sobre a dieta em um gráfico tridimensional que utiliza os valores de O%, N% e P% (ou V%). Com relação aos cálculos e análises estatísticas, o autor não sugere nenhum método em particular, mas indica a utilização de algumas metodologias por outros autores, sendo estas: (iii) Verificação da precisão e suficiência amostral: uso de curvas cumulativas de “presas” ou “diversidade trófica” e análise de poder dos testes estatísticos; (iv) Relação entre a variação observada dos conteúdos estomacais e fatores como sazonalidade, idade, tamanho, localidade e habitat: uso de análises multivariadas como análise de variância multivariada, análise discriminante e análise de tabela de contingência; (v) Verificação do grau de sobreposição da dieta: uso dos índices de Morisita, Morisita simplificado, porcentagem de sobreposição e índice de sobreposição de Horn; (vi) Transformação dos dados: uso de transformação logarítmica,

arcoseno e raiz quadrada; (vii) Verificação da cronologia alimentar: uso de análise de variância e covariância e teste não paramétrico de Kruskal-Wallis com os testes *a posteriori* Student-Newman-Keuls e Dunn, respectivamente.

Na literatura disponível, há um consenso de que os elasmobrânquios constituem espécies carnívoras e com um limitado espectro de presas quando comparados a peixes teleósteos, os quais também incluem onívoros e herbívoros. Porém dentro do grupo são encontradas espécies com uma considerável variação na dieta, incluindo desde presas planctônicas até baleias e outros elasmobrânquios (WETHERBEE & CORTÉS, 2004). A ocorrência de mudanças na dieta durante a ontogenia é amplamente constatada na literatura tanto para espécies de tubarões como raias. Esta alteração na alimentação pode estar relacionada a vários fatores, tais como mudança no habitat ocupado e padrões de movimentação e incremento na habilidade de captura, entre outros. Diferenças geográficas e sazonais na dieta também são frequentemente citadas nos estudos e são, por sua vez, relacionadas a alterações na comunidade de presas (SMITH & MERRINER, 1985; CORTÉS & GRUBER, 1990; LOWE *et al.*, 1996; GRAY *et al.*, 1997; MOTTA & WILGA, 2001; EBERT, 2002; EBERT & COWLEY, 2003; WETHERBEE & CORTÉS, 2004; EBERT & BIZZARRO, 2007).

De uma forma geral, os estudos já realizados sobre biologia alimentar de elasmobrânquios são mais frequentes em se tratando de espécies de tubarões. A dieta da maioria dos tubarões inclui peixes teleósteos e, para muitas espécies, a porcentagem de ocorrência ultrapassa 90% dos estômagos analisados. A presença de elasmobrânquios como item alimentar de grandes tubarões também é comum para algumas espécies. Grandes tubarões ocasionalmente consomem também outros grupos de vertebrados, além de peixes, como mamíferos marinhos, aves e répteis. Com relação aos invertebrados, lulas e polvos são presas comumente encontradas em estômagos de tubarões pelágicos e demersais, respectivamente. Tubarões bentônicos frequentemente predam moluscos e crustáceos, sendo estes últimos grande parte da dieta de tubarões zoobentívoros. As exceções aos padrões de dieta dos grandes predadores carnívoros são os tubarões planctófagos (peregrino - *Cetorhinus maximus*, baleia - *Rhincodon typus* e bocarra - *Megachasma pelagios*) e ectoparasitas (charuto - *Isistius brasiliensis*) (WETHERBEE & CORTÉS, 2004).

CORTÉS (1999) em seu trabalho sobre composição da dieta e cálculo dos níveis tróficos analisou 149 espécies de tubarões pertencentes às oito grandes ordens, com base em diversos estudos sobre biologia alimentar publicados em periódicos científicos

e em literatura cinza. O autor indica que os tubarões são consumidores predominantemente terciários (nível trófico > 4), com exceção das ordens Orectolobiformes e Heterodontiformes, que são classificadas como consumidores secundários (nível trófico < 4). Foi constatado também que o nível trófico das espécies é positivamente relacionado ao comprimento total, exceto, apenas, às duas maiores espécies de tubarões, baleia e peregrino, que são planctófagas. Os resultados encontrados por CORTÉS (1999) confirmam a comum visão dos tubarões como predadores de topo e que, no geral, estes animais utilizam recursos similares a outros predadores marinhos de mais altos níveis tróficos (ex. mamíferos marinhos).

Apesar da literatura disponível relativa à alimentação de raias ser menos numerosa, recentemente EBERT & BIZZARRO (2007) realizaram um estudo sobre a composição da dieta e cálculo dos níveis tróficos das espécies da ordem Rajiformes. Com base em 60 espécies analisadas, constataram que peixes teleósteos e crustáceos decápodes são os grupos dominantes na dieta. Estes resultados corroboraram com os achados de outros estudos e permitiram a classificação dos Rajiformes como primariamente piscívoros bentopelágicos ou predadores epibentônicos especializados em invertebrados marinhos e pequenos crustáceos. Foi demonstrado também que estas raias possuem nível trófico inferior ao dos tubarões (igual a 3,8), sendo as exceções encontradas relativas apenas às ordens Orectolobiformes e Heterodontiformes. Desta forma, as raias da ordem Rajiformes foram consideradas como consumidores secundários ou terciários (EBERT & BIZZARRO, 2007). Esses autores constataram também que o nível trófico dos Rajiformes é positivamente relacionado ao comprimento total das espécies. Os autores indicam por fim que essas raias utilizam recursos similares a outros consumidores de altos níveis tróficos e, portanto, podem ser considerados entre os predadores de topo de ambiente marinhos demersais.

Para as demais ordens de raias não é encontrado na literatura um trabalho específico de revisão, porém os estudos já realizados indicam que estes animais influenciam na dinâmica e composição de comunidades bentônicas (por predação direta e/ ou distúrbios físicos ao substrato) (REIDENAUER & THISTLE, 1981; VANBLARICOM, 1982; SMITH & MERRINER, 1985; THRUSH *et al.*, 1991; GRAY *et al.*, 1997; HINES *et al.*, 1997; CROSS & CURRAN, 2000, 2004; EBERT & COWLEY, 2003). De uma forma geral, as espécies de raias bentônicas também são consideradas importantes para fluxo de energia da rede trófica entre o compartimento bentônico e o pelágico. Estas espécies fazem uma ligação entre as comunidades do

sedimento e níveis tróficos mais altos, haja vista que se alimentam tanto de invertebrados bentônicos como de peixes, além de serem presas comuns de tubarões (CORTÉS & GRUBER, 1990; WETHERBEE & CORTÉS, 2004). São encontradas também, dentro da ordem Myliobatiformes, espécies de raias pelágicas com dentição fusionada e modificada em forma de placas, especializadas para durofagia, com alimentação principalmente de crustáceos e moluscos bivalves bentônicos (BIGELOW & SCHROEDER, 1953; SASKO *et al.*, 2006). Adicionalmente, dentro da ordem, ocorrem as únicas espécies de raias pelágicas que se alimentam de plâncton (gêneros *Manta* e *Mobula*) (BIGELOW & SCHROEDER, 1953; MOTTA, 2004; WETHERBEE & CORTÉS, 2004).

CONSUMO ALIMENTAR: RAZÃO DIÁRIA E EVACUAÇÃO GÁSTRICA

Aspectos sobre a biologia e ecologia alimentar de espécies de elasmobrânquios são abordados também através da determinação das taxas de consumo alimentar. A razão diária é considerada uma boa medida para comparação de estudos, e significa a quantidade média de alimento consumido em base diária por indivíduos de uma população. Existem basicamente duas abordagens para a estimativa da razão diária: (i) modelos bioenergéticos, que estimam o consumo alimentar baseado em componentes da equação bioenergética (crescimento, metabolismo, excreção e egestão); (ii) métodos *in situ*, que exigem o conhecimento da quantidade de alimento presente nos estômagos de espécimes coletados em ambiente natural e da dinâmica da evacuação gástrica de alimento ingerido em condições controladas (WETHERBEE & CORTÉS, 2004).

As equações bioenergéticas ou de balanço energético são aplicáveis em abordagens controladas realizadas em laboratório ou no campo para estimativas da razão diária. Estas equações relacionam “consumo” a: crescimento, metabolismo, excreção (urina) e egestão (fezes). Para cada uma destas variáveis existem estimativas próprias. As abordagens de estimativa da razão diária baseada nas equações bioenergéticas são raramente encontradas na literatura sobre elasmobrânquios (WETHERBEE & CORTÉS, 2004).

Para os métodos *in situ*, o cálculo da razão diária não pode ser estimado simplesmente através do exame do conteúdo estomacal, uma vez que a quantidade de alimento encontrado nos estômagos é uma função de taxas tanto de ingestão como de digestão (WETHERBEE *et al.*, 1990). CORTÉS (1997) indicou que a aplicabilidade em estudos de elasmobrânquios dos modelos comumente usados na estimativa da razão

diária de peixes teleósteos pelos métodos *in situ* foi apenas superficialmente investigada. O autor sugere o uso dos métodos de DIANA (1979) e OLSON-MULLEN (1986) em estudos sobre elasmobrânquios, uma vez que estes são mais apropriados para espécies que se alimentam assincrônica- e intermitentemente, como grandes tubarões predadores. Além disso, estes métodos são menos restritivos quanto às premissas, uma vez que aceitam todos os tipos de função de evacuação gástrica (CORTÉS, 1997). CORTÉS (1997) sugere também o uso de técnicas de permutação como *bootstrap* e *jackknife* ou simulação de Monte Carlo, haja vista que estes permitem acessar os intervalos de confiança das estimativas, além de testar as significâncias das comparações entre resultados obtidos por diferentes modelos.

O conhecimento das taxas de evacuação gástrica é essencial para as estimativas de razão diária no método *in situ*. Para os elasmobrânquios, existe uma grande dificuldade nestas estimativas, uma vez que há a necessidade de captura e manutenção de indivíduos em condições controladas em laboratório ou no campo. Em consequência destas problemáticas, o conhecimento sobre a dinâmica de evacuação gástrica é ainda rudimentar e a grande maioria dos estudos é restrita às espécies de pequeno porte ou juvenis de grandes espécies (CORTÉS, 1997).

Segundo CORTÉS (1997), em estudos de elasmobrânquios a adequação dos modelos matemáticos mais comumente utilizados para descrever os padrões de evacuação em peixes ainda necessita de muita atenção e debate. O autor indica que, no geral, não há um único modelo que represente igualmente bem a dinâmica de evacuação de diferentes espécies consumindo diferentes itens alimentares sob condições ambientais variáveis. Apesar de vários estudos terem extensivamente testado os diferentes modelos e suas adequações estatísticas, é comum a obtenção de resultados não conclusivos sobre qual é o melhor modelo que representa a dinâmica de evacuação gástrica dos elasmobrânquios. CORTÉS (1997) sugere que sejam utilizados diversos métodos *in situ* com diferentes premissas ou a utilização de métodos que acomodem qualquer função de evacuação gástrica, e que, em seguida, seja feita a comparação dos resultados obtidos.

Como ressaltado anteriormente, para as medidas de razão diária de consumo alimentar e digestão há necessidade de coletas regulares de conteúdos estomacais de populações em ambiente natural, além da manutenção de espécimes em cativeiro em laboratórios ou no campo. Estes aspectos comprometem extremamente os estudos de consumo alimentar de elasmobrânquios, uma vez que são encontradas grandes

dificuldades para manutenção das espécies em cativeiro, além das exigências logísticas para amostragens extensas em campo. Desta forma, a literatura disponível sobre consumo alimentar de elasmobrânquios ainda é muito escassa, sendo o número de estudos relativos às raias sensivelmente inferior ao de espécies de tubarões (WETHERBEE & CORTÉS, 2004).

De uma forma geral, as taxas de alimentação de elasmobrânquios são consideravelmente inferiores quando comparadas aos peixes teleósteos, e raramente ultrapassam o valor de três por cento do peso corporal por dia. Adicionalmente, as taxas de consumo de adultos podem diminuir em até uma ordem de magnitude em relação aos jovens (WETHERBEE & CORTÉS, 2004). Com relação às taxas de evacuação gástrica, apesar da escassez de estudos principalmente sobre espécies de raias, indica-se que o tempo de esvaziamento de alimento de estômagos dos elasmobrânquios é muito superior ao dos peixes teleósteos. Com poucas exceções, o tempo varia de um até vários dias para se evacuar completamente o alimento do estômago dos elasmobrânquios (WETHERBEE & CORTÉS, 2004).

PADRÕES DE ATIVIDADE ALIMENTAR: COMPORTAMENTO E MECÂNICA

O conhecimento sobre o comportamento alimentar dos condricies é considerado importante sob a perspectiva evolutiva. Tendo em vista que estes peixes representam um grupo basal de animais mandibulados e que compartilham um ancestral comum com os peixes ósseos, o estudo sobre o comportamento, mecanismos e mecânica de alimentação pode ajudar a entender as funções e evolução do sistema de alimentação dos vertebrados (MOTTA & WILGA, 2001; MOTTA 2004). MOTTA (2004), para facilitar o entendimento, classificou os padrões comportamentais em “pré-captura” (comportamento de alimentação propriamente dito que inclui a sequência de aproximação à presa), “captura” (mecânica que inclui a sequência de abertura da boca e finaliza normalmente no abocanhamento da presa) e “pós-captura” (inclui o processamento/ manipulação da presa em pedaços). O processamento das presas durante a fase de “pós-captura” é muito pouco conhecido e, desta forma, serão aqui apresentados apenas os aspectos relacionados aos estudos sobre “pré-captura” e “captura”.

A compreensão dos padrões do comportamento de alimentação (pré-captura) encontra-se ainda aquém de muitas outras abordagens sobre a biologia alimentar dos elasmobrânquios. Esta lacuna no conhecimento se deve principalmente à dificuldade de

se testemunhar comportamentos de predação em ambiente natural. Conseqüentemente, muitos dos estudos realizados são restritos a algumas espécies em cativeiro e/ou de fácil observação em ambiente natural (MOTTA & WILGA, 2001; MOTTA 2004). Em muitos casos, as descrições sobre os comportamentos são baseadas em encontros ocasionais com estes animais (ex., STRONG *et al.*, 1990; CHAPMAN & GRUBER, 2002), sendo que a maior parte dos estudos detalhados sobre o comportamento alimentar se restringe a apenas algumas espécies de tubarões (ex., TRICAS, 1985; CLARK & NELSON, 1997; DUDLEY *et al.*, 2000; HEYMAN *et al.*, 2001; GABRIOTTI & DE MADDALENA, 2004; NELSON & ECKERT, 2007; TAYLOR 2007). Apesar das raias serem relativamente mais acessíveis em ambiente natural, a literatura disponível no assunto é ainda mais escassa (ex. SMITH & MERRINER, 1985). Grandes tubarões, espécies pelágicas ou oceânicas são menos estudados ainda. No entanto, com o advento recente de alta tecnologia para o monitoramento dos padrões de movimentação destes animais (ex. *archival tags*, sistemas de vídeo, monitoramento acústico e por satélite) suas atividades de forrageamento estão sendo reveladas (ex., SIMS & QUAYLE, 1998; SIMS, 1999; KLIMLEY *et al.*, 2001; HEITHAUS *et al.*, 2002; HEUPEL & HUETER, 2002; SIMS, 2003; SIMPFENDORFER & HEUPEL, 2004).

Para o estudo sobre a mecânica e mecanismos de captura, há a necessidade do conhecimento sobre anatomia do crânio e aparato alimentar concomitantemente ao uso de cineradiografia, fotografia de alta-velocidade, eletromiografia e modelagem biomecânica. Apesar da anatomia do crânio e aparatos alimentares de elasmobrânquios terem sido extensamente estudados, existem ainda poucos trabalhos que incorporam as tecnologias necessárias para a compreensão da mecânica de captura de presas. A maior parte da literatura disponível é relativa a espécies de tubarões e investigou somente o papel funcional de algumas peças anatômicas. Apenas recentemente começou-se a interpretar a mecânica do aparato alimentar destes animais e como este pode afetar os comportamentos alimentares (MOTTA & WILGA, 2001; MOTTA 2004).

Apesar da dificuldade de acessar os aspectos relacionados aos padrões de atividade alimentar dos elasmobrânquios, os estudos já realizados identificaram que as táticas alimentares incluem emboscada, aproximação furtiva (espreita) e atração. Estes animais, para capturar suas presas, podem se utilizar dos comportamentos de abalroar (mais comum), sugar, morder, filtrar, ou uma combinação destes. As atividades de forrageamento podem ser executadas por indivíduos solitários ou em agregações, porém

comportamento de cooperação entre indivíduos durante estas atividades não está comprovado (MOTTA & WILGA, 2001; HEITHAUS, 2004; MOTTA, 2004). Verifica-se também que os padrões de distribuição e movimentação das espécies não estão ligados apenas a variáveis abióticas, mas muitas vezes estão relacionados a horários, locais e épocas de maior abundância de presas (SIMS, 2003; HEITHAUS, 2004). Por fim, as abordagens recentes sobre aspectos da captura de presas revelam que os padrões motores e cinéticos são conservados em muitas espécies, e que a habilidade de modulação dos comportamentos de alimentação varia consideravelmente entre os táxons (MOTTA & WILGA, 2001).

ESTADO DA ARTE DOS ESTUDOS NO BRASIL

Um total de 94 referências que abordam a temática de biologia e ecologia alimentar de elasmobrânquios no Brasil foi identificado (Tabela I). O primeiro registro data de 1980 e, com décadas de estudos sobre o tema, existe uma média de três trabalhos publicados por ano no assunto. Observa-se que a distribuição das referências não é igual entre os anos e que o número de estudos ao longo das décadas vem aumentando consideravelmente, sendo apenas sete identificados entre os anos de 1980/1989, 17 entre 1990/1999 e 70 do ano de 2000 até 2009 (Tabela I). Dentre as referências identificadas, apenas 44 (46,8%) foram publicadas em periódicos científicos como artigo completo ou nota científica, as demais foram qualificadas como literatura cinza (Tabela I).

Tabela I. Distribuição de frequência dos estudos sobre biologia e ecologia alimentar de elasmobrânquios realizados no Brasil em relação à década e tipo de publicação. Valores entre parênteses indicam porcentagem

Década	Artigo completo	Nota científica	Artigo em proceedings	Resumo evento científico	Relatório técnico	Monografia/TCC	Dissertação mestrado	Tese doutorado	Total Publicações
1980 – 1989	4 (57,1)	0 (0,0)	0 (0,0)	1 (14,3)	0 (0,0)	0 (0,0)	1 (14,3)	1 (14,3)	7 (7,4)
1990 – 1999	10 (58,8)	0 (0,0)	0 (0,0)	2 (11,8)	0 (0,0)	4 (23,5)	1 (5,9)	0 (0,0)	17 (18,1)
2000 – 2009	25 (35,7)	5 (7,1)	1 (1,4)	24 (34,3)	2 (2,9)	3 (4,3)	8 (11,4)	2 (2,9)	70 (74,5)
Total	39 (41,5)	5 (5,3)	1 (1,1)	27 (28,7)	2 (2,1)	7 (7,4)	10 (10,6)	3 (3,2)	94 (100,0)

Tabela II. Inventário dos estudos publicados em periódicos científicos sobre Biologia e Ecologia Alimentar de Elasmobrânquios Realizados no Brasil

FONTES	OBJETIVO	ESPÉCIE(S)	ÁREA DE ESTUDO
Amaral & Migotto (1980)	Dieta	<i>Squatina argentina</i> ; <i>Rhinobatos horkelli</i> ; <i>Zapteryx brevirostris</i> ; <i>Rioraja agassizii</i> ; <i>Sympterygia acuta</i> ; <i>Narcine brasiliensis</i>	Sudeste
Bacescu & Queiroz (1985)	Dieta	<i>Sympterygia acuta</i> e <i>S. bonapartei</i>	Sul
Pirez-Vanin (1987)	Dieta	<i>Sympterygia acuta</i> e <i>S. bonapartei</i>	Sul
Gouveia & Queiroz (1988)	Dieta	<i>Sympterygia acuta</i> e <i>S. bonapartei</i>	Sul
Saul & Lessa (1991)	Dieta	espécies das famílias Carcharhinidae e Sphyrnidae	Norte
Soares <i>et al.</i> (1992)	Dieta e agrupamentos tróficos	<i>Squalus cubensis</i> ; <i>Atlantoraja castelnaui</i> , <i>A. cyclophora</i> , <i>Rioraja agassizii</i> ; <i>Rhinobatos horkelii</i> , <i>Zapteryx brevirostris</i> , <i>Psammobatis glansdissimilis</i>	Sudeste
Hazin <i>et al.</i> (1994)	Dieta	<i>Prionace glauca</i>	Nordeste
Capitoli <i>et al.</i> (1995)	Dieta	<i>Mustelus schmitti</i>	Sul
Carqueija <i>et al.</i> (1995)	Dieta	<i>Dasyatis guttata</i>	Nordeste
Lessa & Almeida (1997)	Dieta	<i>Carcharhinus porosus</i>	Nordeste
Goitein <i>et al.</i> (1998)	Morfologia e dieta	<i>Narcine brasiliensis</i> e <i>Rhinobatus horkelii</i>	Sudeste
Lessa & Almeida (1998)	Dieta	<i>Sphyrna tiburo</i>	Nordeste
Vaske & Rincon (1998)	Dieta	<i>Prionace glauca</i> e <i>Isurus oxyrinchus</i>	Sul
Soares <i>et al.</i> (1999)	Dieta	<i>Rioraja agassizii</i>	Sudeste
Lima <i>et al.</i> (2000)	Dieta	<i>Rhizoprionodon lalandii</i>	Sul
Vianna <i>et al.</i> (2000)	Dieta	<i>Mustelus canis</i>	Sudeste
Carvalho-Neta & Almeida (2001)	Dieta	<i>Dasyatis guttata</i>	Nordeste
Muto <i>et al.</i> (2001)	Dieta	<i>Rioraja agassizii</i> e <i>Psammobatis extenta</i>	Sudeste
Silva & Almeida (2001)	Dieta	<i>Rhizoprionodon porosus</i>	Nordeste
Silva <i>et al.</i> (2001)	Dieta	<i>Dasyatis guttata</i>	Nordeste
Soto (2001a)	Dieta	<i>Hexanchus griséus</i>	Sul
Soto (2001b)	Dieta	<i>Mustelus fasciatus</i>	Sul
Soto (2001c)	Dieta	<i>Carcharhinus perezii</i>	Nordeste
Pantano Neto & Souza (2002)	Anatomia	<i>Potamotrygon henlei</i> e <i>Potamotrygon motoro</i>	Centro-Oeste
Costa & Almeida (2003)	Dieta	<i>Urotrygon microphthalmum</i>	Nordeste
Di Benedetto (2004)	Dieta	<i>Galeocerdo cuvier</i>	Sudeste

Bornatowski <i>et al.</i> (2005)	Dieta	<i>Zapteryx brevirostris</i>	Sul
Shibuya <i>et al.</i> (2005a)	Dieta	<i>Galeocerdo cuvier</i> e <i>Carcharhinus plumbeus</i>	Nordeste
Shibuya <i>et al.</i> (2005b)	Dieta	<i>Rhinobatus percellens</i>	Nordeste
Bornatowski <i>et al.</i> (2006)	Dieta	<i>Narcine brasiliensis</i>	Sul
Lonardoni <i>et al.</i> (2006)	Dieta	<i>Potamotrygon falkneri</i> , <i>P. motoro</i>	Centro-Oeste/ Sul
Monteiro <i>et al.</i> (2006)	Dieta	<i>Isurus oxyrinchus</i>	Nordeste
Bornatowski <i>et al.</i> (2007a)	Dieta	<i>Sphyrna zygaena</i>	Sul
Bornatowski <i>et al.</i> (2007b)	Dieta	<i>Galeocerdo cuvier</i>	Sul
Garrone Neto <i>et al.</i> (2007)	Dieta	<i>Potamotrygon falkneri</i> , <i>P. motoro</i>	Centro-Oeste/ Sul
Silva & Uieda (2007)	Dieta	<i>Potamotrygon falkneri</i> , <i>P. motoro</i>	Centro-Oeste
Bornatowski & Schiwingel (2008)	Dieta	<i>Prionace glauca</i>	Sudeste e Sul
Charvet-Almeida <i>et al.</i> (2008)	Dieta	<i>Dasyatis colarensis</i>	Norte
Ribeiro-Prado & Amorim (2008)	Dieta	<i>Pteroplatytrygon violacea</i>	Sudeste
Rincon <i>et al.</i> (2008)	Dieta	<i>Gurgesiella dorsalifera</i>	Sul
Garrone Neto & Sazima (2009a)	Comportamento alimentar	<i>Potamotrygon falkneri</i> e <i>Potamotrygon motoro</i>	Centro-Oeste/ Sul
Garrone Neto & Sazima (2009b)	Comportamento alimentar	<i>Potamotrygon falkneri</i> e <i>Potamotrygon motoro</i>	Centro-Oeste/ Sul
Vaske <i>et al.</i> (2009a)	Dieta	<i>Prionace glauca</i>	Nordeste e Sudeste
Vaske <i>et al.</i> (2009b)	Dieta	<i>Carcharhinus signatus</i> e <i>Sphyrna lewini</i>	Nordeste

O inventário contendo informações dos estudos publicados em periódicos científicos sobre biologia e ecologia alimentar de elasmobrânquios realizados no Brasil é apresentado na tabela II. A maioria dos trabalhos listados objetivou o estudo da dieta das espécies através do conteúdo estomacal (n = 39). Os demais objetivos foram identificados como: “estudo da dieta e agrupamentos tróficos” (n = 1); “estudo do comportamento alimentar” (n = 2); “estudo da anatomia e morfologia relacionadas a alimentação” (n = 2).

As principais justificativas das pesquisas indicadas pelos autores foram respectivamente para “suprir a carência de estudos sobre a espécie” (n = 23), “conhecer a biologia da espécie” (n = 11) e “fornecer informações sobre as relações tróficas entre predador-presas” (n = 11). As seguintes aplicações dos resultados foram citadas em menor frequência: “subsidiar o manejo e conservação da espécie” (n = 4); “auxiliar na

identificação de presas” (n = 1); “fornecer informações sobre análise funcional da musculatura” (n = 1).

As espécies de raias foram foco de pesquisas em 44 trabalhos, enquanto os tubarões foram abordados em 24 publicações. Um total de 36 espécies de elasmobrânquios foi identificado, sendo as seguintes as mais frequentemente estudadas: *Potamotrygon motoro* (n = 6), *Potamotrygon falkneri* (n = 5), *Prionace glauca* (n = 4), *Rioraja agassizii* (n = 4) e *Sympterygia acuta* (n = 4) (Tabelas II).

Todas as cinco regiões geográficas brasileiras foram alvo de estudos, incluindo tanto áreas costeiras e oceânicas quanto águas continentais. As regiões que apresentaram maior frequência de trabalhos estão localizadas na costa Nordeste e Sul do Brasil, com 14 publicações identificadas em cada uma (Tabela II).

Com relação às metodologias utilizadas nos estudos para análise da biologia e ecologia alimentar, foram enumeradas três diferentes abordagens: cálculo de medidas numéricas; cálculo de índices e estatística; uso de comparações. A listagem completa dos métodos citados na literatura consultada é apresentada na tabela III.

Apesar de ter sido identificada uma variedade considerável de medidas numéricas, verificou-se que muitas são similares com relação à natureza dos cálculos, porém com diferentes autorias. Desta forma, algumas medidas foram agrupadas e incluídas na tabela III com a referência dos respectivos autores. A maioria dos trabalhos consultados utilizou alguma medida numérica, sendo somente dez caracterizados como estudo apenas descritivo. Um total de 13 tipos de medidas foi identificado. As mais utilizadas foram: “frequência de ocorrência absoluta e relativa” (HYNES, 1950; HYSLOP, 1980); “frequência numérica absoluta e relativa” (HYSLOP, 1980); “índice de importância absoluto e relativo” (PINKAS *et al.*, 1971; CORTÉS, 1997) (Tabela III). O uso de índices, testes e análises estatísticas, por sua vez, não foram frequentes nos estudos (n = 15). Apesar da baixa utilização, foram identificados 17 diferentes cálculos aplicados. Dentre os testes e análises estatísticas mais citadas, encontram-se respectivamente os testes de Qui-Quadrado e Mann-Whitney (Tabela III). As comparações foram relativamente frequentes na literatura consultada (n = 24). Na metodologia citada, foram identificados 10 diferentes tipos, sendo mais utilizadas as comparações interespecíficas e entre classes de tamanho (Tabela III).

No âmbito da apresentação dos resultados, a utilização da representação gráfica foi identificada em 23 referências. Dez tipos de gráficos foram utilizados, sendo estes: curva espécie/área; dendrograma; diagrama; diagrama de Costello; de área; de caixa; de

dispersão; de Kawakami & Vazzoler; histograma; tridimensional. Dentre os tipos de gráfico, o histograma foi o mais utilizado.

Tabela III. Inventário dos métodos para análise da biologia e ecologia alimentar. N – frequência de utilização na literatura consultada.

Medidas Numéricas	N
Biovolume Absoluto e Relativo (Esteves & Galetti Jr., 1995)	1
Frequência de Ocorrência Relativa e Absoluta (Hynes, 1950; Hyslop, 1980)	33
Frequência Numérica Absoluta e Relativa (Hyslop, 1980)	23
Grau de Digestão (Aloncle & Delaporte, 1987; Scrimgeour & Winterbourn, 1987; Soares & Apelbaum, 1994; Zavala-Camim, 1996)	4
Grau de Repleção (Pillay, 1952; Oro & Maranta, 1996)	13
Índice de Importância Absoluto e Relativo (Pinkas <i>et al.</i> , 1971; Cortés, 1997)	16
Índice Importância Alimentar (Kawakami & Vazzoler, 1980)	3
Intensidade Alimentar (King, 1984)	1
Método de Ponto (Hynes, 1950; Hyslop, 1980)	3
Peso do Item Absoluto e Relativo (Hyslop, 1980)	13
Peso do Item em Relação ao Peso do Predador (Soares <i>et al.</i> , 1999)	1
Porcentagem de Estômagos Vazios (Hyslop, 1980)	4
Volume do Item Absoluto e Relativo (Hyslop, 1980)	6
Índices e Estatística	
Análise de Agrupamento	2
Análise de Correlação	2
Análise de Regressão	2
Análise de Variância (ANOVA)	1
Índice de Diversidade de Shannon	1
Índice de Similaridade Baroni-Urbani-Buser	1
Índice de Similaridade de Jaccard	1
Índice de Similaridade de Mac Arthur-Levins com Modificação Simétrica de Pianka	1
Índice de Similaridade de Shannon	1
Índice de Sobreposição de Dieta de Shoener	3
Índice de Sobreposição de Nicho Trófico de Pianka	1
Porcentagem de Similaridade de Whittaker	1
Sistema de Braun-Blanquet	1
Teste de Kolmogorov- Smirnov	2
Teste de Kruskal-Wallis	3
Teste de Mann- Whitney	4
Teste de Qui-Quadrado	5
Comparações	
Espacial	2
Estágio de Maturação	2
Hora do Dia	1
Interespecífica	12
Jovem e Adulto	5
Microhabitat	1
Sazonalidade	6
Sexo	6
Tamanho	7
Temporal	1

O inventário das espécies já estudadas no litoral brasileiro com os principais resultados publicados, informações sobre tipo de guilda e status de conservação populacional (segundo SBEEL, 2005), é apresentado na tabela IV. Dentre as espécies, a maioria encontra-se com status populacional em “risco de declínio” para alguma das cinco regiões geográficas brasileiras (n = 17), três já estão com estoque reduzido e uma está classificada como “em declínio”. Doze espécies foram indicadas como “sem informação” sobre o status do estoque para alguma das regiões, e dez não foram citadas no “Plano Nacional de Ação para a Conservação e o Manejo dos Estoques de Peixes Elasmobrânquios no Brasil” (SBEEL, 2005).

Tabela IV. Inventário das espécies com principais resultados publicados sobre biologia e ecologia alimentar de elasmobrânquios realizados no Brasil, e informações sobre tipo de guilda e status de conservação da população segundo SBEEL (2005). N - número de abordagens nas referências consultadas; TGC - tubarão grande costeiro; RGC - raia grande costeira; TPC - tubarão pequeno costeiro; RPC - raia pequena costeira; TOC - tubarão oceânico; ROC - raia oceânica; TPR - tubarão de profundidade; RPR - raia de profundidade; RAI - raias de águas interiores; EQ - equilíbrio; RD - risco declínio; ED - em declínio; RZ - reduzido; SI - sem informação; NC - não citado; * táxon citado como item principal na dieta da espécie.

Guilda	Espécie	N	Presas Consumidas	Outros Resultados	Status do Estoque
RAI	<i>Potamotrygon falkneri</i>	5	Insecta* (Odonata, Trichoptera, Ephemeroptera, Diptera, Plecoptera e Hemiptera), Crustacea (Brachyura e Palaemonidae), Mollusca (Gastropoda e Bivalvia) e Osteichthyes* (Loricariidae, Erithrinidae, Characidae, Cichlidae e Doradidae).	Variação sazonal da dieta na região Centro-Oeste. Ocupa o mesmo habitat que <i>P. motoro</i> com hábitos predominantemente bentônicos e sobreposição trófica moderada a acentuada, principalmente na época de chuva. Dieta similar entre as espécies apenas no ambiente com margem rochosa sugerindo uma partição de recursos. <i>P. falkneri</i> considerada mais generalista do que <i>P. motoro</i> . Táticas de alimentação similares à <i>P. motoro</i> . Atividade de forrageamento predominantemente noturna. Associação com peixes ciclídeos durante atividades de forrageamento diurnas.	NC
	<i>Potamotrygon henlei</i>	1	-----	Padrão de origem e inserção de musculatura conforme à ordem Myliobatiformes. Comparativamente à espécie <i>P. motoro</i> , apresenta diferenças na anatomia que refletem especialização alimentar.	SI (Norte)
	<i>Potamotrygon motoro</i>	6	Insecta* (Odonata, Trichoptera, Ephemeroptera, Diptera, Plecoptera, Hemiptera, Lepdoptera e Coleoptera), Mollusca (Gastropoda e Bivalvia), Crustacea (Brachyura e Palaemonidae) e Osteichthyes (Characiformes).	Variação sazonal da dieta na região Centro-Oeste. Ocupa o mesmo habitat que <i>P. motoro</i> com hábitos predominantemente bentônicos e sobreposição trófica moderada a acentuada, principalmente na época de chuva. Dieta similar entre as espécies apenas no ambiente com margem rochosa sugerindo uma partição de recursos. <i>P. falkneri</i> considerada mais generalista do que <i>P. motoro</i> . Táticas de alimentação similares à <i>P. motoro</i> . Atividade de forrageamento predominantemente noturna. Associação com peixes ciclídeos durante atividades de forrageamento diurnas. Padrão de origem e inserção de musculatura conforme à ordem Myliobatiformes. Comparativamente à espécie <i>P. henlei</i> , apresenta diferenças na anatomia que refletem especialização alimentar.	EQ (Norte)

RGC	<i>Dasyatis colarensis</i>	1	Crustacea Decapoda*, Osteichthyes (Gobiidae e Siluriformes), Polychaeta e Mollusca Bivalvia.	-----	RD (Norte)
	<i>Dasyatis guttata</i>	3	Crustacea* (Penaeidea, Caridea, Thalassinidea, Brachyura), Echinodermata (Holoturoidea), Mollusca, Osteichthyes, Polychaeta, Priapulida e Sipuncula.	Em dois estudos na região Nordeste foram encontrados resultados diferenciados. Na costa do Ceará, <i>D. guttata</i> consumiu predominantemente diferentes itens alimentares de acordo com classes de tamanho e maturidade. N a região do Maranhão não há diferenças significativas entre jovens e adultos, nem entre os sexos.	RD (Norte, Nordeste)
ROC	<i>Pteroplatytrygon violacea</i>	1	Mollusca Cephalopoda*, Osteichthyes; Crustacea (Isopoda, Amphipoda, Euphausiacea e Stomatopoda).	-----	SI (Nordeste)
RPC	<i>Atlantoraja castelnaui</i>	1	Osteichthyes* (Bathracoididae, Lophiidae, Serranidae, Bothidae), Crustacea* (Gammaridea, Caridea e Brachyura) e Mollusca.	Grupo trófico na região Sudeste - comedores de crustáceos e peixes	RD (Sudeste/Sul)
	<i>Atlantoraja cyclophora</i>	1	Osteichthyes* e Crustacea* (Gammaridea, Brachyura, Penaeidea, Caridea e Stomatopoda).	Grupo trófico na região Sudeste - comedores de crustáceos e peixes	RD (Sudeste/Sul)
	<i>Narcine brasiliensis</i>	3	Polychaeta* (Glyceridae, Nereididae, Onuphidae, Lysateridae, Arabelidae, Eunicidae, Capitelidae, Phyllodocida e Flabelligeridae), Crustacea* (Isopoda, Stomatopoda, Caridea, Callianassidae e Albuneidae), Porifera, Sipuncula, Echinodermata (Echinoidea) e Osteichthyes (Anguiliformes).	Na região Sudeste quando comparada a espécie <i>Rhinobatos horkellii</i> apresentou diferenças significativas na morfologia, o que indica uma diferença no tipo de vida e hábito alimentar.	RD (Norte)
	<i>Psammobatis extenta/ glansdissimilis</i>	2	Crustacea* (Caridea, Penaeidea, Brachyura, Anomura, Palinura, Amphipoda, Cumacea, Isopoda, Mysidacea, Stomatopoda e Gammaridea), Sipuncula, Polychaeta, Echinodermata, Mollusca, Hydrozoa e Osteichthyes.	Grupo trófico na região Sudeste - comedores de invertebrados bentônicos. Composição da dieta similar ao longo do ano e entre os sexos. Diferenças sazonais na importância das presas. Diferenciação significativa na dieta das raias de maior tamanho. Alta sobreposição na dieta entre as espécies, dependente da época do ano e/ou da maturidade do animal, comparativamente à espécie <i>Rioraja agassizii</i> .	NC
	<i>Rhinobatos horkellii</i>	3	Crustacea* (Caridea, Peneidae, Gammaridea, Brachyura, Tanaidacea, Isopoda e Mysidacea), Polychaeta* (Sigalionidae e Opheliidae) e Osteichthyes.	Grupo trófico na região Sudeste - comedores de invertebrados bentônicos. Na região Sudeste quando comparada a espécie <i>Narcine brasiliensis</i> apresentou diferenças significativas na morfologia, o que indica uma diferença no tipo de vida e hábito alimentar.	RD (Sudeste/Sul)
	<i>Rhinobatos percellens</i>	1	Crustacea* (Caridea, Penaeidae, Portunidae e Isopoda).	-----	RD (Norte, Sudeste/Sul); SI (Nordeste)

	<i>Rioraja agassizi</i>	4	Crustacea* (Copepoda, Cirripedia, Stomatopoda, Amphipoda, Penaeidea, Caridea, Brachyura, Cumacea, Mysidacea, Tanaidacea, Gammaridea e Anomura), Nematoda, Polychaeta (Terebellidae) e Osteichthyes (Bothidae).	Grupo trófico na região Sudeste - comedores de crustáceos e peixes. Diferenças significativas no peso e frequência numérica dos itens alimentares, exceto no inverno no período da manhã. Composição da dieta similar durante todos os períodos estudados e entre os sexos. Diferenças na riqueza e importância das presas de acordo com estação do ano, classes de tamanho e maturidade sexual. Alta sobreposição na dieta entre as espécies, dependente da época do ano e/ou da maturidade do animal, comparativamente à espécie <i>Psammobatis extenta</i> .	RD (Sudeste/Sul)
	<i>Sympterygia acuta</i>	4	Crustacea (Cumacea, Amphipoda, Isopoda, Mysidacea e Brachyura) e Polychaeta.	Na região Sul, tamanho e sexo das raias sem relação com o tamanho e riqueza de isopodas. Maior diversidade de espécies de isopoda na dieta e maior habilidade para captura de braquiuros, quando comparado a <i>S. bonapartei</i> . Presença de cumáceos na dieta, sem periodicidade.	NC
	<i>Sympterygia bonapartei</i>	3	Crustacea (Cumacea, Amphipoda, Isopoda, Mysidacea e Brachyura).	Na região Sul, tamanho e sexo das raias sem relação com o tamanho e riqueza de isopodas. Presença de cumáceos na dieta, sem periodicidade.	NC
	<i>Urotrygon microphthalmum</i>	1	Crustacea* (Misidacea, Cumacea, Decapoda, Amphipoda), Polychaeta, Mollusca (Heteropoda, Pteropoda e Pelecipoda) e Fitoplancton.	Dieta similar entre fêmeas e machos na região Nordeste.	RD (Norte)
	<i>Zapteryx brevirostris</i>	3	Crustacea* (Caridea, Gammaridea, Isopoda, Nebalica, Stomatopoda, Cumacea, Penaeidea, Brachyura, Anomura, Copepoda e Amphipoda), Polychaeta* (Sigalionidae, Eunicidae e Phyllococida), Hydrozoa, Porifera, Osteichthyes (Cynoglossidae) e Cephalochordata.	Grupo trófico na região Sudeste - comedores de invertebrados bentônicos.	NC
RPR	<i>Gurgesiella dorsalifera</i>	1	Osteichthyes* (Phycidae), Crustacea (Mysidacea, Copepoda e Decapoda) e Polychaeta.	Na região Sul, tamanho das presas significativamente diferentes entre classes de tamanho das raias.	NC
TGC	<i>Carcharhinus perezii</i>	1	Osteichthyes (Perciformes)	-----	SI (Norte, Nordeste)
	<i>Carcharhinus plumbeus</i>	1	Mollusca Cephalopoda (Octopodidae) e Osteichthyes (Scaridae).	-----	SI (Norte, Nordeste); RZ (Sudeste/Sul)
	<i>Galeocерdo cuvier</i>	3	Chondrichthyes Elasmobranchii (Dasyatidae), Osteichthyes* (Ariidae, Diodontidae, Monacanthidae, Balistidae, Haemulidae, Ephippidae, Gerreidae, Clupeidae, Tetraodontidae, Elopidae, Stromateidae e Sciaenidae), Mollusca Cephalopoda, Crustacea Decapoda, Polychaeta, Aves (Sulidae) e Cetacea (Pontoporiidae).	-----	EQ (Norte); RD (Nordeste)

	<i>Sphyrna lewini</i>	1	Osteichthyes* (Carangidae, Lutjanidae, Monacanthidae, Muraenida, Scaridae, Sphyraenidae e Scombridae), Mollusca Cephalopoda* (Cranchiidae e Octopodidae) e Crustacea.	Na região Nordeste, compartilha do mesmo espectro de presas que <i>Carcharhinus signatus</i> . Significativo grau de similaridade entre ambas as espécies, para os grandes grupos. Algumas diferenças ao analisar mais especificamente as presas.	ED (Norte); RD (Nordeste); SI (Sudeste/Sul)
TOC	<i>Carcharhinus signatus</i>	1	Osteichthyes* (Acanthuridae, Bramidae, Myctophidae, Howellidae, Scombridae, Serranidae e Ximphiidae), Mollusca Cephalopoda* (Cranchiidae e Octopodidae), Crustacea, Tunicata (Salpidae) e Aves (Procellariidae).	Na região Nordeste, compartilha do mesmo espectro de presas que <i>Sphyrna lewini</i> . Significativo grau de similaridade entre ambas as espécies, para os grandes grupos. Algumas diferenças ao analisar mais especificamente as presas	RD (Nordeste); SI (Sudeste/Sul)
	<i>Isurus oxyrinchus</i>	2	Osteichthyes* (Trachipteridae, Bramidae, Gempylidae Scombridae, Trichiuridae), Mollusca Cephalopoda (Lycoteuthidae, Histioteuthidae, Ommastrephidae) e Cetacea (Delphinidae).	-----	RD (Nordeste, Sudeste/Sul)
	<i>Prionace glauca</i>	4	Osteichthyes* (Alepisauridae, Ariommatidae, Bramidae, Balistidae, Carangidae, Congridae, Trichiuridae, Myctophidae, Diodontidae, Gempylidae, Lampridae, Monacanthidae, Myctophidae, Istiophoridae, Scombridae, Trachipteridae, Xiphiidae, Coryphaenidae, Tetraodontidae e Echineidae), Chondrichthyes Elasmobranchii (Laminidae e Dasyatidae), Mollusca Cephalopoda* (Alloposidae, Argonautidae, Tremopodidae, Architeuthidae, Lycoteuthidae, Chiroteuthidae, Histioteuthidae, Octopoteuthidae, Ommastrephidae, Onychoteuthidae, Cranchiidae, Enoplotuthidae, Octopodidae), Crustacea (Amphipoda, Isopoda e Caridea), Tunicata (Salpidae), Coelenterata, Mysticeti*, Odontoceti, Pinnipedia (Otariidae) e Aves (Procellariidae).	Consumo mais diversificado de presas na região sul do que na região Nordeste. Apenas 7,5% da dieta similar entre estas regiões.	RD (Nordeste, Sudeste/Sul)
	<i>Sphyrna zygaena</i>	1	Osteichthyes* (Clupeidae, Hemiramphidae, Haemulidae, Carangidae, Trichiuridae e Sciaenidae), Mollusca Cephalopoda e Crustacea (Isopoda e Decapoda).	-----	SI (Sudeste/Sul)
TPC	<i>Carcharhinus porosus</i>	1	Mollusca (Cephalopoda), Crustacea (Penaeidea e Brachyura), Elasmobranchii (Carcharhinidae e Dasyatidae), Teleostei* (Clupeidae, Engraulidae, Ariidae, Sciaenidae, Ephippidae, Mugilidae, Polynemidae, Stromateidae, Trichiuridae e Soleidae).	Na região Nordeste, diversidade na dieta significativamente maior nos jovens para ambos os sexos. Variação significativa da abundância e peso das presas em relação a época do ano. Seleção de presas relacionada ao tamanho do predador. Predador oportunista.	RD (Norte); SI (Nordeste)
	<i>Mustelus canis</i>	1	Antipatharia, Polychaeta, Mollusca (Cephalopoda, Bivalvia) Crustacea* (Stomatopoda, Penaeidea, Caridea, Anomura, Brachyura) e Osteichthyes* (Congridae, Priacanthidae e Diodontidae).	Na região Sudeste, diferenças não significativas na dieta entre estágios de maturação. Predação seletiva dos machos por certos tipos de presas. Diferenças na frequência numérica das presas em função das classes de tamanho. Quanto maior o tamanho do tubarão, maior a riqueza de presas. Mesmo padrão de dieta ao longo do ano.	SI (Norte, Nordeste, Sudeste/Sul)

<i>Mustelus fasciatus</i>	1	Crustacea* (Penaeidae, Anomura, Brachyura), Mollusca (Gastropoda), Osteichthyes (Batrachoidiformes, Pleuronectiformes)	-----	RZ (Sudeste/Sul)
<i>Mustelus schmitti</i>	1	Crustacea* (Anomura, Brachyura, Penaeidea, Stomatopoda, Caridea, Nephropidea, Isopoda, Thalassinidea), Polichaeta (Onuphidae, Glyceridae, Owenidae, Polynoidae, Lysaretidae, Chaetopteridae, Opheliidae, Lumbrineridae e Nephtyidae), Peixes, Mollusca (Cephalopoda e Gastropoda) e Sipunculida.	Na região sul ocorre a diferenciação de grupos e locais de transição onde há variação na dieta.	RZ (Sudeste/Sul)
<i>Rhizoprionodon lalandii</i>	1	Osteichthyes* (Engraulidae, Scianidae e Trichiuridae), Mollusca Cephalopoda, Crustacea Decapoda.	Na região Sul, incremento no consumo de lulas durante a ontogenia dos espécimes.	RD (Norte, Nordeste); SI (Sudeste/Sul)
<i>Rhizoprionodon porosus</i>	1	Osteichthyes* (Stromateidae, Trichiuridae, Scianidae, Engraulidae, Tetraodontidae, Batrachoididae, Clupeidae, Elopiformes), Mollusca Cephalopoda, Crustacea Decapoda (<i>Callinectes</i> e <i>Penaeus</i>) e Ascidiacea.	Na região Nordeste, diferenças não significativas na dieta entre as estações do ano, entre jovens e adultos e entre sexos.	EQ (Norte); RD (Nordeste); SI (Sudeste/Sul)
<i>Sphyrna tiburo</i>	1	Crustacea* (Portunidae, Penaeidae, Palinuridae), Mollusca (Gastropoda), Osteichthyes (Engraulidae, Congridae e Scianidae) e Annelida (Polychaeta).	Na região nordeste, espectro de dieta similar entre os sexos. Índice de equitabilidade menor das fêmeas. Razão "peso de presas/peso total dos tubarões" significativamente diferente entre classes de tamanho em ambos os sexos e na frequência numérica das presas. Diferenças sazonais significativas observadas apenas para frequência numérica de presas. Baixa correlação entre tamanho de presas e tamanho dos tubarões.	NC
<i>Squatina argentina</i>	1	Polichaeta*	-----	NC
TPR <i>Hexanchus griseus</i>	1	Crustacea (Brachyura), Chondrichthyes Elasmobranchii (Squaliformes) e Osteichthyes (Gadiformes e Lophiiformes).	-----	NC
<i>Squalus cubensis</i>	1	Osteichthyes* (Sciaenidae), Mollusca (Cephalopoda), Crustacea (Penaeidea e Brachyura). Grupo trófico na região Sudeste - comedores de peixes	-----	NC

O conhecimento já estabelecido sobre a biologia e ecologia alimentar dos elasmobrânquios no Brasil está baseado essencialmente nos itens alimentares consumidos pelas espécies estudadas (Tabela IV), haja vista que a maioria das referências objetivou o estudo da dieta através do conteúdo estomacal.

De maneira geral, os resultados encontrados são similares entre os estudos no que tange aos grandes grupos taxonômicos que compõem a dieta. Foi observado também que tanto para as espécies de tubarões como para as raias, foram identificadas

algumas variações na dieta e sobreposições de nicho alimentar resultantes das comparações realizadas (Tabela IV).

Em relação às raias marinhas grandes e costeiras, os crustáceos foram citados como itens mais consumidos. Foram encontrados também como item estomacal os peixes ósseos, moluscos, poliquetos, priapulidas, sipunculas e equinodermos. Para as raias pequenas e costeiras, os crustáceos também foram o item alimentar dominante. Adicionalmente, os poliquetos e peixes ósseos foram identificados como itens mais importantes, porém em menor frequência. A lista de itens que compõem a dieta é bastante variável para estas raias e inclui poríferas, sipunculas, equinodermos, hidrozoários, nematodes, moluscos, fitoplâncton e cefalocordados (Tabela IV). As raias oceânicas, por sua vez, alimentam-se predominantemente de moluscos cefalópodes e são encontrados também na dieta os peixes ósseos e crustáceos. Já para as raias marinhas de profundidade, os peixes ósseos foram indicados como item principal na alimentação, sendo os crustáceos e poliquetos também encontrados no conteúdo estomacal (Tabela IV). Para as espécies de raias de águas interiores (família Potamotrygonidae), a listagem dos itens alimentares diferencia-se relativamente das indicadas anteriormente para as espécies marinhas. Foram citados como itens dominantes na dieta os insetos aquáticos seguidos por peixes ósseos, e foram encontrados também na sua dieta os crustáceos e moluscos (Tabela IV).

Com relação à dieta das espécies de tubarões grandes costeiros, os peixes ósseos seguidos de moluscos cefalópodes foram os itens citados como mais importantes na alimentação. São incluídos também na composição da dieta destas espécies os peixes cartilagosos, crustáceos, poliquetos, aves e mamíferos marinhos. Já a listagem de itens que compõem a dieta das espécies pequenas e costeiras é mais rica em invertebrados. Para estes tubarões, os crustáceos e peixes ósseos foram apontados como itens principais e a alimentação é composta também por moluscos, peixes cartilagosos, corais, poliquetos, sipunculas e tunicados (Tabela IV). Para os tubarões oceânicos, peixes ósseos foram citados mais frequentemente como item predominante na alimentação seguido pelos moluscos cefalópodes. Estão incluídos como integrantes da dieta também os peixes cartilagosos, crustáceos, tunicados, celenterados, aves e mamíferos marinhos. Os peixes ósseos também foram identificados como item principal de espécies de tubarões de profundidade. Adicionalmente, a dieta destes tubarões inclui também os peixes cartilagosos, crustáceos e moluscos (Tabela IV).

Os resultados apresentados pelos trabalhos que abordaram aspectos do comportamento alimentar restringem-se a informações sobre espécies de potamotrigonídeos (Tabela IV). Estas raias foram também alvo de estudos sobre anatomia e morfologia relacionada à alimentação. Além das raias de águas interiores, são encontradas informações também sobre anatomia e morfologia de duas espécies de raias pequenas costeiras capturadas na região Sudeste, conforme descrito na Tabela IV.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Existem numerosos estudos sobre a biologia e ecologia alimentar de elasmobrânquios na costa do Brasil, principalmente focando as espécies de raias. A quantidade de trabalhos aumentou bastante na última década acompanhando uma tendência mundial, porém a maioria das pesquisas brasileiras não está em forma de publicação em periódicos científicos, mas como literatura cinza.

Além disso, grande parte dos trabalhos está restrita ao estudo da dieta de poucos táxons. Até o presente, temos acessado aspectos da biologia alimentar de somente 26% do total da riqueza de espécies reconhecidas para a costa brasileira (valor baseado em SBEEL, 2005). Em consequência da pouca informação estabelecida na literatura, os pesquisadores se propõem muitas vezes a apenas suprir a carência do conhecimento, sem apresentarem uma maior preocupação com a aplicação dos resultados em ações de gestão e manejo das populações.

Cabe salientar, no entanto, que a maioria das referências não se restringe apenas às descrições sobre a dieta das espécies, pois utilizam comumente medidas numéricas, índices, análises e testes estatísticos, tais como recomendados na literatura internacional (CORTES, 1997). Essas medidas e análises facilitam a comparação entre os estudos e devem ser aplicadas rotineiramente.

Os resultados já estabelecidos nas pesquisas brasileiras sobre a dieta de tubarões e raias e suas variações sazonais e ontogenéticas estão de acordo com os padrões descritos na literatura mundial (BIGELOW & SCHROEDER, 1953; CORTÉS, 1999; WETHERBEE & CORTES, 2004; EBERT & BIZZARRO, 2007). A exceção encontrada é relacionada ao grupo das raias de água doce (família Potamotrygonidae), pois inclui os insetos aquáticos como itens importantes na dieta das espécies. Ressalta-se que o Brasil possui numerosas publicações referentes aos potamotrygonídeos, os quais são raramente contemplados em pesquisas internacionais. Portanto, estes trabalhos devem ser incentivados e seus resultados divulgados pelos pesquisadores.

Estudos sobre o comportamento alimentar dos elasmobrânquios são raros no Brasil, bem como na literatura mundial (MOTTA & WILGA, 2001; MOTTA, 2004), provavelmente em decorrência da dificuldade em se testemunhar atividades de predação em ambiente natural e em cativeiro. Foram encontrados apenas dois trabalhos no Brasil que estudaram espécies de raias de água doce, através de observação subaquática, e nenhum sobre o monitoramento de indivíduos através do uso de alta tecnologia (ex., *archival tags*, sistemas de vídeo, monitoramento acústico e por satélite) para a elucidação de aspectos do comportamento alimentar. Tais estudos devem ser estimulados, uma vez que a biologia comportamental está sendo vista crescentemente como um importante aspecto que pode influenciar positivamente as tomadas de decisões ambientais (BUCHHOLZ, 2007).

Referências abordando aspectos sobre consumo alimentar (razão diária ou evacuação gástrica) e mecânica de captura são inexistentes no Brasil. As dificuldades são possivelmente inerentes às coletas regulares em ambiente natural, à manutenção de espécimes em cativeiro, além das exigências tecnológicas. Tendo em vista que pesquisas nestas áreas do conhecimento são comuns na literatura mundial, parcerias entre laboratórios nacionais e estrangeiros devem ser incentivadas.

São deficientes também os estudos em águas brasileiras que relacionam a biologia e ecologia alimentar ao uso do ambiente. Dados sobre a relação direta entre propriedades biológicas e características dos ecossistemas são importantes para a identificação e consequente proteção dos habitats críticos das espécies (ex., áreas de alimentação, berçário e reprodução). Portanto, assim como já recomendado pelo “Plano de Ação Internacional para a Conservação e Manejo de Tubarões” (WALKER, 2000), pesquisas nesta temática também devem ser praticas comuns visando à obtenção de dados para a conservação de populações de elasmobrânquios e de seus habitats.

De uma maneira geral, existem grandes lacunas no conhecimento sobre biologia e ecologia alimentar das espécies na costa brasileira, e muitas destas já se encontram em fortes declínios populacionais (status de conservação segundo SBEEL, 2005). As populações de *Carcharhinus plumbeus*, *Mustelus fasciatus* e *M. schmitti*, com estoque reduzido na costa Sul/Sudeste, além de *Sphyrna lewini*, “em declínio” na região Norte, possuem apenas um estudo cada sobre a biologia alimentar publicado em periódicos científicos. Ainda mais grave, para outras espécies com status populacional “em declínio” ou “estoque reduzido” não foi encontrado nenhum trabalho sobre aspectos alimentares na literatura, sendo estas: *Alopias superciliosus*, *Carcharhinus acronotus*,

C. leucas, *Carcharias taurus*, *Galeohinus galeus*, *Isogomphodon oxyhynchus*, *Pristis perotteti*, *P. pectinata*, *Sphyrna mokarran*, *S. tudes*, *Squatina guggenheim* e *S. occulta*.

Em conclusão, as pesquisas sobre aspectos da biologia e ecologia alimentar de elasmobrânquios ameaçados, realizadas de forma a gerar dados que subsidiem iniciativas de conservação e manejo, são fortemente recomendadas e os resultados destas devem ser publicados em periódicos científicos conceituados, conjuntamente com proposições para o manejo e gestão das populações estudadas. Todo conhecimento gerado por estudos em águas brasileiras é extremamente valioso num panorama mundial e, portanto, deve ser estimulado e divulgado.

REFERÊNCIAS

- ALONCLE, H., DELAPORTE, F., 1987, “Revision bibliográfica de los objetivos y la metodología”. In: Héran, R. A. (ed), *Análisis de contenidos estomacales en peces*, Caracas, Venezuela, Informes Técnicos do Instituto Espanhol de Oceanografia.
- AMARAL, A. C. Z., MIGOTTO, A. E., 1980, “Importância dos anelídeos poliquetas na alimentação da macrofauna demersal e epibentônica da região de Ubatuba”, *Boletim do Instituto Oceanográfico*, v. 29, pp. 31-35.
- BACESCU, M., QUEIROZ, E. L., 1985, “The contribution of Cumacea in the feeding of Rajidae *Sympterygia acutata* and *S. bonapartei* from Rio Grande do Sul – S. Brazil”, *Travoux du Museum Grigore Antipa*, v. 27, pp. 1-8.
- BIGELOW, H. B., SCHROEDER, W. C., 1953, “Fishes of the Western North Atlantic. Sawfishes, guitarfishes, skates and rays”, *Memoirs Sears Foundation Marine Research*, v. 1, pp. 1-558.
- BLECKMANN, H., HOFMANN, M. H., 1999, “Special Senses”. In: Hamlett, W. C. (ed), *Sharks, skates, and rays: the biology of elasmobranch fishes*, Baltimore, USA, The Johns Hopkins University Press.
- BORNATOWSKI, H., ABILHOA, V., FREITAS, M. O., 2005, “Alimentação da raia-viola *Zapteryx brevirostris* na Baía de Ubatuba-Enseada, São Francisco do Sul, Santa Catarina, Brasil”, *Estudo Biologia*, v. 27, pp. 31-36.
- BORNATOWSKI, H., ABILHOA, V., FREITAS, M. O., 2006, “Sobre a alimentação de *Narcine brasiliensis* na Baía de Ubatuba-Enseada, São Francisco do Sul, Santa Catarina, Brasil”, *Estudo Biologia*, v. 28, pp. 57-60.

- BORNATOWSKI, H., COSTA, L., ROBERT, M. de C., PINA, J. V., 2007a, “Hábitos alimentares de tubarões-martelo jovens, *Sphyrna zygaena* (Carcharhiniformes: Sphyrnidae), no litoral sul do Brasil”, *Biota Neotropica*, v. 7, pp. 213-216.
- BORNATOWSKI, H., ROBERT, M. de C., COSTA, L., 2007b, “Dados sobre a alimentação de jovens de tubarão-tigre, *Galeocerdo cuvier* (Péron & Lesueur) (Elasmobranchii, Carcharhinidae), do sul do Brasil”, *Pan-American Journal of Aquatic Sciences*, v. 2, pp. 10-13.
- BORNATOWSKI, H., SCHWINGEL, P. R., 2008, “Alimentação e reprodução do tubarão azul *Prionace glauca* (Linnaeus, 1758), capturado na costa Sudeste e Sul do Brasil”, *Arquivos de Ciências do Mar*, v. 41, pp. 98-103.
- BUCHHOLZ, R., 2007, “Behavioral biology: an effective and relevant conservation tool”, *Trends in Ecology and Evolution*, v. 22, pp. 401-407.
- CAMHI, M., FOWLER, S., MUSICK, J., BRÄUTIGAM, A., FORDHAM S., 1998, “Sharks and their Relatives Ecology and Conservation”, *Occasional Paper of the IUCN Species Survival Commission*, v. 20, pp. 1-63.
- CAPITOLI, R. R., RUFFINO, M. L., VOOREN, C. M., 1995, “Alimentação do tubarão *Mustelus schmitti* (Springer 1940) na plataforma costeira do estado do Rio Grande do Sul, Brasil”, *Atlântica*, v. 17, pp. 109-122.
- CARQUEIJA, C. R. G., SOUZA-FILHO, J. J., GOUVÊA, E. P., QUEIROZ, E. L., 1995, “Decápodos (Crustácea) utilizados na alimentação de *Dasyatis guttata* (Bloch & Schneider) (Elasmobranchii, Dasyatidae) na área de influência da Estação Ecológica Ilha do Medo, Baía de Todos os Santos, Bahia, Brasil”, *Revista Brasileira de Zoologia*, v. 12, pp. 833-838.
- CARVALHO-FILHO, A., 1999, *Peixes da Costa Brasileira*. 2ed. São Paulo, Editora Melro Ltda.
- CARVALHO-NETA, R. N. F., ALMEIDA, Z. S., 2001, “Aspectos da alimentação de *Dasyatis guttata* (Elasmobranchii, Dasyatidae) na costa maranhense”, *Boletim do Laboratório de Hidrobiologia*, v. 14/15, pp. 77-98.
- CHAPMAN, D. D., GRUBER, S. H., 2002, “A further observation of the prey-handling behavior of the great hammerhead shark, *Sphyrna mokarran*: predation upon the

spotted eagle ray, *Aetobatus narinari*”, *Bulletin of Marine Science*, v. 70, pp. 947-952.

CHARVET-ALMEIDA, P., LINS, P. M .O, ALMEIDA, M. P., 2008, “Diet Composition of the Whiptail Stingray *Dasyatis colarensis* Santos, Gomes & Charvet-Almeida, 2004 (Chondrichthyes: Dasyatidae) in the Colares Island Region, Para, Brazil”, *Arquivos de Ciências do Mar*, v. 41, pp. 29-33.

CLARK, E., NELSON, D. R., 1997, “Young whale sharks, *Rhincondon typus*, feeding on a copepod bloom near La Paz, Mexico”, *Environmental Biology of Fishes*, v. 50, pp. 63-73.

COMPAGNO, L. J. V., 1990, “Alternative life-history styles of cartilaginous fishes in time and space”, *Environmental Biology of Fishes*, v. 28, pp. 33-75.

CORTÉS, E., 1997, “A critical review of methods of studying fish feeding based on analysis of stomach contents: application to elasmobranch fishes”. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, v. 54, pp. 726-738.

CORTÉS, E., 1999, “Standardized diet compositions and trophic levels of sharks”, *ICES Journal of Marine Science*, v. 56, pp. 707-717.

CORTÉS, E., GRUBER, S. H., 1990, “Diet, feeding habits and estimates of daily ration of young lemon sharks, *Negaprion brevirostris* (Poey)”, *Copeia*, v. 1, pp. 204-218.

CORTÉS, E., PARSON, G. R., 1996, “Comparative demography of two populations of the bonnethead shark”, *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, v. 53, pp. 709-718.

COSTA, C. L., ALMEIDA, Z. S., 2003, “Hábito Alimentar de *Urotrygon microphthalmum* Delsman, 1941 (Elasmobranchii: Urolophidae) em Tutoia, Maranhão”, *Boletim do Laboratório de Hidrobiologia*, v. 16, pp. 47-54.

CROSS, R. E., CURRAN, M. C., 2000, “Effects of Feeding Pit Formation by Rays on an Intertidal Meiobenthic Community”, *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, v. 51, pp. 293-298.

CROSS, R. E., CURRAN, M. C., 2004, “Recovery of Meiofauna in Intertidal Feeding Pits Created by Rays”, *Southeastern Naturalist*, v. 3, pp. 219-230.

- Di BENEDITTO, A. P., 2004, "Presence of franciscana dolphin (*Pontoporia blainvillei*) remains in the stomach of a tiger shark (*Galeocerdo cuvieri*) captured in southeastern Brazil", *Aquatic Mammals*, v. 30, pp. 311-314.
- DIANA, J. S., 1979, "The feeding pattern and daily ration of a top carnivore, the northern pike, *Esox lucius*", *Canadian Journal of Zoology*, v. 57, pp. 977-991.
- DUDLEY, S. F. J., ANDERSON-READE, M. D., THOMPSON, G. S. McMULLEN, P. B., 2000, "Concurrent scavenging off a whale carcass by great white sharks, *Carcharodon carcharias*, and tiger sharks, *Galeocerdo cuvier*", *Fish Bulletin*, v. 98, pp. 646-649.
- EBERT, D. A., 2002, "Ontogenetic changes in the diet of the sevengill shark (*Notorynchus cepedianus*)", *Marine Freshwater Research*, v. 53, pp. 517-523.
- EBERT, D. A., BIZZARRO, J. J., 2007, "Standardized diet compositions and trophic levels of skates (Chondrichthyes: Rajiformes: Rajoidei)", *Environmental Biology of Fishes*, v. 80, pp. 221-237.
- EBERT, D. A., COWLEY, P. D., 2003, "Diet, feeding and habitat utilization of the blue stingray *Dasyatis chrysonota* (Smith, 1828) in South African waters", *Marine Freshwater Research*, v. 54, pp. 957-965.
- ESTEVES, K. E., GALETTI Jr., P. M., 1995, "Food partitioning among some characids of a small Brazilian floodplain lake from the Paraná River basin", *Environmental Biology of Fishes*, v. 42, pp. 375-389.
- FIGUEIREDO, J. L., 1977. *Manual de Peixes Marinhos do Sudeste do Brasil. I. Introdução. Cações, Raias e Quimeras*. São Paulo, Museu de Zoologia, Universidade de São Paulo.
- GABRIOTTI, V., De MADDALENA, A., 2004, "Observations of an approach behavior to a possible prey performed by some great white sharks, *Carcharodon carcharias* (Linnaeus, 1758), at the Nuptune Islands, South Australia", *Bollettino del Museo Civico di Storia Naturale di Venezia*, v. 55, pp. 151-157.
- GARRONE-NETO, D., HADDAD, V., VILELA, M. J. A, UIEDA, V. S., 2007, "Registro de ocorrência de duas espécies de potamotrigonídeos na região do Alto Rio Paraná e algumas considerações sobre sua biologia", *Biota Neotropica*, v. 7, pp. 205-208.

- GARRONE-NETO, D., SAZIMA, I., 2009a, "The more stirring the better: cichlid fishes associate with foraging potamotrygonid rays", *Neotropical Ichthyology*, v. 7, pp. 499-501.
- GARRONE-NETO, D., SAZIMA, I., 2009b, "Stirring, charging, and picking: hunting tactics of potamotrygonid rays in the upper Paraná River", *Neotropical Ichthyology*, v. 7, pp. 113-116.
- GOITEIN, R., TORRES, F. S., SIGNORINI, C. A., 1998, "Morphological aspects related to feeding of two marine skate, *Narcine brasiliensis* Olfers and *Rhinobatos horkelli* Muller & Henle", *Acta Scientiarum*, v. 20, pp. 165-169.
- GOUVÊIA, E. P. de, QUEIROZ, E. L., 1988, "Braquiúros (Crustacea: Decapoda) utilizados na alimentação de peixes Rajidae no litoral sul do Brasil", *Ciência e Cultura*, v. 40, pp. 276-279.
- GRAY, A. E., MULLIGAN, T. J., HANNAH, W., 1997, "Food habits, occurrence, and population structure of the bat ray, *Myliobatis californica*, in Humboldt Bay, California", *Environmental Biology of Fishes*, v. 49, pp. 227-238.
- GRUBER, S. H., MYRBERG, A. A., 1977, "Approaches to the study of the behavior of sharks", *American Zoology*, v. 17, pp. 471-486.
- HAZIN, F. H. V., LESSA, R., CHAMMAS, M., 1994, "First observations on stomach contents of the blue shark, *Prionace glauca*, from southwestern equatorial Atlantic", *Revista Brasileira de Biologia*, v. 54, pp. 195-198.
- HEITHAUS, M. R., 2004, "Predator-Prey Interactions". In: Carrier, J. C., Musick, J. A., Heithaus, M. R. (eds). *Biology of Sharks and Their Relatives*, Boca Raton, USA, CRC Press LLC.
- HEITHAUS, M. R., DILL, L. M., MARSHALL, G. J., BUHLEIER, B., 2002, "Habitat use and foraging behavior of tiger sharks (*Galeocerdo cuvier*) in a seagrass ecosystem", *Marine Biology*, v. 140, pp. 237-248.
- HEUPEL, M. R., HUETER, R. E., 2001, "The importance of prey density in relation to the movement patterns of juvenile sharks within a coastal nursery area", *Marine and Freshwater Research*, v. 53, pp. 543-550.

- HEYMAN, W. D., GRAHAM, R. T., KJERFVE, B., JOHANNES, R. E., 2001, "Whale sharks *Rhincondon typus* aggregate to feed on fish spawn in Belize", *Marine Ecology Progress Series*, v. 215, pp. 275-282.
- HINES, A. H., WHITLATCH, R. B., THRUSH, S. F., DAYTON, P. K., HEWITT, J., CUMMINGS, V., LEGENDRE, P., 1997, "Nonlinear foraging response of a large marine predator to benthic prey: eagle ray pits and infaunal bivalves in a New Zealand sandflat", *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, v. 216, pp. 191-210.
- HOLMGREN, S., NILSSON, S., 1999, "Digestive System". In: Hamlett, W. C. (ed), *Sharks, skates, and rays: The biology of elasmobranch fishes*. Baltimore, USA, The Johns Hopkins University Press.
- HYNES, H. B. N., 1950, "The food freshwater 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, pp. 36-58.
- HYSLOP, E. J., 1980, "Stomach contents analysis: a review of methods and their application", *Journal of Fish Biology*, v. 17, pp. 411-429.
- KAWAKAMI, E., VAZZOLER, G., 1980, "Método gráfico e estimativa de índice alimentar aplicado no estudo de alimentação de peixes", *Boletim do Instituto Oceanográfico*, v. 29, pp. 205-207.
- KING, K. J., 1984, "The food of rig (*Mustelus lenticulatus*) and the relationship of feeding to reproduction and condition in Golden Bay", *New Zealand Journal of Marine Freshwater Research*, v. 18, pp. 27-43.
- KLIMLEY, A. P., Le BOEUF, B. J., CANTARA, K. M., RICHERT, J. E., DAVIS, S. F., Van SOMMERAN, S., KELLY, J. T., 2001, "The hunting strategy of white sharks (*Carcharodon carcharias*) near a seal colony", *Marine Biology*, v. 138, pp. 617-636.
- LESSA, R. P., ALMEIDA, Z., 1997, "Analysis of stomach contents of the smalltail shark *Carcharhinus porosus* from northern Brazil", *Cybium*, v. 21, pp. 123-133.
- LESSA, R. P., ALMEIDA, 1998, "Feeding habits of the bonnethead shark, *Sphyrna tiburo*, from northern Brazil" *Cybium*, v. 22, pp. 383-394.

- LIMA, G. H. L., DAROS, F. A., MAZZOLENI, R., HOSTIM-SILVA, M., 2000, “Aspectos da alimentação natural do cação-frango *Rhizoprionodon lalandii* (Valenciennes, 1841) (Elasmobranchii, Carcharhinidae) no município de Barra Velha, Santa Catarina”, *Notas Técnicas FACIMAR*, v. 4, pp. 91-96.
- LONARDONI, A. P., GOULART, E., de OLIVEIRA, E. F., FEDATTO-ABELHA, M. C., 2006, “Feeding habitats and trophic overlap of the freshwater stingrays *Potamotrygon falkneri* e *Potamotrygon motoro* (Chondrichthyes, Potamotrygonidae) in the upper Parana river floodplain, Brazil”, *Acta Scientiarum Biological Sciences*, v. 28, pp. 195-202.
- LOWE, C. G., WETHERBEE, B. M., CROW, G. L., TESTER, A. L., 1996, “Ontogenetic dietary shifts and feeding behavior of the tiger shark, *Galeocerdo cuvier*, in Hawaiian waters”, *Environmental Biology of Fishes*, v. 47, pp. 203-211.
- MARION, C., 2006, *Métodos para análise de conteúdo estomacal de peixes, com ênfase para os choncrichthyes*. Monografia, Universidade de Taubaté, Taubaté, São Paulo, Brasil.
- MONTEIRO, M. S., VASKE, T., BARBOSA, T. M., ALVES, M. D. de O., 2006, “Predation by a Shortfin Mako Shark, *Isurus oxyrinchus*, Rafinesque, 1810, on a Pantropical Spotted Dolphin, *Stenella attenuata*, Calf in Central Atlantic Waters”, *LAJAM*, v. 5, pp. 141-144.
- MOTTA, P. J., WILGA, C. D., 2001, “Advances in the study of feeding behaviors, mechanisms, and mechanics of sharks”, *Environmental Biology of Fishes*, v. 60, pp. 131-156.
- MOTTA, P. J., 2004, “Prey Capture Behavior and Feeding Mechanics of Elasmobranchs”. In: Carrier, J. C., Musick, J. A., Heithaus, M. R. (eds). *Biology of Sharks and Their Relatives*, Boca Raton, USA, CRC Press LLC.
- MUTO, E. Y., SOARES, L. S. H., GOITEIN, R., 2001, “Food Resource Utilization of the Skates *Rioraja agassizii* (Müller & Henle, 1841) and *Psammobatis extenta* (Garman, 1913) on the Continental Shelf off Ubatuba, South-Eastern Brazil”, *Revista Brasileira de Biologia*, v. 61, pp. 217-238.
- NAMORA, R. C., 2003, *Hábitos alimentares do cação-frango Rhizoprionodon lalandii (Elasmobranchii: Carcharhinidae) na costa sul de São Paulo*. Dissertação de

MSc., Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Rio Claro, São Paulo, Brasil.

NELSON, D. R., 1977, "On the Field Study of Sharks Behavior", *American Zoology*, v. 17, pp. 501-507.

NELSON, J. D., ECKERT, S. A., 2007, "Foraging ecology of whale sharks (*Rhincondon typus*) within Bahía de Los Angeles, Baja California Norte, México", *Fisheries Research*, v. 84, pp. 47-64.

OLSON, R. J., MULLEN, A. J., 1986, "Recent developments for making gastric evacuation and daily ration determinations", *Environmental Biology of Fishes*, v. 16, pp. 183-191.

ORO, E. B., MARANTA, A., 1996, "Regimen alimenário estacional de *Sympterygia bonapartei*, Müller y Henle 1841 (Pisces: Rajidae) em Mar del Plata", *Boletim do Laboratório de Hidrobiologia de São Luís*, v. 9, pp. 33-53.

PANTANO NETO, J. P., SOUZA, A. M., 2002, "Anatomia da Musculatura Oro-Branquial Associada à Alimentação de Duas Espécies de Raias de Água Doce (Potamotrygonidae: Elasmobranchii)", *Publicações Avulsas do Instituto Pau Brasil*, v. 5, pp. 53-65.

PILLAY, T. V. R., 1952, "A critique of the methods of study of food fishes", *Journal of the Zoological Society of India*, v. 4, pp. 185-200.

PINKAS, L., OLIPHANT, M. S., IVERSON, I. L. K., 1971, "Food habits of albacore, bluefin tuna and bonito in Californian waters", *California Fish and Game*, v. 152, pp. 1-105.

PIRES-VANIN, A. M. S., 1987, "Contribution of isopods in the feeding of *Sympterygia* spp. (Pisces: Rajidae) with a description of *Ancinus gaucho* sp.n. (Isopoda: Sphaeromatidae)", *Boletim do Instituto Oceanográfico*, v. 35, pp. 115-122.

POUGH, F. H., JANIS, C. M., HEISER, J. B., 1999, *Vertebrate Life*. 5 ed. New Jersey, USA, Prentice Hall Inc.

REIDENAUER, J. A., THISTLE, D., 1981, "Response of a Soft-Bottom Harpacticoid Community to Stingray (*Dasyatis sabina*) Disturbance", *Marine Biology*, v. 65, pp. 261-267.

- RIBEIRO-PRADO, C. C., AMORIM, A. F., 2008, "Fishery Biology on Pelagic Stingray *Pteroplatytrygon violacea* Caught off Southern Brazil by Longliners Settled in Sao Paulo State (2006-2007)", *Collective Volume of Scientific Papers International Commission for the Conservation of Atlantic Tunas*, v. 62, pp. 1883-1891.
- RINCON, G., VASKE, T., VOOREN, C. M., 2008, "Stomach contents and notes on the reproduction of the Onefin Skate *Gurgesiella dorsalifera* (Chondrichthyes: Rajidae) off Southern Brazil" *Neotropical Ichthyology*, v. 6, pp. 689-692.
- SASKO, D. E., DEAN, M. N., MOTTA, P. J., HUETER, R. E., 2006, "Prey Capture behavior and kinematics of the Atlantic cownose ray, *Rhinoptera bonasus*", *Zoology*, v. 109, pp. 171-181.
- SAUL, A. & LESSA, R., 1991, "Contribuição ao conhecimento da alimentação de elasmobrânquios na costa Norte do Brasil por meio do estudo de otólitos", *Revista Brasileira de Biologia*, v. 51, pp. 521-523.
- SBEEL, 2005. *Plano Nacional de Ação para a Conservação e o Manejo dos Estoques de Peixes Elasmobrânquios no Brasil*. Recife, Brasil, SBEEL.
- SCRIMGEOUR, G. J., WINTERBOURN, M. J., 1987, "Diet, food resource partitioning and feeding periodicity of two riffle-dwelling fish species in a New Zealand river", *Journal of Fish Biology*, v. 31, pp. 309-324.
- SHIBUYA, A., ROSA, R. S., GADIG, O. B. F., 2005a, "Stomach Contents of *Galeocerdo cuvieri* and *Carcharhinus plumbeus* (Elasmobranchii: Carcharhinidae) Caught off Paraíba State, Brazil", *Arquivos de Ciência do Mar*, v. 38, pp. 105-107.
- SHIBUYA, A., ROSA, R. S., SOARES, M. C., 2005b, "Note on the diet of the guitarfish *Rhinobatos percellens* (Walbaum, 1792) (Elasmobranchii: Rhinobatidae) from the coast of Paraíba, Brazil", *Acta Biologica Leopoldensia*, v. 27, pp. 63-64.
- SILVA, C. M. L., ALMEIDA, Z. S., 2001, "Alimentação de *Rhizoprionodon porosus* (Elasmobranchii: Carcharhinidae) da Costa do Maranhão, Brasil", *Boletim do Instituto de Pesca, São Paulo*, v. 27, pp. 205-211.

- SILVA, G. B., VIANA, M. S. R., FURTADO-NETO, M. A. A., 2001, “Morfologia e Alimentação da Raia *Dasyatis guttata* (Chondrichthyes: Dasyatidae) na Enseada do Mucuripe, Fortaleza, Ceará”, *Arquivos de Ciência do Mar*, v. 34, pp. 67-75.
- SILVA, T. B. & UIEDA, V. S., 2007, “Preliminary data on the feeding habitats of the freshwater stingrays *Potamotrygon falkneri* and *Potamotrygon motoro* (Potamotrygonidae) from Upper Paraná River basin, Brazil”, *Biota Neotropica*, v. 7, pp. 221-226.
- SIMPFENDORFER, C. A., HEUPEL, M. R., 2004, “Assessing Habitat Use and Movement”. In: Carrier, J. C., Musick, J. A., Heithaus, M. R. (eds). *Biology of Sharks and Their Relatives*, Boca Raton, USA, CRC Press LLC.
- SIMS, D. W., 1999, “Threshold foraging behavior of basking sharks on zooplankton: life on an energetic knife edge?”, *Proceedings of the Royal Society of London*, v. 266, pp. 1437-1443.
- SIMS, D. W., 2003, “Tractable models for testing theories about natural strategies: foraging behavior and habitat selection of free-ranging sharks”, *Journal of Fish Biology*, v. 63, pp. 53-73.
- SIMS, D. W., QUAYLE, V. A., 1998, “Selective foraging behavior of basking sharks on zooplankton in a small-scale front”, *Nature*, v. 393, pp. 460-464.
- SMITH, J. W., MERRINER, J. V., 1985, “Food habits and feeding behavior of the cownose ray, *Rhinoptera bonasus* in Lower Chesapeake Bay”, *Estuaries*, v. 8, pp. 305-310.
- SOARES, L. S. H., APELBAUM, R., 1994, “Atividade alimentar diária da cabrinha *Prionolus punclalus* (Teleostei: Triglidae) do litoral de Ubatuba, Brasil”, *Boletim do Instituto Oceanográfico de São Paulo*, v. 42, pp. 85-98.
- SOARES, L. S. H., ROSSI-WONGTSCHOWOKI, C. L. B., ALVAREZ, L. M. C., MUTO, E. Y., GASALLA, M. A., 1992, “Trophic groups of demersal fish of the internal continental shelf from Ubatuba, Brazil. 1. Chondrichthyes”. *Boletim do Instituto Oceanográfico São Paulo*, v. 40, pp. 79-85.
- SOARES, L. S. H., VAZZOLER, A. E. A. de M., CORREA, A. R., 1999, “Diel feeding chronology of the skate *Raja agassizii* (Muller and Henle) (Pisces,

- Elasmobranchii) on the continental shelf off Ubatuba, Southeastern Brazil”, *Revista Brasileira de Zoologia*, v.16, pp. 201-212.
- SOTO, J., 2001a, “Deep-Sea fishes in the stomach contents of the bluntnose sixgill shark *Hexanchus griseus* (Bonnaterre, 1788) (Chondrichthyes, Hexanchidae), caught off southern Brazilian coast”, *Mare Magnus*, v.1, pp. 171.
- SOTO, J., 2001b, “Distribution and Reproductive biology of the Striped Smooth-Hound *Mustelus fasciatus* (Garman, 1913) (Carcharhiniformes, Triakidae)”, *Mare Magnus*, v. 1, pp. 129-134.
- SOTO, J., 2001c, “On the presence of the Caribbean Reef Shark, *Carcharhinus perezi* (Poey, 1876) (Chondrichthyes, Carcharhinidae), in Southwest Atlantic”, *Mare Magnus*, v. 1, pp. 135-139.
- STRONG, W. R., SNELSON, F. F., GRUBER, S. H., 1990, “Hammerhead shark predation on stingrays: an observation of prey handling by *Sphyrna mokarran*”, *Copeia*, v. 3, pp. 836-840.
- TAYLOR, J. G., 2007, “Ram filter-feeding and nocturnal feeding of whale sharks (*Rhincondon typus*) at Ningaloo Reef, Western Australia”, *Fishery Research*, v. 84, pp. 65-70.
- THRUSH, F., PRIDMORE, R. D., HEWITT, J. E., CUMMINGS, V. J., 1991, “Impact of ray feeding disturbances on sandflat macrobenthos: do communities dominated by polychaetes or shellfish respond differently?”, *Marine Ecology Progress Series*, v. 69, pp. 245-252.
- TRICAS, T. C., 1985, “Feeding Ethology of the White Shark, *Carcharodon carcharias*”, *Memoirs of Southeastern Californian Academy of Science*, v. 9, pp. 81-91.
- VANBLARICOM, G. R., 1982, “Experimental Analyses of Structural Regulation in a Marine Sand Community Exposed to Oceanic Swell”, *Ecological Monographs*, v. 52, pp. 283-305.
- VASKE, T., LESSA, R. P., GADIG, O. B. F., 2009a, “Feeding habits of the blue shark (*Prionace glauca*) off the coast of Brazil”, *Biota Neotropica*, v. 9, pp. 1-6.

- VASKE, T., RINCON, G., 1998, “Conteúdo Estomacal dos Tubarões Azul (*Prinace glauca*) e Anequim (*Isurus oxyrinchus*) em Águas Oceânicas no Sul do Brasil”, *Revista Brasileira de Biologia*, v. 58, pp. 445-452.
- VASKE, T., VOOREN, C. M., LESSA, R., 2009b, “Feeding Strategy of the Night Shark (*Carcharhinus signatus*) and Scalloped Hammerhead Shark (*Sphyrna lewini*) Near Seamounts off Northeastern Brazil”, *Brazilian Journal of Oceanography*, v. 57, pp. 97-104.
- VIANNA, M., ARFELLI, C. A., AMORIM, A. F., 2000, “Feeding of *Mustelus canis* (ELASMOBRANCHII, TRIAKIDAE) caught off south-southeast coast of Brazil”, *Boletim do Instituto de Pesca*, v. 26, pp. 79-84.
- WALKER, T., 2000, *Fisheries management. Conservation and management of sharks*. Rome, Fao Technical Guidelines for Responsible Fisheries, no 4 supply 1.
- WETHERBEE, B. M., CORTÉS, E., 2004, “Food Consumption and Feeding Habits. Pp. 225–246”. In: Carrier, J. C., Musick, J. A., Heithaus, M. R. (eds). *Biology of Sharks and Their Relatives*, Boca Raton, USA, CRC Press LLC.
- WETHERBEE, B. M., GRUBER, S. H., CORTÉS, E., 1990, “Diet, Feeding Habits, Digestion, and Consumption in Sharks, with Special Reference to the Lemon Shark, *Negaprion brevirostris*”. In: Pratt, H. L., Gruber, S. H., Taniuchi, T. (eds), *Elasmobranchs as Living Resources: Advances in the Biology, Ecology, Systematics, and the Status of the Fisheries*, Springfield, USA, NOAA Technical Report NMFS90.
- WETHERBEE, B. M., GRUBER, S. H., ROSA, R. S., 2007, “Movement patterns of juvenile lemon sharks *Negaprion brevirostris* within Atol das Rocas, Brazil: a nursery characterized by tidal extremes”, *Marine Ecology Progress Series*, v. 343, pp. 283-293.
- ZAVALA-CAMIN, L. A. 1996. *Introdução aos estudos sobre alimentação natural em peixes*. São Paulo, EDUEM.

Capítulo 2

Descrição do Comportamento Alimentar da
Raia Prego, *Dasyatis americana*,
Hildebrand & Schroeder, 1928
(Chondrichthyes: Dasyatidae)
sob Condições Naturais no Arquipélago de
Fernando de Noronha

**DESCRIÇÃO DO COMPORTAMENTO ALIMENTAR DA RAIÁ PREGO,
DASYATIS AMERICANA, HILDEBRAND & SCHROEDER, 1928
(CHONDRICHTHYES: DASYATIDAE) SOB CONDIÇÕES NATURAIS
NO ARQUIPÉLAGO DE FERNANDO DE NORONHA**

Aline Augusto Aguiar^{1, 2}, *Ana Karina C. Felício*³, *Renato H. Ache de Freitas*⁴ & *Jean Louis Valentin*^{1, 2}

¹ Universidade Federal do Rio de Janeiro, Instituto de Biologia, Centro de Ciências da Saúde, Departamento de Ecologia, Programa de Pós-Graduação em Ecologia, Ilha do Fundão, Rio de Janeiro, RJ, Brasil. CEP: 21.941-590.

² Universidade Federal do Rio de Janeiro, Instituto de Biologia, Centro de Ciências da Saúde, Departamento de Biologia Marinha, Ilha do Fundão, Rio de Janeiro, RJ, Brasil. CEP: 21.941-590.

³ Faculdades Integradas Regionais de Avaré, Avaré, SP, Brasil. CEP: 18700-902.

⁴ UNESP, Instituto de Biociências, Departamento de Fisiologia, Laboratório de Fisiologia Animal e Comportamento, Botucatu, SP, Brasil. CEP: 18618-000.

RESUMO

Dasyatis americana apresenta uma mudança ontogenética no seu uso do habitat no Arquipélago de Fernando de Noronha, a qual provavelmente resulta em alterações de seus hábitos alimentares e estratégias de forrageamento. No presente estudo, amostragens subaquáticas foram realizadas no Arquipélago de Fernando de Noronha para descrever, sob condições naturais, o comportamento de forrageamento da raia *D. americana* e verificar se existe um período preferencial de alimentação da espécie. Também são discutidos os possíveis fatores que influenciam a ocorrência dos certos comportamentos alimentares. De acordo com nossos resultados, *D. americana* é capaz de realizar vários comportamentos altamente plásticos e complexos enquanto forrageia solitariamente no Arquipélago de Fernando de Noronha. Os padrões motores observados são aparentemente relacionados com o tamanho dos indivíduos, tipo de ambiente e de substrato característico do habitat no qual a raia forrageia. Também é sugerido que *D. americana* é capaz de modular seu comportamento de forrageamento e que o repertório comportamental dos indivíduos é baseado principalmente em estímulos ambientais. Adicionalmente, nossos resultados sustentam a hipótese de que as mudanças

ontogenéticas no uso do habitat de *D. americana* no Arquipélago de Fernando de Noronha resultam em alterações nos hábitos alimentares da espécie. Por fim, indicamos que *D. americana* forrageia intermitentemente ao longo do dia e que aparentemente possui um pico de atividade de alimentação durante as marés altas.

Palavras-chave: hábitos alimentares, estratégias de forrageamento, modulação de comportamento, Elasmobranchii, ilha oceânica

ABSTRACT

Dasyatis americana displays a marked ontogenetic shift in its habitat use at the Fernando de Noronha Archipelago that is expected to lead to changes in its feeding habits and foraging strategies. In the present study, underwater visual surveys were conducted at the Fernando de Noronha Archipelago to describe the foraging behavior of *D. americana* under natural conditions and to evaluate its time preference for foraging activities. In addition, insights into the causal factors underlying the occurrence of specific behaviors are also provided. According to our findings, *D. americana* is capable of performing various behaviors that are complex and highly plastic while solitarily foraging at the Fernando de Noronha Archipelago. The observed motor patterns are likely related to the size of the stingray individual, type of environment and bottom cover of the habitat in which the stingray forages. It is also suggested that *D. americana* is capable of modulating its foraging behavior and that the individual's repertoire is based mainly on environmental stimulus. Our findings support the idea that ontogenetic shifts in the habitat use of *D. americana* at Fernando de Noronha results in changes in its foraging habits. Finally, we find that southern stingrays forage intermittently throughout the day, and that they likely have a peak of foraging activity during high tides.

Keywords: feeding habits, foraging strategies, behavior modulation, Elasmobranchii, oceanic island

INTRODUÇÃO

O comportamento de predação das espécies elasmobrânquios é geralmente pouco conhecido, especialmente se comparado ao dos peixes ósseos (MOTTA, 2004). Em muitos casos, as informações são baseadas em encontros ocasionais com estes animais (*e.g.* STRONG *et al.*, 1990; CHAPMAN & GRUBER, 2002), e os estudos detalhados disponíveis na literatura focam o comportamento alimentar de algumas poucas espécies de tubarões (*e.g.* NELSON & ECKERT, 2007; TAYLOR 2007). O comportamento de forrageamento das raias é ainda menos estudado se comparado ao dos tubarões (*e.g.* SMITH & MERRINER, 1985; EBERT & COWLEY, 2003). A escassez de estudos etológicos sobre o comportamento alimentar de elasmobrânquios é devido, em parte, às dificuldades em se testemunhar o comportamento de predação das espécies sob condições naturais, e também de se manter e observar estes animais em cativeiro (GRUBER & MYRBERG, 1977; MOTTA, 2004).

Embora as dificuldades em se estudar o comportamento dos elasmobrânquios sejam consideráveis, as pesquisas nesta temática devem ser intensificadas. A biologia comportamental é atualmente reconhecida como uma importante ferramenta na prevenção da perda de biodiversidade e, desta forma, pode influenciar positivamente as tomadas de decisões sobre questões ambientais (BUCHHOLZ, 2007). Adicionalmente, a deficiência no nosso conhecimento sobre o comportamento dos elasmobrânquios deve ser vista com atenção, uma vez que muitas espécies de tubarões e raias atualmente sofrem declínios populacionais e, segundo o Plano de Ação Internacional para os Tubarões (IPOA – Sharks), a conservação das espécies depende, em parte, de informações sobre a biologia e ecologia básica (WALKER, 2000). O conhecimento sobre o comportamento alimentar dos peixes condrícties também é importante de um ponto de vista evolutivo (MOTTA & WILGA, 2001). Os estudos sobre o comportamento alimentar de tubarões e raias podem gerar importantes informações sobre o funcionamento e evolução dos sistemas de alimentação dos vertebrados, haja vista que a classe Chondrichthyes é um grupo basal de peixes mandibulados e que possui um ancestral em comum com os peixes ósseos (MOTTA & WILGA, 2001; MOTTA, 2004). O presente trabalho tem como objetivo ampliar o conhecimento sobre a raia prego, *Dasyatis americana*, Hildebrand & Schroeder, 1928, através de um estudo etológico sobre seu comportamento de forrageamento no Arquipélago de Fernando de Noronha (Brasil).

Dasyatis americana é uma raia de hábitos bentônicos normalmente encontrada em águas rasas e costeiras das regiões tropicais e subtropicais do Atlântico Oeste, incluindo algumas ilhas tropicais oceânicas como o Arquipélago de Fernando de Noronha (BIGELOW & SCHROEDER, 1953; MENNI & STEHMANN, 2000; SOTO, 2001). O conhecimento disponível na literatura sobre *D. americana* não é abundante. Dentre os estudos já publicados sobre a espécie existem informações sobre o seu comportamento e biologia reprodutiva (e.g., HENNINGSEN, 2000; CHAPMAN *et al.*, 2003; SILVA *et al.*, 2007), hábitos alimentares (e.g., STOKES & HOLLAND, 1992; GILLIAM & SULLIVAN, 1993), uso do habitat (e.g., PIKITCH *et al.*, 2005; AGUIAR *et al.*, 2009), além de outras temáticas. Estudos etológicos sobre o comportamento de forrageamento da raia prego são desconhecidos até o presente.

Apesar do status populacional de *D. americana* ser considerado “em risco de declínio” para as regiões Norte e Nordeste do Brasil (SBEELE, 2005), apenas recentemente a espécie foi estudada em detalhes em águas brasileiras (YOKOTA & LESSA, 2006; SILVA *et al.*, 2007; AGUIAR *et al.*, 2009). De acordo com AGUIAR *et al.* (2009), existe uma mudança no uso do habitat durante a ontogenia de indivíduos de *D. americana* no Arquipélago de Fernando de Noronha. As raias prego jovens de pequeno tamanho ocupam tipicamente regiões rasas de praia com fundo de areia. Já os indivíduos adultos e maiores são observados principalmente em águas mais profundas de regiões com características recifais. Adicionalmente, raias pertencentes a uma classe intermediária são encontradas em ambos os ambientes, possivelmente indicando a faixa de tamanho na qual ocorre a mudança do habitat dos indivíduos de *D. americana*. Os autores também sugerem que esta mudança ontogenética deve causar alterações nos hábitos alimentares e estratégias de forrageamento da espécie.

No presente trabalho, o repertório comportamental associado à atividade de forrageamento de *D. americana* é descrito sob condições naturais no Arquipélago de Fernando de Noronha e compilado em um etograma. Além disso, são disponibilizadas algumas informações sobre os possíveis fatores que influenciam a ocorrência de alguns dos comportamentos descritos, tais como tamanho dos indivíduos, tipo de ambiente e substrato. Também é discutida a ocorrência de um período preferencial de alimentação de *D. americana* no Arquipélago de Fernando de Noronha, de acordo com o horário do dia e fase da maré.

MÉTODOS

O presente estudo foi realizado no Arquipélago de Fernando de Noronha, localizado no Oceano Atlântico Sul entre as coordenadas $3^{\circ} 54' S$ e $32^{\circ} 25' O$ e distante aproximadamente 360km da cidade Natal (RN), na região Nordeste do Brasil (Figura 1; ESTON *et al.*, 1986; TEIXEIRA *et al.*, 2003). Formado por 21 ilhas, o arquipélago abrange uma área de 26km^2 e sua plataforma insular alcança 10km em diâmetro, e tem limite em torno dos 100m de profundidade (TEIXEIRA *et al.*, 2003). Seu litoral sul e sudeste são caracterizados por feições rochosas e extensas barreiras de algas calcárias. Já o litoral norte-nordeste possui praias arenosas com grandes blocos de pedras, plataformas rochosas e recifes de algas calcárias com inclinação normalmente gradual (ESTON *et al.*, 1986; TEIXEIRA *et al.*, 2003).

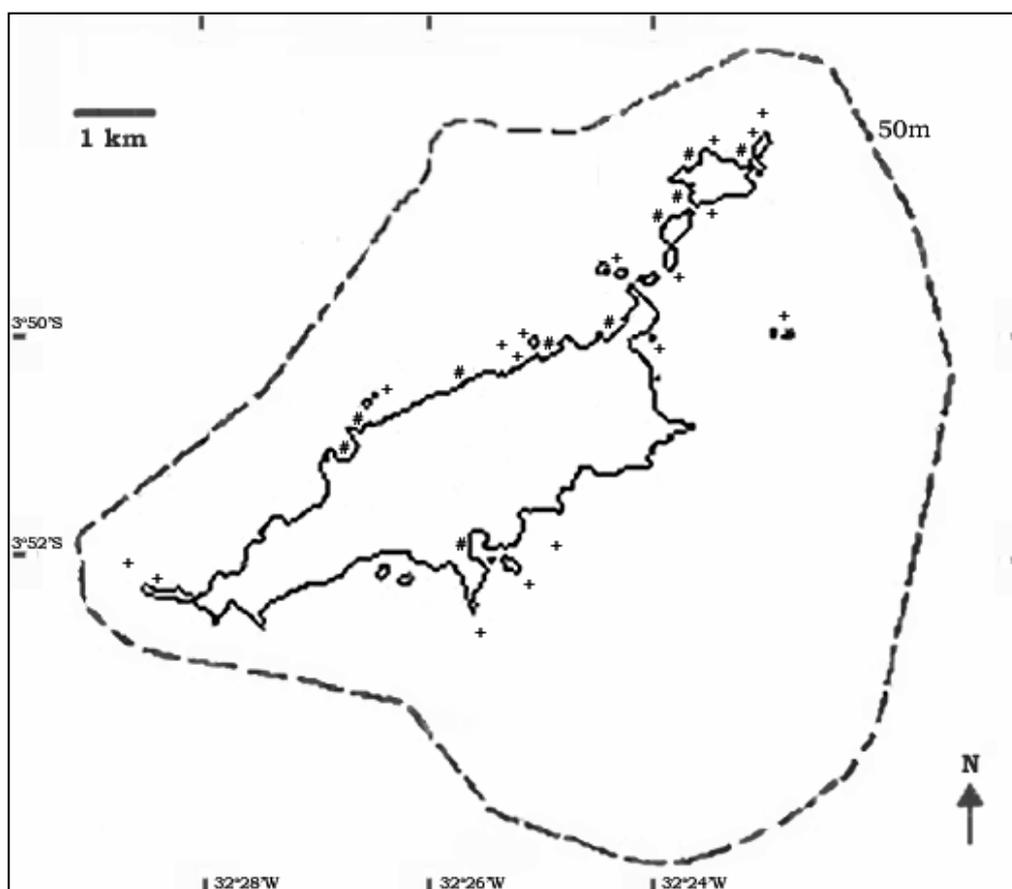


Figura 1: Mapa do Arquipélago de Fernando de Noronha com a localização dos pontos de amostragem (Modificado de AGUIAR *et al.*, 2009). Linha tracejada delimita a isóbata de 50m; # indica os locais de amostragem onde os métodos “animal-focal”, “*ad libitum*” e “busca intensiva” foram utilizados; + indica os locais de amostragem onde apenas o método “busca intensiva” foi utilizado.

Duas diferentes abordagens metodológicas foram utilizadas para descrever o comportamento de forrageamento e para verificar a ocorrência de um período preferencial de alimentação, como descrito a seguir:

Descrição do Comportamento de Forrageamento da Raia Pregó

Para compor o etograma do comportamento de forrageamento, os métodos “animal-focal” e “*ad libitum*” (LEHNER, 1998) foram utilizados em amostragens visuais subaquáticas realizadas durante os meses de Julho, Agosto, Setembro e Dezembro de 2007 e Janeiro de 2008. As amostragens foram feitas através de mergulhos livres e autônomos em dez localidades (Figura 1), nas quais os indivíduos de *D. americana* são normalmente observados em atividade de alimentação (AGUIAR, 2005). Os mergulhos foram realizados em localidades que variaram entre ambientes de praias arenosas, regiões arenosas associadas a ambientes recifais e ambientes recifais com substrato composto principalmente por cascalho, tufo de macroalgas e algas calcárias. Todas as observações foram realizadas entre 10:00 e 17:00, sob luz natural, uma vez que é conhecido que as raias prego apresentam uma menor atividade alimentar durante períodos noturnos (AGUIAR, 2005).

Durante as amostragens subaquáticas, um mergulhador seguiu um indivíduo de *D. americana* a uma distância mínima de um metro, de modo à evitar qualquer distúrbio comportamental do mesmo. Cada raia foi observada por pelo menos cinco minutos independente do tipo do padrão comportamental em execução. Todas as amostragens com duração menor do que cinco minutos foram descartadas. No caso do indivíduo também não apresentar nenhuma atividade de forrageamento durante os dez minutos iniciais de observação, a amostragem era interrompida e não incluída na análise do comportamento. Todas as demais observações das raias foram realizadas pelo máximo de tempo possível. Durante os mergulhos, eram anotados em pranchetas de PVC todos os movimentos e posturas executadas durante as atividades de forrageamento, assim como o sexo e comprimento do disco dos indivíduos, profundidade local, tipo de ambiente e substrato. As raias tiveram seu comprimento do disco estimado com uma régua em forma de “T” (com 50 cm de comprimento e graduação de 5 em 5 cm), como descrito por AGUIAR *et al.* (2009). Para evitar a amostragem de pseudo-réplicas, os indivíduos de *D. americana* foram identificados com base no tamanho estimado, sexo e marcas naturais durante os mergulhos. Adicionalmente, os comportamentos de forrageamento foram filmados e fotografados, e tais registros foram utilizados para

confirmar e/ ou melhor descrever um comportamento ou postura incluído no etograma e para medir a duração dos eventos alimentares.

Por fim, as relações entre a ocorrência dos comportamentos e posturas de *D. americana* descritos no etograma e o tamanho dos indivíduos, tipo de ambiente e substrato foram qualitativamente analisadas.

Período Preferencial de Alimentação da Raia Prego por hora do dia e maré

A ocorrência de um período preferencial de alimentação de acordo com horário do dia e maré foi acessada através de observações visuais subaquáticas de indivíduos de *D. americana* realizadas durante os meses de Setembro e Outubro de 2006, Junho, Julho, Agosto e Dezembro de 2007 e Janeiro, Julho e Agosto de 2008. As amostragens foram feitas através de mergulhos livres e autônomos entre 5:00 e 20:00, em 27 localidades do arquipélago (Figura 1). Os locais de amostragem incluíram ambientes de praias arenosas, regiões arenosas associadas a ambientes recifais e ambientes recifais. Através do método de busca intensiva, um mergulhador seguiu um trajeto aleatório em velocidade constante, cobrindo uma área não sobreposta e registrando todas as avistagens de indivíduos de *D. americana*. A frequência de ocorrência de raias realizando atividades de forrageamento foi registrada em diferentes horas do dia, assim como durante diferentes alturas de maré. Uma raia era considerada em atividade de forrageamento quando era observado pelo menos um dos comportamentos ou posturas das quatro fases iniciais do etograma descrito no presente trabalho. Também eram anotados em pranchetas de PVC o sexo e comprimento do disco dos indivíduos observados. O comprimento do disco das raias foi estimado com uma régua em forma de “T”, graduada em intervalos de cinco centímetros (AGUIAR *et al.*, 2009). Todos os indivíduos de *D. americana* foram identificados com base no tamanho estimado, sexo e marcas naturais para evitar pseudo-replicação durante as amostragens.

Previamente às análises estatísticas, todos os dados de frequência de ocorrência de raias realizando atividades de forrageamento foram transformados, como descrito a seguir: 1.) o dado bruto (frequência de ocorrência de indivíduos em atividades de forrageamento) foi dividido pelo número total de raias observadas durante o mergulho; 2.) a frequência relativa foi então dividida pelo tempo total do mergulho (em minutos). Para as análises, os horários do dia e ciclos de maré foram divididos em categorias. O dia foi separado em cinco períodos de três horas (5:00-8:00h, 8:00-11:00h, 11:00-14:00h, 14:00-17:00h e 17:00-20:00h) e o ciclo de maré foi dividido em quatro fases de

altura (baixa-mar, enchente, preamar e vazante). Todas as amostragens foram classificadas em categorias de acordo com a hora ou altura de maré inicial do mergulho. Foram incluídas nas análises estatísticas apenas as amostragens nas quais foram observados indivíduos de *D. americana*, e os dados foram utilizados como “frequência relativa de raias em atividades de forrageamento por esforço amostral (em minutos)”. Os testes de Levene e Kolmogorov-Smirnov foram aplicados, respectivamente, para testar a homocedasticidade e normalidade da distribuição dos dados. No caso de ocorrência de variância heterogênia ou distribuição não-normal, os dados foram transformados em arco-seno raiz quadrada.

Também foi testada se a frequência de ocorrência de indivíduos em atividade de forrageamento era significativamente diferente entre as categorias de hora do dia ou maré através de Análise de Variância (ANOVA) Bifatorial e o teste *a posteriori* de Tukey. Uma maior frequência de indivíduos realizando atividades de forrageamento em uma categoria foi interpretada como um período preferencial de alimentação. Todos os testes e análises foram feitos através do programa Statistica 7.0 (STATSOFT INC, 2007), no nível de significância de 5% ($\alpha = 0,05$).

RESULTADOS

Descrição do Comportamento de Forrageamento da Raia Pregoeira

Para descrever os padrões do comportamento de forrageamento de *D. americana* no Arquipélago de Fernando de Noronha, um total de 37h de amostragem subaquática foi realizado. As amostragens individuais das raias variaram entre cinco e 60 minutos, totalizando 16h de observação direta, sendo 12h referentes a indivíduos em atividade de forrageamento. Adicionalmente, 10h de arquivos de filmagem foram analisadas em laboratório. A maioria das observações foi de raias solitárias, aparentemente sem nenhum tipo de comportamento social.

Um total de 56 espécimes foi amostrado. Dezenove destes foram observados em ambiente de praia, 12 foram amostrados em regiões arenosas associadas a ambientes recifais, e 25 foram observados em ambientes recifais. Indivíduos com comprimento do disco medindo entre 15 e 30cm foram amostrados em praias com substrato arenoso e profundidade variando entre 0,5 e 2m. Raias com comprimento do disco variando entre 35 e 65cm foram observadas principalmente em regiões arenosas associadas a ambientes recifais variando de 6 à 11m de profundidade. Em regiões recifais, as amostragens ocorreram basicamente em indivíduos entre 30 e 110cm de comprimento

de disco. Estes ambientes recifais variaram entre 1 e 22m de profundidade e eram caracterizados por um tipo de substrato inconsolidado, consolidado ou ecotone, composto principalmente por cascalho, algas calcárias, algas pardas e ocasionalmente rochas, esponjas e corais.

O etograma apresentado a seguir constitui um catálogo dos padrões típicos do comportamento de forrageamento realizados por *D. americana* durante o estudo. Cinco principais fases com 21 sub-fases (comportamentos e posturas estereotipadas) são descritas no etograma. Um evento de forrageamento foi definido como: “O evento completo é obrigatoriamente composto por pelo menos as fases 1, 2, 3 e 5. A fase 4 pode ou não ocorrer. Adicionalmente, nem todos os comportamentos ou posturas dentro de cada fase são necessariamente realizados”.

ETOGRAMA

1. Procura inicial:

- 1.1- *Nado ativo*: nado constante, baseado em movimentos ondulatórios das nadadeiras peitorais, próximo ao substrato (1 a 20 cm) em busca de presas. A raia gera uma onda nas margens das nadadeiras peitorais que se inicia no nível dos olhos e se propaga posteriormente. Enquanto em nado ativo, todo o corpo do indivíduo acompanha o relevo do substrato.
- 1.2- *Nado passivo*: deriva constante, sem realizar movimentos ativos ondulatórios das nadadeiras peitorais, próximo ao substrato (1 a 20 cm) em busca de presas. O “nado passivo” pode ser resultante da inércia de um “nado ativo” prévio ou pode ser devido à presença de fluxos de água. Enquanto em nado passivo, todo o corpo do indivíduo acompanha o relevo do substrato.
- 1.3- *Retorno*: curva bastante acentuada durante um “nado ativo” ou “nado passivo”. Após o movimento, o nado continua em sentido contrário.
- 1.4- *Ré*: nado para trás. A raia muda o sentido do movimento ondulatório das nadadeiras peitorais, fazendo com que o indivíduo nade para trás, próximo, porém sem tocar, no fundo.
- 1.5- *Giro*: rotação no eixo dorso-ventral próximo ao fundo, porém sem tocar neste. A rotação pode ser em ambas as direções e realizada em diferentes maneiras: (i) apenas uma nadadeira peitoral é utilizada com movimento ondulatório em direção normal; (ii) apenas uma nadadeira peitoral é utilizada com movimento ondulatório em sentido oposto; (iii) ambas as nadadeiras peitorais são utilizadas

simultaneamente, uma com direção normal e a outra com sentido oposto do movimento ondulatório; (iv) a cauda é usada em associação com os outros movimentos.

2. Aproximação ao fundo:

2.1- *Pouso suave*: parar e assentar suavemente com as bordas das nadadeiras peitorais sobre o substrato. Este movimento aparentemente ocorre quando a presa é detectada.

2.2- *Pouso brusco*: parar subitamente e assentar abruptamente com as bordas das nadadeiras peitorais sobre o substrato. Este movimento aparentemente ocorre quando a presa é detectada.

3. Procura secundária (sobre o substrato):

3.1- *Ré sobre o substrato*: deslocamento para trás enquanto associado ao fundo. A raia impulsiona-se no substrato com suas nadadeiras peitorais e/ ou muda o sentido do movimento ondulatório de suas nadadeiras peitorais de forma a deslocar-se para trás por curtas distâncias com o corpo ainda orientado para frente. O movimento das nadadeiras peitorais quando realizado pode ser discreto ou evidente.

3.2- *Giro sobre o substrato*: rotação no eixo dorso-ventral enquanto associado ao fundo. A rotação pode ser em ambas as direções e realizada em diferentes maneiras: (i) a raia impulsiona-se contra o substrato com suas nadadeiras peitorais; (ii) apenas uma nadadeira peitoral é utilizada com movimento ondulatório em direção normal; (iii) apenas uma nadadeira peitoral é utilizada com movimento ondulatório em sentido oposto; (iv) a raia impulsiona-se contra o substrato e ambas as nadadeiras peitorais são utilizadas simultaneamente, uma com direção normal e a outra com sentido oposto do movimento ondulatório; (v) a cauda é usada em associação com os outros movimentos.

3.3- *Salto para frente*: propelir-se para frente por uma curta distância e assentar novamente sobre o fundo. A raia impulsiona-se contra o substrato com suas nadadeiras peitorais e/ ou realiza movimentos ondulatórios normais das nadadeiras peitorais de forma a deslocar-se para frente por uma distância curta, como um “salto”.

3.4- *Salto sem deslocamento horizontal*: propelir-se para cima e assentar novamente sobre o fundo. A raia impulsiona-se contra o substrato com suas nadadeiras

peitorais de forma a deslocar-se verticalmente e batendo de volta contra o fundo. O indivíduo pode destacar todo o corpo do fundo ou somente parte deste.

- 3.5- *Escavação*: escavação do substrato. A raia levanta e abaixa a região rostral e pode também ondular as margens das nadadeiras peitorais. Durante este comportamento, uma grande nuvem de sedimento é normalmente observada em volta da raia.
- 3.6- *Sopro*: jatear água no substrato. A raia expele água a partir da boca e aparentemente também das fendas branquiais. Durante esse comportamento uma pequena nuvem de sedimento é assoprada para frente próximo à região rostral.
- 3.7- *Espera sensorial passiva*: permanecer imóvel por alguns instantes. Toda a superfície ventral do disco do indivíduo permanece aderida ao substrato sobre uma presa potencial. Este comportamento normalmente dura poucos segundos, mas ocasionalmente pode durar alguns minutos.
- 3.8- *Espera sensorial ativa*: permanecer imóvel por alguns instantes com a superfície do disco em forma convexa. A raia mantém as margens das nadadeiras peitorais fortemente pressionadas contra o fundo, enquanto mantém a região escapular elevada, sobre uma presa potencial. Durante este comportamento o indivíduo mantém a cauda levantada em ângulo de aproximadamente 30 graus. A raia também pode realizar alguns movimentos discretos para ajuste das nadadeiras peitorais. Este comportamento normalmente dura poucos segundos, mas ocasionalmente pode durar alguns minutos.

4. Sucção:

- 4.1- *Sucção espiracular*: sugar água e sedimento pela boca enquanto permanece imóvel com toda a superfície ventral do disco aderida ao substrato. A raia abre e fecha rapidamente o espiráculo de modo a expelir um jato de sedimento através deste. Este comportamento pode ocorrer durante a “espera passiva”, provavelmente para capturar uma presa potencial.
- 4.2- *Sucção corpóreo-espiracular*: sugar água e sedimento pela boca enquanto permanece com a superfície do disco em forma convexa. A raia abre e fecha rapidamente o espiráculo de modo a expelir um jato de sedimento através deste, além de elevar e deprimir o disco contra o substrato. Este comportamento pode ocorrer durante a “espera ativa”, provavelmente para capturar uma presa potencial.

5. Fase Final:

- 5.1- *Decolagem ativa*: desprender-se do substrato apoiando-se nas nadadeiras peitorais. A raia eleva a região rostral enquanto empurra o substrato e inicia o nado.
- 5.2- *Decolagem passiva*: desprender-se do substrato apenas deixando-se derivar com fluxo de água.
- 5.3- *Descanso*: assentar e manter-se imóvel por longo período sobre o substrato.
- 5.4- *Esconder-se*: enterrar-se sob o substrato.

A duração dos eventos de forrageamento foi bastante variável. O tempo médio foi igual a 1min 48seg e a duração máxima foi 10min 46seg, enquanto a mínima foi 8seg.

Foi observado que alguns comportamentos e posturas foram executadas em maior frequência ou foram exclusivos de certos tipo de ambiente e substrato. *Escavação* e *esconder-se* são comportamentos realizados exclusivamente em praias arenosas e regiões arenosas associadas a ambientes recifais, enquanto *sopro*, *sucção espiracular*, *espera sensorial passiva* e *decolagem passiva* são mais frequentemente executados nestes ambientes. Adicionalmente, o comportamento de *sucção corpóreo-espiracular* é exclusivo de regiões recifais, enquanto *retorno*, *espera sensorial ativa* e *decolagem ativa* são mais comuns nestes ambientes. Os comportamentos de *ré* e *rotação*, embora descritos no etograma, são raramente executados independentemente do tipo de ambiente e substrato. Todos os demais comportamentos e posturas aparentemente são executados igualmente entre os ambientes e substratos.

Em alguns casos, as raias foram observadas forrageando em relevos verticais ou inclinados, como substratos consolidados de costões rochosos ou grandes rochas em praias ou regiões recifais. Os comportamentos de forrageamento nestes casos foram similares aos executados pelas raias em regiões recifais com relevo horizontal, no entanto o corpo dos indivíduos seguia o declive do substrato. Quando as raias foram amostradas em substrato arenoso, foram observadas também frequentemente depressões marcadas no fundo resultantes das atividades de forrageando do indivíduo. Estas estruturas sedimentares apresentavam contorno e tamanho similares aos do indivíduo em atividade de forrageando e normalmente possuíam uma cavidade mais profunda diretamente abaixo da região da boca e das fendas branquiais da raia.

Também foi observado que as raias de pequeno tamanho, que foram amostradas principalmente em áreas com sedimento arenoso (praias e regiões arenosas associadas a

ambientes recifais), executaram mais comumente padrões comportamentais comuns a estes ambientes (como descrito anteriormente), e diferentes dos comportamentos de indivíduos maiores, que ocupam basicamente regiões recifais. No entanto, foi observado que os padrões comportamentais não variaram entre indivíduos de diferentes tamanhos quando estes forrageavam em ambientes similares. Portanto, indivíduos de pequeno tamanho executavam um repertório comportamental similar ao realizado por indivíduos maiores quando forrageavam no mesmo tipo de ambiente e vice-versa.

Período Preferencial de Alimentação da Raia Pregó por hora do dia e maré

Um total de 79h de amostragem visual foi realizada para acessar o período preferencial de alimentação de *D. americana* por diferentes horários do dia e marés. A distribuição das amostragens incluídas na análise por altura de maré foi: 8 (380min) em baixa-mar, 41 (1799min) em enchente, 3 (89min) em preamar e 39 (1540min) em vazante. Por hora do dia, a distribuição das amostragens foi: 3 (95min) entre 5:00-8:00h, 44 (1781min) entre 8:00-11:00h, 9 (375min) entre 11:00-14:00h, 27 (1172min) entre 14:00-17:00h e 8 (385min) entre 17:00-20:00h.

Durante os mergulhos foram registradas 405 avistagens de raias em ambientes de praias, regiões arenosas associadas a ambientes recifais e ambientes recifais, com profundidade variando entre 0.5m a 40m. Tanto indivíduos machos quanto fêmeas foram observados, e possuíam comprimento do disco entre 15cm e 130cm. Em 127 casos os indivíduos foram observados em atividade de forrageamento.

Os valores médios da frequência relativa de raias em atividades de forrageamento por horário do dia foram bastante variáveis. A maior média foi obtida entre 11:00-14:00h e o menor valor foi entre 5:00-8:00h (Figura 2). Por categorias de ciclo de maré, os valores médios da frequência relativa de raias em atividades de forrageamento foram muito similares entre as marés vazante, baixa-mar e enchente. O maior valor médio foi obtido na categoria de maré alta, enquanto o menor na maré vazante (Figura 3). De acordo com os resultados da ANOVA Bifatorial, não foi encontrada nenhuma diferença significativa entre as frequências relativas de raias em atividades de forrageamento por diferentes horários do dia ou categorias de maré ($p > 0.05$).

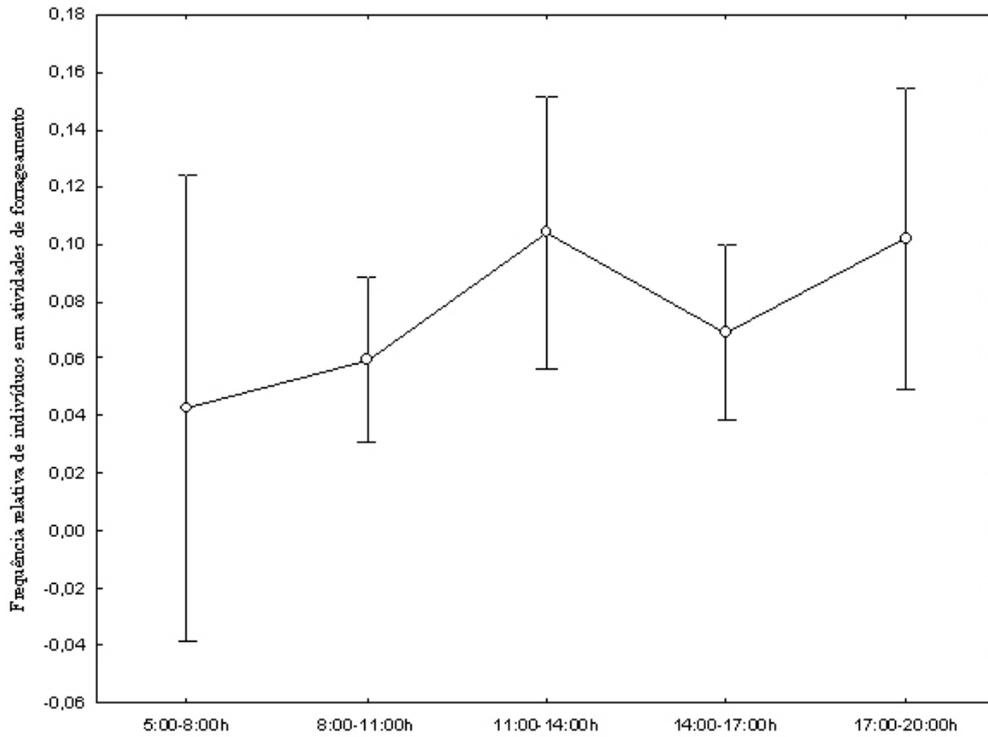


Figura 2: Frequências relativas de indivíduos de *D. americana* realizando atividades de forrageamento por minuto de esforço amostral, organizadas em categorias de hora do dia. Os círculos representam os valores médios e as barras indicam os desvios padrões transformados em arco seno raiz quadrada.

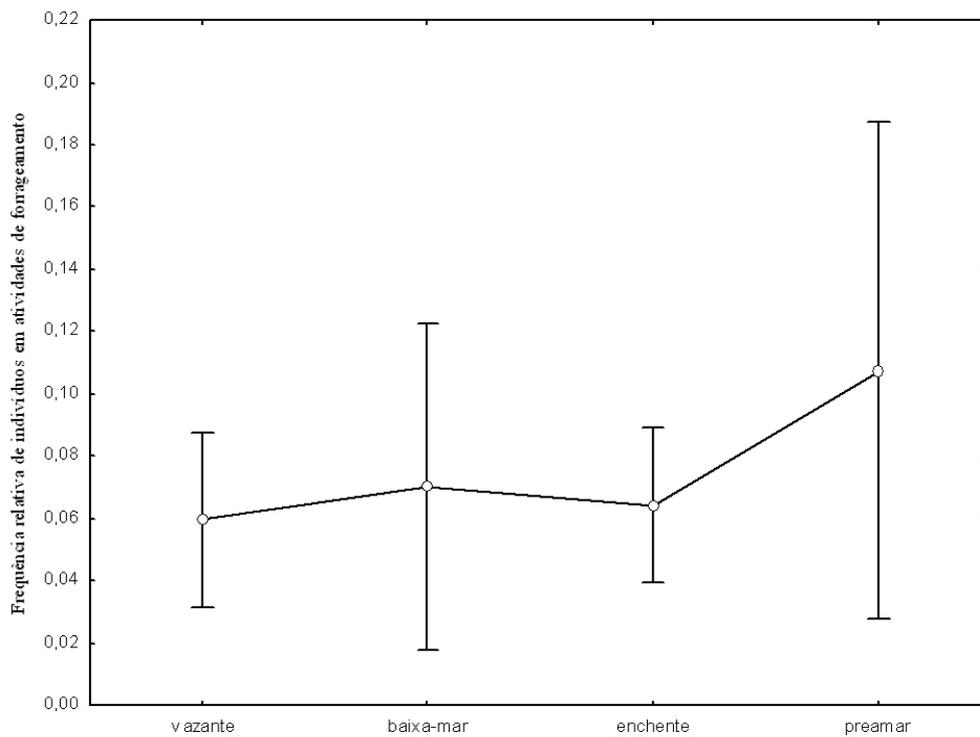


Figura 3: Frequências relativas de indivíduos de *D. americana* realizando atividades de forrageamento por minuto de esforço amostral, organizadas em categorias de altura de maré. Os círculos representam os valores médios e as barras indicam os desvios padrões transformados em arco seno raiz quadrada.

DISCUSSÃO

De acordo com nossos resultados, *D. americana* é capaz de executar padrões comportamentais que são complexos e altamente plásticos durante suas atividades de forrageamento, solitárias, no Arquipélago de Fernando de Noronha. Essa natureza solitária é comum para a espécie e a observação de indivíduos em agrupamentos durante atividades de alimentação somente é registrada em casos excepcionais, como é o caso das raias prego na localidade turística “Stingray City Sandbar”, no Caribe (Grand Cayman; SEMENIUK & ROTHLEY, 2008). Adicionalmente, muitos dos comportamentos de *D. americana* descritos pelo presente estudo são também executados por outras espécies de myliobatiformes, incluindo outros dasiatídeos (e.g. BIGELOW & SCHROEDER, 1953; HOWARD *et al.*, 1977; GREGORY *et al.*, 1979; SMITH & MERRINER, 1985; EBERT & COWLEY, 2003; MOTTA, 2004; SASKO *et al.*, 2006; GARRONE-NETO & SAZIMA, 2009).

EBERT & COWLEY (2003) documentaram comportamentos de forrageamento semelhantes executados por indivíduos de *D. chrysonota* mantidos em cativeiro. Os autores registraram que, enquanto procuravam por presas, indivíduos de *D. chrysonota* também nadavam próximo ao substrato e, uma vez que a presa era detectada, a atividade era intensificada com abruptos movimentos laterais e para trás que duravam até que a raia assentasse sobre o substrato. A postura de manter o disco em forma convexa com a cauda elevada, que foi observada para *D. americana* no presente estudo, também foi registrada por EBERT & COWLEY (2003) para *D. chrysonota*, assim como o comportamento de expelir sedimento pelos espiráculos. No entanto, os autores documentaram que este comportamento de expelir sedimento via espiráculo e fendas braquiais é devido à ação de sucção criada por rápidos movimentos de expansão e contração da cavidade orobranquial, que não foi observada em detalhes para *D. americana* no Arquipélago de Fernando de Noronha. A capacidade de expandir e contrair a cavidade orobranquial é comumente relatada para espécies de elasmobrânquios com alimentação por sucção (como as raias), e é conhecida por gerar uma pressão hidráulica que ajuda o predador a sugar a presa para a boca ou a retirar a mesma de um buraco no sedimento (GREGORY *et al.*, 1979; SMITH & MERRINER, 1985; MOTTA, 2004). Embora nós não possamos confirmar que *D. americana* executa essa ação hidráulica criada pela cavidade orobranquial, os movimentos do espiráculo associados à presença de nuvem de sedimento expelida pelo mesmo, normalmente

observados durante os comportamentos de *sucção espiracular* e *sucção corpóreo-espiracular*, sustentam esta inferência.

Os comportamentos de *escavação* e *sopro*, descritos no etograma do presente trabalho, também são documentados para outras espécies de raias, que se utilizam destes para escavar presas enterradas em áreas com substrato inconsolidado (*e.g.* BIGELOW & SCHROEDER, 1953; HOWARD *et al.*, 1977; GREGORY *et al.*, 1979; SMITH & MERRINER, 1985; MOTTA, 2004; SASKO *et al.*, 2006; GARRONE-NETO & SAZIMA, 2009). STOKES & HOLLAND (1992), baseados em amostras de conteúdo estomacal de *D. americana*, sugeriram que a raia prego escava anfioxos de substrato arenoso. Como observado para *D. americana* no Arquipélago de Fernando de Noronha, as raias são frequentemente observadas desenterrando suas presas através de movimentos das nadadeiras peitorais (BIGELOW & SCHROEDER, 1953; HOWARD *et al.*, 1977; SMITH & MERRINER, 1985; MOTTA, 2004; SASKO *et al.*, 2006; GARRONE-NETO & SAZIMA, 2009). O comportamento de jatear água pela boca e fendas branquiais para extrair hidráulicamente uma presa do substrato também já foi observado para outras espécies de myliobatiformes (GREGORY *et al.*, 1979; SMITH & MERRINER, 1985; MOTTA, 2004; SASKO *et al.*, 2006). Adicionalmente, alguns estudos também relatam a ocorrência de depressões marcadas no sedimento em decorrência das atividades de escavação das raias (HOWARD *et al.*, 1977; GREGORY *et al.*, 1979; SMITH & MERRINER, 1985; MOTTA, 2004; SASKO *et al.*, 2006). No Arquipélago de Fernando de Noronha, as estruturas sedimentares, observadas no sedimento arenoso durante as amostragens de *D. americana*, são semelhantes às descritas por estes estudos. Desta forma, sugerimos que tais depressões alimentares também são resultantes das ações de escavação, jateamento de água e sucção realizadas pelas raias durante as atividades de forrageamento.

Em alguns estudos os autores também descrevem as raias capturando e consumindo presas (*e.g.* EBERT & COWLEY, 2003; SASKO *et al.*, 2006; GARRONE-NETO & SAZIMA, 2009). No presente trabalho preferimos utilizar apenas o termo “sucção” ao invés de “captura” ou “consumo”, uma vez que existe uma grande dificuldade, sob condições naturais, de se verificar se a raia realmente consumiu a presa. Também foram encontradas algumas dificuldades para a identificação ou diferenciação de alguns comportamentos incluídos no etograma. O comportamento de *sopro* é difícil de ser identificado quando executado em regiões recifais devido à ausência de sedimento fino normalmente no substrato. Desta forma, a típica nuvem de sedimento

que é comumente expelida para frente durante este comportamento pode não ser observada nestas situações. Já os comportamentos de *espera sensorial passiva* e *descanso* são difíceis de serem distinguidos, especialmente em áreas de sedimento arenoso. Devido ao fato de ser difícil visualizar a presa sob condições naturais, e porque o tempo no qual a raia se mantém imóvel durante a *espera passiva* é muito variável, em alguns casos só é possível identificar tal comportamento se a raia em observação mudar para outro padrão motor durante a amostragem. Caso isso não ocorra, o pesquisador poderá ser levado a identificar o comportamento como *descanso* ao invés de *espera passiva*. Adicionalmente, devido à grande similaridade, os seguintes comportamentos poderiam ter sido interpretados como o mesmo padrão motor: *nado ativo* e *passivo*; *pouso suave* e *brusco*; *espera sensorial passiva* e *ativa*; *sucção espiracular* e *corpóreo-espiracular*; *decolagem ativa* e *passiva*. No entanto, nós preferimos descrever tais comportamentos como unidades separadas, uma vez que estes são claramente executados com distintos padrões corporais e em diferentes situações (*e.g.* tipo de ambiente e substrato), apesar de terem aparentemente a mesma função durante a atividade de alimentação da raia (deslocamento individual, detecção e captura de presas).

Com relação aos possíveis fatores que influenciam a ocorrência dos comportamentos de forrageamento de *D. americana* no Arquipélago de Fernando de Noronha, é indicado que os padrões motores observados são aparentemente relacionados ao tamanho das raias e tipo de ambiente e substrato do habitat no qual a raia forrageia. A ocorrência de alterações ontogenéticas no comportamento alimentar já é descrita para algumas espécies de tubarões (MOTTA & WILGA, 2001). No entanto, é sugerido pelo presente estudo que as performances dos comportamentos de *D. americana* são possivelmente mais dependentes de condições ambientais do que uma aptidão intrínseca de indivíduos de diferentes tamanhos (*e.g.* desenvolvimento de uma habilidade específica de caça durante a ontogenia). Essa inferência é baseada principalmente no fato de que as performances comportamentais não foram distintas entre raias de diferentes tamanhos, quando estas forrageavam em ambientes similares no arquipélago. Entretanto, tendo em vista que existe uma clara mudança ontogenética no uso do habitat de *D. americana* no Arquipélago de Fernando de Noronha (AGUIAR *et al.*, 2009), acredita-se que as fortes relações observadas entre o ambiente e os comportamentos de forrageamento resultam em uma relação indireta entre estes e o tamanho das raias.

É sugerido, ainda, que fatores ambientais como complexidade de substrato e hidrodinamismo (presença de correnteza e ondas) influenciam o repertório comportamental da raia prego na área de estudo. Como exemplo, os comportamentos de *escavação* e *sopro* são frequentemente executados em áreas com substrato arenoso inconsolidado, onde presas potenciais podem ser encontradas enterradas. Os comportamentos de *espera sensorial ativa* e *sucção corpóreo-espíracular*, por sua vez, são normalmente observados em ambientes recifais. Acredita-se que este é um caso onde as raias precisam manter as nadadeiras peitorais fortemente pressionadas contra o fundo e a região escapular do disco elevada de forma a encurralar uma presa escondida em um substrato irregular. O uso similar das margens das nadadeiras peitorais apoiadas contra o substrato para encurralar presas já é documentado para outras espécies de raias (DEAN & MOTTA, 2004). Além disso, os comportamentos de *nado passivo* e *decolagem passiva* são facilitados quando executados na presença de ondas ou correntezas. Tendo em vista que as praias são normalmente áreas rasas sob influência destas forças hidrodinâmicas, a maior frequência de tais comportamentos nestes ambientes pode ser justificada.

Estudos etológicos que utilizam análises de modificação de comportamento já demonstraram que algumas espécies de tubarão são altamente adaptadas para detectar e responder a estímulos ambientais (GRUBER & MYRBERG, 1977; MOTTA & WILGA, 2001). Adicionalmente, pesquisas recentes focando o comportamento alimentar de tubarões encontraram que algumas espécies podem exibir grandes modulações e variações dos seus padrões motores em resposta a diferentes situações alimentares (MOTTA & WILGA, 2001; MOTTA, 2004). Embora estudos etológicos similares focando as raias sejam raros, sugere-se no presente trabalho que estes achados sobre espécies de tubarão podem ser também verdade para o grupo das raias, em especial às espécies da ordem Myliobatiformes, como *D. americana*. De acordo com COMPAGNO (1990), os myliobatiformes são versáteis colonizadores de habitats bentônicos capazes de manobrar precisamente sobre o substrato. Desta forma, é sugerido que *D. americana* no Arquipélago de Fernando de Noronha é capaz de modular seu comportamento de forrageamento e que o repertório individual é uma decisão baseada principalmente em estímulos ambientais.

Pode-se inferir também que a mudança no uso do habitat de indivíduos de *D. americana* no Arquipélago de Fernando de Noronha aparentemente resulta em alterações nos hábitos de forrageamento da espécie, como já sugerido por AGUIAR *et*

al. (2009). Além deste fato, acredita-se que toda plasticidade e adaptabilidade observada nos comportamentos de predação da raia prego possivelmente contribuem para a sobrevivência da espécie no arquipélago. A capacidade de modulação é conhecida por ser importante para a sobrevivência dos indivíduos, uma vez que a diversidade e adaptabilidade dos comportamentos de predação podem maximizar o sucesso de captura de presas em diversos tipos de ambiente (TRICAS, 1985; MOTTA & WILGA, 2001). É suposto também que um dos grandes fatores do sucesso evolutivo dos elasmobrânquios como predadores no ecossistema marinho é a diversidade de mecanismos de alimentação encontrados no grupo (TRICAS, 1985).

Com relação aos períodos preferenciais de alimentação de *D. americana* na área de estudo, é sugerido que as raias prego se alimentam intermitentemente ao longo do dia, ao invés de apresentar um horário específico de maior atividade de forrageamento. Indica-se também que *D. americana* possivelmente tem um pico de atividade de forrageamento durante as marés altas, embora não tenham sido encontradas diferenças significativas da frequência de alimentação das raias entre as categorias de maré. Estes resultados estão de acordo com os obtidos por GILLIAM & SULLIVAN (1993) que estudaram a dieta de *D. americana* em Bahamas. De acordo com estes autores, a raia prego se alimenta continuamente ao longo do dia e também prefere se alimentar durante as marés altas, provavelmente devido a uma maior disponibilidade de presas no ambiente. Entretanto, CORCORAN (2006 – *appud* SEMENIUK & ROTHLEY, 2008), baseado em um estudo de telemetria acústica em “Stingray City Sandbar” (Ilhas Cayman), indicou que indivíduos de *D. americana* de áreas não turísticas são mais ativos durante períodos noturnos. Apenas as raias que ocorrem nas áreas turísticas apresentam comportamento diurno em resposta a uma prática de alimentação artificial promovida por atividades de eco-turismo. No Arquipélago de Fernando de Noronha é conhecido que *D. americana* apresenta uma menor atividade de alimentação durante a noite, sendo os indivíduos observados comumente em repouso durante os períodos noturnos (AGUIAR, 2005). No entanto, como esta informação é baseada em amostragens visuais subaquáticas, sugerimos que estudos de telemetria sejam realizados no arquipélago de modo a confirmar a atividade contínua de forrageamento da raia prego ao longo do dia, com uma menor atividade durante períodos noturnos, como proposto pelo presente trabalho.

Por fim, nós ressaltamos que os indivíduos de *D. americana* no Arquipélago de Fernando de Noronha estão expostos às atividades turísticas subaquáticas ao longo de todo o ano, e que não apresentam nenhum distúrbio evidente de seus comportamentos naturais na presença de mergulhadores. Desta forma, indicamos que *D. americana* foi uma espécie ideal para a abordagem etológica do presente estudo, e que os comportamentos de forrageamento aqui descritos possivelmente representam algo muito próximo dos padrões comportamentais naturais da espécie. Adicionalmente, embora tenha sido sugerido que mudanças no uso do habitat de *D. americana* no Arquipélago de Fernando de Noronha resultam em alterações de seus hábitos de forrageamento, nós estamos testando estatisticamente esta hipótese com um delineamento amostral específico, em estudo complementar.

REFERÊNCIAS

- AGUIAR, A. A., 2005, *Estrutura e Densidade Populacional e Uso do Habitat por *Dasyatis americana* Hildebrand and Schroeder (1928) (Chondrichthyes: Dasyatidae) no Arquipélago de Fernando de Noronha, Brasil*. Dissertação de M.Sc., Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, PB, Brasil.
- AGUIAR A. A., VALENTIN J. L., ROSA R. S., 2009, “Habitat use by *Dasyatis americana* in a south-western Atlantic oceanic island”, *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, v. 89, n. 6, pp. 1147-1152.
- BIGELOW, H. B., SCHROEDER, W. C., 1953, “Fishes of the Western North Atlantic. Sawfishes, guitarfishes, skates and rays”, *Memoirs Sears Foundation Marine Research*, v. 1, pp. 1-558.
- BUCHHOLZ, R., 2007, “Behavioral biology: an effective and relevant conservation tool”, *Trends in Ecology and Evolution*, v. 22, pp. 401-407.
- CHAPMAN, D. D., CORCORAN, M. J., HARVEY, G. M., MALAN S., SHIVJI M. S., 2003, “Mating behavior of southern stingrays, *Dasyatis americana* (Dasyatidae)”, *Environmental Biology of Fishes*, v. 68, n. 3, pp. 241-245.
- CHAPMAN, D. D., GRUBER, S. H., 2002, “A further observation of the prey-handling behavior of the great hammerhead shark, *Sphyrna mokarran*: predation upon the spotted eagle ray, *Aetobatus narinari*”, *Bulletin of Marine Science*, v. 70, pp. 947-952.

- COMPAGNO, L. J. V., 1990, "Alternative life-history styles of cartilaginous fishes in time and space", *Environmental Biology of Fishes*, v. 28, pp. 33-75.
- CORCORAN, M., 2006, *The effects of supplemental feeding on the activity space and movement patterns of the southern stingray, Dasyatis americana, at Grand Cayman, Cayman Islands*. M.Sc. dissertation, Nova Southeastern University, Fort Lauderdale, FL, USA.
- DEAN, M. N., MOTTA, P. J., 2004, "Feeding behavior and kinematics of the lesser electric ray, *Narcine brasiliensis* (Elasmobranchii: Batoidea)", *Zoology*, v. 107, pp. 171-189.
- EBERT, D. A., COWLEY, P. D., 2003, "Diet, feeding and habitat utilization of the blue stingray *Dasyatis chrysonota* (Smith, 1828) in South African waters", *Marine Freshwater Research*, v. 54, pp. 957-965.
- ESTON, V. R., MIGOTTO, A. E., OLIVEIRA FILHOS, E. C., RODRIGUES, S. A., FREITAS, J. C., 1986, "Vertical Distribution of Benthic Marine Organisms on Rocky Coasts of Fernando de Noronha Archipelago (Brazil)", *Boletim do Instituto de Oceanografia da Universidade de São Paulo*, v. 34, pp. 37-53.
- GARRONE-NETO, D., SAZIMA, I., 2009, "Stirring, charging, and picking: hunting tactics of potamotrygonid rays in the upper Parana River", *Neotropical Ichthyology*, v. 7, pp. 113-116.
- GILLIAM, D., SULLIVAN, K. M., 1993, "Diet and feeding habits of the southern stingray *Dasyatis americana* in the Central Bahamas", *Bulletin of Marine Science*, v. 52, n. 3, pp. 1007-1013.
- GREGORY, M. R., BALLANCE, P. F., GIBSON, G. W., AYLING, A. M., 1979, "On How Some Rays (Elasmobranchia) Excavate Feeding Depressions by Jetting Water", *Journal of Sedimentary Petrology*, v. 49, n. 4, pp. 1125-1130.
- GRUBER, S. H., MYRBERG, A. A., 1977, "Approaches to the study of the behavior of sharks", *American Zoology*, v. 17, pp. 471-486.
- HENNINGSSEN, A. D., 2000, "Notes on reproduction in the southern stingray, *Dasyatis americana* (Chondrichthyes; Dasyatidae)", *Copeia*, n. 3, pp. 826-828.
- HOWARD, J. D., MAYOU, T. V., HEARD, R. W., 1977, "Biogenic Sedimentary Structures Formed by Rays", *Journal of Sedimentary Petrology*, v. 47, n. 1, pp. 339-346.

- LEHNER, P. N., 1998, *Handbook of Ethological Methods*. 2 ed. Cambridge, Cambridge University Press.
- MENNI, R. C., STEHMANN, F. W., 2000, "Distribution, environment and biology of batoid fishes off Argentina, Uruguay and Brazil. A review", *Revista del Museo Argentino de Ciencias Naturales Bernardino Rivadavia, n.s.*, v. 2, n. 1, pp. 69-109.
- MOTTA, P. J., 2004, "Prey Capture Behavior and Feeding Mechanics of Elasmobranchs". In: Carrier, J. C., Musick, J. A., Heithaus, M. R. (eds). *Biology of Sharks and Their Relatives*, Boca Raton, USA, CRC Press LLC.
- MOTTA, P. J., WILGA, C. D., 2001, "Advances in the study of feeding behaviors, mechanisms, and mechanics of sharks", *Environmental Biology of Fishes*, v. 60, pp. 131-156.
- NELSON, J. D., ECKERT, S. A., 2007, "Foraging ecology of whale sharks (*Rhincondon typus*) within Bahia de Los Angeles, Baja California Norte, México", *Fisheries Research*, v. 84, pp. 47-64.
- PIKITCH, E. K., CHAPMAN, D. D., BABCOCK, E. A., SHIVJI, M. S., 2005, "Habitat use and demographic population structure of elasmobranchs at a Caribbean atoll (Glover's Reef, Belize)", *Marine Ecology Progress Series*, v. 302, pp. 187-197.
- SASKO, D. E., DEAN, M. N., MOTTA, P. J., HUETER, R. E., 2006, "Prey Capture behavior and kinematics of the Atlantic cownose ray, *Rhinoptera bonasus*", *Zoology*, v. 109, pp. 171-181.
- SBEEL, 2005, *Plano Nacional de Ação para a Conservação e o Manejo dos Estoques de Peixes Elasmobrânquios no Brasil*. Recife, Brasil, SBEEL.
- SEMENIUK, C. A. D., ROTHLEY, K. D., 2008, "Costs of group-living for a normally solitary forager: effects of provisioning tourism on southern stingrays *Dasyatis americana*", *Marine Ecology Progress Series*, v. 357, pp. 271-282.
- SILVA, G. B., BASÍLIO, T. H., NASCIMENTO, F. C. P., FONTELES -FILHO, A. A., 2007, "Size at first sexual maturity of the sting rays *Dasyatis guttata* and *Dasyatis americana*, off Ceará State", *Arquivos de Ciências do Mar*, v. 40, n. 2, pp. 14-18.
- SMITH, J. W., MERRINER, J. V., 1985, "Food habits and feeding behavior of the cownose ray, *Rhinoptera bonasus*, in Lower Chesapeake Bay", *Estuaries*, v. 8, n. 3, pp. 305-310.

- SOTO, J. M. R., 2001, “Peixes do Arquipélago de Fernando de Noronha”, *Mare Magnum*, v. 1, pp. 147–169.
- STATSOFT, INC. **Electronic Statistics Textbook**. Tulsa: StatSoft, 2007. Disponível em: <<http://www.statsoft.com/textbook/stathome.html>>.
- STOKES, M. D., HOLLAND, N. D., 1992, “Southern stingray (*Dasyatis americana*) feeding on lancelets (*Branchiostoma floridae*)”, *Journal of Fish Biology*, v. 41, pp. 1043 – 1044.
- STRONG, W. R., SNELSON, F. F., GRUBER, S. H., 1990, “Hammerhead shark predation on stingrays: an observation of prey handling by *Sphyrna mokarran*”, *Copeia*, v. 3, pp. 836-840.
- TAYLOR, J. G., 2007, “Ram filter-feeding and nocturnal feeding of whale sharks (*Rhincondon typus*) at Ningaloo Reef, Western Australia”, *Fishery Research*, v. 84, pp. 65-70.
- TEIXEIRA, W., CORDANI, U. G., MENOR, E. A., 2003, “Caminhos do Tempo Geológico”. In: Linsker, R. (ed), *Arquipélago de Fernando de Noronha o Paraíso do Vulcão*. São Paulo, Brasil, Terra Virgem Editora.
- TRICAS, T. C., 1985, “Feeding Ethology of the White Shark, *Carcharodon carcharias*”, *Memoirs of Southeastern Californian Academy of Science*, v. 9, pp. 81-91.
- WALKER, T., 2000, *Fisheries management. Conservation and management of sharks*. Rome, Fao Technical Guidelines for Responsible Fisheries, no 4 supply 1.
- YOKOTA, L., LESSA, R. P., 2006, “A nursery area for sharks and rays in Northeastern Brazil”, *Environmental Biology of Fishes*, v. 75, pp. 349 – 360.

Capítulo 3

Notas sobre a Biologia Alimentar da
Raia Preggo, *Dasyatis americana*,
Hildebrand & Schroeder, 1928
(Chondrichthyes: Dasyatidae)
no Arquipélago de Fernando de Noronha

**NOTAS SOBRE A BIOLOGIA ALIMENTAR DA RAIÁ PREGO,
DASYATIS AMERICANA, HILDEBRAND & SCHROEDER, 1928
(CHONDRICHTHYES: DASYATIDAE)
NO ARQUIPÉLAGO DE FERNANDO DE NORONHA**

Aline Augusto Aguiar^{1,2}, *Mauricio Pinto Almeida*³ & *Jean Louis Valentin*^{1,2}

¹ Universidade Federal do Rio de Janeiro, Instituto de Biologia, Centro de Ciências da Saúde, Departamento de Ecologia, Programa de Pós-Graduação em Ecologia, Ilha do Fundão, Rio de Janeiro, RJ, Brasil. CEP: 21.941-590.

² Universidade Federal do Rio de Janeiro, Instituto de Biologia, Centro de Ciências da Saúde, Departamento de Biologia Marinha, Ilha do Fundão, Rio de Janeiro, RJ, Brasil. CEP: 21.941-590.

³ Universidade Federal do Paraná, Departamento de Zoologia, Laboratório de Ictiologia Estuarina, Curitiba, PR, Brasil. CEP 81531-980.

RESUMO

Dasyatis americana apresenta uma mudança ontogenética no seu uso do habitat no Arquipélago de Fernando de Noronha, que provavelmente resulta em alterações de seus hábitos alimentares e estratégias de forrageamento. No presente estudo, foram feitas análises do conteúdo estomacal de espécimes capturados no Arquipélago de Fernando de Noronha objetivando descrever a dieta e investigar a ocorrência de diferenças ontogenéticas. Para verificar a preferência de presas na dieta, foram coletadas também amostras de sedimento e tufo de algas. *Dasyatis americana* é um predador zoobentívoro capaz de se alimentar de presas vágeis, que são principalmente compostas por crustáceos, poliquetos e peixes ósseos. O amplo espectro de presas consumidas sugere que *D. americana* é uma espécie generalista e oportunista. Algumas tendências com relação a diferenças ontogenéticas na dieta de *D. americana* no Arquipélago de Fernando de Noronha também foram reveladas, no entanto ainda restam dúvidas sobre quais mecanismos regulam tais alterações.

Palavras-chave: conteúdo estomacal, hábitos alimentares, Elasmobranchii, ilha oceânica

ABSTRACT

Dasyatis americana displays an ontogenetic shift in its habitat use at the Fernando de Noronha Archipelago that likely results in changes to its feeding habits and foraging strategies. In the present study, stomach content analyses were performed on specimens captured at Fernando de Noronha Archipelago to describe the diet of this species and to investigate the occurrence of ontogenetic differences. In addition, to account for prey preferences in the diet, core samples of sediment and algae turfs were collected. *Dasyatis americana* is a zoobenthic predator that is clearly capable of feeding on active prey which are mainly composed of crustaceans, polychaetes and osteichthyans. Moreover, the wide range of prey items in the diet suggests that *D. americana* is a generalist and an opportunistic feeder. Some trends concerning the ontogenetic feeding differences of *D. americana* at Fernando de Noronha Archipelago were revealed, although the mechanisms regulating these shifts are still unclear.

Key words: stomach contents, feeding habits, Elasmobranchii, oceanic island

INTRODUÇÃO

As raias compreendem em sua maioria espécies de hábito bentônico e são amplamente reconhecidas como um importante componente no fluxo de energia da rede trófica de ecossistemas marinhos. Tendo em vista que as espécies bentônicas e algumas raias pelágicas se alimentam principalmente de invertebrados bentônicos além de serem presas comuns de predadores pelágicos (*e.g.* tubarões), o grupo dos batóideos faz uma importante ligação entre as comunidades do sedimento e níveis tróficos mais altos (WETHERBEE & CORTÉS, 2004). Estes animais também são conhecidos por influenciar na dinâmica e composição de comunidades bentônicas, além de causar prejuízos a bancos naturais e cultivos de bivalves (por predação direta e/ ou distúrbios físicos ao substrato; *e.g.* HINES *et al.*, 1997; CROSS & CURRAN, 2004).

Apesar dos batoideos serem reconhecidos como importantes componentes dos ecossistemas marinhos, ainda existe uma considerável lacuna no conhecimento da biologia e ecologia básica da maioria das espécies. Essa deficiência de informações sobre as raias deve ser vista com atenção, uma vez que muitas espécies atualmente sofrem declínios populacionais e, segundo o Plano de Ação Internacional para os Tubarões (IPOA – Sharks), a conservação de elasmobrânquios depende, em parte, de

estudos sobre a biologia e ecologia básica das espécies (WALKER, 2000). O presente trabalho tem como objetivo ampliar o conhecimento sobre a raia prego, *Dasyatis americana*, Hildebrand & Schroeder, 1928, baseado em um estudo sobre seus hábitos alimentares no Arquipélago de Fernando de Noronha (Brasil).

D. americana é uma raia de hábitos bentônicos normalmente encontrada em águas rasas e costeiras das regiões tropicais e subtropicais do Atlântico Oeste, incluindo algumas ilhas tropicais oceânicas, como o Arquipélago de Fernando de Noronha (BIGELOW & SCHROEDER, 1953; MENNI & STEHMANN, 2000; SOTO, 2001). O conhecimento sobre seus hábitos alimentares é ainda rudimentar e, até os dias de hoje, apenas um estudo detalhado sobre essa temática foi publicado na literatura (GILLIAM & SULLIVAN, 1993). A maioria das pesquisas sobre os hábitos alimentares da raia prego está limitada a simples descrições ou dados quantitativos baseados em conteúdo estomacal de poucos espécimes (*e.g.* BIGELOW & SCHROEDER, 1953; RANDALL, 1967; SNELSON & WILLIAMS, 1981; STOKES & HOLLAND, 1992). De acordo com GILLIAM & SULLIVAN (1993), *D. americana* é claramente capaz de se alimentar de presas ativas e sua dieta compreende principalmente espécies epibentônicas, como pequenos crustáceos e peixes teleósteos. Estes autores concluíram que a alimentação da raia prego é contínua ao longo do dia e sugeriram também que a espécie é um predador oportunista que se alimenta das presas mais abundantes no ambiente. Adicionalmente, GILLIAM & SULLIVAN (1993) indicam que os hábitos alimentares da raia prego são semelhantes aos do tubarão limão, *Negaprion brevirostris*, e, desta forma, *D. americana* pode ser comparada à espécies dos mais altos níveis tróficos de cadeias alimentares marinhas, como predadores de topo.

Apesar de *D. americana* estar listada como em “risco de declínio” para as regiões Norte e Nordeste do Brasil (SBEEL, 2005), dados sobre seus hábitos alimentares em águas brasileiras não são encontrados publicados na literatura, e apenas recentemente a espécie foi estudada em detalhe em algumas regiões do Brasil. Tais estudos incluíram pesquisas sobre a biologia reprodutiva e áreas de berçário no litoral Nordeste (YOKOTA & LESSA, 2006; SILVA *et al.*, 2007), além do uso do habitat pela raia prego no Arquipélago de Fernando de Noronha (AGUIAR *et al.*, 2009). Segundo AGUIAR *et al.* (2009), existe uma mudança ontogenética no uso do habitat de *D. americana* no Arquipélago de Fernando de Noronha. Indivíduos jovens e de pequeno tamanho ocupam tipicamente regiões rasas de praia com fundo de areia, enquanto as

raias adultas e maiores são encontradas principalmente em ambientes recifais mais profundos. Indivíduos pertencentes a uma classe intermediária, por sua vez, são encontrados em ambos os ambientes, possivelmente indicando a faixa de tamanho na qual a mudança do habitat da espécie ocorre. Os autores também sugerem que esta mudança ontogenética pode causar alterações nos hábitos alimentares e nas estratégias de forrageamento da espécie. De acordo com AGUIAR *et al.* (2009), esta alteração seria vantajosa para a espécie, uma vez que evitaria uma possível competição por recursos alimentares entre jovens e adultos.

No presente trabalho, os conteúdos estomacais de espécimes de *D. americana* capturados no Arquipélago de Fernando de Noronha foram analisados com objetivo de descrever a dieta da espécie e verificar a ocorrência de alterações alimentares ontogenéticas, como sugerido por AGUIAR *et al.* (2009). Também é discutida a preferência da raia prego por recurso alimentar na área de estudo. Além disso, tendo em vista que *D. americana* pode ser considerada um grande predador de ecossistemas marinhos, o estudo sobre seus hábitos alimentares ajudará a ampliar nossa compreensão sobre o papel da espécie na dinâmica trófica do arquipélago.

MATERIAIS E METODOS

*Coleta de Exemplos de *Dasyatis americana**

Exemplares de *D. americana* foram coletados no arquipélago oceânico de Fernando de Noronha (3^o54'S, 32^o25'O) em Agosto de 2008. O arquipélago compreende uma área de 26 km² e está localizado aproximadamente 345km de distância do litoral nordeste do Brasil, na região tropical do Oceano Atlântico Sul. Sua costa sul e sudeste são caracterizadas por feições rochosas e extensas barreiras de algas calcárias. Já o litoral norte-nordeste possui praias arenosas com grandes blocos de pedras, plataformas rochosas e recifes de algas calcárias com inclinação normalmente gradual (ESTON *et al.*, 1986; TEIXEIRA *et al.*, 2003).

Tendo em vista que o arquipélago compreende duas áreas marinhas protegidas (um Parque Nacional e uma Área de Proteção Ambiental), a captura de indivíduos de *D. americana* por pescadores locais é rara. Desta forma, todas as raias foram coletadas manualmente através de caça submarina durante amostragens subaquáticas e, pela mesma razão, nosso “n” amostral foi restrito a 21 indivíduos. As coletas foram realizadas durante horários do dia e em marés enchente ou preamar, de acordo com o conhecimento prévio sobre o período de maior atividade alimentar de *D. americana*

(GILLIAM & SULLIVAN, 1993; AGUIAR, 2005). Os locais de amostragem foram escolhidos levando em consideração as áreas nas quais as raias são normalmente observadas em atividade de forrageamento (AGUIAR, 2005), e considerando também as condições de mar (presença de onda e ventos fortes) e a logística. As coletas foram realizadas em locais caracterizados por ambientes de praias, regiões arenosas associadas a ambientes recifais, e ambientes recifais com substrato composto principalmente por cascalho, tufos de macroalgas e algas calcárias. A profundidade dos locais variou de 0,5 a 17 metros.

Para maximizar o esforço amostral, foram realizadas buscas intensivas de indivíduos de *D. americana* durante as amostragens subaquáticas, e apenas foram coletadas as raias que estavam ativamente em atividade de forrageamento. Todos os indivíduos foram alvejados na região do crânio e levados imediatamente para um barco de apoio. Uma vez a bordo, as raias eram imersas em uma solução anestésica para eutanásia. Para cada indivíduo coletado eram anotados o horário, local, profundidade e sexo. Posteriormente, os espécimes eram fotografados, pesados (com precisão de 50g), medidos (em largura e comprimento de disco com precisão de 1mm) e eviscerados. O estágio de maturação das raias coletadas era estimado visualmente de acordo com as condições dos órgãos reprodutivos (*e.g.* presença de sêmen, comprimento e rigidez do clasper para os machos, e presença de ovócitos ou embriões para as fêmeas). Antes de serem removidos, os estômagos tiveram suas extremidades firmemente amarradas para evitar a perda de conteúdo. Os estômagos eram então fixados em uma solução de formaldeído 10% tamponado com tetraborato de cálcio (bórax), etiquetados com um código de identificação e armazenados para análise em laboratório.

Composição e Análise da Dieta

Em laboratório, os estômagos foram lavados e preservados em álcool 70°GL. Para as análises, os estômagos foram examinados sob lupa estereoscópica e os itens alimentares identificados até o menor nível taxonômico possível, contados e pesados (com precisão de 0,01 g). Para eliminar o excesso de líquido, antes de serem pesados os itens alimentares eram colocados sobre papel toalha. Tendo em vista que os itens alimentares muitas vezes compreendiam espécies ou gêneros que não puderam ser identificados, todas as medidas quantitativas e análises foram realizadas alocando os conteúdos estomacais na categoria taxonômica de família e posteriormente em grandes

grupos taxonômicos. Os itens alimentares não identificados nestas categorias foram agrupados como restos de crustáceos, peixes, poliquetos e vermes ou massa digerida, apenas para descrição qualitativa da dieta. As algas e sedimento foram considerados como ingestão acidental e, portanto, não incluídos no estudo. Adicionalmente, os espécimes que não apresentavam conteúdo estomacal identificável foram excluídos de todas as análises.

O tratamento dos dados foi feito primeiramente considerando todas as raias capturadas, de forma a acessar a dieta de *D. americana* como um todo. Para verificar a ocorrência de possíveis diferenças ontogenéticas na dieta, a análise do conteúdo estomacal foi feita também com base nos dados agrupados em classes de tamanho (no caso, comprimento de disco). O uso de classes de tamanhos foi preferível, ao invés de estágios de maturação, uma vez que foram coletados apenas indivíduos jovens e sub-adultos, e tendo em vista também o padrão de mudança no uso do habitat da raia prego observado por AGUIAR *et al.* (2009). Visto que estes autores utilizaram medidas discretas com intervalos de cinco centímetros, todos os indivíduos coletados no presente estudo foram alocados nas seguintes classes de comprimento de disco: 25-30 cm; 35-40 cm; 45-50 cm; 55-60 cm; e 65-70 cm.

As análises quantitativas foram feitas seguindo as recomendações de CORTÉS (1997). Foram calculadas a frequência relativa de ocorrência em porcentagem (FO%), a porcentagem numérica (N%), e a porcentagem em peso (P%) dos itens alimentares (HYNES, 1950; HYSLOP, 1980). O Índice de Importância Relativa (IRI) também foi calculado incorporando essas três medidas (HACUNDA, 1981), e posteriormente transformado em porcentagem para facilitar a interpretação dos resultados, como recomendado por CORTÉS (1997). Além disso, os seguintes índices foram utilizados, de acordo com KREBS (1999), para o cálculo de largura de nicho, diversidade e equitabilidade na dieta da raia prego: dois complementos do índice de diversidade de Simpson ($1-D_1$ considerando dados de biomassa e $1-D_2$ considerando dados de abundância, respectivamente); o índice de diversidade de Brillouin (H considerando dados de abundância); o índice de equitabilidade de Simpson ($E_{1/D}$ considerando dados de abundância); e o índice de largura de nicho de Levin estandardizado ($B\lambda$ considerando dados de abundância). Foi calculada também a sobreposição da dieta entre as cinco classes de tamanho usando o índice de Morisita (C considerando dados de abundância), de acordo com KREBS (1999). O grau de sobreposição foi comparado

usando a escala de Langton (LANGTON, 1982): baixa (0-0,29); média (0,30-0,59); e alta sobreposição (>0,60). Chama-se atenção que todos os índices usados no presente estudo representam diversidade, equitabilidade, largura e sobreposição de nicho na categoria taxonômica de família, haja vista que os itens alimentares não foram identificados no nível de espécie.

Para melhor descrever as relações de similaridade entre as classes de tamanho, foram utilizados, respectivamente, os seguintes métodos de classificação e ordenação: Análise de Agrupamento e Análise Não-Métrica de Escalas Multidimensionais (NMDS). Estas técnicas foram aplicadas utilizando tanto os dados de cada indivíduo de *D. americana*, como os dados agrupados por classe de tamanho. Para o procedimento de classificação foram utilizados o método de amalgamação de Ward e a distância euclidiana, e foram considerado os dados de IRI%, $1-D_1$, $1-D_2$, H , $E_{1/D}$ e $B\wedge$. Para o método de ordenação foram utilizadas matrizes de similaridade baseadas nos índices de Morisita, calculados usando os dados de abundância dos itens alimentares. Foi aplicada também uma Análise de Similaridade (ANOSIM), utilizando os índices de Morisita, para testar se existe uma diferença significativa da composição da dieta entre as cinco classes de tamanho. Nesta análise, cada indivíduo de *D. americana* (representado por sua classe de tamanho) foi utilizado com réplica, e a significância foi computada através do uso de 10000 permutações da matriz de dados. Os valores de significância entre os pares de classes de tamanho, obtidos com um teste *a posteriori*, foram corrigidos usando o método de Bonferroni. As técnicas de NMDS E ANOSIM foram realizadas através do aplicativo PAST - Paleontological Statistics Software Package 1.90 (HAMMER *et al.*, 2001) e a Análise de Agrupamento foi aplicada através do programa Statistica 7.1 (STATSOFT INC, 2007).

Coleta de Presas

Para acessar a preferência da raia prego por recurso alimentar, 45 amostras de sedimento e/ ou tufos de macroalgas foram coletados manualmente com o uso de corer (15cm de diâmetro interno e 15cm de altura), em áreas no entorno das estações de coleta de *D. americana*, em Agosto de 2008. As coletas de presas foram realizadas durante horários do dia, e delimitadas como descrito a seguir: 15 amostras coletadas em praias arenosas com profundidade de 1 metro, durante marés baixas (0 à 1m de altura); 15 amostras coletadas em regiões arenosas associadas a ambientes recifais com

profundidade variando entre 5 e 9 metros; e 15 amostras coletadas em ambientes recifais variando de 8,5 a 20,5 metros de profundidade, com substrato composto principalmente por cascalho, tufo de macroalgas e algas calcárias, e variando entre inconsolidado, consolidado ou ecotone. As 15 amostras de cada ambiente foram divididas em cinco réplicas coletadas em três localidades distintas do arquipélago.

Durante as coletas as amostras foram transferidas para sacos com malha de náilon de 0,5mm. As amostras foram então elutriadas com uso de peneiras de malha de 0,5mm e colocadas em bandejas plásticas para triagem visual da macrofauna. Adicionalmente, um quarto de cada amostra composta por areia foi fixada em solução de formaldeído, para posterior triagem em laboratório sob lupa estereoscópica, e as algas coletadas foram herborizadas para identificação. A macrofauna triada foi então anestesiada em cloreto de magnésio (20 g/l) por 1 hora em ambiente sombreado e fixada em solução de formaldeído 10%.

Composição e Análise de Presas

Previamente às análises, todas as amostras foram conservadas em 70°GL. A macrofauna foi então examinada sob lupa estereoscópica, identificada até o menor nível taxonômico possível, contada e pesada (com precisão de 0,01 g). Antes de serem pesados, os itens da macrofauna foram colocados sobre papel toalha para eliminar o excesso de líquido.

Para relacionar a disponibilidade de presas no ambiente e o conteúdo estomacal de *D. americana*, todas as medidas quantitativas foram feitas alocando os itens da macrofauna na categoria taxonômica de família e posteriormente em grandes grupos taxonômicos. As medidas quantitativas utilizadas foram as seguintes: porcentagem numérica ($N_p\%$ - abundância de indivíduos de um determinado item da macrofauna dividido pela abundância total da macrofauna coletada) e a porcentagem em peso ($W_p\%$ - peso de indivíduos de um determinado item da macrofauna dividido pelo peso total da macrofauna coletada). Os itens que não foram identificados no nível de família foram utilizados apenas para descrição qualitativa da riqueza de presas no ambiente. Tendo em vista a distribuição em manchas de muitas espécies da macrofauna bentônica e também problemas provenientes da amostragem de espécies móveis (e.g. peixes e crustáceos), algumas das famílias observadas como conteúdo estomacal de *D. americana* não foram

coletadas nas amostragens das presas, e vice-versa. Desta forma, optamos por fazer um sumário quali-quantitativo das relações entre a dieta da raia prego e a disponibilidade de presas no ambiente, ao invés de utilizarmos algum índice para medir as preferências alimentares de *D. americana*.

RESULTADOS

Composição da Dieta

Os indivíduos de *D. americana* coletados incluíram 13 fêmeas e 8 machos com comprimento de disco entre 27 e 69cm. Um total de 18 raias apresentava itens alimentares identificáveis que foram utilizados na análise do conteúdo estomacal. Os itens encontrados nos estômagos incluíam anelídeos (poliquetos), artrópodes (crustáceos), cordados (osteícties), hemicordados, moluscos, nemertinos, além de massa digerida não identificada. Os resultados de FO%, N%, W% e IRI% de cada item alimentar estão listados na tabela 1 e são referentes aos cálculos computados para *D. americana* como um todo e com base nos dados agrupados em classes de tamanho. A representação gráfica das relações entre FO%, N% e W% dos itens alimentares classificados em grandes grupos é apresentada na figura 1a-f.

Com relação aos grandes grupos dos itens alimentares, os crustáceos estiveram sempre presentes como conteúdo estomacal e constituíram o componente mais importante na dieta da raia prego. Os poliquetos tiveram N% ligeiramente superior aos crustáceos, e foram o segundo grupo mais importante na dieta de *D. americana*. Já os itens alimentares na categoria de família mais consumidos pela raia prego foram, respectivamente, os camarões da família Processidae e os caranguejos da família Portunidae. Seguindo o padrão da espécie, os crustáceos seguidos pelos poliquetos foram também os grandes grupos de itens alimentares mais importantes na dieta das duas menores classes de tamanho de *D. americana*. Adicionalmente, os camarões da família Processidae constituíram o principal item ingerido por essas duas classes, no entanto os poliquetos da família Cirratulidae (na classe 25-30 cm) e os caranguejos da família Portunidae (na classe 35-40 cm) apresentaram os maiores valores de W%. Com relação às três maiores classes de tamanho, os crustáceos estiveram sempre presentes como conteúdo estomacal, no entanto os poliquetos e peixes osteícties também apresentaram alguns dos maiores valores de N%, W% e IRI%. Na classe de tamanho entre 45-50 cm, os poliquetos foram o grupo alimentar mais importante na dieta,

seguidos pelos crustáceos. Com relação às famílias, embora os poliquetos das famílias Amphinomidae e Cirratulidae também tenham apresentado altos valores de IRI% e o maior resultado de N% nesta classe de tamanho, os peixes da família Holocentridae tiveram os maiores valores de IRI% e W%. Na classe de tamanho entre 55-60 cm, o grupo dos osteícties teve o maior valor de IRI%, seguido pelos crustáceos. Também nesta classe de tamanho, os osteícties da família Opistognathidae e os estomatópodos da família Pseudosquillae apresentaram, respectivamente, os maiores valores de N%, W% e IRI%. Na maior classe de tamanho (65-70 cm), os crustáceos e poliquetos foram, respectivamente, os grupos mais importantes na dieta dos indivíduos. Os caranguejos das famílias Portunidae e Calapidae tiveram os maiores valores de IRI% e W%, enquanto os poliquetos da família Sigalionidae, terceiro item mais importante na dieta, apresentaram o maior valor de N%.

Os valores de diversidade, equitabilidade e largura de nicho da dieta de *D. americana* como um todo e também separado nas cinco classes de tamanho são sumarizados na tabela 2. Todos os índices de diversidade e largura de nicho tiveram resultados similares. Existe uma tendência no aumento da diversidade alimentar nas maiores classes de tamanho quando comparadas às menores classes. A única exceção se dá na classe 55-60 cm. Os maiores valores foram encontrados para a classe intermediária que abrange indivíduos entre 45-50 cm de comprimento de disco, seguida pela classe 35-40 cm ou 65-70 cm, dependendo do índice. Os valores de equitabilidade na dieta variaram sem uma tendência clara, tanto para a espécie como um todo, quanto para os resultados computados por classes de tamanho.

Tabela 1: Frequência relativa de ocorrência em porcentagem (FO%), porcentagem numérica (N%), porcentagem em peso (P%) e Índice de Importância Relativa em porcentagem (IRI%) dos itens alimentares presentes da dieta de *Dasyatis americana*. Os resultados são apresentados para a espécie como um todo e também separadamente para as cinco classes de tamanho. O número entre parênteses indica o tamanho amostral.

Item Alimentar	<i>D. americana</i> (18)				25 – 30cm (3)				35 – 40cm (7)				45 – 50cm (5)				55 – 60cm (1)				65 – 70cm (2)			
	FO%	N%	W%	IRI%	FO%	N%	W%	IRI%	FO%	N%	W%	IRI%	FO%	N%	W%	IRI%	FO%	N%	W%	IRI%	FO%	N%	W%	IRI%
Annelida - Polychaeta	66,7	45,4	15,6	27,7	33,3	35,9	37,8	17,4	85,7	40,0	21,4	28,4	60,0	67,2	13,4	39,5	100,0	4,2	0,3	2,3	50,0	69,6	34,7	36,5
Amphinomidae (não identificado)	22,2	8,6	4,3	6,0	-	-	-	-	14,3	2,9	0,5	0,6	40,0	26,6	5,8	19,8	-	-	-	-	50,0	8,7	13,6	8,3
Capitellidae (não identificado)	11,1	1,6	0,4	0,5	-	-	-	-	14,3	1,0	0,0	0,2	-	-	-	-	-	-	-	-	50,0	13,0	1,9	5,6
Cirratulidae (não identificado)	27,8	12,9	2,6	9,0	33,3	12,8	33,2	17,0	28,6	13,3	4,1	6,3	40,0	21,9	4,4	16,1	-	-	-	-	-	-	-	-
Eunicidae (não identificado)	11,1	3,9	0,0	0,9	33,3	7,7	0,1	2,9	-	-	-	-	20,0	10,9	0,1	3,4	-	-	-	-	-	-	-	-
Glyceridae (não identificado)	44,4	8,6	0,6	8,5	33,3	2,6	0,1	1,0	57,1	16,2	1,7	13,0	40,0	4,7	0,3	3,0	100,0	4,2	0,3	2,3	-	-	-	-
Lumbrineridae (não identificado)	16,7	2,0	1,5	1,2	-	-	-	-	14,3	1,0	0,5	0,3	20,0	3,1	2,7	1,8	-	-	-	-	50,0	8,7	3,7	4,6
Ophelidae (não identificado)	11,1	1,2	0,0	0,3	33,3	2,6	0,1	1,0	14,3	1,9	0,0	0,3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Sigalionidae (não identificado)	16,7	7,5	5,9	4,6	33,3	10,3	4,3	5,4	14,3	5,7	12,4	3,3	-	-	-	-	-	-	-	-	50,0	39,1	15,5	20,3
Arthropoda - Crustacea	100,0	43,1	49,5	63,1	100,0	59,0	52,7	79,2	100,0	55,5	74,2	69,9	100,0	18,8	26,4	36,8	100,0	41,7	45,7	43,7	100,0	26,1	59,8	60,1
Alpheidae (<i>Alpheus sp.</i>)	27,8	5,1	1,2	3,7	33,3	17,9	23,1	15,2	28,6	2,9	1,3	1,5	40,0	4,7	2,2	4,2	-	-	-	-	-	-	-	-
Calapidae (<i>Calappa sp.</i>)	11,1	0,8	4,3	1,2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	100,0	8,7	22,1	23,0
Callianassidae (não identificado)	11,1	0,8	4,5	1,2	-	-	-	-	14,3	1,0	14,2	2,8	20,0	1,6	5,2	2,1	-	-	-	-	-	-	-	-
Gonodactylidae (<i>Gonodactylus lacunatus</i> ; <i>G. torus</i>)	11,1	0,8	0,6	0,3	-	-	-	-	-	-	-	-	40,0	3,1	2,3	3,3	-	-	-	-	-	-	-	-
Hippolytidae (<i>Latreutes sp.</i>)	5,6	0,4	0,0	0,0	-	-	-	-	14,3	1,0	0,0	0,2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Lysiosquillidae (não identificado)	5,6	0,4	3,1	0,4	-	-	-	-	-	-	-	-	20,0	1,6	12,4	4,3	-	-	-	-	-	-	-	-
Majidae (não identificado)	5,6	0,4	0,5	0,1	-	-	-	-	14,3	1,0	2,1	0,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Palaemonidae (não identificado)	5,6	0,4	0,3	0,1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	100,0	4,2	0,9	2,5	-	-	-	-
Palinuridae (<i>Palinurus sp.</i>)	5,6	0,4	0,3	0,1	-	-	-	-	14,3	1,0	1,5	0,4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Penaeidae (<i>Metapenaeopsis sp.</i> ; <i>Trachypenaeopsis mobilispinis</i>)	16,7	2,7	1,2	1,4	-	-	-	-	28,6	5,7	4,0	3,5	-	-	-	-	-	-	-	-	50,0	4,3	1,6	2,2
Portunidae (<i>Cronius rubber</i>)	38,9	4,3	21,0	20,6	-	-	-	-	42,9	3,8	38,8	23,2	20,0	3,1	3,9	2,1	100,0	12,5	18,3	15,4	100,0	8,7	28,9	28,0

Processidae (<i>Processa guyanae</i>)	50,0	22,7	1,6	25,5	66,7	41,0	29,6	52,2	71,4	37,1	4,8	38,0	40,0	4,7	0,4	3,1	-	-	-	-	-	-	-	-
Pseudosquillidae (<i>Pseudosquilla oculata</i>)	5,6	2,4	8,2	1,2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	100,0	25,0	26,5	25,7	-	-	-	-
Squillidae (<i>Squilla obtuse</i>)	5,6	0,4	1,4	0,2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	50,0	4,3	7,2	4,3
Chordata – Osteichthyes	27,8	8,1	30,0	7,2	33,3	2,6	0,1	0,6	14,3	0,9	0,0	0,1	40,0	9,4	49,5	19,2	100,0	54,2	54,0	54,1	-	-	-	-
Acanthuridae (não identificado)	11,1	3,1	9,0	2,8	-	-	-	-	-	-	-	-	20,0	4,7	17,5	6,8	100,0	20,8	14,7	17,8	-	-	-	-
Holocentridae (não identificado)	11,1	0,8	8,0	2,0	-	-	-	-	-	-	-	-	40,0	3,1	31,4	21,1	-	-	-	-	-	-	-	-
Labridae (não identificado)	5,6	0,4	0,2	0,1	-	-	-	-	-	-	-	-	20,0	1,6	0,7	0,7	-	-	-	-	-	-	-	-
Opistognathidae (<i>Opistognathus sp.</i>)	5,6	3,1	12,2	1,8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	100,0	33,3	39,3	36,3	-	-	-	-
Scaridae (não identificado)	5,6	0,4	2,2	0,3	-	-	-	-	14,3	1,0	10,0	2,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Synodontidae (não identificado)	5,6	0,4	0,0	0,0	33,3	2,6	0,1	1,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Hemichordata	38,9	2,7	4,4	1,9	33,3	2,6	9,4	2,8	42,9	2,7	4,3	1,6	40,0	3,1	8,9	3,9	-	-	-	-	50,0	4,3	5,5	3,4
Ptychoderidae (não identificado)	38,9	2,7	4,3	5,8	33,3	2,6	9,4	4,4	42,9	2,9	3,9	3,7	40,0	3,1	8,9	7,3	-	-	-	-	50,0	4,3	5,5	3,7
Mollusca	11,1	0,8	0,5	0,1	-	-	-	-	14,3	0,9	0,0	0,1	20,0	1,6	1,8	0,5	-	-	-	-	-	-	-	-
Octopodidae (<i>Octopus cf defilippi</i>)	5,6	0,4	0,5	0,1	-	-	-	-	-	-	-	-	20,0	1,6	1,8	1,0	-	-	-	-	-	-	-	-
Tellenidae (<i>Tellina sp.</i>)	5,6	0,4	0,0	0,0	-	-	-	-	14,3	1,0	0,0	0,2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

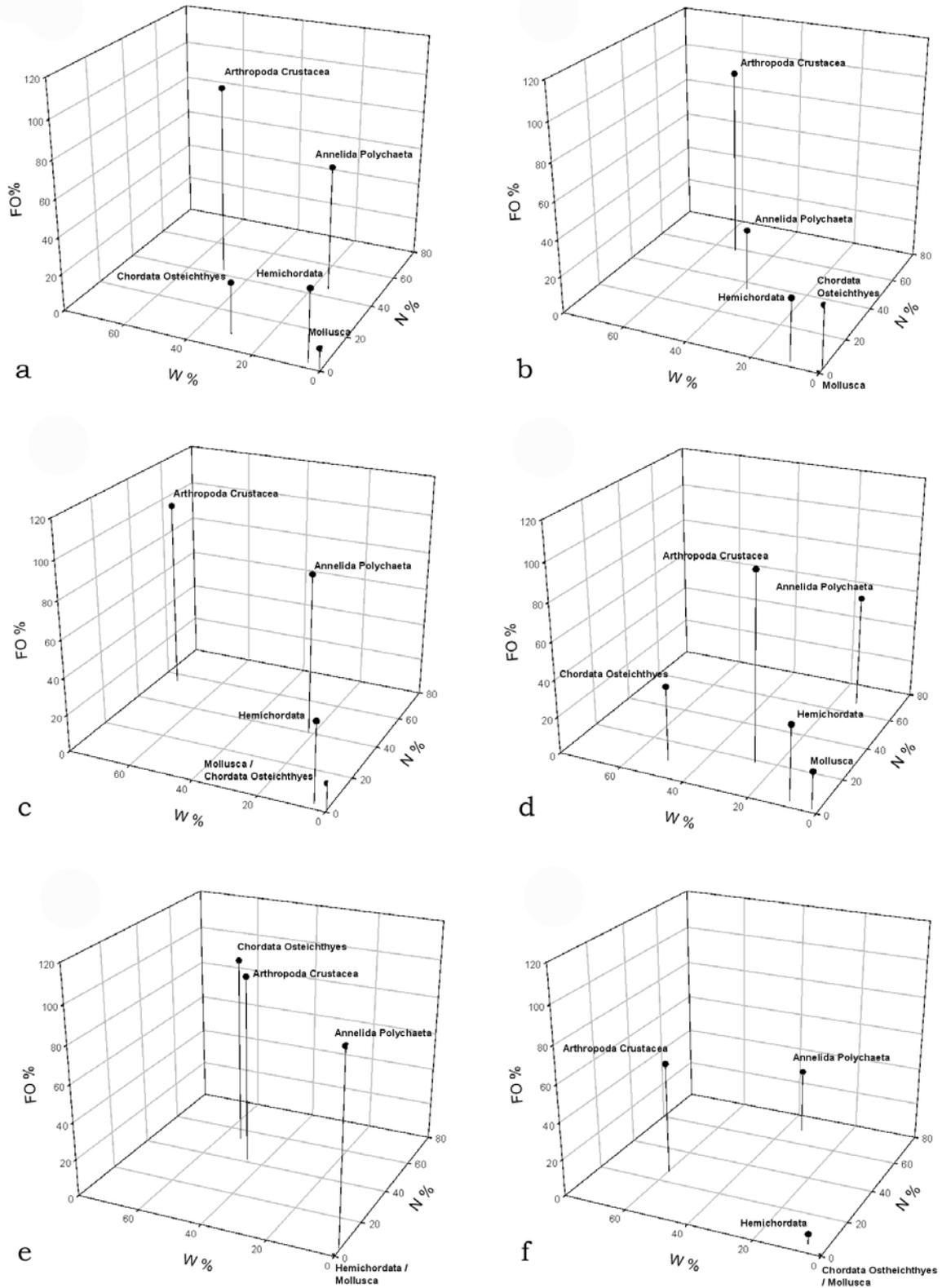


Figura 1: Representação gráfica tridimensional das relações entre a frequência relativa de ocorrência em porcentagem (FO%), a porcentagem numérica (N%) e a porcentagem em peso (W%) dos itens alimentares presentes da dieta de *Dasyatis americana*. Os resultados são apresentados para a espécie como um todo (a) e também as classes de tamanho 25-30 cm (b), 35-40 cm (c), 45-50 cm (d), 55-60 cm (e) e 65-70 cm (f).

Tabela 2: Valores dos complementos do índice de diversidade de Simpson ($1-D_1$ and $1-D_2$), do índice de diversidade de Brillouin (H), do índice de equitabilidade de Simpson ($E_{1/D}$), e do índice de largura de nicho de Levin estandardizado (B_{λ}), calculados com base no conteúdo estomacal de *Dasyatis americana*. Os resultados são apresentados para a espécie como um todo e também separadamente para as cinco classes de tamanho. O número entre parênteses indica o tamanho amostral. * significa que o cálculo matemático não foi possível.

Grupo Amostral	1-D₁	1-D₂	H	E_{1/D}	B_λ
<i>D. americana</i> (18)	0,905	0,903	*	0,322	0,300
25 – 30cm (3)	0,738	0,784	2,134	0,471	0,108
35-40cm (7)	0,795	0,814	2,737	0,287	0,139
45-50cm (5)	0,836	0,869	2,870	0,431	0,197
55-60cm (1)	0,720	0,797	1,865	0,706	0,108
65-70cm (2)	0,815	0,830	2,148	0,539	0,128

A tabela 3 sumariza os resultados dos índices de similaridade de Morisita calculado entre as classes de tamanho de *D. americana*. Apenas a classe 25-30 cm apresentou um alto grau de sobreposição com a classe 35-40 cm, enquanto teve uma sobreposição média com a classe de tamanho 45-50 cm. Um grau de sobreposição médio também foi obtido entre as classes 35-40 cm e 45-50 cm. Todas as demais comparações pareadas das classes de tamanho tiveram um baixo grau de sobreposição da dieta.

Tabela 3: Índices de similaridade de Morisita calculado entre as classes de tamanho de *Dasyatis americana*.

Classe de Tamanho	25-30cm	35-40cm	45-50cm	55-60cm	65-70cm
25-30cm	-				
35-40cm	0,925	-			
45-50cm	0,381	0,414	-		
55-60cm	0,005	0,059	0,093	-	
65-70cm	0,214	0,191	0,198	0,058	-

De acordo com os resultados da Análise de Agrupamento e do NMDS, baseado nos dados de cada indivíduo de *D. americana*, não foi observado nenhum padrão claro de agrupamento das classes de tamanho. Embora a Análise de Agrupamento tenha formado dois grandes grupos, estes incluíram uma grande variedade de indivíduos com diferentes comprimentos de disco (Figura 2a). Além disso, o NMDS não formou nenhum grupo claro de indivíduos de classes de tamanho similares (Figura 3a). No entanto, quando foram considerados os dados computados por classe de tamanho, observa-se que as duas menores classes foram agrupadas, assim como 45-50 cm e 65-70 cm, pela Análise de Agrupamento (Figura 2b). Enquanto nos resultados do NMDS, observa-se um grupo mais conciso formado pelas três menores classes de tamanho (Figura 3b).

Com base na tabela 1, observa-se que as três menores classes de tamanho foram agrupadas devido à presença exclusiva dos seguintes itens alimentares como conteúdo estomacal: poliquetos da família Cirratulidae e camarões das famílias Alpheidae e Processidae. Adicionalmente, os poliquetos da família Ophelidae foram encontrados apenas em estômagos de indivíduos pertencentes as classes 25-30 cm e 35-40 cm, enquanto os camarões da família Callinassidae e o filo Mollusca foram itens alimentares exclusivos das classes 35-40 cm e 45-50 cm. No entanto, observa-se na tabela 2 que as classes 45-50 cm e 65-70 cm possuem valores similares dos índices de diversidade e equitabilidade, o que pode ter levado à Análise de Agrupamento a colocar estas classes em conjunto, ao invés de agrupar a classe 45-50 cm com os dois menores tamanhos, como observado no gráfico do NMDS.

De acordo com os resultados obtidos pela Análise de Similaridade (ANOSIM), não foi encontrada nenhuma diferença significativa da composição da dieta entre as classes de tamanho ($R= 0,1562$; $p>0,05$).

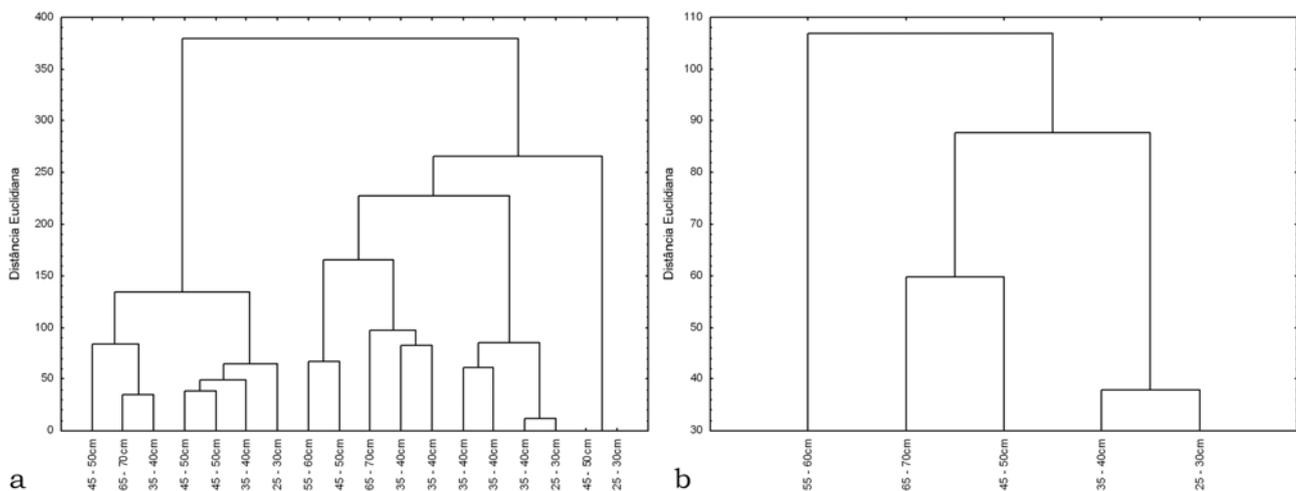


Figura 2: Relações de similaridade da dieta de *Dasyatis americana* como determinado pela Análise de Agrupamento, utilizando o método de amalgamação de Ward e a distância euclidiana. (a) resultado das relações entre cada indivíduo (representado por sua classe de tamanho); (b) resultado das relações entre as classes de tamanho computado com os dados agrupados.

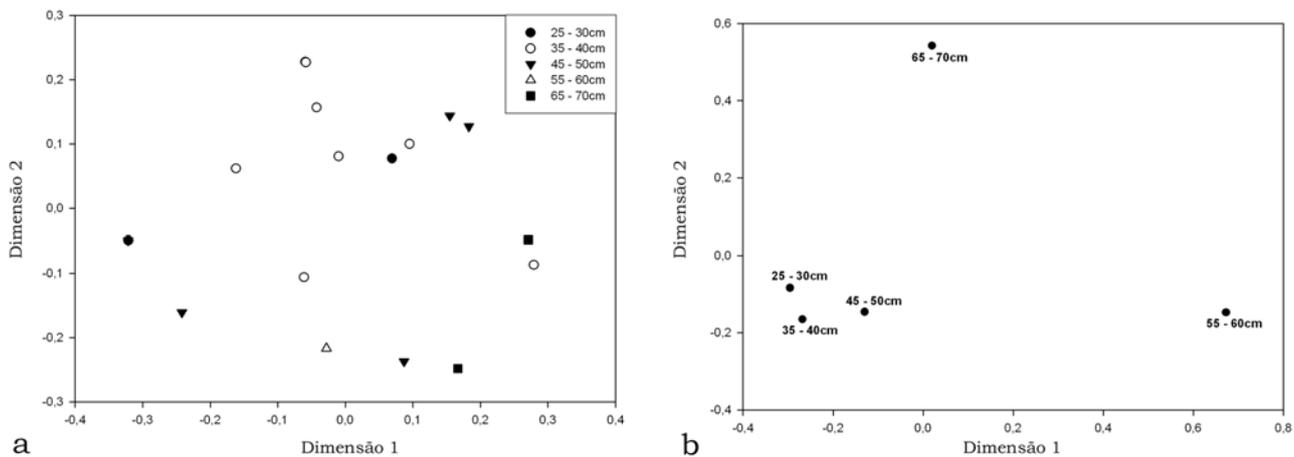


Figura 3: Ordenação gráfica em duas dimensões dos indivíduos (a – 0,2978 de stress) e das cinco classes de tamanho (b – 0,00001 de stress) de *Dasyatis americana* como determinado pela Análise Não-Métrica de Escalas Multidimensionais (NMDS), com base nos dados de abundância dos itens alimentares.

Relações entre Dieta e Disponibilidade de Presas

De acordo com as coletas de substrato, observa-se que a riqueza da macrofauna em grandes grupos taxonômicos foi maior do que a riqueza encontrada de grupos nos conteúdos estomacais. Além dos poliquetos, crustáceos, osteícties, hemicordados, moluscos e nemertinos, os seguintes táxons também foram coletados nas amostragens: picnogônidas, urocordados, cefalocordados, antipatários, ofiuróides e platelmintos. No entanto, estes grupos não foram incluídos nas análises quantitativas, uma vez que não foi possível identificá-los no nível de família. A tabela 4 e a figura 4 apresentam os valores de porcentagem numérica e de peso dos itens alimentares da raia prego e dos itens da macrofauna coletados nas amostras de substrato.

Aproximadamente 49% da riqueza total de famílias identificadas, considerando os itens alimentares e os itens de macrofauna, foram encontrados como conteúdo estomacal de indivíduos de *D. americana*. Com relação ao grupo dos crustáceos e dos poliquetos, respectivamente, a porcentagem das famílias consumidas pela raia prego foi próximo de 66% e 47%. Já este valor diminui para apenas 12% considerando as famílias de moluscos. As famílias de osteícties e hemicordados consumidas por indivíduos de *D. americana* contabilizam 100% da riqueza total, uma vez que estes grupos foram encontrados apenas como itens alimentares.

Tabela 4: Valores de porcentagem numérica e de peso dos itens alimentares de *Dasyatis americana* (N%, W%) e dos itens da macrofauna coletados nas amostras de substrato (N_p%, W_p%), calculados em grandes grupos taxonômicos e na categoria de família.

Filo	Família	N%	W%	N_p%	W_p%
Annelida - Polychaeta		45,38	15,58	84,86	23,65
	Amphinomidae	8,63	4,27	0,31	0,02
	Capitellidae	1,57	0,37	0,31	0,02
	Chrysopetalidae	-	-	0,61	0,04
	Cirratulidae	12,94	2,59	-	-
	Eunicidae	3,92	0,04	3,52	6,34
	Glyceridae	8,63	0,56	0,31	0,02
	Lumbrineridae	1,96	1,53	1,22	0,82
	Magelonidae	-	-	0,46	0,02
	Maldanidae	-	-	1,38	0,36
	Nereididae	-	-	13,15	8,22
	Ophelidae	1,18	0,00	54,43	3,93
	Orbiniidae	-	-	0,61	0,04
	Paraonidae	-	-	0,15	0,01
	Poecilochaetidae	-	-	0,15	0,01
	Sigalionidae	7,45	5,88	-	-
	Spionidae	-	-	7,95	3,77
	Syllidae	-	-	0,31	0,02
Arthropoda - Crustacea		43,08	49,48	10,70	36,36
	Alpheidae	5,10	1,24	2,60	1,85
	Ampithoidae	-	-	5,05	0,40
	Calapidae	0,78	4,32	-	-
	Callianassidae	0,78	4,52	-	-
	Cirolanidae	-	-	0,31	9,53
	Diogenidae	-	-	0,15	0,01
	Gonodactylidae	0,78	0,58	0,15	1,01
	Hippolytidae	0,39	0,00	0,31	0,01
	Lysiosquillidae	0,39	3,14	-	-
	Majidae	0,39	0,46	-	-
	Mithracidae	-	-	0,31	18,13
	Palaemonidae	0,39	0,27	-	-
	Palinuridae	0,39	0,34	-	-
	Penaeidae	2,75	1,21	-	-
	Porcellanidae	-	-	0,15	0,01
	Portunidae	4,31	21,02	0,15	0,56
	Processidae	22,75	1,65	0,61	0,91
	Pseudosquillidae	2,35	8,22	-	-
	Squillidae	0,39	1,40	-	-
	Synopiidae	-	-	0,31	0,01
	Xanthidae	-	-	0,61	3,93
Chordata - Osteichthyes		8,08	30,03	-	-
	Acanthuridae	3,14	9,00	-	-
	Holocentridae	0,78	7,98	-	-
	Labridae	0,39	0,17	-	-

	Opisthognathidae	3,14	12,21	-	-
	Scaridae	0,39	2,25	-	-
	Synodontidae	0,39	0,00	-	-
Hemichordata		2,69	4,45	-	-
	Ptychoderidae	2,75	4,35	-	-
Mollusca		0,77	0,46	4,43	39,99
	Cardidae	-	-	0,15	0,01
	Columbellidae	-	-	0,15	0,78
	Dentalidae	-	-	0,15	0,34
	Gadilidae	-	-	0,31	0,34
	Ischinchitonidae	-	-	1,07	2,04
	Lucinidae	-	-	0,15	1,90
	Marginellidae	-	-	0,15	0,01
	Mytilidae	-	-	0,31	1,46
	Nassariidae	-	-	0,31	1,35
	Naticidae	-	-	0,15	0,01
	Octopodidae	0,39	0,45	-	-
	Olividae	-	-	0,15	24,40
	Pectinidae	-	-	0,15	7,28
	Tellenidae	0,39	0,00	0,76	0,04
	Turbinidae	-	-	0,15	0,01
	Veneridae	-	-	0,31	0,02

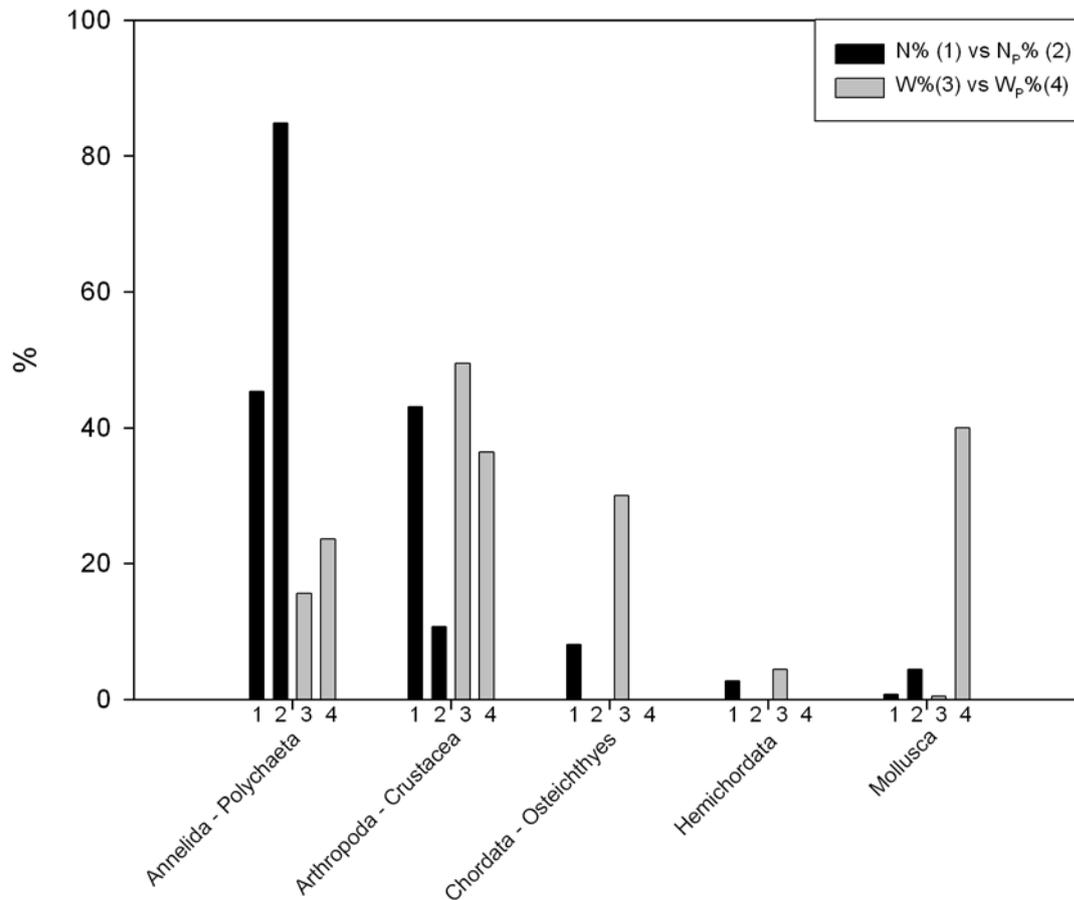


Figura 4: Valores de porcentagem numérica e de peso dos itens alimentares de *Dasyatis americana* (N%, W%) e dos itens da macrofauna coletados nas amostras de substrato (N_p%, W_p%), calculados em grandes grupos taxonômicos.

Os poliquetos foram o grupo mais abundante na amostragem da macrofauna e representam aproximadamente a metade dos itens consumidos pela raia prego. Com relação aos crustáceos, embora a abundância do grupo tenha sido baixa na amostragem da macrofauna, eles foram bastante comuns na dieta de *D. americana*. Os moluscos, por sua vez, não foram abundantes nem como itens da macrofauna, nem como conteúdo estomacal. No entanto, quando são considerados os dados de porcentagem de peso, essas relações se modificam. Os moluscos representam a maior porcentagem de peso nas amostragens da macrofauna, mas continuam apresentando valores baixos na dieta da raia prego. Os crustáceos contabilizam a maior porcentagem em peso no conteúdo estomacal dos indivíduos de *D. americana*, e também apresentam um alto valor nas amostragens da macrofauna. Os poliquetos, por sua vez, têm baixas frações de peso, tanto como macrofauna disponível, quanto como item alimentar.

Com relação aos valores calculados para a menor categoria taxonômica, os poliquetos das famílias Amphinomidae e Glyceridae, os caranguejos da família Portunidae e os camarões das famílias Alpheidae e Processidae foram bastante consumidos pela raia prego, mas foram raros nas amostras coletadas de macrofauna. Além disso, os poliquetos das famílias Cirratulidae e Sigalionidae e os peixes das famílias Acanthuridae, Holocentridae e Opistognatidae foram abundantes e contabilizaram uma grande fração em peso na dieta da raia prego, no entanto não foram coletados nas amostragens da macrofauna. Por outro lado, os poliquetos da família Ophelidae foram raramente observados no conteúdo estomacal dos indivíduos de *D. americana*, mas foram bastante abundantes nas amostras de macrofauna. Já os poliquetos das famílias Nereididae e Spionidae, além dos anfípodos da família Ampithoidae, não foram consumidos pela raia prego, porém foram abundantes nas amostras da macrofauna.

DISCUSSÃO

Com base nos resultados do presente estudo, indica-se que *D. americana* é um predador zoobentívoro com uma dieta bastante diversificada no Arquipélago de Fernando de Noronha. Indica-se também que a raia prego é claramente capaz de se alimentar de presas ativas, que compreendem principalmente os crustáceos, mas também os poliquetos e os peixes osteícties têm sua importância na dieta da espécie. Tendo em vista a grande variedade de itens alimentares encontrados como conteúdo estomacal, sugere-se que *D. americana* é um predador generalista e oportunista, e que possivelmente se alimenta das espécies da macrofauna mais comuns no ambiente bentônico. E, embora não tenha sido usado nenhum índice de preferência alimentar, a abordagem quali-quantitativa da relação entre a macrofauna bentônica e os itens alimentares de *D. americana* também reforça esta inferência.

Destaca-se que os resultados obtidos pelo presente trabalho estão de acordo com o conhecimento já disponível na literatura sobre a dieta da raia prego. Indica-se que muitos dos itens alimentares listados por GILLIAM & SULLIVAN (1993), que estudaram o conteúdo estomacal de *D. americana* nas Bahamas, são iguais aos descritos no presente estudo. No entanto, observa-se que a dieta da raia prego no Arquipélago de Fernando de Noronha é mais diversificada tanto em número de filos consumidos, quanto na riqueza de famílias. GILLIAM & SULLIVAN (1993) também indicaram os crustáceos como grupo dominante na dieta da raia prego, entretanto eles

encontraram os peixes teleósteos como o segundo item alimentar mais importante, ao invés dos poliquetos como no presente estudo. Os poliquetos foram considerados por estes autores como menos importantes na dieta de *D. americana* nas Bahamas. Já os moluscos foram considerados como um grupo pouco importante na dieta da raia prego tanto no presente estudo quanto por GILLIAM & SULLIVAN (1993). Com relação aos itens alimentares em menor categoria taxonômica, GILLIAM & SULLIVAN (1993) também apontaram os caranguejos da família Portunidae como um dos principais itens na dieta de *D. americana*, entretanto, os camarões da família Processidae não foram consumidos em grande abundância, como observado no presente estudo. Apesar de não terem acessado a disponibilidade de presas, GILLIAM & SULLIVAN (1993) também sugerem que a raia prego é um predador generalista e oportunista.

Ressalta-se ainda que os achados sobre a dieta de *D. americana* no Arquipélago de Fernando de Noronha igualmente estão de acordo com os resultados de outros trabalhos que investigaram superficialmente aspectos alimentares da espécie. BIGELOW & SCHROEDER (1953) observaram estomatópodos, caranguejos, camarões, moluscos bivalves, vermes marinhos e pequenos peixes como conteúdo estomacal de espécimes capturados na Flórida, Carolina do Norte (EUA) e Bimini (Bahamas). RANDALL (1967) encontrou peixes, sipunculas, estomatopodas, caranguejos, camarões, poliquetos, moluscos gastrópodes na dieta de indivíduos capturados nas Ilhas Virgens. SNELSON & WILLIAMS (1981) encontraram caranguejos, camarões e peixes teleósteos em raias coletadas na Flórida (EUA). Já STOKES & HOLLAND (1992) sugeriram que *D. americana* é um predador oportunista, baseados no fato de que os anfioxos encontrados em alta abundância no ambiente eram o principal item no conteúdo estomacal das raias. Destaca-se que a maioria dos itens alimentares descritos acima também foi identificada pelo presente estudo. Indica-se apenas que os anfioxos (identificados como Cephalochordata) foram encontrados em baixa abundância nas amostragens da macrofauna, e não foram consumidos por *D. americana* no Arquipélago de Fernando de Noronha, e o grupo dos sipunculas não foi observado nem como item alimentar, nem como item da macrofauna.

Da mesma forma, são encontrados resultados similares na literatura para outras espécies de raias do gênero *Dasyatis* estudadas no Brasil. Crustáceos, tais como camarões e caranguejos, foram itens comuns da dieta de *D. guttata* capturadas no estado da Bahia (CARQUEIJA *et al.*, 1995). Já estômagos de *D. guttata* coletadas no estado do Ceará continham holotúrias, moluscos bivalves e gastrópodes, camarões, caranguejos,

estomatópodas, isópodas, anfípodas, poliquetos, sipúnculas e peixes (SILVA *et al.*, 2001). Também baseado no conteúdo estomacal das raias capturadas no Ceará, o grupo dos crustáceos foi apontado como item mais importante na dieta (SILVA *et al.*, 2001). Adicionalmente, CARVALHO-NETA & ALMEIDA (2001) observaram que os caranguejos constituíram o principal item alimentar de indivíduos de *D. guttata* capturados no estado do Maranhão, além de terem identificado poliquetos, peixes, larvas de decápodes e priapúlidas no conteúdo estomacal destas raias. Os crustáceos foram também apontados como item alimentar mais importante na dieta de *D. colarensis* coletadas no estado do Pará (CHARVET-ALMEIDA *et al.*, 2008). Igualmente para essas raias são descritos como itens alimentares peixes ósseos, poliquetos e moluscos bivalves (CHARVET-ALMEIDA *et al.*, 2008). Com relação à literatura internacional, outros autores também encontraram resultados similares para a dieta de *D. centroura* (BULLIS & STRUHSAKER, 1961; HESS, 1961; STRUHSAKER, 1969), *D. chrysonota* (EBERT & COWLEY, 2003), *D. guttata* (THORSON, 1983), *D. sayi* (HESS, 1961) and *D. pastisnaca* (ISMEN, 2002).

Em se tratando dos aspectos ontogenéticos dos hábitos alimentares da raia prego no Arquipélago de Fernando de Noronha, indica-se que as classes de tamanho que agrupam indivíduos acima de 30cm de comprimento de disco apresentaram uma maior diversidade na dieta. Este resultado pode ser devido ao fato de que os indivíduos de *D. americana* começam a migrar para ambientes recifais mais profundos do arquipélago quando atingem um comprimento de disco entre 35 e 45cm (AGUIAR *et al.*, 2009). E, de uma maneira geral, os ambientes recifais são reconhecidos por serem complexos ecossistemas que sustentam uma grande diversidade de fauna, incluindo invertebrados bentônicos e peixes (LOWE-McCONNEL, 1999), que servem de presas para a raia prego. Por outro lado, os indivíduos menores de *D. americana* ocupam tipicamente áreas rasas de praia do arquipélago (AGUIAR *et al.*, 2009) e, portanto, essa distribuição deve refletir na menor diversidade na dieta destes animais quando comparados às raias de maior tamanho. No entanto, a maior diversidade na dieta foi encontrada para a classe de tamanho 45-50 cm, que inclui raias que podem ocupar ambos os ambientes (praias e regiões recifais), em especial os indivíduos com 45 cm de comprimento de disco (AGUIAR *et al.*, 2009). Dessa forma, acredita-se que os itens alimentares destas raias podem conter espécies de presas disponíveis nos dois ambientes, contribuindo assim para a alta diversidade alimentar desta classe de tamanho. Além disso, as raias desta classe intermediária de tamanho são frequentemente observadas em regiões arenosas

associadas a ambientes recifais (observação pessoal), as quais são reconhecidas por sustentar espécies de presas importantes na dieta de peixes em geral (DeFELICE & PARRISH, 2003). Todavia, indica-se que são necessárias mais amostragens do conteúdo estomacal de *D. americana* para confirmar estas inferências.

De acordo com resultados das análises de classificação e ordenação, não foram observados padrões claros de similaridade na dieta entre classes de tamanho, quando foram considerados os dados dos indivíduos de *D. americana* separadamente. Também não foram encontradas diferenças significativas na composição da dieta entre as classes de tamanho de *D. americana* no Arquipélago de Fernando de Noronha. Indica-se que estes resultados provavelmente refletem a grande diversidade de itens alimentares encontrados como conteúdo estomacal dos indivíduos. No entanto, quando foram considerados os dados agrupados em classes, observou-se claramente a formação de um grupo composto pelos menores tamanhos. Portanto, as raias menores e mais jovens, que ocorrem nas regiões de praia, apresentam uma maior similaridade na dieta entre si, do que com seus congêneres maiores e mais velhos, que ocupam ambientes recifais e possuem uma maior diversidade alimentar. Ressalta-se que estes achados corroboram com a hipótese de que as mudanças ontogenéticas no uso do habitat de *D. americana* no Arquipélago de Fernando de Noronha resultam em alterações dos hábitos alimentares dos indivíduos, diminuído assim a competição por recurso alimentar entre jovens e adultos como sugerido por AGUIAR *et al.* (2009).

Resultados similares aos do presente estudo são encontrados na literatura também para *D. crysonota*. De acordo com EBERT & COWLEY (2003), *D. crysonota* ocupa diferentes habitats durante seu ciclo de vida e seus itens alimentares variam consideravelmente entre indivíduos de diferentes classes de tamanho. A idéia de que a segregação por habitat influencia os hábitos alimentares das espécies também já foi sugerida para outros elasmobrânquios (*e.g.* CASTRO, 1993; SIMPFENDORFER & MILWARD, 1993). Alguns estudos indicam que as alterações alimentares ocorrem quando estes animais se deslocam de suas áreas berçário para ambientes mais profundos, e sugerem também que essa mudança diminui a competição intraspecífica por alimento entre indivíduos de diferentes faixas etárias (*e.g.* WETHERBEE *et al.*, 1990; LOWE *et al.*, 1996; LUCIFORA *et al.*, 2008). Todavia, ressalta-se que a relação direta entre a dieta da raia prego e o tipo de habitat ocupado e a hipótese de competição ontogenética no Arquipélago de Fernando de Noronha devem ser testadas com um delineamento amostral específico. Observa-se ainda que mudanças ontogenéticas na

dieta das espécies também podem ser consequência de limitações morfológicas (*e.g.* abertura de boca) ou diferentes habilidades de caça entre os indivíduos (SMITH & MERRINER, 1985; LOWE *et al.*, 1996; EBERT, 2002; EBERT & COWLEY, 2003; LUCIFORA *et al.*, 2008). Além disso, à medida que os indivíduos crescem e se tornam sexualmente maduros, suas necessidades energéticas também aumentam e, como consequência, espera-se que ocorra normalmente uma mudança quali-quantitativa na dieta (PITCHER, 1993; LUCIFORA *et al.*, 2008).

Destaca-se ainda que o presente trabalho é a primeira tentativa de se estudar em detalhes a dieta de *D. americana* em águas brasileiras e é um dos poucos estudos na literatura mundial a investigar os hábitos alimentares da espécie. Embora o tamanho amostral tenha sido limitado, os resultados apresentados em detalhes permitiram a formulação de algumas conclusões, principalmente com relação à característica oportunista e diversificada da dieta de que *D. americana* no Arquipélago de Fernando de Noronha. Chama-se atenção também para o fato de que *D. americana* está listada como em “risco de declínio” para as regiões Norte e Nordeste do Brasil (SBEEL, 2005) e, desta forma, os resultados do presente estudo também podem ser utilizados como informações importantes em programas de conservação da espécie, uma vez que agregam dados básicos sobre sua biologia alimentar. Adicionalmente, o presente estudo indicou algumas tendências com relação às diferenças ontogenéticas na dieta de *D. americana* no Arquipélago de Fernando de Noronha, no entanto os mecanismos que regulam estas mudanças ainda não estão esclarecidos. Por fim, é sugerido que *D. americana* tem um papel importante como um grande predador no ecossistema marinho do arquipélago. E, tendo em vista que a raia prego apresenta uma dieta oportunista e diversificada, a espécie pode atuar diretamente no controle populacional da macrofauna bentônica no Arquipélago de Fernando de Noronha, em especial dos invertebrados.

REFERENCIAS

AGUIAR, A. A., 2005, *Estrutura e Densidade Populacional e Uso do Habitat por *Dasyatis americana* Hildebrand and Schroeder (1928) (Chondrichthyes: Dasyatidae) no Arquipélago de Fernando de Noronha, Brasil*. Dissertação de M.Sc., Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, PB, Brasil.

- AGUIAR A. A., VALENTIN J. L., ROSA R. S., 2009, "Habitat use by *Dasyatis americana* in a south-western Atlantic oceanic island", *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, v. 89, n. 6, pp. 1147-1152.
- BIGELOW, H. B., SCHROEDER, W. C., 1953, "Fishes of the Western North Atlantic. Sawfishes, guitarfishes, skates and rays", *Memoirs Sears Foundation Marine Research*, v. 1, pp. 1-558.
- BULLIS, H. R., STRUHSAKER, K. P., 1961, "Life history notes on the rough-tail stingray, *Dasyatis centroura* (Mitchill)", *Copeia*, v. 2, pp. 232 – 234.
- CARQUEIJA, C. R. G., SOUZA-FILHO, J. J., GOUVÊA, E. P., QUEIROZ, E. L., 1995, "Decápodos (Crustácea) utilizados na alimentação de *Dasyatis guttata* (Bloch & Schneider) (Elasmobranchii, Dasyatidae) na área de influência da Estação Ecológica Ilha do Medo, Baía de Todos os Santos, Bahia, Brasil", *Revista Brasileira de Zoologia*, v. 12, pp. 833-838.
- CARVALHO-NETA, R. N. F., ALMEIDA, Z. S., 2001, "Aspectos da alimentação de *Dasyatis guttata* (Elasmobranchii, Dasyatidae) na costa maranhense", *Boletim do Laboratório de Hidrobiologia*, v. 14/15, pp. 77-98.
- CASTRO, J. I., 1993, "The shark nursery of Bulls Bay, South Carolina, with a review of the nurseries of the southeastern coast of the United States", *Environmental Biology of Fishes*, v. 38, pp. 37-48.
- CHARVET-ALMEIDA, P., LINS, P. M. O., ALMEIDA, M. P., 2008, "Diet Composition of the Whiptail Stingray *Dasyatis colarensis* Santos, Gomes & Charvet-Almeida, 2004 (Chondrichthyes: Dasyatidae) in the Colares Island Region, Para, Brazil", *Arquivos de Ciências do Mar*, v. 41, pp. 29-33.
- CORTÉS, E., 1997, "A critical review of methods of studying fish feeding based on analysis of stomach contents: application to elasmobranch fishes". *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, v. 54, pp. 726-738.
- CROSS, R. E., CURRAN, M. C., 2004, "Recovery of Meiofauna in Intertidal Feeding Pits Created by Rays", *Southeastern Naturalist*, v. 3, pp. 219-230.
- DeFELICE, R. C., PARRISH, J. D., 2003, "Importance of benthic prey for fishes in coral reef-associated sediments", *Pacific Science*, v. 57, n. 4, pp. 359-384.
- EBERT, D. A., 2002, "Ontogenetic changes in the diet of the sevengill shark (*Notorynchus cepedianus*)", *Marine Freshwater Research*, v. 53, pp. 517-523.

- EBERT, D. A., COWLEY, P. D., 2003, "Diet, feeding and habitat utilization of the blue stingray *Dasyatis chrysonota* (Smith, 1828) in South African waters", *Marine Freshwater Research*, v. 54, pp. 957-965.
- ESTON, V. R., MIGOTTO, A. E., OLIVEIRA FILHOS, E. C., RODRIGUES, S. A., FREITAS, J. C., 1986, "Vertical Distribution of Benthic Marine Organisms on Rocky Coasts of Fernando de Noronha Archipelago (Brazil)", *Boletim do Instituto de Oceanografia da Universidade de São Paulo*, v. 34, pp. 37-53.
- GILLIAM, D., SULLIVAN, K. M., 1993, "Diet and feeding habits of the southern stingray *Dasyatis americana* in the Central Bahamas", *Bulletin of Marine Science*, v. 52, n. 3, pp. 1007-1013.
- HACUNDA, J. S., 1981, "Trophic relationships among demersal fishes in a coastal area of the Gulf of Maine", *Fishery Bulletin*, v. 79, pp. 775-788.
- HAMMER, O., HARPER, D. A. T., RYAN, P. D. **PAST: Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis.** *Palaeontologia Electronica*: 4 (1), 2007. Disponível em: <http://palaeo-electronica.org/2001_1/past/issue1_01.htm 2001>.
- HESS, P. W., 1961, "Food habit of two dasyatid rays in Delaware Bay", *Copeia*, v. 2, pp. 239-241.
- HINES, A. H., WHITLATCH, R. B., THRUSH, S. F., DAYTON, P. K., HEWITT, J., CUMMINGS, V., LEGENDRE, P., 1997, "Nonlinear foraging response of a large marine predator to benthic prey: eagle ray pits and infaunal bivalves in a New Zealand sandflat", *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, v. 216, pp. 191-210.
- HYNES, H. B. N., 1950, "The food freshwater 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, pp. 36-58.
- HYSLOP, E. J., 1980, "Stomach contents analysis: a review of methods and their application", *Journal of Fish Biology*, v. 17, pp. 411-429.
- ISMEN, A., 2002, "Age, growth, reproduction and food of common stingray (*D. pastinaca* L., 1758) in Iskenderun Bay, the eastern Mediterranean", *Fisheries Research*, v. 1403, pp. 1 – 8.
- KREBS, C. J., 1999, *Ecological Methodology*. 2 ed., Menlo Park, Benjamin/Cummings Publishers.

- LANGTON, R. S., 1982, "Diet overlap between the Atlantic cod, *Gadus morhua*, silver hake, *Merluccius bilinearis* and fifteen other northwest Atlantic finfish", *Fish Bulletin*, v. 80, pp. 745–759.
- LOWE, C. G., WETHERBEE, B. M., CROW, G. L., TESTER, A. L., 1996, "Ontogenetic dietary shifts and feeding behavior of the tiger shark, *Galeocerdo cuvier*, in Hawaiian waters", *Environmental Biology of Fishes*, v. 47, pp. 203-211.
- LOWE-McCONNEL, R. H., 1999, *Estudos Ecológicos de Comunidades de Peixes Tropicais*. Vazzoler, A. E. A. M., Agostinho, A. A., Cunnhingam, P. T. M. (trad.). São Paulo, Editora da Universidade de São Paulo.
- LUCIFORA, L. O., GARCIA, V. B., MENNI, R. C., ESCALANTE, A. H., HOZBOR, N. M., 2008, "Effects of body size, age and maturity stage on diet in a large shark: ecological and applied implications", *Ecological Research*, v. 24, pp. 109-118.
- MENNI, R. C., STEHMANN, F. W., 2000, "Distribution, environment and biology of batoid fishes off Argentina, Uruguay and Brazil. A review", *Revista del Museo Argentino de Ciencias Naturales Bernardino Rivadavia, n.s.*, v. 2, n. 1, pp. 69-109.
- PITCHER, T. J., 1993, *Behaviour of teleosts fishes*. 2 ed. London, Chapman & Hall.
- RANDALL, J. E., 1967, "Food habits of reef fishes of West Indies", *Studies in Tropical Oceanography*, v. 5, pp. 665-847.
- SBEEL, 2005, *Plano Nacional de Ação para a Conservação e o Manejo dos Estoques de Peixes Elasmobrânquios no Brasil*. Recife, Brasil, SBEEL.
- SILVA, G. B., BASÍLIO, T. H., NASCIMENTO, F. C. P., FONTELES –FILHO, A. A., 2007, "Size at first sexual maturity of the sting rays *Dasyatis guttata* and *Dasyatis americana*, off Ceara State", *Arquivos de Ciências do Mar*, v. 40, n. 2, pp. 14–18.
- SILVA, G. B., VIANA, M. S. R., FURTADO-NETO, M. A. A, 2001, "Morfologia e Alimentação da Raia *Dasyatis guttata* (Chondrichthyes: Dasyatidae) na Enseada do Mucuripe, Fortaleza, Ceará", *Arquivos de Ciência do Mar*, v. 34, pp. 67–75.
- SIMPFENDORFER, C. A, MILWARD, N. E, 1993, "Utilisation of a tropical bay as a nursery area by sharks of the families Carcharhinidae and Sphyrnidae", *Environmental Biology of Fishes*, v. 37, pp. 337-345.
- SMITH, J. W., MERRINER, J. V., 1985, "Food habits and feeding behavior of the cownose ray, *Rhinoptera bonasus* in Lower Chesapeake Bay", *Estuaries*, v. 8, pp. 305-310.

- SNELSON, F. F., WILLIAMS, S. E., 1981, "Notes on the occurrence, distribution, and biology of elasmobranch fishes in the Indian River lagoon system, Florida", *Estuaries*, v. 4, pp.110-120.
- SOTO, J. M. R., 2001, "Peixes do Arquipélago de Fernando de Noronha", *Mare Magnum*, v. 1, pp. 147–169.
- STATSOFT, INC. **Electronic Statistics Textbook**. Tulsa: StatSoft, 2007. Disponível em: <<http://www.statsoft.com/textbook/stathome.html>>.
- STOKES, M. D., HOLLAND, N. D., 1992. "Southern stingray (*Dasyatis americana*) feeding on lancelets (*Brachiostoma floridae*)", *Journal of Fish Biology*, v. 41, pp. 1043 – 1044.
- STRUHSAKER, P., 1969, "Observations on the biology and distribution of the thorny stingray, *Dasyatis centroura* (Pisces: Dasyatidae)", *Bulletin of Marine Science*, v. 19, n. 2, pp. 456 – 481.
- TEIXEIRA, W., CORDANI, U. G., MENOR, E. A., 2003, "Caminhos do Tempo Geológico". In: Linsker, R. (ed), *Arquipélago de Fernando de Noronha o Paraíso do Vulcão*. São Paulo, Brasil, Terra Virgem Editora.
- THORSON, T. B., 1983, "Observations on the morphology, ecology and life history of the euryhaline stingray, *Dasyatis guttata* (Bloch and Schneider) 1801", *Acta Biologica Venezuelana*, v. 11, n. 4, pp. 95 – 125.
- WALKER, T., 2000, *Fisheries management. Conservation and management of sharks*. Rome, Fao Technical Guidelines for Responsible Fisheries, no 4 supply 1.
- WETHERBEE, B. M., CORTES, E., 2004, "Food Consumption and Feeding Habits". In: Carrier, J. C., Musick, J. A., Heithaus, M. R. (eds). *Biology of Sharks and Their Relatives*, Boca Raton, USA, CRC Press LLC.
- WETHERBEE, B. M., GRUBER, S. H., CORTES, E., 1990, "Diet, Feeding Habits, Digestion, and Consumption in Sharks, with Special Reference to the Lemon Shark, *Negaprion brevirostris*". In: Pratt, H. L., Gruber, S. H., Taniuchi, T. (eds), *Elasmobranchs as Living Resources: Advances in the Biology, Ecology, Systematics, and the Status of the Fisheries*, Springfield, USA, NOAA Technical Report NMFS90.
- YOKOTA, L., LESSA, R. P., 2006, "A nursery area for sharks and rays in Northeastern Brazil", *Environmental Biology of Fishes*, v. 75, pp. 349 – 360.

Capítulo 4

Variação Ontogenética na Biologia e
Ecologia Alimentar da Raia Prego, *Dasyatis*
americana, Hildebrand & Schroeder, 1928
(Chondrichthyes: Dasyatidae) e sua Relação
com Uso do Habitat no Arquipélago de
Fernando de Noronha

**VARIAÇÃO ONTOGENÉTICA NA BIOLOGIA E ECOLOGIA ALIMENTAR
DA RAIÁ PREGO, *DASYATIS AMERICANA*, HILDEBRAND &
SCHROEDER, 1928 (CHONDRICHTHYES: DASYATIDAE)
E SUA RELAÇÃO COM USO DO HABITAT NO
ARQUIPÉLAGO DE FERNANDO DE NORONHA**

Aline Augusto Aguiar^{1,2}, *Pedro Peres-Neto*³ & *Jean Louis Valentin*^{1,2}

¹ Universidade Federal do Rio de Janeiro, Instituto de Biologia, Centro de Ciências da Saúde, Departamento de Ecologia, Programa de Pós-Graduação em Ecologia, Ilha do Fundão, Rio de Janeiro, RJ, Brasil. CEP: 21.941-590.

² Universidade Federal do Rio de Janeiro, Instituto de Biologia, Centro de Ciências da Saúde, Departamento de Biologia Marinha, Ilha do Fundão, Rio de Janeiro, RJ, Brasil. CEP: 21.941-590.

³ Université du Québec à Montréal, Département des Sciences Biologiques, C.P. 8888, Succursale Centre-ville, Montréal, Québec, Canada H3C 3P8

RESUMO

A raia prego, *Dasyatis americana*, apresenta uma mudança ontogenética no seu uso do habitat no Arquipélago de Fernando de Noronha, a qual aparentemente resulta em alterações de seus hábitos alimentares e estratégias de forrageamento. No presente estudo, testamos se o comportamento alimentar e a dieta de *D. americana*, durante sua ontogenia no Arquipélago de Fernando de Noronha, são independentes do tipo de habitat ocupado, assim como do tamanho dos indivíduos. Uma versão estendida do método “Fourth Corner Problem” foi aplicada para testar a relação entre as propriedades biológicas e variáveis ambientais, enquanto a Análise de Correspondência e o método de Regressão Linear foram utilizados para acessar as relações entre as propriedades biológicas e o tamanho das raias. São discutidos também alguns possíveis fatores que mediam os padrões de uso do habitat da raia prego no arquipélago. Foi revelada a existência de uma relação direta entre a ocorrência dos comportamentos de forrageamento e a dieta de *D. americana* e características do ambiente. Indica-se também que os padrões de ocorrência destas propriedades biológicas acompanham a mudança ontogenética no uso do habitat das raias prego no Arquipélago de Fernando de Noronha. Adicionalmente, observa-se que a relação entre a dieta e ambiente é menor do

que a relação entre o comportamento das raias e ambiente. É sugerido por fim que os comportamentos de forrageamento e tipo de dieta da raia prego não agem como filtros mediando o uso do habitat da espécie. E, apesar de ainda existirem muitas questões sobre quais são as causas envolvidas no padrão do uso do habitat da raia prego, o presente estudo ressalta a importância do ambiente como fator influenciando a população de *D. americana* no Arquipélago de Fernando de Noronha.

Palavras-chave: propriedades biológicas, ambiente, método do “Fourth-Corner Problem”, Elasmobranchii, ilha oceânica

ABSTRACT

The southern stingray, *Dasyatis americana*, displays an ontogenetic shift in its habitat use at Fernando de Noronha Archipelago, which likely results in changes in feeding habits and foraging strategies. In the present work, we test if the foraging behavior and diet of the southern stingray are independent of the habitat occupied and the size of the individuals during their ontogeny at Fernando de Noronha Archipelago. An extended version of the Fourth-Corner Problem method was used to test the relationship between the biological traits and environment, while the Correspondence Analysis and Linear Regression were applied to assess the traits-stingray size relationship. In addition, we also provide insights on the factors mediating the habitat use patterns of the southern stingray at the archipelago. It was revealed that a direct relationship exists between the occurrence of the foraging behaviors and diet of *D. americana* and environmental features and that these species trait patterns accompany the habitat use shifts during its ontogeny at Fernando de Noronha Archipelago. Furthermore, it is indicated that the diet-environment relationship is lower than the behavior-environment relationship. In addition, it is suggested that the foraging behaviors and diet do not act filtering the species habitat use and, although there are still many questions concerning the causes of *D. americana* habitat use, the present work reinforces the relevance of the environment as a key factor influencing the southern stingray population at Fernando de Noronha Archipelago.

Keywords: biological trait, environment, Fourth-Corner Problem Method, Elasmobranchii, oceanic island

INTRODUÇÃO

No presente estudo, são discutidas as relações entre os hábitos alimentares da raia prego, *Dasyatis americana*, Hildebrand & Schroeder, 1928, e o tamanho dos indivíduos e os padrões de uso do habitat da espécie durante sua ontogenia no Arquipélago de Fernando de Noronha. *D. americana* é uma raia de hábitos bentônicos normalmente encontrada em águas rasas e costeiras das regiões tropicais e subtropicais do Atlântico Oeste, incluindo algumas ilhas tropicais oceânicas como o Arquipélago de Fernando de Noronha (BIGELOW & SCHROEDER, 1953; MENNI & STEHMANN, 2000; SOTO, 2001). Neste arquipélago, um estudo recente revelou que existe uma mudança no uso do habitat durante a ontogenia de indivíduos de *D. americana* (AGUIAR *et al.*, 2009). As raias prego jovens de pequeno tamanho ocupam tipicamente regiões rasas de praia com fundo de areia. Já os indivíduos adultos e maiores são observados principalmente em águas mais profundas de regiões com características recifais. Adicionalmente, raias pertencentes a uma classe intermediária são encontradas em ambos os ambientes, possivelmente indicando a faixa de tamanho na qual ocorre a mudança do habitat dos indivíduos de *D. americana* (AGUIAR *et al.*, 2009). Os autores também sugerem que esta mudança ontogenética provavelmente causa alterações nos hábitos alimentares e estratégias de forrageamento da espécie e, conseqüentemente, diminui a competição por recurso alimentar entre jovens e adultos. De acordo com estudos antecedentes focando a população de *D. americana* no Arquipélago de Fernando de Noronha, algumas tendências com relação a diferenças ontogenéticas na dieta e no comportamento de forrageamento dos indivíduos foram reveladas (AGUIAR *et al.*, *submetido; in prep.*). As raias mais jovens, que ocorrem nas regiões de praia, apresentam uma maior similaridade na dieta entre si, do que com seus congêneres mais velhos, que ocupam ambientes recifais e possuem uma maior diversidade alimentar (AGUIAR *et al.*, *submetido*). Foi observado também que os comportamentos de forrageamento de *D. americana* são aparentemente relacionados ao tamanho das raias e tipo de ambiente e substrato no qual os indivíduos forrageiam. No entanto, é sugerido que as performances dos comportamentos de *D. americana* são mais dependentes de condições ambientais do que uma aptidão intrínseca de indivíduos de diferentes tamanhos (AGUIAR *et al.*, *in prep.*).

A segregação espacial ontogenética é uma característica comumente relatada para os elasmobrânquios, e alguns autores indicam também que as alterações no uso do habitat influenciam diretamente os hábitos alimentares de muitas espécies (*e.g.*

CASTRO, 1993; SIMPFENDORFER & MILWARD, 1993). As alterações alimentares possivelmente ocorrem quando estes animais se deslocam de suas áreas berçário para ambientes mais profundos (LOWE *et al.*, 1996; LUCIFORA *et al.*, 2008). Entretanto, sabe-se que as mudanças ontogenéticas na dieta das espécies também podem ser consequência de limitações morfológicas (*e.g.* abertura de boca) ou diferentes habilidades de caça entre os indivíduos (LOWE *et al.*, 1996; EBERT, 2002; EBERT & COWLEY, 2003; LUCIFORA *et al.*, 2008). Apesar de haver na literatura algumas descrições de alterações na dieta entre elasmobrânquios de diferentes classes de tamanho, idade ou estágio de maturação, o uso de análises que abordam diretamente a relação entre estas mudanças e o uso do habitat durante a ontogenia dos indivíduos não é comum. Observa-se que alguns estudos relacionam os padrões de movimentação e atividades de forrageamento das espécies com a disponibilidade de presas ou algumas variáveis ambientais, porém sem fazer comentários sobre mudanças ontogenéticas (*e.g.* SIMS & QUAYLE 1998, SIMS 1999, KLIMLEY *et al.* 2001, HEITHAUS *et al.* 2002, HEUPEL & HUETER 2001, SIMS 2003, SIMPFENDORFER & HEUPEL 2004). Percebe-se também que normalmente as pesquisas focam isoladamente os aspectos alimentares das espécies ou apenas fazem inferências indiretas sobre a relação destes com os padrões de uso do habitat (*e.g.* HEITHAUS *et al.* 2002; EBERT & COWLEY, 2003).

Ressalta-se que o entendimento das relações entre características dos habitats nos quais as espécies ocorrem e suas propriedades biológicas é necessário especialmente no âmbito da ecologia preditiva, quando se quer saber se espécies com certas propriedades irão perdurar sob uma gama definida de condições ambientais (RIBERA *et al.*, 2001). Estas relações são conhecidas por serem uma mistura complexa dos efeitos de fatores ecológicos locais com a história evolutiva das espécies e a fauna regional (RIBERA *et al.*, 2001). Além disso, o conhecimento sobre a relação entre habitat e propriedades biológicas pode ser utilizado também para prever as respostas dos organismos à variações e distúrbios ambientais (*e.g.* RIBERA *et al.*, 2001). Portanto, considera-se que além de descrever os hábitos alimentares das espécies, existe um grande apelo para endereçar se estes aspectos biológicos são dependentes do uso do habitat das espécies.

Em se tratando da população de *D. americana* no Arquipélago de Fernando de Noronha, muitos fatores isolados ou combinados podem estar agindo modelando os padrões de uso do habitat da espécie, tais como filtros ambientais (*e.g.* complexidade do substrato, riqueza, disponibilidade ou valor energético de presas), características intrínsecas da espécie (*e.g.* necessidades energéticas, habilidades de caça e morfologia), interações específicas (*e.g.* presença de predadores e competição intraspecífica). Portanto, pesquisas que esclareçam se o comportamento alimentar e a dieta de *D. americana* no Arquipélago de Fernando de Noronha são diretamente relacionadas às mudanças ontogenéticas no seu uso do habitat, podem fornecer também informações preliminares sobre quais fatores influenciam os padrões de distribuição da espécie no arquipélago. Dados desta natureza são de grande importância uma vez que podem ser usados em programas de conservação e biomonitoramento da raia prego e de seus habitats no Arquipélago de Fernando de Noronha. Destaca-se que o conhecimento sobre *D. americana* e seus habitats em águas brasileiras é necessário haja vista que o status populacional da espécie está listado como “em risco de declínio” para as regiões Norte e Nordeste do Brasil (SBEEL, 2005). De acordo com o Plano de Ação Internacional para os Tubarões (IPOA – *Sharks*), a conservação de elasmobrânquios depende, em parte, de estudos sobre a biologia e ecologia básica das espécies e de seus habitats críticos (*e.g.* áreas de alimentação e berçários; WALKER, 2000). Ressalta-se também que as praias rasas do Arquipélago de Fernando de Noronha podem ser consideradas como áreas berçário para os indivíduos jovens de *D. americana*, e as regiões recifais mais profundas como áreas de alimentação para as raias adultas (AGUIAR *et al.*, 2009).

No presente trabalho, é testado estatisticamente se o comportamento de forrageamento e a dieta de *D. americana*, durante sua ontogenia no Arquipélago de Fernando de Noronha, são independentes do habitat ocupado e do tamanho dos indivíduos. Adicionalmente, baseadas nas relações entre propriedades biológicas, ambiente e tamanho das raias, são disponibilizadas informações preliminares sobre quais fatores podem estar mediando os padrões de uso do habitat da raia prego na área de estudo.

MATERIAIS E MÉTODOS

Os dados foram amostrados no Arquipélago de Fernando de Noronha ($3^{\circ}54'S$, $32^{\circ}25'O$) entre os anos de 2004 e 2008. O arquipélago compreende uma área de 26 km^2 e está localizado aproximadamente 345km de distância do litoral nordeste do Brasil, na região tropical do Oceano Atlântico Sul (detalhes da região podem ser obtidos em ESTON *et al.*, 1986; TEIXEIRA *et al.*, 2003). Sete localidades de amostragem foram escolhidas levando em consideração as áreas nas quais as raias são normalmente observadas em atividade de forrageamento (AGUIAR, 2005), bem como as condições de mar (presença de onda e ventos fortes) e a logística (Figura 1). Os locais variaram entre ambientes de praias, regiões arenosas associadas a ambientes recifais, e ambientes recifais com substrato composto principalmente por cascalho, tufo de macroalgas e algas calcárias, e com profundidades entre 0,5 a 30 metros. As amostragens foram realizadas durante horários do dia de acordo com o conhecimento prévio sobre o período de maior atividade alimentar de *D. americana* (GILLIAM & SULLIVAN, 1993; AGUIAR, 2005).

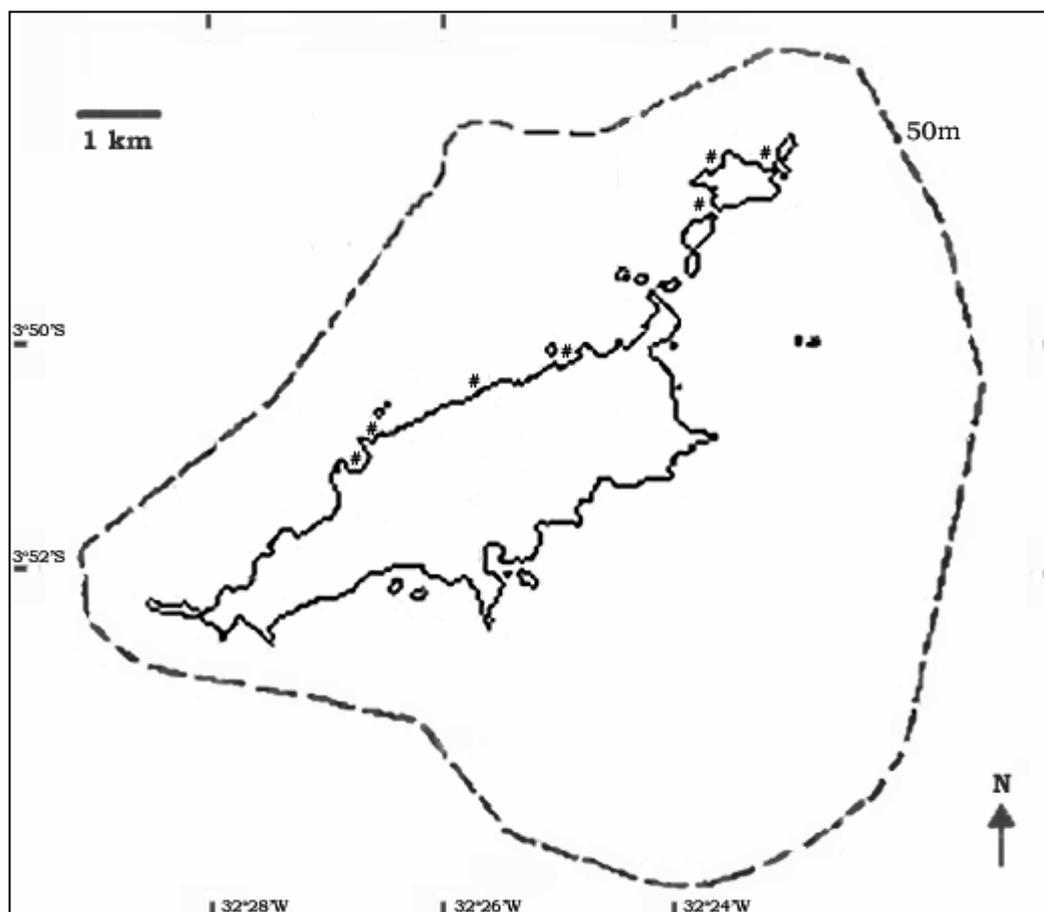


Figura 1: Mapa do Arquipélago de Fernando de Noronha com a localização dos pontos de amostragem (Modificado de AGUIAR *et al.*, 2009). Linha tracejada delimita a isóbata de 50m; # indica os locais de amostragem.

Relação entre propriedades biológicas x preditores ambientais e espaciais

Para testar a significância da relação entre as propriedades biológicas (comportamentos de forrageamento e composição da dieta) de *D. americana* no Arquipélago de Fernando de Noronha e os preditores ambientais e espaciais, foi utilizado pelo presente estudo uma versão estendida do método “Fourth-Corner Problem” (PERES-NETO *et al.*, *in prep.*). LEGENDRE *et al.* (1997) primeiro descreveram o método “Fourth-Corner Problem” em 1997 objetivando medir e testar diretamente a relação entre propriedades biológicas e variáveis ambientais, no nível de comunidade, utilizando dados de presença e ausência das espécies. Esta técnica foi então revisada por DRAY & LEGENDRE (2008) para lidar com dados de abundância das espécies e testar a significância da relação entre propriedade biológica e ambiente através de estatística multivariada. A versão estendida do método, proposta por PERES-NETO *et al.* (*in prep.*), vai além e permite estimar o papel das variáveis preditoras na explicação tanto das médias das propriedades biológicas das espécies por local, como no método original, quanto de seus desvios padrões. Adicionalmente, esta versão permite acessar a influência da distribuição espacial dos locais de amostragem sobre as propriedades biológicas das espécies, além de usar um esquema de variância particionada, que permite estimar a contribuição de cada grupo de preditores considerados na análise. O método estendido também gera uma saída gráfica tridimensional que representa as propriedades biológicas das espécies, os locais de amostragem e as variáveis preditoras sobrepostas, facilitando a interpretação dos dados (PERES-NETO *et al.*, *in prep.*).

No presente estudo, para acessar a relação entre as propriedades biológicas (comportamentos de forrageamento e dieta) da raia prego e os preditores ambientais e espaciais, os dados dos indivíduos de *D. americana* foram agrupados nas seguintes classes de comprimento de disco: $\leq 20\text{cm}$; 25-30cm; 35-40cm; 45-50cm; 55-60cm; 65-70cm; $\geq 75\text{cm}$. Estas classes de tamanho foram estabelecidas considerando o padrão das alterações ontogenéticas no uso do habitat da raia prego na área de estudo, como apresentado por AGUIAR *et al.* (2009), e também visto que foram utilizadas medidas discretas do comprimento do disco das raias com intervalos de cinco centímetros, como descrito a seguir. Indica-se, ainda, que as duas classes extremas não foram utilizadas na análise dos dados de dieta devido à falta de amostras. Para as análises, os dados foram organizados em um conjunto principal de tabelas da seguinte forma:

Tabela A ($n \times s$), contendo abundância das raias por s classes de tamanho em n locais de amostragem. Os dados de abundância de *D. americana* foram amostrados através de censos visuais subaquáticos em Maio, Julho, Setembro de 2004, Setembro de 2006, Junho a Agosto de 2007 e Julho a Agosto de 2008. Através do método de busca intensiva, um mergulhador seguiu um transecto aleatório em velocidade constante cobrindo uma área não sobreposta e registrando todas as avistagens de indivíduos de *D. americana*. Durante as amostragens, o comprimento do disco das raias avistadas era estimado com uma régua em forma de “T”, graduada em intervalos de cinco centímetros, como descrito por AGUIAR *et al.* (2009). Nesta tabela, cada censo visual foi considerado como linhas e as respectivas abundâncias dos indivíduos de *D. americana* foram agrupadas em colunas referentes às classes de tamanho. Os censos sem avistagem de raias foram excluídos para fins de análise.

Tabela T ($g \times s$), descrevendo g propriedades biológicas por s classes de tamanho de *D. americana*. Os dados de conteúdo estomacal de *D. americana* usados nesta tabela foram coletados por AGUIAR *et al.* (*submetido*) em Agosto de 2008, objetivando acessar a dieta da raia prego no Arquipélago de Fernando de Noronha. As g variáveis biológicas consideradas aqui são os índices de importância relativa em porcentagem dos itens alimentares (na categoria taxonômica de família e em grandes grupos) (IRI%), o complemento do índice de diversidade de Simpson ($1-D_{2T}$), o índice de equitabilidade de Simpson ($E_{1/DT}$) e o índice de largura de nicho de Levin estandardizado ($B\lambda$) na dieta da raia prego. Todos os dados utilizados nesta tabela foram valores calculados por classe de tamanho das raias (s) (AGUIAR *et al.*, *submetido*).

Com relação à análise do comportamento, as g variáveis biológicas correspondem aos comportamentos de forrageamento de *D. americana* descritos por AGUIAR *et al.* (*em prep.*). Amostragens visuais subaquáticas foram realizadas durante Julho de 2008 para acessar os dados comportamentais. Vinte e seis indivíduos em atividade de forrageamento foram amostrados através do método animal-focal (LEHNER, 1998). Durante as amostragens, um mergulhador observou intermitentemente cada raia por 10 minutos e registrou a frequência de ocorrência dos comportamentos de forrageamento em uma tabela de checagem, a uma distância mínima de um metro de modo à evitar distúrbios comportamentais. Ao final do período de observação, os indivíduos de *D. americana* tiveram seus comprimentos de disco estimados com uma régua em forma de “T” (graduação em intervalos de cinco

centímetros; AGUIAR *et al.*, 2009). Foram considerados também para a análise do comportamento 16 arquivos de filmagem subaquática de atividades de forrageamento da raia prego, com 10 minutos de duração cada. As sequências de imagens e a medição do tamanho das raias foram feitas entre Junho e Agosto de 2007 e a metodologia é explicada em detalhes em AGUIAR *et al.* (*em prep.*). Todas as sequências de imagens consideradas na análise foram filmadas ininterruptamente por um mergulhador a uma distância máxima de cinco metros da raia. Cada arquivo de filmagem foi analisado em tempo real, sem pausas, repetições ou qualquer amplificação através do aplicativo Windows Media Player, e as frequências de ocorrência dos comportamentos de forrageamento das raias foram registradas em uma tabela de checagem, como realizado durante as amostragens subaquáticas. Todas as amostragens foram inseridas nesta tabela como a média das frequências dos comportamentos de forrageamento por classe de tamanho das raias (*s*). Indica-se ainda que apenas os comportamentos que foram executados por mais de cinco indivíduos de *D. americana* foram considerados para fins de análise.

Tabela P ($n \times p$), com p preditores ambientais/ espaciais por n locais de amostragem. As variáveis ambientais consideradas nesta tabela incluem dados de profundidade, cobertura de substrato, diversidade e equitabilidade de presas (macrofauna bentônica). Os dados referentes ao complemento do índice de diversidade de Simpson ($1-D_{2P}$) e ao índice de equitabilidade de Simpson ($E_{1/DP}$) da macrofauna bentônica foram calculados para cada local de amostragem com base nas coletas de sedimento realizadas por AGUIAR *et al.* (*submetido*) em Agosto de 2008, objetivando acessar a disponibilidade de presas de *D. americana* no Arquipélago de Fernando de Noronha. As medidas de diversidade e equitabilidade foram computadas considerando os itens da macrofauna na categoria taxonômica de família ao invés de espécie, uma vez que os itens alimentares de *D. americana* também foram classificados desta maneira (AGUIAR *et al.*, *submetido*). Os dados referentes à profundidade dos locais e cobertura de substrato foram registrados em Julho de 2008 em paralelo às amostragens do comportamento de forrageamento dos indivíduos de *D. americana* (descrito acima na Tabela T). A cada minuto de observação das raias, um segundo mergulhador registrou a profundidade local e fotografou o fundo do mar. Portanto, para cada amostragem das raias prego, um total de 10 fotografias e 10 dados de profundidade foi registrado. Todas as fotografias foram feitas distando um metro do fundo e a uma distância máxima de

três metros do indivíduo em observação. Em laboratório, os arquivos das fotos foram analisados através do programa Corel Draw e as porcentagens de cobertura foram registradas para os seguintes tipos de substrato: areia, cascalho, rochas, algas calcárias, macroalgas e outros (*e.g.* corais e esponjas). Para fins de análise, os dados ambientais usados nesta tabela foram transformados em médias de cobertura de substrato e profundidade para cada local. Além disso, todos os valores calculados dos preditores ambientais foram repetidos tantas vezes quanto cada local de amostragem apareceu na Tabela A, no intuito de igualar o mesmo n número de linhas de censos visuais por local.

Para acessar os dados dos preditores espaciais, primeiramente foram medidas as distâncias entre locais de amostragem através do programa Google Earth. Estas medidas representam a distância em linha reta entre dois pontos médios (no comprimento) de um par de locais e foram organizadas em uma matriz 7×7 de distância geográfica entre as estações de amostragem. Essa matriz de distância foi então decomposta através do programa Matlab em um mapa de autovetores (DRAY *et al.*, 2006) que foram usados como descritores espaciais para cada local de amostragem. Apenas os autovetores com autovalores associados (que representam autocorrelações positivas; GRIFFITH & PERES-NETO, 2006) foram usados para formar a Tabela P. Para fins de análise, todos os autovetores dos locais foram repetidos tantas vezes quanto cada estação de amostragem apareceu na Tabela A.

Análise Principal – Propriedades Biológicas x Preditores Ambientais-Espaciais. As análises estatísticas descritas a seguir foram aplicadas separadamente para os dados de comportamento de forrageamento e dieta, assim como para os preditores ambientais e espaciais, e foram computadas através do programa Matlab.

A versão estendida do método “Fourth-Corner Problem” foi utilizada para estimar os parâmetros em uma quarta matriz ($g \times p$) que cruza os dados das g propriedades biológicas (comportamentos de forrageamento ou composição da dieta) com as p variáveis preditores (ambiente ou espaço). Para alcançar esta relação, primeiramente as tabelas A, T e P foram estandardizadas e receberam peso no conjunto de dados. Essa transformação envolveu inflar as células da matriz na proporção da soma de suas linhas (censos por locais de amostragem) e da soma de suas colunas (categorias de tamanho das raias) usando a matriz A com o peso das classes de tamanho e locais para calcular, respectivamente, as matrizes T_{std} and P_{std} estandardizadas. Portanto, o número de linhas nas matrizes infladas é igual à soma total dos valores na matriz A

(abundância total) (para detalhes do método, vide LEGENDRE *et al.*, 1997; DRAY & LEGENDRE, 2008). Adicionalmente, como descrito por PERES-NETO *et al.* (*in prep.*), a versão estendida do “Fourth-Corner Problem” pode ser aplicada considerando também a variação das propriedades biológicas dentro dos locais (desvio padrão), além da variação entre eles (médias). Neste caso, as matrizes T_{std} e A foram utilizadas para calcular uma nova matriz, S_T , representando a variação total das propriedades biológicas. Essa matriz S_T foi então particionada em outras duas matrizes que agregavam os dados de média (X_T) e de desvio padrão (s_T) das propriedades biológicas (PERES-NETO *et al.*, *in prep.*). Finalmente, cruzando as matrizes X_T ou s_T com P_{std} , um vetor r de correlação (Coeficiente de Pearson) é obtido entre cada variável preditora e as propriedades biológicas. Estes valores correspondem à matriz do método do “Fourth-Corner Problem” original, como descrito por LEGENDRE *et al.* (1997) e DRAY & LEGENDRE (2008), quando são utilizados dados de duas variáveis quantitativas. Para se estimar a contribuição total das variáveis preditivas nos padrões de ocorrência das propriedades biológicas (média ou desvio padrão), foi aplicada a Análise de Redundância (RDA) Ponderada utilizando as matrizes X_T or s_T and P_{std} (PERES-NETO *et al.*, *in prep.*). O valor da contribuição dos preditores é chamado no presente estudo de $R^2_{Y|X}$ de acordo com MILLER & FARR (1971). Tendo em vista que foi aplicada uma RDA Ponderada, os pesos dos locais e das classes de tamanho foram mantidos e também se pode representar graficamente as relações entre as propriedades biológicas, os preditores e o locais de amostragem. Por fim, a significância dos parâmetros de relação r e $R^2_{Y|X}$ foi testada através de técnicas de permutação (LEGENDRE *et al.*, 1997; DRAY & LEGENDRE, 2008). O princípio da técnica de aleatorização permitiu avaliar se a força da relação entre as propriedades biológicas e as variáveis preditores foi atribuída ao acaso. A rotina de permutação foi a seguinte: (1) 999 permutações aleatórias das linhas da tabela A original; (2) novos valores de estatística calculados; (3) valores de estatística de referência (calculados a partir do conjunto de dados originais) comparados aos valores obtidos pela permutação; (4) probabilidade associada calculada; (5) valores de significância corrigidos por FDR (False Discovery Rate correction) (BENJAMINI & HOCHBERG, 1995).

O procedimento final foi aplicado para acessar a contribuição relativa dos preditores espaciais e ambientais na determinação dos padrões das propriedades biológicas. Essa abordagem foi feita através do esquema de variância particionada baseado em uma versão ponderada da Análise de Redundância (RDA) (PERES-NETO

et al., 2006; PERES-NETO *et al.*, *in prep.*). Este esquema segue os princípios da RDA Parcial, uma vez que envolve três conjuntos de matrizes de dados, dos quais um é a variável resposta e os outros dois são os preditores (LEGENDRE & LEGENDRE, 1998). No entanto, este esquema usa uma estatística de redundância ajustada ($R^2_{Y|X_{adj}}$) (PERES-NETO *et al.*, 2006). No presente estudo, a matriz X_T (dados de dieta ou comportamento) foi utilizada como variável resposta e as matrizes P_{std} com dados espaciais e P_{std} com dados ambientais como preditores. Para particionar a variação total das propriedades biológicas, foram feitas três RDAs Ponderadas, do seguinte modo: (1) considerando ambos os conjuntos de preditores; (2) usando apenas os preditores ambientais; (3) usando apenas os preditores espaciais (PERES-NETO *et al.*, *in prep.*). As RDAs Parciais foram aplicadas apenas para acessar a variação das propriedades biológicas entre os locais (X_T – dados de média), uma vez que não foram obtidos grandes valores de $R^2_{Y|X}$ através do método estendido do “Fourth-Corner Problem” quando foram inseridos os dados da variação das propriedades dentro dos locais (S_T – dados de desvio padrão).

Relação entre propriedades biológicas x tamanho dos indivíduos de D. americana

Além de abordar a questão de como os preditores ambientais e espaciais influenciam os padrões de ocorrência dos comportamentos de forrageamento e dieta de *D. americana* no Arquipélago de Fernando de Noronha, também objetivou-se acessar as relações entre estas propriedades biológicas e o tamanho das raias. De acordo com AGUIAR *et al.* (*in prep.*), os comportamentos de forrageamento da raia prego são aparentemente relacionados com o tamanho dos indivíduos, tipo de ambiente e de substrato característico do habitat no qual a raia forrageia. No entanto, os autores sugerem que as performances dos comportamentos de *D. americana* são possivelmente mais dependentes de características ambientais do que uma aptidão intrínseca de indivíduos de diferentes tamanhos. Tendo em vista a clara mudança ontogenética que ocorre no uso do habitat de *D. americana* no Arquipélago de Fernando de Noronha (AGUIAR *et al.*, 2009), os autores sugerem também que as fortes relações observadas entre o ambiente e os comportamentos de forrageamento resultam em uma relação indireta entre estes e o tamanho das raias. Desta forma, no presente estudo, espera-se que as variáveis ambientais apresentem um maior valor de contribuição aos padrões

destas propriedades biológicas do que utilizando o tamanho dos indivíduos como preditores, principalmente em relação aos comportamentos de forrageamento.

Os métodos de amostragem utilizados para acessar a relação entre as propriedades biológicas (comportamento de forrageamento e composição da dieta) e o tamanho dos indivíduos de *D. americana* foram os mesmos que os aplicados para construir a Tabela T, como descrito na seção anterior. No entanto, os dados utilizados nesta abordagem são ligeiramente diferentes, como descrito a seguir, além de não terem sido agrupados por classe de tamanho como na Tabela T. Desta forma, todos os indivíduos de *D. americana* amostrados foram utilizados como unidades estatísticas.

Os dados utilizados na análise da relação dieta-tamanho equivalem aos valores brutos de abundância dos itens estomacais (na categoria taxonômica de família) registrados para cada indivíduo de *D. americana* coletado por AGUIAR *et al.* (*submetido*). Para análise da relação comportamento-tamanho, os dados correspondem às frequências de ocorrência dos comportamentos de forrageamento (descritos por AGUIAR *et al.*, *in prep.*) registrados para cada indivíduo de *D. americana*, como explicado na seção anterior do presente trabalho. Indica-se ainda que apenas os comportamentos que foram executados por mais de cinco indivíduos de *D. americana* foram considerados nesta análise.

Análise Suplementar - Propriedades Biológicas x Tamanho dos indivíduos de *D. americana*. Para a análise da relação entre o tamanho das raias e as propriedades biológicas (comportamento de forrageamento e dieta), foram utilizados os métodos de Análise de Correspondência (CA) e de Análise de Regressão Linear (RL) através do programa Statistica 7.0 (STATSOFT INC, 2007). Tendo em vista que a Análise de Correspondência possibilita a ordenação simultânea entre os objetos e os descritores, o método permitiu, com base numa única análise, a interpretação preliminar das relações diretas entre as propriedades biológicas de *D. americana* e os tamanhos dos indivíduos. Além disso, considerando que a Análise de Correspondência maximiza as distâncias entre os parâmetros e os objetos nos primeiros eixos, as coordenadas de cada raia nos dois primeiros eixos foram utilizadas como variáveis dependentes numa subsequente Análise de Regressão Linear. Adicionalmente, o comprimento do disco correspondente de cada indivíduo foi usado como variável descritora. Nesta abordagem, a Análise de Regressão Linear foi aplicada para verificar o quanto que o tamanho das raias contribui para a ocorrência das propriedades biológicas (com base no valor de R^2) e também para testar a significância desta relação (considerando o valor de probabilidade p).

RESULTADOS

Os resultados e a seção de discussão seguintes são apresentados apenas em relação à variação das propriedades biológicas entre os locais (X_T – dados de média), uma vez que não foram obtidos grandes valores de $R^2_{Y|X}$ através do método estendido do “Fourth-Corner Problem” quando foram inseridos os dados da variação das propriedades dentro dos locais (s_T – dados de desvio padrão).

Relação entre comportamento de forrageamento x preditores ambientais, espaciais e tamanho dos indivíduos

A partir do método estendido do “Fourth-Corner Problem” foi revelado que existe uma forte relação entre os comportamentos de forrageamento de *D. americana* e as variáveis ambientais. O valor de quanto o ambiente contribui na ocorrência dos comportamentos foi altamente significativo ($p = 0,001$) e igual a $R^2_{Y|X} = 34,9\%$. A matriz do “Fourth Corner Problem” com os valores das correlações r é apresentada na tabela I, e as relações entre os comportamentos, as variáveis ambientais e os locais de amostragem são representadas graficamente na figura 2.

Todos os preditores ambientais apresentaram correlações significativas com as variáveis de comportamento, com exceção de $E_{1/DP}$ (equitabilidade de presas). Indica-se também que a correlação entre a variável ambiental *rochas* e o comportamento *escavação* não foi significativa. Considerando apenas as relações significativas, observa-se que os preditores *areia*, *cascalho*, *macroalga* e $I-D_{2P}$ (diversidade de presas) tiveram resultados semelhantes e apresentaram os maiores valores de correlação r , enquanto *rochas* foi o único preditor à ter baixas correlações com os comportamentos de forrageamento. Registra-se ainda que *areia* teve valores na direção oposta aos demais preditores. Com base na figura 2 e na tabela I, pode-se notar que o preditor *areia* teve altos valores de correlação positiva com os comportamentos de *nado ativo*, *nado passivo*, *pouso suave*, *pouso brusco*, *ré sobre o substrato*, *sopro*, *espera passiva* e *decolagem passiva*. Altos valores de correlação negativa também foram obtidos entre o preditor *areia* e os comportamentos de *retorno*, *espera ativa*, *sucção corpóreo-espíracular* e *decolagem ativa*. Portanto, estes altos valores são também observados para os preditores *cascalho*, *macroalga* e $I-D_{2P}$, porém com correlação oposta. Além disso, as variáveis ambientais *rochas*, *alga calcária*, *outros* e *profundidade* tiveram correlações com as variáveis de comportamento na mesma direção que *cascalho*,

macroalga e $1-D_{2P}$, porém com valores mais baixos de r . Os maiores valores de correlação r foram obtidos entre: *areia* e *pouso passivo*; *areia* e *decolagem passiva*; *macroalga* e *pouso passivo*; *macroalga* e *decolagem passiva*.

Tabela I: Matriz do “Fourth Corner Problem” com os valores de correlações r entre os comportamentos de forrageamento e os preditores ambientais. Valores em negrito indicam correlações significativas.

	areia	cascalho	rochas	alga calcária	macroalga	outros	profundidade	1-D _{2P}	E _{1/DP}
1 nado ativo	0,621	-0,572	-0,321	-0,529	-0,626	-0,525	-0,514	-0,600	0,132
2 nado passivo	0,634	-0,605	-0,286	-0,558	-0,640	-0,565	-0,461	-0,629	0,058
3 retorno	-0,498	0,471	0,230	0,433	0,503	0,437	0,389	0,490	-0,095
4 pouso suave	0,695	-0,651	-0,336	-0,601	-0,701	-0,602	-0,544	-0,677	0,111
5 pouso brusco	0,604	-0,577	-0,272	-0,532	-0,609	-0,538	-0,443	-0,579	0,053
6 giro sobre o substrato	0,233	-0,193	-0,172	-0,182	-0,234	-0,166	-0,257	-0,198	0,114
7 ré sobre o substrato	0,616	-0,595	-0,267	-0,547	-0,622	-0,556	-0,442	-0,592	0,049
8 salto para frente	0,455	-0,413	-0,253	-0,383	-0,459	-0,375	-0,410	-0,415	0,136
9 salto sem deslocamento horizontal	-0,195	0,185	0,085	0,173	0,196	0,174	0,118	0,213	0,025
10 escavação	0,394	-0,368	-0,205	-0,340	-0,396	-0,337	-0,341	-0,345	0,109
11 sopro	0,557	-0,522	-0,277	-0,483	-0,561	-0,481	-0,440	-0,520	0,081
12 espera passiva	0,590	-0,538	-0,326	-0,499	-0,594	-0,489	-0,518	-0,545	0,157
13 espera ativa	-0,648	0,607	0,320	0,562	0,652	0,560	0,507	0,616	-0,095
14 sucção corpóreo-espiracular	-0,602	0,551	0,322	0,512	0,607	0,504	0,494	0,583	-0,107
15 decolagem ativa	-0,630	0,586	0,324	0,544	0,635	0,539	0,509	0,595	-0,109
16 decolagem passiva	0,733	-0,686	-0,361	-0,634	-0,740	-0,633	-0,580	-0,708	0,121

De acordo com os resultados do método estendido do “Fourth Corner Problem”, também existe uma forte relação entre os preditores espaciais e os comportamentos de forrageamento. O valor de quanto o espaço contribui na ocorrência dos comportamentos foi altamente significativo ($p = 0,001$) e igual a $R^2_{Y|X} = 20,10\%$.

No entanto, com base na RDA Parcial Ponderada (Figura 3), verifica-se que a fração única que o espaço explica da variação dos comportamentos foi negativa ($c = -5,30\%$). Observa-se ainda uma grande sobreposição da explicação entre os preditores espaciais e ambientais ($b = 22,74\%$). Adicionalmente, indica-se que o ambiente apresentou uma alta fração única de explicação da variação dos comportamentos ($c =$

7,1%). Portanto, nota-se que as variáveis ambientais utilizadas no método estendido do “Fourth Corner Problem” incluem toda a contribuição dos preditores espaciais no padrão de ocorrência dos comportamentos. Considera-se então que os valores de correlação r dos preditores ambientais representam os padrões de ocorrência dos comportamentos de forrageamento em sua totalidade e, desta forma, a matriz do “Fourth Corner Problem” com os valores das correlações r entre as variáveis espaciais e os comportamentos não é apresentada.

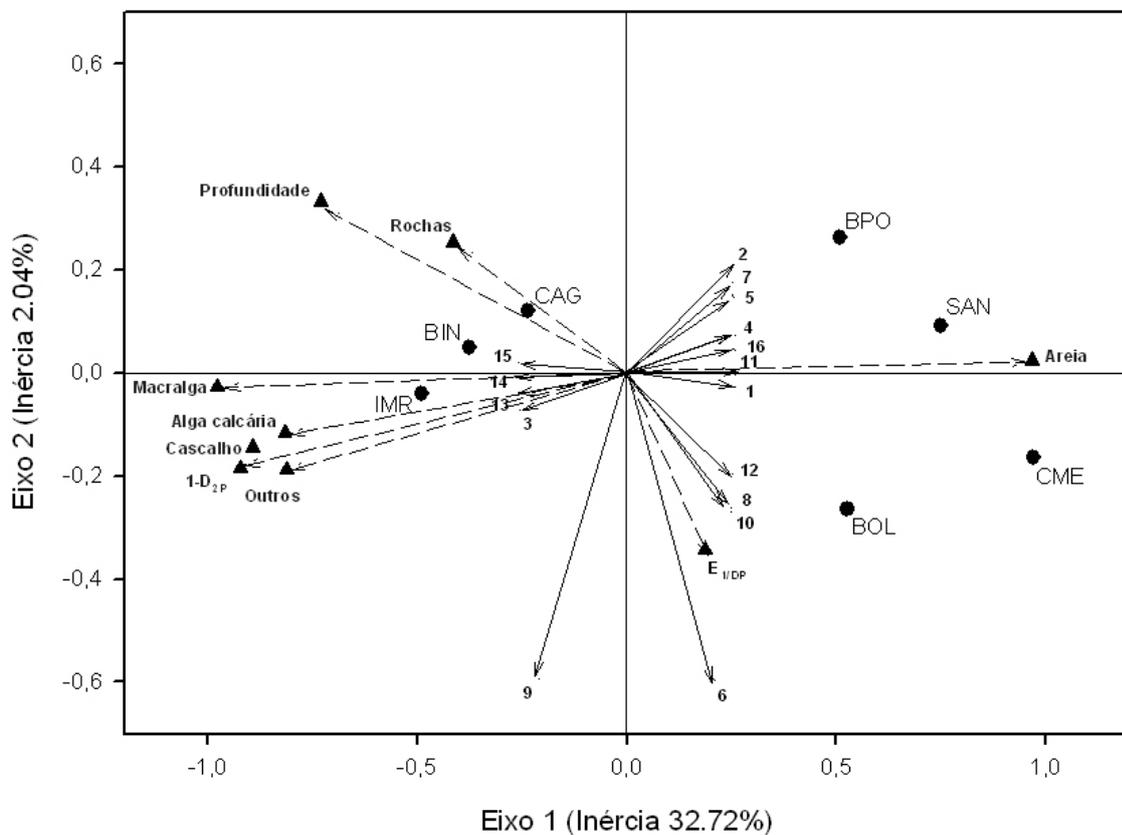


Figura 2: Representação gráfica das relações entre os comportamentos de forrageamento, os preditores ambientais e os locais de amostragem. Setas contínuas representam os autovetores das propriedades biológicas (número dos comportamentos conforme a tabela I); setas tracejadas com triângulos significam as correlações ambientais; círculos indicam os escores dos locais de amostragem divididos por sete (BIN – Buraco do Inferno; BPO – Baía dos Porcos; BOL – Boldró; CME – Cachorro – Meio; CAG – Cagarras; IMR – Ilha do Meio - Ressurreta; SAN – Sancho).

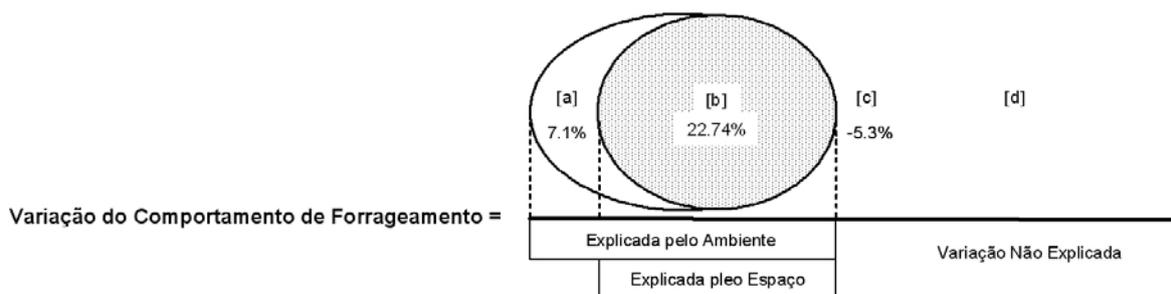


Figura 3: Esquema de variância particionada adaptado de LEGENDRE & LEGENDRE (1998) com base nos dados de comportamento de forrageamento de *D. americana*. [a] fração da variação explicada pelo ambiente; [b] fração da variação explicada pelo ambiente e espaço sobrepostos; [c] fração da variação explicada pelo espaço; [d] fração residual.

Em se tratando das relações entre os comportamentos de forrageamento e o tamanho dos indivíduos de *D. americana*, o resultado obtido na Análise de Correspondência (CA) foi significativo ($X^2 = 4559,6$; $p = 0,00001$) e os dois primeiros eixos foram responsáveis por 57,13% do total da variação dos dados. Como representado na figura 4, houve uma clara separação de dois grupos no primeiro eixo: as raias de maiores tamanhos assim como indivíduos de tamanho intermediário foram posicionadas no lado positivo do eixo e são fortemente relacionadas aos comportamentos de *retorno*, *espera ativa* e *sucção corpóreo-espíracular*; no lado negativo do eixo encontram-se as raias de pequeno tamanho e alguns indivíduos de tamanho intermediário que são mais relacionados com os comportamentos de *escavação*, *sopro*, *espera passiva* e *decolagem passiva*. No segundo eixo, apesar dos comportamentos estarem divididos em ambos os lados, os indivíduos de *D. americana* foram distribuídos sem uma clara formação de grupos (Figura 4).

Adicionalmente, a Análise de Regressão Linear (RL), realizada entre as coordenadas das raias no primeiro eixo da CA e seus respectivos comprimentos de disco, resultou em uma correlação positiva ($r = 0,48$), e a porcentagem de explicação das variáveis descritoras foi significativa e igual a $R^2 = 23,02\%$ (Figura 5). Os resultados da RL confirmaram também o padrão de distribuição dos indivíduos de *D. americana* observados na representação gráfica da CA: raias grandes posicionadas positivamente; indivíduos de tamanho intermediário espalhados em ambos os lados; raias de pequeno tamanho posicionadas no lado negativo do eixo. No entanto, quando foram consideradas as coordenadas dos indivíduos de *D. americana* no segundo eixo, não foram obtidos resultados significativos na RL ($r = 0,25$; $R^2 = 6,27\%$; $p > 0,05$).

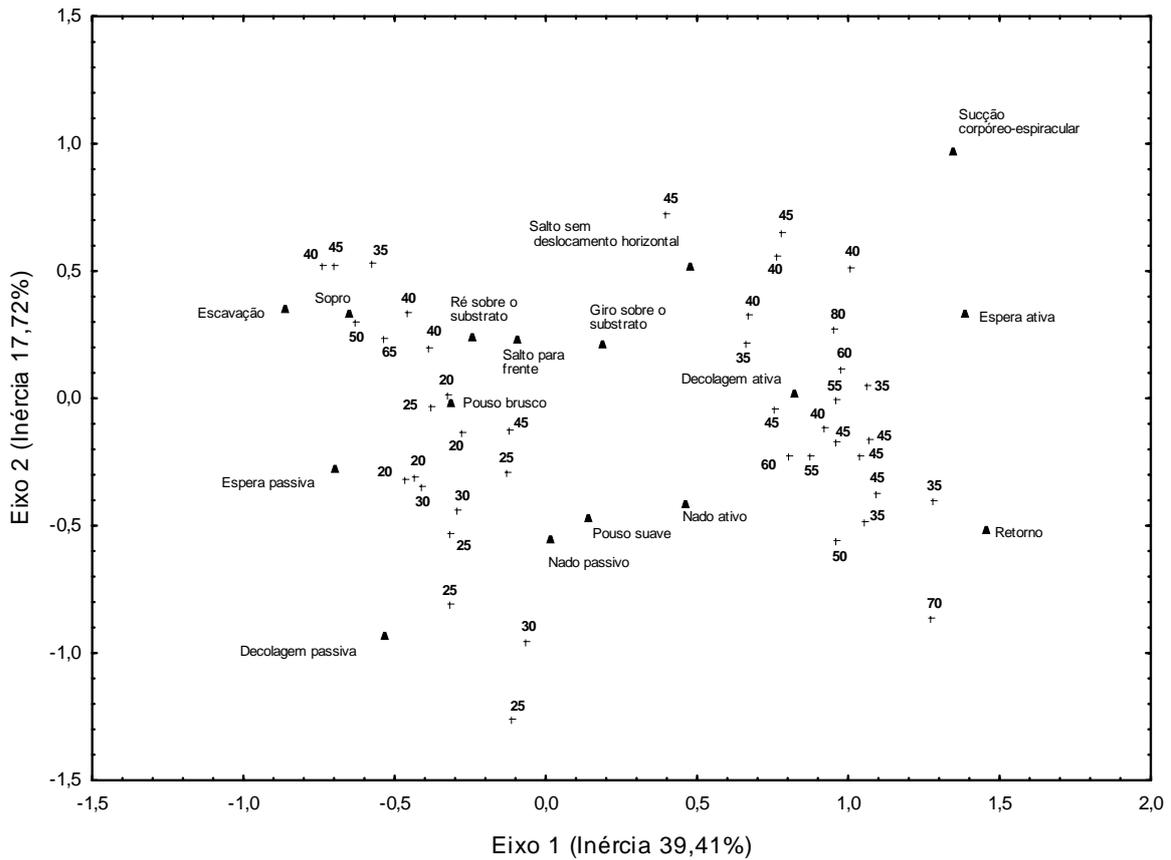


Figura 4: Projeção dos indivíduos de *D. americana* (representados por seus comprimentos de disco) e dos comportamentos de forrageamento nos eixos fatoriais 1 e 2. + indica os indivíduos ; ▲ representa os comportamentos.

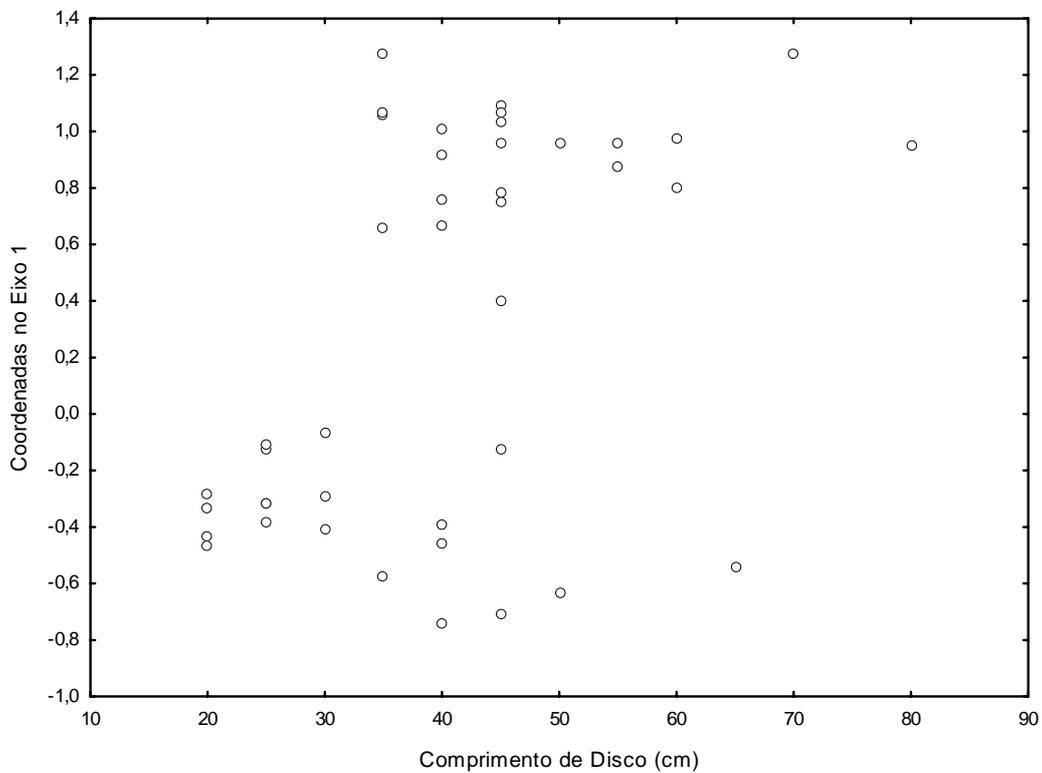


Figura 5: Representação gráfica da regressão entre os comprimentos de disco (cm) e as coordenadas dos indivíduos de *D. americana* no eixo 1 da Análise de Correspondência considerando os dados de comportamento de forrageamento.

Relação entre composição da dieta x preditores ambientais, espaciais e tamanho dos indivíduos

De acordo com os resultados do método estendido do “Fourth-Corner Problem”, o valor de quanto o ambiente contribui na composição da dieta de *D. americana* foi altamente significativo ($p = 0,001$) e igual a $R^2_{Y|X} = 14,2\%$. Os valores de correlações r entre as variáveis de dieta e os preditores ambientais da matriz do “Fourth Corner Problem” estão sumarizados na tabela II e representados graficamente na figura 6.

Com exceção de $E_{1/DP}$ (equitabilidade de presas), todos os preditores ambientais apresentaram correlações significativas com as variáveis de dieta. Indica-se também que os preditores *rochas*, *outros* e *profundidade* tiveram correlações não significativas com algumas poucas variáveis de dieta. As variáveis de IRI% da família Ptychoderidae e a equitabilidade na dieta da raia prego ($E_{1/DT}$) também não apresentaram correlações significativas com nenhum preditor ambiental. Considerando apenas as relações significativas, nota-se que os preditores *areia*, *cascalho*, *macroalga* e $1-D_{2P}$ (diversidade de presas) tiveram resultados semelhantes e apresentaram os maiores valores de correlação r . Adicionalmente, observa-se que *areia* teve valores de correlação opostos aos demais preditores. Como apresentado na figura 6 e na tabela II, registra-se que o preditor *areia* teve altos valores de correlação positiva com as seguintes variáveis de dieta: *Alpheidae*, *Ophelidae*, *Processidae*, *Synodontidae* e *Crustacea*. O preditor *areia* também teve altos valores de correlação negativa com *Acanturidae*, *Cirratulidae*, *Ostheichthyes*, *largura de nicho* (B_{\wedge}) e diversidade na dieta da raia prego ($1-D_{2T}$). Portanto, estes altos valores são também observados para os preditores *cascalho*, *macroalga* e $1-D_{2P}$, porém com correlação oposta. Além disso, os preditores ambientais *rochas*, *alga calcária*, *outros* e *profundidade* tiveram correlações com as variáveis de dieta na mesma direção que *cascalho*, *macroalga* e $1-D_{2P}$, porém com valores mais baixos de r . Os maiores valores de correlação r foram obtidos entre: *areia* e *Ophelidae*; *areia* e *Synodontidae*; *macroalga* e *Ophelidae*; *macroalga* e *Synodontidae*; $1-D_{2P}$ (diversidade de presas) e *Ophelidae*; $1-D_{2P}$ e *Synodontidae*.

Tabela II: Matriz do “Fourth Corner Problem” com os valores de correlações r entre as variáveis de dieta e os preditores ambientais. Valores em negrito indicam correlações significativas.

	areia	cascalho	rochas	alga calcária	macroalga	outros	profundidade	1-D _{2P}	E _{1/DP}
1 Acanthuridae	-0,417	0,405	0,154	0,368	0,421	0,378	0,280	0,402	-0,008
2 Alpheidae	0,647	-0,617	-0,258	-0,562	-0,654	-0,572	-0,460	-0,648	0,063
3 Amphinomidae	-0,342	0,326	0,134	0,295	0,346	0,301	0,235	0,346	-0,008
4 Calapidae	-0,147	0,174	-0,008	0,152	0,150	0,174	0,056	0,140	-0,009
5 Callianassidae	-0,359	0,318	0,188	0,293	0,363	0,286	0,291	0,378	-0,055
6 Capitellidae	-0,158	0,183	-0,002	0,160	0,161	0,182	0,067	0,152	-0,013
7 Cirratulidae	0,419	-0,411	-0,149	-0,374	-0,424	-0,385	-0,287	-0,412	0,047
8 Eunicidae	0,287	-0,277	-0,112	-0,253	-0,290	-0,258	-0,208	-0,286	0,050
9 Glyceridae	-0,220	0,186	0,132	0,175	0,222	0,165	0,197	0,237	-0,058
10 Gonodactylidae	-0,305	0,285	0,130	0,259	0,309	0,262	0,217	0,310	-0,004
11 Hippolytidae	-0,139	0,112	0,095	0,106	0,140	0,096	0,136	0,155	-0,054
12 Holocentridae	-0,305	0,285	0,130	0,259	0,309	0,262	0,217	0,310	-0,004
13 Labridae	-0,305	0,285	0,130	0,259	0,309	0,262	0,217	0,310	-0,004
14 Lumbrineridae	-0,357	0,361	0,097	0,324	0,362	0,342	0,218	0,356	-0,016
15 Lysiosquillidae	-0,305	0,285	0,130	0,259	0,309	0,262	0,217	0,310	-0,004
16 Majidae	-0,139	0,112	0,095	0,106	0,140	0,096	0,136	0,155	-0,054
17 Octopodidae	-0,305	0,285	0,130	0,259	0,309	0,262	0,217	0,310	-0,004
18 Ophelidae	0,671	-0,644	-0,259	-0,585	-0,679	-0,598	-0,468	-0,670	0,048
19 Opistognathidae	-0,270	0,268	0,091	0,244	0,273	0,252	0,176	0,252	-0,006
20 Palaemonidae	-0,270	0,268	0,091	0,244	0,273	0,252	0,176	0,252	-0,006
21 Palinuridae	-0,139	0,112	0,095	0,106	0,140	0,096	0,136	0,155	-0,054
22 Penaeidae	-0,178	0,158	0,092	0,147	0,180	0,143	0,151	0,192	-0,056
23 Portunidae	-0,369	0,354	0,144	0,323	0,373	0,329	0,266	0,373	-0,060
24 Processidae	0,602	-0,586	-0,216	-0,531	-0,609	-0,547	-0,404	-0,594	0,027
25 Pseudosquillidae	-0,270	0,268	0,091	0,244	0,273	0,252	0,176	0,252	-0,006
26 Ptychoderidae	0,034	-0,042	0,001	-0,039	-0,034	-0,043	-0,016	-0,021	0,010
27 Scaridae	-0,139	0,112	0,095	0,106	0,140	0,096	0,136	0,155	-0,054
28 Sigalionidae	0,224	-0,187	-0,143	-0,175	-0,226	-0,163	-0,194	-0,228	0,011
29 Squillidae	-0,147	0,174	-0,008	0,152	0,150	0,174	0,056	0,140	-0,009
30 Synodontidae	0,660	-0,626	-0,269	-0,571	-0,667	-0,579	-0,473	-0,664	0,061
31 Tellenidae	-0,139	0,112	0,095	0,106	0,140	0,096	0,136	0,155	-0,054
32 Polichaeta	-0,231	0,213	0,101	0,193	0,234	0,195	0,171	0,246	-0,025
33 Crustacea	0,558	-0,535	-0,215	-0,486	-0,564	-0,496	-0,384	-0,553	0,022
34 Hemichordata	0,130	-0,122	-0,059	-0,114	-0,130	-0,113	-0,100	-0,122	0,024
35 Osteichthyes	-0,403	0,392	0,148	0,356	0,407	0,366	0,270	0,387	-0,007
36 Mollusca	-0,336	0,311	0,148	0,283	0,340	0,285	0,243	0,343	-0,012
37 B _A	-0,397	0,368	0,175	0,336	0,402	0,337	0,291	0,408	-0,026
38 1-D _{2T}	-0,470	0,443	0,192	0,403	0,475	0,409	0,334	0,477	-0,029
39 E _{1/DT}	-0,053	0,075	-0,023	0,064	0,053	0,077	-0,002	0,030	0,031

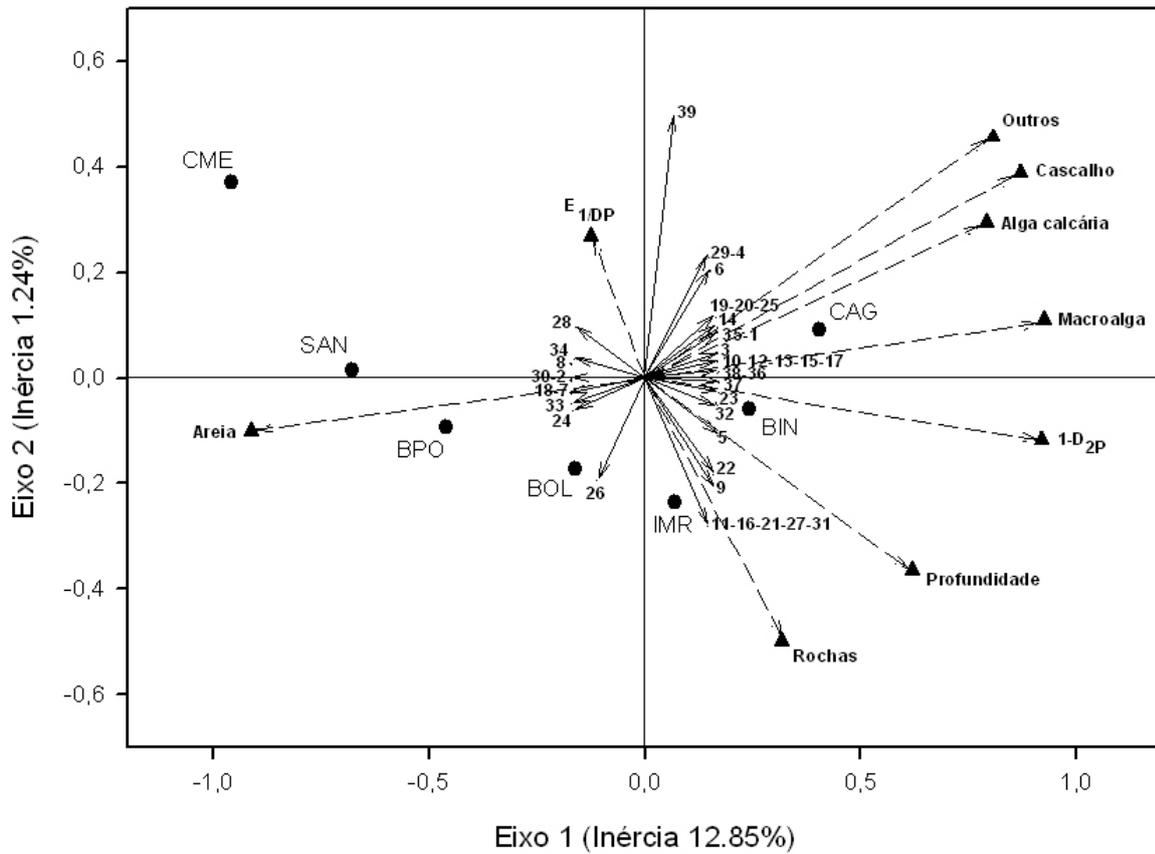


Figura 6: Representação gráfica das relações entre as variáveis de dieta, os preditores ambientais e os locais de amostragem. Setas contínuas representam os autovetores das propriedades biológicas (número das variáveis de dieta conforme a tabela II); setas tracejadas com triângulos significam as correlações ambientais; círculos indicam os escores dos locais de amostragem divididos por treze (BIN – Buraco do Inferno; BPO – Baía dos Porcos; BOL – Boldró; CME – Cachorro – Meio; CAG – Cagarras; IMR – Ilha do Meio - Ressurreta; SAN – Sancho).

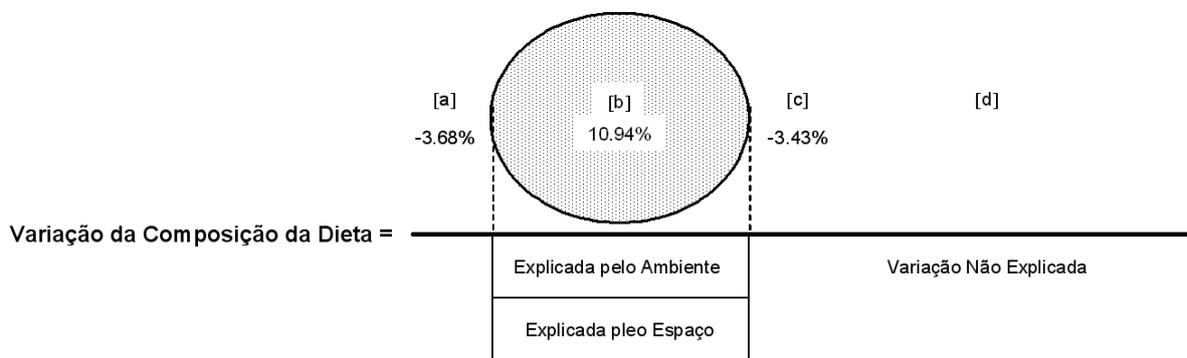


Figura 7: Esquema de variância particionada adaptado de LEGENDRE & LEGENDRE (1998) com base nos dados de dieta de *D. americana*. [a] fração da variação explicada pelo ambiente; [b] fração da variação explicada pelo ambiente e espaço sobrepostos; [c] fração da variação explicada pelo espaço; [d] fração residual.

Com base no método estendido do “Fourth-Corner Problem”, observa-se que o valor de quanto o espaço contribui na composição da dieta de *D. americana* foi igual a $R^2_{Y|X} = 10,57\%$ e altamente significativo ($p = 0,001$).

Entretanto, de acordo com os resultados da RDA Parcial Ponderada (Figura 7), verifica-se que a fração única que o espaço explica da variação da dieta foi negativa ($c = -3,43\%$). Um resultado similar foi obtido também considerando a fração única explicada pelo ambiente ($c = -3,68\%$). Nota-se ainda uma grande sobreposição da explicação entre os preditores espaciais e ambientais ($b = 10,94\%$). Portanto, as variáveis ambientais e espaciais apresentaram uma contribuição redundante quando foram usadas como preditores dos padrões de composição da dieta, e nenhum deles explica sozinho a variação destas propriedades biológicas. Desta forma, a matriz do “Fourth Corner Problem” com os valores das correlações r entre os preditores espaciais e as variáveis de dieta não é apresentada, uma vez que se considera que esta matriz pode ser interpretada da mesma maneira que a matriz de correlação r baseada nos preditores ambientais.

Em se tratando das relações entre a composição da dieta e o tamanho dos indivíduos de *D. americana*, o resultado obtido na CA foi significativo ($X^2 = 1346,5$; $p = 0,00001$) e os dois primeiros eixos foram responsáveis por 31,20% do total da variação dos dados. Como representado na figura 8, existe a formação de um grupo composto por indivíduos de *D. americana* e algumas variáveis de dieta no lado negativo do eixo 1. No entanto, esse agrupamento inclui raias de diferentes comprimentos de disco sem haver um padrão claro entre eles. Observa-se também que os indivíduos de *D. americana* e as variáveis de dieta estão distribuídos mais dispersamente no lado positivo do eixo 1, sem haver a formação clara de grupos, assim como no eixo 2 (Figura 8).

De acordo com os resultados da RL, verifica-se ainda que a relação entre coordenadas das raias no primeiro eixo da CA e seus respectivos comprimentos de disco não foi significativa ($r = 0,06$; $R^2 = 0,32\%$; $p > 0,05$). Nota-se também que, apesar da RL realizada com base nas coordenadas dos indivíduos de *D. americana* no segundo eixo ter apresentado em uma correlação positiva, os resultados desta análise também não foram significativos ($r = 0,37$; $R^2 = 13,45\%$; $p > 0,05$).

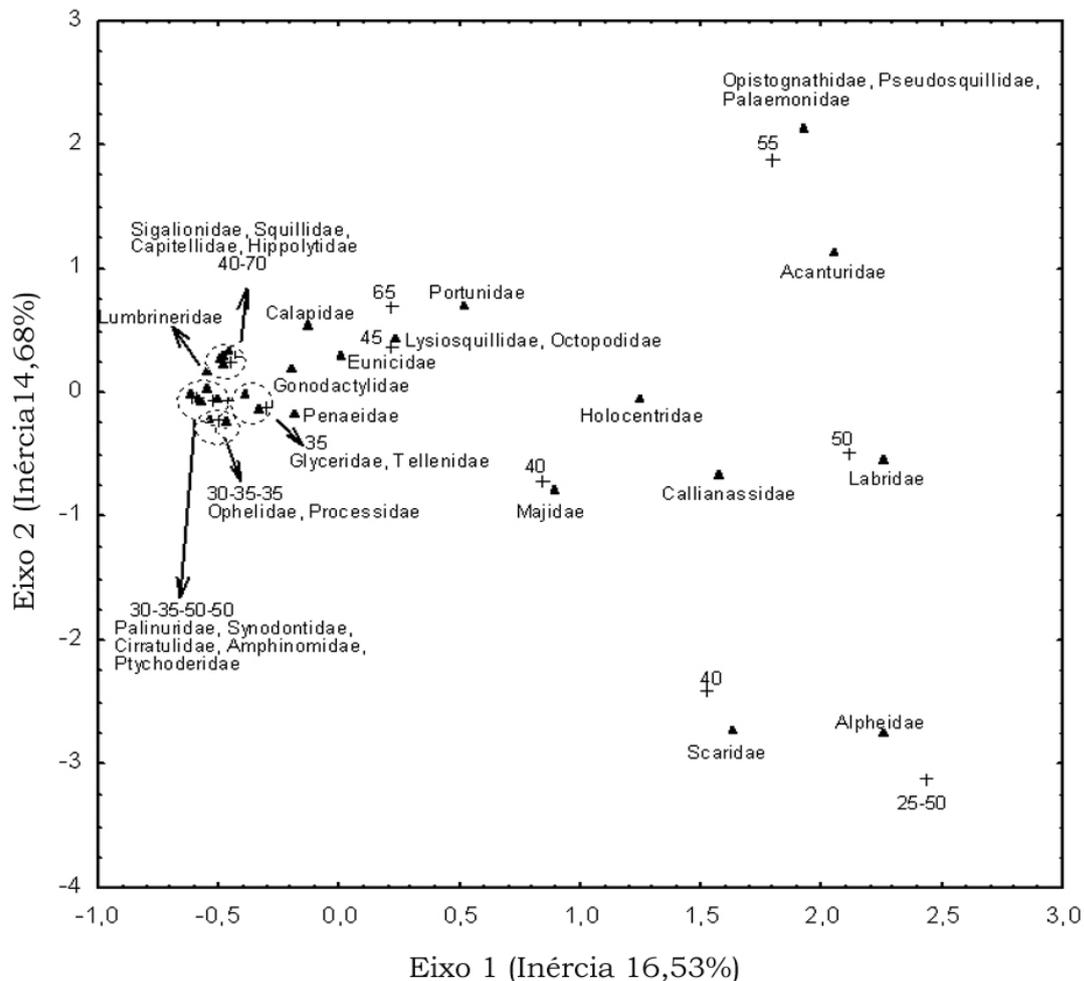


Figura 8: Projeção dos indivíduos de *D. americana* (representados por seus comprimentos de disco) e as variáveis de dieta nos eixos fatoriais 1 e 2. + indica os indivíduos ; ▲ representa as variáveis de dieta.

DISCUSSÃO

Relação entre propriedades biológicas e preditores ambientais, espaciais e de tamanho.

Foi revelada a existência de uma relação direta entre a ocorrência dos comportamentos de forrageamento e a dieta de *D. americana* e as características do ecossistema marinho do Arquipélago de Fernando de Noronha. Tendo em vista que as variáveis ambientais utilizadas nas análises estatísticas podem ser diretamente relacionadas ao tipo de habitat no qual as raias prego se distribuem (segundo AGUIAR *et al.*, 2009), é indicado também que os padrões de ocorrência de tais propriedades biológicas acompanham as mudanças ontogenéticas no uso do habitat de indivíduos. Ressalta-se ainda que esta influência direta que as alterações no uso do habitat exercem sobre as mudanças nos hábitos alimentares das espécies também já foi descrita para

outros elasmobrânquios (*e.g.* CASTRO, 1993; SIMPFENDORFER & MILWARD, 1993; EBERT & COWLEY, 2003). No entanto, o uso de técnicas estatísticas, como no presente estudo, para acessar a relação direta de mudanças na dieta e no comportamento de forrageamento das espécies com seus padrões ontogenéticos de uso do habitat, não é comum na literatura sobre os elasmobrânquios.

Também é sugerido que a relação observada no presente estudo é mais forte entre as variáveis ambientais e os comportamentos de forrageamento de *D. americana* do que com a composição de sua dieta. Como já descrito por AGUIAR *et al.* (*in prep.*), existem alguns comportamentos que são executados com maior frequência em regiões de praias arenosas, enquanto outros são relacionados a ambientes recifais com substrato mais complexo. Embora também fosse esperada uma forte relação entre a dieta da raia prego e o ambiente marinho do Arquipélago de Fernando de Noronha, como sugerido por AGUIAR *et al.*, (2009; *submetido*), observou-se um menor resultado de contribuição dos preditores ambientais. Essa menor relação obtida pode ser consequência da classificação dos itens estomacais de *D. americana* na categoria taxonômica de família. Apesar de ser reconhecido que a disponibilidade de presas no ambiente influencia a composição da dieta das espécies (SCHAFER *et al.*, 2002), o uso da categoria de família nas análises estatísticas pode não ter sido uma boa escolha como variável resposta, uma vez que a categoria pode agrupar espécies que ocorrem em habitats distintos. No entanto, esta problemática é difícil de ser evitada, haja vista que muitas vezes não é possível identificar os itens estomacais em níveis taxonômicos inferiores quando estes estão em estágio avançado de digestão. Adicionalmente, além da influência ambiental, sabe-se que os hábitos alimentares das espécies também podem ser consequência de limitações morfológicas, diferentes habilidades de caça, padrões de movimentação, requisitos energéticos, entre outros fatores (LOWE *et al.*, 1996; WETHERBEE & CORTÉS, 2004; LUCIFORA *et al.*, 2008), que não foram incluídos como preditores no presente trabalho. Todavia, embora a relação dieta-ambiente não seja tão forte quanto a relação comportamento-ambiente, ressalta-se que a dieta de *D. americana* também é influenciada pelas características do ecossistema marinho do Arquipélago de Fernando de Noronha. Essa inferência é sustentada principalmente pelo fato de que as variáveis de largura de nicho e diversidade na dieta da raia prego foram claramente relacionadas aos preditores ambientais de diversidade de macrofauna bentônica e cobertura de substrato típica de ambientes recifais. Portanto, é indicado que os indivíduos de *D. americana* com maiores valores de largura de nicho e diversidade

alimentar ocupam ambientes recifais com cobertura de substrato complexa e grande diversidade de presas, como já sugerido por AGUIAR *et al.* (*submetido*).

Ressalta-se também que os resultados obtidos, através da aplicação do método estendido do “Fourth-Corner Problem” com base no preditores ambientais, podem ser bem interpretados. Muitos pesquisadores concordam com a idéia de que a correlação espacial é uma fonte de interferência em procedimentos estatísticos quando se pretende determinar a importância do ambiente como um fator ecológico determinante (LEGENDRE, 1993; BINI *et al.*, 2009). O espaço e o ambiente podem em conjunto contribuir para distribuição das espécies e de suas propriedades biológicas e, portanto, este fato pode ser uma fonte de amplificação do erro do tipo I quando se testam os preditores ambientais sem controlar a influência do espaço na análise (PERES-NETO & LEGENDRE, *em prep.*). No entanto, no presente trabalho nota-se que os preditores espaciais isoladamente não contribuem para os padrões de ocorrência dos comportamentos de forrageamento e dieta de *D. americana* no Arquipélago de Fernando de Noronha. Desta forma, os resultados obtidos com base na relação entre as propriedades biológicas e os preditores espaciais são completamente devidos à contribuição das variáveis ambientais incluídas no método do “Fourth-Corner Problem”, as quais por sua vez são espacialmente estruturadas. Portanto, a interpretação do valor de contribuição dos preditores para ocorrência dos comportamentos e composição da dieta pode ser feita baseada apenas nas variáveis ambientais, uma vez que estas incluem toda a variação das propriedades biológicas que seria explicada pelo espaço (PERES-NETO & LEGENDRE, *em prep.*). Além disso, de acordo com os resultados do método estendido do “Fourth-Corner Problem”, observa-se que algumas variáveis ambientais apresentam um alto grau de correlação entre si. Essa redundância entre alguns preditores é aparentemente devida ao uso de porcentagens de cobertura de diferentes tipos de substrato como variáveis ambientais, as quais são supostamente complementares. No entanto, tendo em vista que o presente estudo é a primeira tentativa de descrever e testar estatisticamente a relação entre as características ambientais e a ocorrência de propriedades biológicas de *D. americana* no arquipélago, optou-se por incluir o maior número possível de preditores ambientais que possam estar influenciando estes padrões de ocorrência. Desta forma, indica-se que, para futuros estudos, os preditores ambientais a serem utilizados no método do “Fourth-Corner Problem” podem ser reduzidos e simplificados em um conjunto de algumas poucas variáveis. Sugere-se ainda que um delineamento amostral que utiliza apenas o tipo de

ambiente (e.g. áreas com fundo de areia e ambientes recifais) como variável preditora seja suficiente para prever os padrões de ocorrência dos comportamentos de forrageamento e dieta de *D. americana* no arquipélago.

Uma forte relação também foi revelada entre os comportamentos de forrageamento de *D. americana* e o comprimento de disco dos indivíduos. De acordo com os resultados da Análise de Correspondência e Regressão Linear, observa-se um padrão claro de relações entre alguns comportamentos e indivíduos de pequeno ou de grande comprimento de disco. Destaca-se que mudanças ontogenéticas no comportamento alimentar, tal como observado para *D. americana*, também já foram constatadas para algumas espécies de tubarões (MOTTA & WILGA, 2001). No entanto, como esperado, o tamanho das raias usado como variável preditora contribui menos para a ocorrência dos comportamentos de forrageamento de *D. americana* do que as variáveis ambientais. Os resultados do presente estudo estão de acordo com as observações já feitas por AGUIAR *et al.* (*em prep.*), os quais indicaram que as performances comportamentais não variam entre raias de diferentes tamanhos quando estas forrageavam em ambientes similares do arquipélago. Adicionalmente, haja vista a clara mudança ontogenética no uso do habitat de *D. americana* em Fernando de Noronha (AGUIAR *et al.*, 2009), os autores sugerem também que as fortes relações observadas entre o ambiente e os comportamentos de forrageamento resultam em uma relação indireta entre estes e o tamanho das raias. Enfatiza-se aqui que alguns padrões de sobreposição observados entre os resultados das relações comportamento-ambiente e comportamento-tamanho corroboram com esta última inferência, como descrito a seguir: os comportamentos de *sopro*, *espera passiva* e *decolagem passiva* são fortemente relacionados com indivíduos de pequeno tamanho e ao mesmo tempo com áreas de substrato arenoso, as quais são conhecidas por serem ocupadas por raias prego jovens (como áreas berçário; AGUIAR *et al.*, 2009); por outro lado, os comportamentos de *retorno*, *espera ativa* e *sucção corpóreo-espíracular* são claramente relacionados a indivíduos de grande tamanho e concomitantemente com as variáveis de cobertura de substrato típicas de ambientes recifais, onde raias prego adultas são normalmente observadas (AGUIAR *et al.*, 2009); enquanto os indivíduos de tamanho intermediário compartilham ambos os padrões comportamentais e são conhecidos por ocorrerem em ambos os ambientes (AGUIAR *et al.*, 2009).

Em se tratando dos dados de conteúdo estomacal de *D. americana*, não se pode afirmar diretamente que essa forte relação também ocorre entre dieta-ambiente-tamanho dos indivíduos. Ainda assim, destaca-se que altos valores de diversidade e largura de nicho alimentar das raias prego foram claramente relacionados aos ambientes recifais, que são conhecidas áreas de alimentação para os indivíduos de *D. americana* de grande tamanho (AGUIAR *et al.*, 2009). E, de acordo com AGUIAR *et al.* (*submetido*), as raias prego de grande tamanho apresentam maiores valores de diversidade e largura de nicho alimentar em comparação aos indivíduos de pequeno tamanho, os quais ocorrem principalmente em regiões rasas de praias arenosas (AGUIAR *et al.*, 2009). Portanto, haja vista que as classes de tamanho de *D. americana* podem ser diretamente relacionadas ao tipo de habitat ocupado (*e.g.* praias e ambientes recifais; AGUIAR *et al.*, 2009), ressalta-se que os achados do presente estudo corroboram com a inferência de que as mudanças ontogenéticas no uso do habitat da raia prego no Arquipélago de Fernando de Noronha resultam em alterações nos hábitos alimentares da espécie.

Informações preliminares sobre os possíveis fatores que mediam os padrões de uso do habitat de Dasyatis americana no Arquipélago de Fernando de Noronha

Em uma diferente abordagem, pode-se considerar que os aspectos alimentares de *D. americana* (*e.g.* necessidades energéticas, habilidades de caça, tipo de dieta) podem agir como um fator de limitação intrínseca modelando os padrões de uso do habitat da espécie no Arquipélago de Fernando de Noronha, combinados a outros filtros extrínsecos (*e.g.* competição por recurso, presença de predadores, disponibilidade de presas).

Muitos estudos sugerem que o uso do habitat de elasmobrânquios é fortemente influenciado pela distribuição de suas presas (HEITHAUS, 2004). De acordo com HEITHAUS (2004), um predador pode aumentar sua probabilidade de encontrar e capturar presas pela seleção ideal de um habitat de forrageamento. No entanto, o autor indica que a seleção de um local ideal não significa, necessariamente, selecionar o habitat com a maior densidade de presas, especialmente quando outros fatores são considerados, como a presença de competidores e predadores.

Com base nos resultados do presente estudo, acredita-se que os ambientes recifais no Arquipélago de Fernando de Noronha são áreas mais vantajosas para a colonização de *D. americana*, em termos de disponibilidade de presas. De uma maneira geral, os ambientes recifais são reconhecidos por serem complexos ecossistemas que

sustentam uma grande diversidade de fauna, incluindo invertebrados bentônicos e peixes (LOWE-McCONNEL, 1999), que servem de presas para a raia prego (AGUIAR *et al.*, *submetido*). Destaca-se que as raias prego adultas, com possivelmente maiores necessidades energéticas (LUCIFORA *et al.*, 2008), estão principalmente presentes nestes ambientes recifais, que são utilizados por elas como áreas de alimentação (AGUIAR *et al.*, 2009). Entretanto, os indivíduos mais jovens de *D. americana* são raramente observados nestes ricos ambientes (AGUIAR *et al.*, 2009). Estes animais ocorrem basicamente em regiões rasas de praias que são aparentemente usadas como áreas berçário (AGUIAR *et al.*, 2009). E, embora seja sabido que indivíduos jovens de elasmobrânquios comumente procuram áreas berçário como ambientes protegidos contra predadores e com grande disponibilidade de presas (WETHERBEE *et al.*, 2007), indica-se que as praias não sustentam uma grande disponibilidade de presas como os ambientes recifais do arquipélago.

Tendo em vista a capacidade de *D. americana* de modular seu comportamento de forrageamento em relação ao tipo de habitat ocupado, sugere-se que o repertório comportamental de predação não é uma limitação intrínseca para as raias de pequeno tamanho ocuparem também ambientes recifais ricos em presas disponíveis. Além disso, haja vista que *D. americana* pode ser considerada um predador oportunista e generalista (GILLIAM & SILLIVAN, 1993; AGUIAR *at al.*, *submetido*), acredita-se que os hábitos alimentares da espécie não são fatores limitantes mediando seu padrão de uso do habitat. Portanto, infere-se que as regiões rasas de praia são ocupadas por indivíduos jovens de *D. americana* por serem locais protegidos contra predadores. Ressalta-se que esta inferência é igualmente compartilhada por outros autores. De acordo com HEITHAUS (2004), mudanças ontogenéticas nas táticas de forrageamento e uso do habitat das espécies pode ser uma consequência também de mudanças na sensibilidade dos indivíduos ao risco de predação. O autor indica que, em alguns casos, os juvenis mais suscetíveis selecionam habitats mais seguros e se deslocam para locais mais produtivos, porém perigosos, à medida que crescem e sua suscetibilidade à predação diminui. Desta forma, é sugerido pelo presente estudo que os indivíduos jovens de *D. americana* aparentemente selecionam seus habitats a fim de maximizar sua segurança enquanto encontram o mínimo de energia necessária para suprir seus custos de manutenção metabólica. Entretanto, existem algumas jovens raias que são encontradas ocasionalmente em áreas recifais mais profundas (AGUIAR *et al.*, *em prep.*) e, nestes casos, sugere-se que os indivíduos possivelmente selecionam habitats mais perigosos

para se aproveitar de uma melhor condição de energia disponível para um crescimento mais rápido. Destaca-se também que, além do aspecto do risco de predação, a competição intraspecífica por recurso alimentar entre indivíduos de diferentes faixas etárias também pode ser um fator modelando o uso do habitat de *D. americana* na área de estudo. De acordo com alguns autores, a segregação ontogenética do habitat influencia diretamente os hábitos alimentares de elasmobrânquios e diminui a competição intraspecífica por alimento (e.g. LOWE *et al.*, 1996; LUCIFORA *et al.*, 2008). E, como já descrito por AGUIAR *et al.* (*submetido*), existem diferenças ontogenéticas na composição da dieta de *D. americana* no Arquipélago de Fernando de Noronha que são aparentemente relacionadas aos padrões de mudança ontogenética no uso do habitat da espécie, e aparentemente diminuem a competição intraspecífica entre jovens e adultos.

Indica-se também que, embora as regiões de praia no arquipélago não sustentem uma grande disponibilidade de presas, o repertório comportamental das raias prego de pequeno tamanho possivelmente colabora com a colonização destas áreas, uma vez que maximiza os ganhos energéticos enquanto minimiza os gastos de procura e captura e riscos de predação. Ressalta-se que os comportamentos de forrageamento são amplamente reconhecidos por ajudar as espécies a otimizar o consumo de energia em resposta a variações na densidade de presas (STEPHENS & KREBS, 1986). Como um interessante exemplo, aponta-se o comportamento de *decolagem passiva* que é normalmente executado por raias de pequeno tamanho em regiões de praia (AGUIAR *et al.*, *em prep.*). A maior performance deste comportamento por indivíduos jovens pode minimizar os custos energéticos, uma vez que esse padrão motor aparentemente é facilitado quando executado sob a influência de forças hidrodinâmicas, como ondas e correntezas, comumente presentes nas regiões rasas de praia do arquipélago (AGUIAR *et al.*, *em prep.*). Adicionalmente, sabe-se que o complexo sistema sensorial de Ampolas de Lorenzini e Canais de Linha Lateral das raias confere a estes predadores grandes vantagens na detecção de presas (HINES, 1997; MARUSKA, 2001; KIM, 2007). Portanto, assim como já descrito para outras espécies de myliobatiformes (e.g. HINES, 1997), é sugerido pelo presente estudo que *D. americana* tem mecanismos de detecção que permite à espécie ignorar áreas com baixa disponibilidade de presas, especialmente a endofauna. Nesse sentido, acredita-se que o sistema sensorial de *D. americana* possibilita os indivíduos a detectar presas sem a necessidade de testar e cavar continuamente o substrato, e portanto minimiza os gastos energéticos nos processos de

procura e captura das presas. Destaca-se ainda que os indivíduos jovens de *D. americana* são observados frequentemente enterrados em regiões de praia arenosa como uma estratégia de anti-predação (AGUIAR *et al.*, 2009). Desta forma, enquanto os indivíduos não estão realizando atividades de forrageamento, eles economizam gastos energéticos mantendo-se enterrados, e conseqüentemente menos expostos ao risco de predação.

Por fim, embora seja sugerido que os comportamentos de forrageamento e composição da dieta não limitam o uso do habitat de *D. americana*, e que os fatores extrínsecos, como disponibilidade de presas, risco de predação e competição intraspecífica, têm um papel mais importante modelando os padrões de distribuição da espécie em Fernando de Noronha, indica-se que são necessárias pesquisas adicionais para confirmar esta hipótese. Entretanto, acredita-se que caso ocorra algum distúrbio no ecossistema marinho do arquipélago, o comportamento de forrageamento e a dieta de *D. americana* não seriam fatores impeditivos para a colonização de outro habitat pelas raias, porém, principalmente, os indivíduos jovens poderiam sofrer pressão de seleção de outros fatores limitantes mais fortes. Destaca-se ainda que os resultados encontrados pelo presente trabalho são importantes para reforçar a relevância das características do ambiente marinho influenciando a população de *D. americana* no Arquipélago de Fernando de Noronha e o apelo para a proteção da área. Segundo GRUBBS *et al.* (2006), a proteção de áreas berçário de *D. americana* em partes da América do Sul pode ser necessária para a sobrevivência da espécie a longo prazo. Além disso, os autores indicam que os impactos em áreas costeiras nestas regiões, incluindo ambientes recifais, também podem representar ameaças à espécie.

CONCLUSÕES

Foi revelado pelo presente estudo que características do ecossistema marinho do Arquipélago de Fernando de Noronha influenciam diretamente os comportamentos de forrageamento e dieta de *D. americana*. É indicado também que os padrões de ocorrência de tais propriedades biológicas acompanham as mudanças ontogenéticas no uso do habitat de indivíduos de *D. americana* no arquipélago. É sugerido ainda que a relação entre a composição da dieta e características ambientais é menor do que a relação entre os comportamentos e o ambiente, porque a dieta de *D. americana* sofre influência mais forte de outros fatores, tais como limitações morfológicas, diferentes habilidades de caça, requisitos energéticos. Infere-se também que o comportamento de

forrageamento e tipo de dieta de *D. americana* não agem como filtros mediando o uso do habitat da espécie, e que fatores tais como risco de predação e competição intraspecífica são mais importantes modelando o padrão de distribuição da espécie no arquipélago.

Embora ainda existam muitas dúvidas sobre quais são os fatores mediadores do uso do habitat de *D. americana* no Arquipélago de Fernando de Noronha, destaca-se que o presente trabalho permitiu identificar algumas consequências desse padrão de distribuição nas propriedades biológicas da espécie, além de ter possibilitado uma visão mais clara de como a raia prego adaptou sua biologia e ecologia alimentar de acordo com o tipo de habitat ocupado durante a sua ontogenia. Indica-se também que resultados obtidos reforçam a relevância do ecossistema marinho como um fator chave influenciando a população de *D. americana* no arquipélago. Ressalta-se por fim que o estabelecimento da relação direta entre as propriedades biológicas de *D. americana* e características ambientais fornecem informações importantes para programas de conservação da espécie e de seus habitats no Arquipélago de Fernando de Noronha.

REFERÊNCIAS

- AGUIAR, A. A., 2005, *Estrutura e Densidade Populacional e Uso do Habitat por *Dasyatis americana* Hildebrand and Schroeder (1928) (Chondrichthyes: Dasyatidae) no Arquipélago de Fernando de Noronha, Brasil*. Dissertação de M.Sc., Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, PB, Brasil.
- AGUIAR, A. A., ALMEIDA, M. P., VALENTIN, J. L., “Notes on the diet of the Southern Stingray, *Dasyatis americana*, at a Brazilian Oceanic Island”, *Manuscript submitted to Neotropical Ichthyology journal*.
- AGUIAR, A. A., FELICIO, A. K. C., FREITAS, R. H. A., VALENTIN, J. L., “Description of the foraging behavior of the Southern Stingray, *Dasyatis americana*, under natural conditions in a Southwestern Atlantic Oceanic Island”, *Manuscript in preparation*.
- AGUIAR A. A., VALENTIN J. L., ROSA R. S., 2009, “Habitat use by *Dasyatis americana* in a south-western Atlantic oceanic island”, *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, v. 89, n. 6, pp. 1147-1152.
- BENJAMINI, Y., HOCHBERG, T., 1995, “Controlling the False Discovery Rate: a practical and powerful approach to multiple testing”, *Journal of the Royal Statistical Society B*, v. 85, pp. 289–300.

- BIGELOW, H. B., SCHROEDER, W. C., 1953, "Fishes of the Western North Atlantic. Sawfishes, guitarfishes, skates and rays", *Memoirs Sears Foundation Marine Research*, v. 1, pp. 1-558.
- BINI, L. M., DINIZ-FILHO, J. A. F., RANGEL, T. F. L. V. B., AKRE, T. S. B., ALBALADEJO, R. G., ALBUQUERQUE, F. S., APARICIO, A., ARAÚJO, M. B., BASELGA, A., BECK, J., BELLOCQ, M. I., BÖHNING-GAESE, K., BORGES, P. A. V., CASTRO-PARGA, I., CHEY, V. K., CHOWN, S. L., MARCO, P., DOBKIN, D. S., FERRER-CASTÁN, D., FIELD, R., FILLOY, J., FLEISHMAN, E., GÓMEZ, J.F., HORTAL, J., IVERSON, J. B., KERR, T. T., KISSLING, W. D., KITCHING, I. J., LEÓN-CORTÉS, J. L., LOBO, J. M., MONTOYA, D., MORALES-CASTILLA, I., MORENO, J. C., OBERDORFF, T., OLALLA-TÁRRAGA, M. A., PAUSAS, J. G., QIAN, H., RAHBEK, C., RODRÍGUEZ, M. A., RUEDA, M., RUGGIERO, A., SACKMANN, P., SANDERS, N. J., TERRIBILE, L. C., VETAAS, O. R., HAWKINS, B. A., 2009, "Coefficient shifts in geographical ecology: an empirical evaluation of spatial and non-spatial regression", *Ecography*, v. 32, n. 2, pp. 193 – 204.
- CASTRO, J. I., 1993, "The shark nursery of Bulls Bay, South Carolina, with a review of the nurseries of the southeastern coast of the United States", *Environmental Biology of Fishes*, v. 38, pp. 37-48.
- DRAY, S., LEGENDRE, P., 2008, "Testing the Species Traits–Environment Relationships: the Fourth-Corner Problem Revisited", *Ecology*, v. 89, n. 12, pp. 3400–3412.
- DRAY, S., LEGENDRE, P., PERES-NETO, P., 2006, "Spatial modelling: a comprehensive framework for principal coordinate analysis of neighbor matrices (PCNM)", *Ecological Modelling*, v. 196, pp. 483–493.
- EBERT, D. A., 2002, "Ontogenetic changes in the diet of the sevengill shark (*Notorynchus cepedianus*)", *Marine Freshwater Research*, v. 53, pp. 517-523.
- EBERT, D. A., COWLEY, P. D., 2003, "Diet, feeding and habitat utilization of the blue stingray *Dasyatis chrysonota* (Smith, 1828) in South African waters", *Marine Freshwater Research*, v. 54, pp. 957-965.
- ESTON, V. R., MIGOTTO, A. E., OLIVEIRA FILHOS, E. C., RODRIGUES, S. A., FREITAS, J. C., 1986, "Vertical Distribution of Benthic Marine Organisms on Rocky Coasts of Fernando de Noronha Archipelago (Brazil)", *Boletim do Instituto de Oceanografia da Universidade de São Paulo*, v. 34, pp. 37-53.

- GILLIAM, D., SULLIVAN, K. M., 1993, "Diet and feeding habits of the southern stingray *Dasyatis americana* in the Central Bahamas", *Bulletin of Marine Science*, v. 52, n. 3, pp. 1007-1013.
- GRIFFITH, D. A., PERES-NETO, P., 2006, "Spatial Modeling in Ecology: The Flexibility of Eigenfunction Spatial Analyses", *Ecology*, v. 87, n. 10, pp. 2603–2613.
- GRUBBS, D. R., SNELSON, F., PIERCY, A., ROSA, R. S., FURTADO, M. **Dasyatis americana - IUCN Red List of Threatened Species**. Version 2009.2. IUCN, 2006. Disponível em: <<http://www.iucnredlist.org>>
- HEITHAUS, M. R., 2004, "Predator-Prey Interactions". In: Carrier, J. C., Musick, J. A., Heithaus, M. R. (eds). *Biology of Sharks and Their Relatives*, Boca Raton, USA, CRC Press LLC.
- HEITHAUS, M. R., DILL, L. M., MARSHALL, G. J., BUHLEIER, B., 2002, "Habitat use and foraging behavior of tiger sharks (*Galeocerdo cuvier*) in a seagrass ecosystem", *Marine Biology*, v. 140, pp. 237-248.
- HEUPEL, M. R., HUETER, R. E., 2001, "The importance of prey density in relation to the movement patterns of juvenile sharks within a coastal nursery area", *Marine and Freshwater Research*, v. 53, pp. 543–550.
- HINES, A. H., WHITLATCH, R. B., THRUSH, S. F., HEWITT, J. E., CUMMINGS, V. J., DAYTON, P. K., LEGENDRE, P., 1997, "Non foraging response of a large marine predator to benthic prey: eagle ray pit and bivalves in a New Zealand sandflat", *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, v. 216, pp. 191-210.
- KIM, D., 2007, "Prey detection mechanism of elasmobranches", *BioSystems*, v. 87, pp. 322-331.
- KLIMLEY, A. P., Le BOEUF, B. J., CANTARA, K. M., RICHERT, J. E., DAVIS, S. F., Van SOMMERAN, S., KELLY, J. T., 2001, "The hunting strategy of white sharks (*Carcharodon carcharias*) near a seal colony", *Marine Biology*, v. 138, pp. 617–636.
- LEGENDRE, P., 1993, "Spatial Autocorrelation: Trouble or New Paradigm?", *Ecology*, v. 74, n. 6, pp. 1659-1673.

- LEGENDRE, P., GALZIN, R., HARMELIN-VIVIEN, M. L., 1997, "Relating behavior to habitat: solution to the Fourth-Corner Problem". *Ecology*, v. 78, n. 2, pp. 547–562
- LEGENDRE, P., LEGENDRE, L., 1998, *Numerical Ecology. Developments in Environmental Modeling*, 20. 2 ed., Amsterdam, Elsevier Scientific Publishing Company.
- LEHNER, P. N., 1998, *Handbook of Ethological Methods*. 2 ed. Cambridge, Cambridge University Press.
- LOWE, C. G., WETHERBEE, B. M., CROW, G. L., TESTER, A. L., 1996, "Ontogenetic dietary shifts and feeding behavior of the tiger shark, *Galeocerdo cuvier*, in Hawaiian waters", *Environmental Biology of Fishes*, v. 47, pp. 203-211.
- LOWE-McCONNEL, R. H., 1999, *Estudos Ecológicos de Comunidades de Peixes Tropicais*. Vazzoler, A. E. A. M., Agostinho, A. A., Cunningham, P. T. M. (trad.). São Paulo, Editora da Universidade de São Paulo.
- LUCIFORA, L. O., GARCIA, V. B., MENNI, R. C., ESCALANTE, A. H., HOZBOR, N. M., 2008, "Effects of body size, age and maturity stage on diet in a large shark: ecological and applied implications", *Ecological Research*, v. 24, pp. 109-118.
- MARUSKA, K. P., 2001, "Morphology of the mecanosensory lateral line system in elasmobranch fishes: ecological and behavioral considerations", *Environmental Biology of Fishes*, v. 60, pp. 47-75.
- MENNI, R. C., STEHMANN, F. W., 2000, "Distribution, environment and biology of batoid fishes off Argentina, Uruguay and Brazil. A review", *Revista del Museo Argentino de Ciencias Naturales Bernardino Rivadavia, n.s.*, v. 2, n. 1, pp. 69-109.
- MILLER, J. K., FARR., S. D., 1971, "Bimultivariate redundancy: a comprehensive measure of interbattery relationship" *Multivariate Behavioral Research*, v. 6, pp. 313–324.
- MOTTA, P. J., WILGA, C. D., 2001, "Advances in the study of feeding behaviors, mechanisms, and mechanics of sharks", *Environmental Biology of Fishes*, v. 60, pp. 131-156.
- PERES-NETO, P., LEGENDRE, P., "Estimating and controlling for spatial structure in the study of ecological communities", *Manuscript in preparation*.

- PERES-NETO, P., LEGENDRE, P. DRAY, S., BORCARD, D., 2006, "Variation Partitioning of Species Data Matrices: Estimation and Comparison of Fractions", *Ecology*, v. 87, n. 10, pp. 2614–2625.
- PERES-NETO, P., LEIBOLD, M., GRAY, S., "A heuristic and analytical framework for linking traits to metacommunity approaches", *Manuscript in preparation*.
- RIBERA, I., DOLÉDEC, S., DOWNIE, I. S., FOSTER, G. N., 2001, "Effect of land disturbance and stress on species traits of ground beetle assemblages", *Ecology*, v. 82, pp. 1112–1129.
- SBEEL, 2005, *Plano Nacional de Ação para a Conservação e o Manejo dos Estoques de Peixes Elasmobrânquios no Brasil*. Recife, Brasil, SBEEL.
- SCHAFFER, L. N., PLATELL, M. E., VALESINI, F. J., POTTER, I. C., 2002, "Comparisons between the influence of habitat type, season and body size on the dietary compositions of fish species in nearshore marine waters", *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, v. 278, pp. 67-92.
- SIMPFENDORFER, C. A, MILWARD, N. E, 1993, "Utilisation of a tropical bay as a nursery area by sharks of the families Carcharhinidae and Sphyrnidae", *Environmental Biology of Fishes*, v. 37, pp. 337-345.
- SIMPFENDORFER, C. A., HEUPEL, M. R., 2004, "Assessing Habitat Use and Movement". In: Carrier, J. C., Musick, J. A., Heithaus, M. R. (eds). *Biology of Sharks and Their Relatives*, Boca Raton, USA, CRC Press LLC.
- SIMS, D. W., 1999, "Threshold foraging behavior of basking sharks on zooplankton: life on an energetic knife edge?", *Proceedings of the Royal Society of London*, v. 266, pp. 1437-1443.
- SIMS, D. W., 2003, "Tractable models for testing theories about natural strategies: foraging behavior and habitat selection of free-ranging sharks", *Journal of Fish Biology*, v. 63, pp. 53-73.
- SIMS, D. W., QUAYLE, V. A., 1998, "Selective foraging behavior of basking sharks on zooplankton in a small-scale front", *Nature*, v. 393, pp. 460-464.
- SOTO, J. M. R., 2001, "Peixes do Arquipélago de Fernando de Noronha", *Mare Magnum*, v. 1, pp. 147–169.
- STATSOFT, INC. **Electronic Statistics Textbook**. Tulsa: StatSoft, 2007. Disponível em: <<http://www.statsoft.com/textbook/stathome.html>>.

- STEPHENS, D. W., KREBS, J. R., 1986, *Foraging Theory*. New Jersey, Princeton University Press.
- TEIXEIRA, W., CORDANI, U. G., MENOR, E. A., 2003, “Caminhos do Tempo Geológico”. In: Linsker, R. (ed), *Arquipélago de Fernando de Noronha o Paraíso do Vulcão*. São Paulo, Brasil, Terra Virgem Editora.
- WALKER, T., 2000, *Fisheries management. Conservation and management of sharks*. Rome, Fao Technical Guidelines for Responsible Fisheries, no 4 supply 1.
- WETHERBEE, B. M., CORTES, E., 2004, “Food Consumption and Feeding Habits”. In: Carrier, J. C., Musick, J. A., Heithaus, M. R. (eds). *Biology of Sharks and Their Relatives*, Boca Raton, USA, CRC Press LLC.
- WETHERBEE, B. M., GRUBER, S. H., ROSA, R. S., 2007, “Movement patterns of juvenile lemon sharks *Negaprion brevirostris* within Atol das Rocas, Brazil: a nursery characterized by tidal extremes”, *Marine Ecology Progress Series*, v. 343, pp. 283-293.

Discussão Geral

A partir do inventário da literatura sobre a biologia e ecologia alimentar de elasmobrânquios na costa brasileira, percebe-se que existe um número elevado de estudos, e que estes vem aumentando consideravelmente durante a última década, acompanhando uma tendência mundial (WALKER, 2000). No entanto, lamentavelmente, grande parte das pesquisas não está em forma de publicação em periódicos científicos, mas como literatura cinza. Também acompanhando o panorama mundial, indica-se que a maioria das referências inventariadas objetivou o estudo da dieta através da análise de conteúdo estomacal (WETHERBEE & CORTES, 2004). Porém, grande parte dos trabalhos está restrita ao estudo da dieta de alguns poucos táxons, sendo estes apenas 26% do total da diversidade de elasmobrânquios registrados no Brasil (valor baseado em SBEEL, 2005). Ressalta-se, entretanto, que os resultados já estabelecidos nos estudos brasileiros sobre dieta de tubarões e raias estão de acordo de maneira geral com os padrões descritos na literatura mundial (WETHERBEE & CORTES, 2004; EBERT & BIZZARRO, 2007). Indica-se ainda que existem grandes lacunas no conhecimento relativo à biologia e ecologia alimentar das espécies na costa brasileira e, que muitas destas já se encontram em fortes declínios populacionais (SBEEL, 2005). Desta forma, recomenda-se a publicação dos resultados em periódicos científicos conjuntamente com proposições para o manejo e gestão das populações estudadas, além do incentivo à pesquisa.

Com relação à biologia e ecologia alimentar de raia prego, *D. americana*, observa-se que a espécie é capaz de executar padrões comportamentais que são complexos e altamente plásticos durante suas atividades de forrageamento solitárias no Arquipélago de Fernando de Noronha. Essa natureza solitária é comum para a espécie e a observação de indivíduos em agrupamentos durante atividades de alimentação somente é registrada em casos excepcionais (SEMENIUK & ROTHLEY, 2008). Muitos dos comportamentos de *D. americana* descritos pelo presente estudo são também registrados para outras espécies de myliobatiformes, tais como escavar, jatear água, manter o disco em forma convexa, além de sugar (*e.g.* EBERT & COWLEY, 2003; SASKO *et al.*, 2006). Adicionalmente, alguns estudos já relatam a ocorrência de depressões marcadas no sedimento em decorrência das atividades de escavação das raias (*e.g.* GREGORY *et al.*, 1979; SASKO *et al.*, 2006). É sugerido também pelo presente trabalho que *D. americana* no Arquipélago de Fernando de Noronha é capaz de modular seu comportamento de forrageamento e que o repertório individual é uma decisão baseada principalmente em estímulos ambientais. Esta suposição é corroborada pelo fato de que estudos etológicos já constataram que algumas espécies de elasmobrânquios podem exibir grandes modulações e variações dos

seus padrões motores em resposta a diferentes situações alimentares (GRUBER & MYRBERG, 1977; MOTTA, 2004). Uma vez que a diversidade e adaptabilidade dos comportamentos de predação podem maximizar o sucesso de captura de presas em diversos tipos de ambiente (TRICAS, 1985; MOTTA & WILGA, 2001), acredita-se também que a capacidade de *D. americana* de modular seus comportamentos contribui para sua sobrevivência no arquipélago.

Em se tratando dos períodos preferenciais de alimentação, é observado que *D. americana* no Arquipélago de Fernando de Noronha forrageia intermitentemente ao longo do dia e aparentemente possui um pico de atividade de alimentação durante as marés altas. Estes resultados estão de acordo com os obtidos por GILLIAM & SULLIVAN (1993). Porém, de acordo com CORCORAN (2006 – *appud* SEMENIUK & ROTHLEY, 2008), alguns de indivíduos de *D. americana* são mais ativos durante períodos noturnos. Sugere-se então que sejam realizados estudos adicionais no arquipélago, de modo a confirmar a atividade contínua de forrageamento da raia prego ao longo do dia, com uma menor atividade durante períodos noturnos como sugerido pelo presente trabalho.

Observa-se também que *D. americana* é um predador zoobentívoro capaz de se alimentar de presas vágéis, que são principalmente compostas por crustáceos, poliquetos e peixes ósseos. Além disso, tendo em vista a grande variedade de itens alimentares encontrados como conteúdo estomacal, sugere-se que *D. americana* é um predador generalista e oportunista, e que possivelmente se alimenta das espécies da macrofauna mais comuns no ambiente bentônico. Destaca-se que os resultados obtidos pelo presente trabalho estão de acordo com o conhecimento já disponível na literatura sobre a dieta da raia prego, tanto com relação à composição e importância dos itens alimentares na dieta da espécie, quanto à suposição do hábito alimentar oportunista e generalista (*e.g.* STOKES & HOLLAND, 1992; GILLIAM & SULLIVAN, 1993). Resultados similares também são encontrados para outros dasyatídeos no Brasil e no mundo (*e.g.* SILVA *et al.*, 2001; ISMEN, 2002; EBERT & COWLEY, 2003; CHARVET-ALMEIDA *et al.*, 2008).

Com relação aos aspectos ontogenéticos dos hábitos alimentares da raia prego no arquipélago, indica-se que raias menores e mais jovens apresentam uma maior similaridade na dieta entre si, do que com seus congêneres maiores e mais velhos, que possuem uma dieta mais diversificada. Destaca-se que as diferenças ontogenéticas na dieta de elasmobrânquios, tais como observadas para a raia prego na área de estudo, são comumente relatadas na literatura (*e.g.* LUCIFORA *et al.*, 2008).

Foi revelada também a existência de uma relação direta da ocorrência dos comportamentos de forrageamento e da dieta de *D. americana* com características do ecossistema marinho do arquipélago. Tendo em vista que as variáveis ambientais utilizadas nas análises estatísticas podem ser diretamente relacionadas ao tipo de habitat no qual as raias prego ocorrem (segundo AGUIAR *et al.*, 2009), é indicado que os padrões de ocorrência de tais propriedades biológicas acompanham as mudanças ontogenéticas no uso do habitat de indivíduos. Ressalta-se que esta influência direta que as alterações no uso do habitat exercem sobre mudanças nos hábitos alimentares foi igualmente descrita para outros elasmobrânquios (*e.g.* EBERT & COWLEY, 2003).

Uma forte relação foi encontrada também entre o comportamento de forrageamento da raia prego e o tamanho dos indivíduos no Arquipélago de Fernando de Noronha. Tais diferenças ontogenéticas na execução de comportamentos alimentares já foram descritas por outros estudos para algumas espécies de tubarões (MOTTA & WILGA, 2001). No entanto, como esperado, o tamanho das raias exerce menor influência do que os preditores ambientais na ocorrência dos comportamentos de forrageamento de *D. americana* na área de estudo. Tendo em vista a clara mudança ontogenética no uso do habitat de *D. americana* no arquipélago (AGUIAR *et al.*, 2009), acredita-se que as fortes relações observadas entre o ambiente e os comportamentos de forrageamento resultam em uma relação indireta entre estes e o tamanho das raias. Já com relação aos dados de conteúdo estomacal de *D. americana*, não se pode afirmar diretamente que essa forte relação também ocorre entre dieta-ambiente-tamanho dos indivíduos. Sabe-se que, além da disponibilidade de presas no ambiente, a composição da dieta das espécies também pode ser consequência de limitações morfológicas, diferentes habilidades de caça, padrões de movimentação, requisitos energéticos, entre outros fatores, que não foram incluídos como preditores no presente estudo (LOWE *et al.*, 1996; LUCIFORA *et al.*, 2008). Mesmo assim, destaca-se que altos valores de diversidade e largura de nicho alimentar das raias prego foram claramente relacionados aos ambientes recifais que tiveram maior diversidade de macrofauna bentônica, e que são conhecidas áreas de alimentação para as raias prego de grande tamanho (AGUIAR *et al.*, 2009), as quais, por sua vez, apresentaram os maiores valores de diversidade e largura de nicho alimentar.

Em se tratando das possíveis causas envolvidas no padrão do uso do habitat da raia prego, indica-se que alguns estudos sugerem que o uso do habitat de elasmobrânquios é fortemente influenciado pela distribuição de suas presas (HEITHAUS, 2004). Portanto, acredita-se que os ambientes recifais no Arquipélago de Fernando de Noronha são áreas

mais vantajosas para a colonização de *D. americana*, em termos de disponibilidade de presas. Destaca-se que as raias prego adultas, com possivelmente maiores necessidades energéticas (LUCIFORA *et al.*, 2008), estão principalmente presentes nestas áreas recifais, entretanto, os indivíduos mais jovens são raramente observados nestes ricos ambientes (AGUIAR *et al.*, 2009). Estes animais ocorrem basicamente em regiões rasas de praias que são aparentemente usadas como áreas berçário (AGUIAR *et al.*, 2009). E, embora seja sabido que indivíduos jovens de elasmobrânquios comumente procuram áreas berçário como ambientes protegidos contra predadores e com grande disponibilidade de presas (WETHERBEE *et al.*, 2007), indica-se que as praias não sustentam uma grande disponibilidade de presas como os ambientes recifais do arquipélago. Adicionalmente, tendo em vista a capacidade de modulação do comportamento de predação e a dieta generalista e oportunista da espécie, sugere-se que tais propriedades biológicas não são fatores limitantes à ocupação dos ambientes recifais pelas raias de menor tamanho. E, desta forma, infere-se que as regiões rasas de praia são ocupadas por indivíduos jovens de *D. americana* por serem locais protegidos contra predadores. Ressalta-se ainda que esta inferência também é compartilhada por outros autores. Segundo HEITHAUS (2004), em alguns casos, os juvenis mais suscetíveis selecionam habitats mais seguros e se deslocam para locais mais produtivos, porém perigosos, à medida que crescem e sua suscetibilidade à predação diminui. Além disso, acredita-se que a competição intraspecífica por recurso alimentar entre indivíduos de diferentes faixas etárias também pode ser um fator modelando o uso do habitat de *D. americana* na área de estudo. De acordo com alguns autores, a segregação ontogenética do habitat influencia diretamente os hábitos alimentares de elasmobrânquios e diminui a competição intraspecífica por alimento (*e.g.* LOWE *et al.*, 1996; LUCIFORA *et al.*, 2008). No entanto, indica-se que são necessários estudos adicionais para testar a hipótese da suscetibilidade ao risco de predação e da competição intraspecífica como fatores importantes modelando o uso do habitat de *D. americana* no Arquipélago de Fernando de Noronha. Por fim, sugere-se que caso ocorra algum distúrbio no ecossistema marinho do arquipélago, o comportamento de forrageamento e a dieta de *D. americana* não seriam fatores impeditivos para a colonização de outro habitat pelas raias, porém, principalmente os indivíduos mais jovens poderiam sofrer pressão de seleção de outros fatores limitantes. Destaca-se ainda que os resultados encontrados pelo presente estudo são importantes para reforçar a relevância das características do ambiente marinho influenciando a população de *D. americana* no Arquipélago de Fernando de Noronha e o apelo para a proteção da área.

Conclusão Geral

O estado da arte sobre biologia e ecologia alimentar de elasmobrânquios revela um número elevado de estudos na costa brasileira, baseados na análise do conteúdo estomacal das espécies, tal como é observado na literatura mundial. Esses estudos vêm aumentando consideravelmente durante a última década, acompanhando uma tendência global, porém restringem-se à dieta de alguns poucos táxons, abrangendo apenas 26% do total da diversidade de elasmobrânquios registrados no Brasil.

Os resultados já estabelecidos nos estudos brasileiros sobre dieta de tubarões e raias estão de maneira geral de acordo com os padrões descritos na literatura internacional. Existem, porém, grandes lacunas no conhecimento relativo à biologia e ecologia alimentar das espécies na costa brasileira, e muitas destas já se encontram em fortes declínios populacionais. Um maior esforço de pesquisa e de publicação dos resultados conjuntamente com proposições para o manejo e gestão das populações devem ser incentivados.

Do presente estudo sobre biologia e ecologia alimentar da raia prego, *Dasyatis americana*, no Arquipélago de Fernando de Noronha podem ser formuladas as seguintes conclusões:

- *D. americana* é capaz de executar padrões comportamentais que são complexos e altamente plásticos durante suas atividades de forrageamento,
- a característica de *D. americana* de forragear solitariamente sem apresentar nenhum tipo de comportamento social é padrão para a espécie.
- *D. americana* é capaz de modular seu comportamento de forrageamento e o repertório individual é uma decisão baseada principalmente em estímulos ambientais, assim como já constatado para algumas espécies de elasmobrânquios em resposta a diferentes situações alimentares,
- *D. americana* forrageia intermitentemente ao longo do dia e aparentemente possui um pico de atividade de alimentação durante as marés altas, assim como já observado por outros estudos sobre a espécie,
- *D. americana* é um predador zoobentívoro, generalista e oportunista, capaz de se alimentar de presas vágeis, que são principalmente compostas por crustáceos, poliquetos e peixes ósseos, tal como já constatado por outros estudos sobre a espécie e outros dasyatídeos,
- *D. americana* apresenta tendências de alterações ontogenéticas na composição de sua dieta, como comumente relatado na literatura para outros elasmobrânquios.

- características do ecossistema marinho do arquipélago influenciam diretamente os comportamentos de forrageamento e dieta de *D. americana*,
- os padrões de ocorrência dos comportamentos de forrageamento e da dieta acompanham as mudanças ontogenéticas no uso do habitat de indivíduos de *D. americana*, assim como já observado para outros elasmobrânquios,
- a forte influência que o ambiente exerce sobre os comportamentos de forrageamento de *D. americana* resulta em uma relação indireta entre estes e o tamanho dos indivíduos,
- o comportamento de forrageamento e tipo de dieta de *D. americana* não agem como filtros mediando o uso do habitat da espécie, e fatores tais como risco de predação e competição intraspecífica podem ser mais importantes modelando o padrão do uso do habitat.

Referências Bibliográficas

- AGUIAR, A. A., 2002, *Proposta de uma nova chave de identificação para os Myliobatiformes (sensu Compagno, 1999) (Chondrichthyes: Elasmobranchii) do Brasil*. Monografia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.
- AGUIAR, A. A., 2005, *Estrutura e Densidade Populacional e Uso do Habitat por *Dasyatis americana* Hildebrand and Schroeder (1928) (Chondrichthyes: Dasyatidae) no Arquipélago de Fernando de Noronha, Brasil*. Dissertação de M.Sc., Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, PB, Brasil.
- AGUIAR A. A., VALENTIN J. L., ROSA R. S., 2009, “Habitat use by *Dasyatis americana* in a south-western Atlantic oceanic island”, *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, v. 89, n. 6, pp. 1147-1152.
- BERNARD, G. R, WYNN, R. A, WYNN, G. G., 1966, “Chemical Anatomy of Pericardial and Perivisceral Fluids of Stingray *Dasyatis americana*”, *Biological Bulletin*, v. 130, n. 1, pp. 18-27.
- BIGELOW, H. B., SCHROEDER, W. C., 1953, “Fishes of the Western North Atlantic. Sawfishes, guitarfishes, skates and rays”, *Memoirs Sears Foundation Marine Research*, v. 1, pp. 1-558.
- BIZERRIL, C. R. S. F., COSTA, P. A. S., 2001, *Peixes do estado do Rio de Janeiro. Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável*. Rio de Janeiro, Fundação de Estudos do Mar.
- BROCKMANN, F. W., 1975, “Observation on mating-behavior of southern stingray, *Dasyatis americana*”, *Copeia*, v. 4, pp. 784-785.
- CAIN, D. K, HARMS, C. A, SEGARS, A., 2004, “Plasma biochemistry reference values of wild-caught southern stingrays (*Dasyatis americana*)”, *Journal of Zoo and Wildlife Medicine*, v. 35, n. 4, pp. 471-476.
- CERVIGÓN, F., CIPRIANI, R., FISCHER, W., GARIBALDI, L., HENDRICKX, M., LEMUS, A. J., MÁRQUEZ, R., POTICRS, J. M., ROBAIANA, G., RODRIGUEZ, B., 1993, *Field guide to the commercial marine and brackish-water resources of the northern coast of the South America. FAO species identification sheets for fishery purposes*. Roma, FAO.
- CHAPMAN, D. D., CORCORAN, M. J., HARVEY, G. M., MALAN S., SHIVJI M. S., 2003, “Mating behavior of southern stingrays, *Dasyatis Americana* (Dasyatidae)”. *Environmental Biology of Fishes*, v. 68, n. 3, pp. 241-245.

- CHARVET-ALMEIDA, P., LINS, P. M. O., ALMEIDA, M. P., 2008, "Diet Composition of the Whiptail Stingray *Dasyatis colarensis* Santos, Gomes & Charvet-Almeida, 2004 (Chondrichthyes: Dasyatidae) in the Colares Island Region, Para, Brazil", *Arquivos de Ciências do Mar*, v. 41, pp. 29-33.
- COMPAGNO, L. J. V., 1999, "Checklist of living elasmobranches". In: HAMLETT, W.C. (ed). *Sharks, Skates, and Rays. The Biology of Elasmobranch Fishes*, Baltimore, USA, John Hopkins University Press.
- CORCORAN, M, 2006, *The effects of supplemental feeding on the activity space and movement patterns of the southern stingray, Dasyatis americana, at Grand Cayman, Cayman Islands*. M.Sc. dissertation, Nova Southeastern University, Fort Lauderdale, FL, USA.
- DELLIAS, J. M. M., ONOFRE, G. R., WERNECK, C. C., LANDEIRA-FERNANDEZ, A. M., MELO, F. R., FARIAS, W. L. R., SILVA, L. C. F., 2004, "Structural composition and differential anticoagulant activities of dermatan sulfates from the skin of four species of rays, *Dasyatis americana*, *Dasyatis gutatta*, *Aetobatus narinari* and *Potamotrygon motoro*", *Biochimie*, v. 86, pp. 677-683.
- EBERT, D. A., BIZZARRO, J. J., 2007, "Standardized diet compositions and trophic levels of skates (Chondrichthyes: Rajiformes: Rajoidei)", *Environmental Biology of Fishes*, v. 80, pp. 221-237.
- EBERT, D. A., COWLEY, P. D., 2003, "Diet, feeding and habitat utilization of the blue stingray *Dasyatis chrysonota* (Smith, 1828) in South African waters", *Marine Freshwater Research*, v. 54, pp. 957-965.
- ESTON, V. R., MIGOTTO, A. E., OLIVEIRA FILHOS, E. C., RODRIGUES, S. A., FREITAS, J. C., 1986, "Vertical Distribution of Benthic Marine Organisms on Rocky Coasts of Fernando de Noronha Archipelago (Brazil)", *Boletim do Instituto de Oceanografia da Universidade de São Paulo*, v. 34, pp. 37-53.
- FIGUEIREDO, J. L., 1977. *Manual de Peixes Marinhos do Sudeste do Brasil. I. Introdução. Cações, Raias e Quimeras*. São Paulo, Museu de Zoologia, Universidade de São Paulo.
- GILLIAM, D., SULLIVAN, K. M., 1993, "Diet and feeding habits of the southern stingray *Dasyatis americana* in the Central Bahamas", *Bulletin of Marine Science*, v. 52, n. 3, pp. 1007-1013.

- GREGORY, M. R., BALLANCE, P. F., GIBSON, G. W., AYLING, A. M., 1979, "On How Some Rays (Elasmobranchia) Excavate Feeding Depressions by Jetting Water", *Journal of Sedimentary Petrology*, v. 49, n. 4, pp. 1125-1130.
- GRUBBS, D. R., SNELSON, F., PIERCY, A., ROSA, R. S., FURTADO, M. **Dasyatis americana - IUCN Red List of Threatened Species**. Version 2009.2. IUCN, 2006. Disponível em: <<http://www.iucnredlist.org>>
- GRUBER, S. H., MYRBERG, A. A., 1977, "Approaches to the study of the behavior of sharks", *American Zoology*, v. 17, pp. 471-486.
- HAMLETT, W. C., MUSICK, J. A., EULITT, A. M., JARRELL, R. L., KELLY, M. A., 1996a, "Ultrastructure of uterine trophonemata, accommodation for uterolactation, and gas exchange in the southern stingray, *Dasyatis americana*", *Canadian Journal of Zoology*, v. 74, n. 8, pp. 1417-1430.
- HAMLETT, W. C., MUSICK, J. A., EULITT, A. M., JARRELL, R. L., KELLY, M. A., 1996b, "Ultrastructure of fetal alimentary organs: Stomach and spiral intestine in the southern stingray, *Dasyatis americana*", *Canadian Journal of Zoology*, v. 74, n. 8, pp. 1431-1443.
- HEITHAUS, M. R., 2004, "Predator-Prey Interactions". In: Carrier, J. C., Musick, J. A., Heithaus, M. R. (eds). *Biology of Sharks and Their Relatives*, Boca Raton, USA, CRC Press LLC.
- HENNINGSEN, A. D., 2000, "Notes on reproduction in the southern stingray, *Dasyatis americana* (Chondrichthyes, Dasyatidae)", *Copeia*, v. 3, pp. 826-828.
- ISMEN, A., 2002, "Age, growth, reproduction and food of common stingray (*D. pastinaca* L., 1758) in Iskenderun Bay, the eastern Mediterranean", *Fisheries Research*, v. 1403, pp. 1 – 8.
- JOHNSTON, W. H., ACTON, R. T., WEINHEIM, P. F., NIEDERMEIER, W., EVANS, E. E., SHELTON, E., BENNETT, J. C., 1971, "Isolation and Physico-Chemical Characterization of Igm-Like Immunoglobulin from Stingray *Dasyatis americana*", *Journal of Immunology*, v. 107, n. 3, pp. 782-793.
- LESSA, R. P., SANTANA, F. M., RINCON, G. & GADIG, O. B. F. **Diagnóstico da biodiversidade de elasmobrânquios no Brasil**. MMA, 1999. Disponível em: <<http://www.bdt.org.br/woorkshop/costa/elasmo>>.
- LINSKER, R., 2003, *Arquipélago de Fernando de Noronha: O Paraíso do Vulcão*. São Paulo, Terra Virgem.

- LOWE, C. G., WETHERBEE, B. M., CROW, G. L., TESTER, A. L., 1996, "Ontogenetic dietary shifts and feeding behavior of the tiger shark, *Galeocerdo cuvier*, in Hawaiian waters", *Environmental Biology of Fishes*, v. 47, pp. 203-211.
- LUCIFORA, L. O., GARCIA, V. B., MENNI, R. C., ESCALANTE, A. H., HOZBOR, N. M., 2008, "Effects of body size, age and maturity stage on diet in a large shark: ecological and applied implications", *Ecological Research*, v. 24, pp. 109-118.
- McEACHRAN, J. D., CARVALHO, M. R., 2002, "Dasyatidae". In: CARPENTER, K. E. (ed). *The Living Marine Resources of the Western Central Atlantic. Volume 1: Introduction, Molluscs, Crustaceans, Hagfishes, Sharks, Batoid fishes and Chimaeras (FAO Species Identification Guide for Fisheries Purposes and American Society of Ichthyologists and Herpetologists Special Publication No.5)*. Rome, Italy, FAO.
- MENNI, R. C., STEHMANN, F. W., 2000, "Distribution, environment and biology of batoid fishes off Argentina, Uruguay and Brazil. A review", *Revista del Museo Argentino de Ciencias Naturales Bernardino Rivadavia, n.s.*, v. 2, n. 1, pp. 69-109.
- MOTTA, P. J., 2004, "Prey Capture Behavior and Feeding Mechanics of Elasmobranchs". In: Carrier, J. C., Musick, J. A., Heithaus, M. R. (eds). *Biology of Sharks and Their Relatives*, Boca Raton, USA, CRC Press LLC.
- MOTTA, P. J., WILGA, C. D., 2001, "Advances in the study of feeding behaviors, mechanisms, and mechanics of sharks", *Environmental Biology of Fishes*, v. 60, pp. 131-156.
- NUNEZ, S., TRANT, J. M., 1997, "Isolation of the putative cDNA encoding cholesterol side chain cleavage cytochrome P450 (CYP11A) of the southern stingray (*Dasyatis americana*)", *Gene*, v. 187, pp. 123-129.
- OLSON, G. B., 1967, "Nonspecific and Specific Lymphoid Blastogenesis in Leukocyte Cultures from *Polyodon spathula* and *Dasyatis americana*", *Federation Proceedings*, v. 26, n. 2, pp. 357.
- PIKITCH, E. K., CHAPMAN, D. D., BABCOCK, E. A., SHIVJI, M. S., 2005, "Habitat use and demographic population structure of elasmobranchs at a Caribbean atoll (Glover's Reef, Belize)", *Marine Ecology Progress Series*, v. 302, pp. 187-197.

- RANDALL, J. E., 1967, "Food habits of reef fishes of West Indies", *Studies in Tropical Oceanography*, v. 5, pp. 665-847.
- RIBERA, I., DOLÉDEC, S., DOWNIE, I. S., FOSTER, G. N., 2001, "Effect of land disturbance and stress on species traits of ground beetle assemblages", *Ecology*, v. 82, pp. 1112-1129.
- SANTOS, H. R. S., 2007, *Revisão Taxonômica das Espécies Vivas de Dasyatidae (Chondrichthyes, Myliobatiformes) do Atlântico Ocidental*. Tese de D.Sc., Museu Nacional da Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.
- SANTOS, H. R. S., "Nova Espécie de Raia-Manteiga da Costa do Brasil (Chondrichthyes, Myliobatiformes, Dasyatidae)", *Manuscript in preparation*.
- SANTOS, H. R. S., CARVALHO, M. R., 2004, "Description of a new species of whiptailed stingray from the Southwestern Atlantic Ocean (Chondrichthyes, Myliobatiformes, Dasyatidae)", *Boletim do Museu Nacional*, v. 516, pp.1-24.
- SANTOS, H. R. S., GOMES, U. L., CHARVET-ALMEIDA, P., 2004, "A new species of whiptail stingray of the genus *Dasyatis* Rafinesque, 1810 from the Southwestern Atlantic Ocean (Chondrichthyes: Myliobatiformes: Dasyatidae)", *Zootaxa*, v. 492, pp.1-12.
- SASKO, D. E., DEAN, M. N., MOTTA, P. J., HUETER, R. E., 2006, "Prey Capture behavior and kinematics of the Atlantic cownose ray, *Rhinoptera bonasus*", *Zoology*, v. 109, pp. 171-181.
- SAZIMA, C., KRAJEWSKI, J. P., BONALDO, R. M., SAZIMA, I., 2007, "Nuclear-follower foraging associations of reef fishes and other animals at an oceanic archipelago", *Environmental Biology of Fishes*, v. 80, n. 4, pp. 351-361.
- SBEEL, 2005. *Plano Nacional de Ação para a Conservação e o Manejo dos Estoques de Peixes Elasmobrânquios no Brasil*. Recife, Brasil, SBEEL.
- SCHWARTZ, F. J., SAFRIT, G. W., 1977, "White Southern Stingray, *Dasyatis americana* (Pisces, Dasyatidae), from Pamlico Sound, North-Carolina", *Chesapeake Science*, v. 18, n. 1, pp. 83-84.
- SEMENIUK, C. A. D., BOURGEON, S., SMITH, S. L., ROTHLEY, K. D., 2009, "Hematological differences between stingrays at tourist and non-visited sites suggest physiological costs of wildlife tourism", *Biological Conservation*, v. 142, pp. 1818-1829.

- SEMENIUK, C. A. D., ROTHLEY, K. D., 2008, “Costs of group-living for a normally solitary forager: effects of provisioning tourism on southern stingrays *Dasyatis americana*”, *Marine Ecology Progress Series*, v. 357, pp. 271–282.
- SEMENIUK, C. A. D., SPEERS-ROESCH, B., ROTHLEY, K. D., 2007, “Using Fatty-Acid Profile Analysis as an Ecologic Indicator in the Management of Tourist Impacts on Marine Wildlife: A Case of Stingray-Feeding in the Caribbean”, *Environmental Management*, v. 40, pp. 665–677.
- SILVA, G. B., BASÍLIO, T. H., NASCIMENTO, F. C. P., FONTELES –FILHO, A. A., 2007, “Size at first sexual maturity of the sting rays *Dasyatis guttata* and *Dasyatis americana*, off Ceara State”, *Arquivos de Ciências do Mar*, v. 40, n. 2, pp. 14–18.
- SILVA, G. B., VIANA, M. S. R., FURTADO-NETO, M. A. A, 2001, “Morfologia e Alimentação da Raia *Dasyatis guttata* (Chondrichthyes: Dasyatidae) na Enseada do Mucuripe, Fortaleza, Ceará”, *Arquivos de Ciência do Mar*, v. 34, pp. 67–75.
- SNELSON, F. F., GRUBER, S. H., MURU, F. L., SCHMID, T. H., 1990, “Southern stingray, *Dasyatis americana*: host for a symbiotic cleaner wrasse”, *Copeia*, v. 4, pp. 961-965.
- SNELSON, F. F., WILLIAMS. S. E., 1981, “Notes on the occurrence, distribution, and biology of elasmobranch fishes in the Indian River lagoon system, Florida”, *Estuaries*, v. 4, pp.110-120.
- SOTO, J. M. R., 2001, “Peixes do Arquipélago de Fernando de Noronha”, *Mare Magnum*, v. 1, pp. 147–169.
- SOUZA, A. T., ILARRI, M. I., VALENTIM, L. P. F., 2007, “A ‘hitch-hiker octopus’ on a southern stingray at Fernando de Noronha Archipelago, SW Atlantic”, *Coral Reefs*, v. 26, pp. 333
- STOKES, M. D., HOLLAND, N. D., 1992. “Southern stingray (*Dasyatis americana*) feeding on lancelets (*Brachiostoma floridae*)”, *Journal of Fish Biology*, v. 41, pp. 1043 – 1044.
- STRONG, W. R., SNELSON, F. F., GRUBER, S. H., 1990, “Hammerhead shark predation on stingrays: an observation of prey handling by *Sphyrna mokarran*”, *Copeia*, v. 3, pp. 836-840.
- TEIXEIRA, W., CORDANI, U. G., MENOR, E. A., 2003, “Caminhos do Tempo Geológico”. In: Linsker, R. (ed), *Arquipélago de Fernando de Noronha o Paraíso do Vulcão*. São Paulo, Brasil, Terra Virgem Editora.

- TRICAS, T. C., 1985, "Feeding Ethology of the White Shark, *Carcharodon carcharias*", *Memoirs of Southeastern Californian Academy of Science*, v. 9, pp. 81-91.
- VALENTINE, J. F., HECK, K. L., HARPER, P., BECK, M., 1994, "Effects of Bioturbation in Controlling Turtlegrass (*Thalassia-Testudinum* Banks Ex Konig) Abundance - Evidence From Field Enclosures and Observations in The Northern Gulf-of-Mexico", *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, v. 178, n. 2, pp. 181-192.
- WALKER, T., 2000, *Fisheries management. Conservation and management of sharks*. Rome, Fao Technical Guidelines for Responsible Fisheries, no 4 supply 1.
- WETHERBEE, B. M., CORTES, E., 2004, "Food Consumption and Feeding Habits". In: Carrier, J. C., Musick, J. A., Heithaus, M. R. (eds). *Biology of Sharks and Their Relatives*, Boca Raton, USA, CRC Press LLC.
- WETHERBEE, B. M., GRUBER, S. H., ROSA, R. S., 2007, "Movement patterns of juvenile lemon sharks *Negaprion brevirostris* within Atol das Rocas, Brazil: a nursery characterized by tidal extremes", *Marine Ecology Progress Series*, v. 343, pp. 283-293.
- YOKOTA, L., LESSA, R. P., 2006, "A nursery area for sharks and rays in Northeastern Brazil", *Environmental Biology of Fishes*, v. 75, pp. 349 – 360.

Livros Grátis

(<http://www.livrosgratis.com.br>)

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

[Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE](#)

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)

[Baixar livros de Literatura](#)
[Baixar livros de Literatura de Cordel](#)
[Baixar livros de Literatura Infantil](#)
[Baixar livros de Matemática](#)
[Baixar livros de Medicina](#)
[Baixar livros de Medicina Veterinária](#)
[Baixar livros de Meio Ambiente](#)
[Baixar livros de Meteorologia](#)
[Baixar Monografias e TCC](#)
[Baixar livros Multidisciplinar](#)
[Baixar livros de Música](#)
[Baixar livros de Psicologia](#)
[Baixar livros de Química](#)
[Baixar livros de Saúde Coletiva](#)
[Baixar livros de Serviço Social](#)
[Baixar livros de Sociologia](#)
[Baixar livros de Teologia](#)
[Baixar livros de Trabalho](#)
[Baixar livros de Turismo](#)