



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
“JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
Instituto de Biociências
Campus do Litoral Paulista



Dieta da Raia-elétrica *Narcine brasiliensis* (Olfers, 1831)
(Elasmobranchii: Narcinidae) na costa sul do Estado de São Paulo

Maria Eduarda Alves Laranjeira

São Vicente – SP

2020



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
“JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
Instituto de Biociências
Campus do Litoral Paulista



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
“Júlio de Mesquita Filho”
INSTITUTO DE BIOCIÊNCIAS
CAMPUS DO LITORAL PAULISTA

Dieta da Raia-elétrica *Narcine brasiliensis* (Olfers, 1831)
(Elasmobranchii: Narcinidae) na costa sul do Estado de São Paulo

Maria Eduarda Alves Laranjeira

Orientador: Teodoro Vaske Júnior

Co-orientador: Matheus Marcos Rotundo

Dissertação apresentada ao Instituto de Biociências, Campus do Litoral Paulista, UNESP, para obtenção do título de Mestre no Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade de Ambientes Costeiros.

São Vicente – SP

2020

L318d

Laranjeira, Maria Eduarda Alves

Dieta da Raia-elétrica *Narcine brasiliensis* (Olfers, 1831)
(Elasmobranchii: Narcinidae) na costa sul do Estado de São Paulo /
Maria Eduarda Alves Laranjeira. -- São Vicente, 2020
47 f.

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista (Unesp),
Instituto de Biociências, São Vicente

Orientador: Teodoro Vaske Júnior

Coorientador: Matheus Marcos Rotundo

1. Ecologia. 2. Hábitos Alimentares. 3. Elasmobrânquios. I. Título.

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Biblioteca do Instituto de
Biociências, São Vicente. Dados fornecidos pelo autor(a).

Essa ficha não pode ser modificada.

SUMÁRIO

Agradecimentos.....	5
Lista de tabelas.....	7
Lista de figuras.....	9
Resumo.....	10
1. Introdução.....	11
2. Metodologia.....	14
3. Resultados e Discussão.....	16
3.1 Descrição macroscópica do trato digestório.....	16
3.2 Análise dos conteúdos alimentares.....	19
3.3 Análises ontogenéticas.....	24
3.4 Análises sazonais.....	27
3.5 Análises sexuais.....	30
4 Conclusões.....	34
5 Referências.....	35

AGRADECIMENTOS

Agradeço em primeiro lugar ao meu orientador, Prof. Dr. Teodoro Vaske Júnior, a quem devo todo o meu respeito e admiração, que desde o princípio se propôs a ajudar na realização deste trabalho e que acabou por me acompanhar durante toda a jornada. Espero que assim seja daqui em diante.

Agradeço ao Prof. Dr. Matheus Marcos Rotundo, que além de meu chefe, também foi meu coorientador. A quem devo agradecer por disponibilizar os espécimes utilizados, o laboratório, por me liberar do serviço durante as disciplinas do Mestrado e por me proporcionar tempo livre durante os dias de trabalho para desenvolver essa pesquisa.

Agradeço aos pescadores parceiros do Projeto “Pró-pesca: pescando o conhecimento” pela doação dos exemplares utilizados neste estudo. Em especial ao Ney, Zezo, Cabelo, Sandrinho, Dima e Bigodinho.

Agradeço ao Prof. Dr. Álvaro Reigada pela identificação dos crustáceos e pelas dicas que contribuíram muito para este estudo.

Agradeço ao Prof. Dr. Leonardo Querobim Yokoyama pelo auxílio na identificação dos organismos da Classe Polychaeta.

Agradeço imensamente à minha mãe, Elizabeth Rosa Laranjeira, a qual sempre pode, com muito esforço, me garantir uma ótima educação, que me ensinou a ser honesta, forte e a lutar por meus objetivos.

Agradeço aos meus avós, Alice Rosa Vaz e Mário Santos Laranjeira, os quais sempre me deram todo o amor que há no mundo, que me ensinaram a jamais abandonar uma luta, a ser solidária, humilde e sobretudo a amar incondicionalmente.

Agradeço à minha irmã, Maria Alice Laranjeira Santos, por todo carinho, amor e amizade.

Agradeço aos meus tios, Mário Luiz Rosa Laranjeira e Ariane Ribeiro do Valle; à minha prima Marina Laranjeira e à minha afilhada Melissa Laranjeira, por todo o incentivo, paciência, amor e carinho.

Agradeço ao meu melhor amigo e meu grande amor, Dymes Rafael Alves dos Santos Laranjeira, por toda a ternura dos seus gestos, por todas as imensas doses de amor diário, por todo o incentivo e por toda a paciência comigo.

Agradeço aos meus amigos do coração e de profissão, Giovanni Arlan Torres, Victória Masson e Fabio Hermes Pusceddu por toda a parceria, amizade, incentivo e por aguentarem meus lamentos e compartilharem das minhas alegrias nas noites de bar. Vocês

são meus exemplos e minha inspiração, além de terem contribuído muito para que este trabalho fosse concluído.

Agradeço ao meu colega de trabalho, Gustavo Stabile Cardoso, por toda a ajuda com as tabulações e com a parte estatística.

Agradeço aos estagiários do AZUSC/UNISANTA, Júlia Lino Duz, Luíza Múscari Raveli, Dennis Fernandes Sampaio Cabral de Almeida, Rebeca Lisboa Pereira e Raphaella Guebara Dequech, por toda a ajuda com a parte prática deste trabalho e por tornarem minhas tardes muito mais prazerosas.

Agradeço à UNESP - Campus do Litoral Paulista, minha segunda casa desde os tempos de faculdade, pela ótima qualidade de ensino, pelo espaço acolhedor e por todas as amizades que fiz.

Agradeço à todos aqueles que de alguma maneira me ajudaram e me apoiaram.

Agradeço, por fim, às simples coisas da vida, que fazem de mim quem sou, uma pessoa de muita fé.

*"Razão demais é loucura. Loucura maior é ver a vida como ela é, e não como deveria ser."
Dom Quixote - Miguel de Cervantes*

LISTA DE TABELAS

Tabela 01 - Itens alimentares de <i>Narcine brasiliensis</i> na costa sul do Estado de São Paulo, Brasil, expressa em valores percentuais: quantidade de itens encontrados (N%), peso úmido em gramas (P%), Frequência de Ocorrência (FO%) e Índice de Importância Relativa (IRI%).....	21
Tabela 02 - Resultados do teste de normalidade de Shapiro-Wilk (W) para a distribuição dos IRIs por classes de comprimento para machos de <i>Narcine brasiliensis</i> na costa sul do Estado de São Paulo, Brasil. N = número de exemplares por classe de comprimento.....	24
Tabela 03 - Resultados do teste de normalidade de Shapiro-Wilk (W) para a distribuição dos IRIs por classes de comprimento para fêmeas de <i>Narcine brasiliensis</i> na costa sul do Estado de São Paulo, Brasil. N = número de exemplares por classe de comprimento.....	24
Tabela 04 - Resultados do índice de Jaccard para a similaridade da composição de itens alimentares de machos e fêmeas unificados por classe de comprimento de <i>Narcine brasiliensis</i> na costa sul do Estado de São Paulo, Brasil. Destaque em vermelho para valores que indicam alta similaridade.....	25
Tabela 05 - Resultados do índice de Pianka para a sobreposição alimentar de machos e fêmeas unificados entre as classes de comprimento de <i>Narcine brasiliensis</i> na costa sul do Estado de São Paulo, Brasil. Destaque em vermelho para valores que não indicam sobreposição alimentar.....	26
Tabela 06 - Resultados do teste de normalidade de Shapiro-Wilk (W) para a distribuição dos IRIs por estações climáticas para machos de <i>Narcine brasiliensis</i> na costa sul do Estado de São Paulo, Brasil. N = número de exemplares por período climático.....	27
Tabela 07 - Resultados do teste de normalidade de Shapiro-Wilk para a distribuição dos IRIs por estações climáticas para fêmeas de <i>Narcine brasiliensis</i> na costa sul do Estado de São Paulo, Brasil. N = número de exemplares por período climático.....	27
Tabela 08 - Resultados do índice de Jaccard para a similaridade da composição de itens alimentares para machos e fêmeas unificados entre as estações climáticas de <i>Narcine brasiliensis</i> na costa sul do Estado de São Paulo, Brasil.....	28
Tabela 09 - Resultados do índice de Pianka para a sobreposição alimentar de machos e fêmeas unificados entre as estações climáticas de <i>Narcine brasiliensis</i> na costa sul do	

Estado de São Paulo, Brasil. Destaque em vermelho para os valores que não indicam
sobreposição alimentar.....28

Tabela 10 - Resultados do teste de normalidade de Shapiro-Wilk (W) para a distribuição
dos IRIs por sexos de *Narcine brasiliensis* na costa sul do Estado de São Paulo, Brasil. N
= número de exemplares por sexo.....30

LISTA DE FIGURAS

Figura 01 - Área de coleta dos exemplares de <i>Narcine brasiliensis</i> analisados, costa sul do Estado de São Paulo, Brasil.....	14
Figura 02 - Anatomia macroscópica do trato digestório de <i>Narcine brasiliensis</i> . A – Trato digestório fora da cavidade visceral. B – Trato digestório dissecado, fora da cavidade visceral: esôfago (Es), estômago descendente (ED), estômago ascendente (EA), intestino anterior (IA), válvula espiral (VE), intestino posterior ou reto (Re). O losango indica a musculatura mais espessa que origina o esfíncter cárdico. Barra = 15 mm.....	18
Figura 03 - Fígado de <i>Narcine brasiliensis</i> fora da cavidade visceral: lóbulo esquerdo (LE) e lóbulo direito (LD), ligeiramente maior, em visão ventral. Barra: 20mm.....	18
Figura 04 - Distribuição do número de exemplares por classes de comprimento de <i>Narcine brasiliensis</i> na costa sul do Estado de São Paulo, Brasil. M = machos, F = fêmeas, M e F = machos e fêmeas.....	19
Figura 05 - Curva do coletor para <i>Narcine brasiliensis</i> , na costa sudeste e sul do Estado de São Paulo, Brasil.....	22
Figura 06 - Morfotipos da Classe Polychaeta encontrados nos estômagos de <i>Narcine brasiliensis</i> na costa sul do Estado de São Paulo, Brasil. A – Morfotipo 1, Família Arabellidae. Detalhe para o aparato mandibular. B – Morfotipo 2. C – Morfotipo 3. D – Morfotipo 4. Detalhe para o aparato mandibular (pinças). E – Morfotipo 5.....	24

RESUMO

A raia-elétrica *N. brasiliensis* ocorre do sudeste do Brasil ao norte da Argentina, apresenta de pequeno a médio porte e atinge comprimento máximo de 49 cm. Essas raias são geralmente encontradas em substrato lodoso, composto por areia fina, onde o movimento de protrusão da mandíbula é mais eficiente, facilitando também a sucção das presas. Exemplares de *N. brasiliensis* são capturados acidentalmente nas regiões sudeste e sul do Brasil, sendo muito suscetíveis às ações antrópicas predatórias. Apesar de ser uma espécie abundante ao longo da costa brasileira, há um conhecimento escasso sobre vários dos seus aspectos biológicos. Estudos relacionados a este gênero concentram-se em distribuição, reprodução, abundância das espécies e em sua dieta, a qual é composta principalmente por crustáceos e anelídeos marinhos, poríferos, equinodermos e sipunculas. O objetivo deste estudo consistiu em analisar o conteúdo estomacal de exemplares de *N. brasiliensis*, a fim de caracterizar sua dieta na costa sul do Estado de São Paulo, visando obter uma lista de itens alimentares identificados ao menor táxon possível e a proporção geral dos grandes grupos de presas de sua dieta; bem como avaliar a dieta em relação à ontogenia e sazonalidade, além de identificar os principais componentes anatômicos do trato digestório. A dieta de *N. brasiliensis* na região de estudo foi composta por cinco grandes grupos: Classe Polychaeta, Classe Sipunculida, Ordem Decapoda, Ordem Stomatopoda e Ordem Anguilliformes. Os poliquetas 1, da Família Arabellidae, foram o principal componente alimentar dessa espécie nessa região (IRI 32,41%). O poliqueta 2 foi o segundo item mais importante para a dieta desses animais (IRI 12,73%). Já os Sipunculiformes aparecem como o terceiro item mais relevante (IRI 2,14%). Não houve diferenças significativas na distribuição dos itens alimentares entre os sexos, nem entre as classes de comprimento e tampouco entre as estações climáticas. As dietas entre as Classes II e III, e III e IV apresentaram maior similaridade entre si. A dieta de machos e de fêmeas no período de inverno também foi considerada similar. O teste de Pianka demonstrou alta sobreposição de dietas entre machos e fêmeas, e também entre os meses de inverno, o que está relacionado à disponibilidade de presas e ao tamanho dos indivíduos. A espécie pode ser considerada especialista (estenofágica), apresentando dieta composta principalmente por poliquetas o que está diretamente relacionado à sua morfologia corpórea, sobretudo do aparato mandibular, que é especializado para a sucção de presas.

Palavras-chave: torpediniformes; alimentação; polychaeta; stomatopoda.

ABSTRACT

The lesser electric ray *N. brasiliensis* is distributed from southern Brazil to northern Argentina, it is small to medium sized and its maximum length is 49 cm. These rays are usually found in muddy sediment, in which the jaws protrusion movement is more efficient, making easier the prey suction. Specimens of *N. brasiliensis* are accidentally caught in the southeastern and southern regions of Brazil, being very susceptible to predatory anthropic actions. Although it is an abundant species along the Brazilian coast, there is no much information about its biological aspects. Studies related to the gender are focused in distribution, reproduction, species abundance and diet, which is mainly composed by crustaceans, polychaetes, poriferous, echinoderms and sipuncula. The objective of this research was to analyse the stomach content of *N. brasiliensis* specimens, to characterize its diet on the south coast of São Paulo State, aiming to obtain a list of food items identified at the lowest possible rate and the general proportion of the large groups of prey in their diet; as well as evaluating the diet in relation to ontogeny and seasonality, in addition to identify the main anatomical components of the digestive tract. The diet of *N. brasiliensis* in the study region was composed of five major groups: Class Polychaeta, Class Sipunculidea, Order Decapoda, Order Stomatopoda and Order Anguiliformes. Polychaetes 1, of the Arbellidae Family, were the main food component of this species in this region (IRI 32.41%). Polychaete 2 was the second most important item in the diet of these animals (IRI 12.73%). Sipunculiformes appear as the third most relevant item (IRI 2.14%). There were no significant differences in the distribution of food items between the sexes, neither between the length classes nor between the climatic seasons. The diets between Classes II and III, and III and IV were more similar to each other. The diet of males and females in the winter period was also considered similar. The Pianka test showed a high overlap of diets between males and females, and also between the winter months, which is related to the availability of prey and the size of individuals. The species can be considered a specialist (stenophagic), presenting a diet composed mainly of polychaetes which is directly related to its body morphology, especially of the mandibular apparatus, which is specialized in prey suction.

Key-words: torpediniformes; feeding; polychaeta; stomatopoda.

1. Introdução

Raias e tubarões são animais cosmopolitas, encontrados em águas tropicais e subtropicais, temperadas e frias (GOMES *et al.*, 2010). Podem viver próximo a regiões costeiras, ou em grandes profundidades, incluindo ambientes recifais, estuarinos, talude e plataforma, desde a superfície até cerca de 3000 m de profundidade (FIGUEIREDO, 1977).

A subclasse Elasmobranchii é caracterizada por animais que possuem aberturas branquiais múltiplas em ambos os lados da cabeça. Compreende as superordens Selachimorpha e Batoidea. As raias se encontram na superordem Batoidea, e apresentam, de maneira geral, corpo achatado e aberturas branquiais ventrais (POUGH *et al.*, 2003).

Os indivíduos da ordem Torpediniformes são caracterizados por possuírem órgãos produtores de eletricidade em ambos os lados do disco, os quais podem representar até 20% do peso corpóreo do animal, e estão em contato direto com a pele, tanto na porção ventral quanto dorsal do corpo (MATHEWSON *et al.*, 1958). Essa ordem possui 4 famílias, 12 gêneros e cerca de 65 espécies. No Brasil ocorrem 2 famílias (Narcinidae e Torpedinidae), 5 gêneros (*Torpedo*, *Narcine*, *Diplobatis*, *Discopyge* e *Benthobatis*) e pelo menos 6 espécies (GOMES *et al.*, 2010).

O gênero *Narcine* é composto pelas raias-elétricas da ordem Torpediniformes e da família Narcinidae. Uma revisão do gênero foi realizada por CARVALHO (1999), na qual foram levadas em consideração as características fenotípicas e os padrões de distribuição, sendo identificadas três espécies para a costa brasileira: *Narcine* sp., *Narcine bancroftii* e *Narcine brasiliensis*. Diferenciar essas três espécies é bastante complexo, uma vez que são extremamente semelhantes, sendo assim, um facilitador desse processo é a distribuição geográfica no Oceano Atlântico (CARVALHO, 1999; VIANNA & VOOREN, 2009; ROLIM, 2012). *Narcine brasiliensis* ocorre do sudeste do Brasil ao norte da Argentina, *Narcine bancroftii* é encontrada da Carolina do Norte (EUA) até o nordeste da Argentina e *Narcine* sp. do Suriname até o norte do Brasil (CARVALHO, 1999; VIANNA & VOOREN, 2009). No entanto, estudos mais recentes restringiram a distribuição de *N. brasiliensis* do Estado do Espírito Santo, no Brasil, até o norte da Argentina, sendo o nordeste brasileiro possivelmente povoado por *N. bancroftii* (ARAÚJO, 2007). No estudo realizado por ARAÚJO (2007) no Estado da Paraíba foram descritas a coloração, morfologia externa e esquelética das *Narcine* coletadas na região, visando separar as espécies brasileiras, porém essa distribuição ainda permanece incerta.

As raias desse gênero são caracterizadas por apresentarem disco em formato ovalado, normalmente mais alongado do que largo, duas nadadeiras dorsais de tamanho similar, nadadeira caudal bem desenvolvida e fortes mandíbulas (MICHAEL, 2001; GOMES *et al.*, 2010).

Indivíduos de *N. brasiliensis* são de pequeno a médio porte, e atingem comprimento máximo de 49 cm (GOMES *et al.*, 2010; ROLIM, 2012; ROLIM *et al.*, 2015A). Possuem atividade noturna e se enterram no substrato, protegendo-se contra predadores e garantindo maior eficiência no processo de obtenção de alimento (VIANNA & VOOREN, 2009). Essas raias são geralmente encontradas em substrato lodoso, composto por areia fina (BORNATOWSKI *et al.*, 2006; VIANNA & VOOREN, 2009), onde o movimento de protrusão da mandíbula é mais eficiente no revolvimento do solo, facilitando também a sucção das presas (DEAN & MOTTA, 2004^{AB}; DEAN *et al.*, 2006). Possuem uma característica única quando comparadas a maioria dos elasmobrânquios em relação ao funcionamento do aparato mandibular. Nessa espécie, as mandíbulas superior e inferior funcionam como uma unidade, através de vários ligamentos intrínsecos (DEAN & MOTTA, 2004). A protrusão da mandíbula é eficiente, pois há uma rotação diferenciada da hiomandíbula, que é transmitida para as mandíbulas superior e inferior, resultando na compressão de todo o arco mandibular, o que reduz a distância entre os lados direito e esquerdo do mesmo, permitindo com que o aparato mandibular forme um tubo, facilitando a sucção das presas, invertebrados bentônicos, sobretudo Crustacea e Polychaeta (GOITEN *et al.*, 1998; DEAN & MOTTA, 2004; BORNATOWSKI *et al.*, 2006; DEAN *et al.*, 2006). Após capturar a presa, as mandíbulas se expandem e contraem repetidamente, criando pressão interna, a qual é responsável por separar as presas do sedimento (DEAN *et al.*, 2006).

Exemplares de *N. brasiliensis*, por viverem na região demersal, são capturados acidentalmente nas regiões sudeste e sul do Brasil, sobretudo pela pesca de arrasto, não apresentando valor comercial, sendo, portanto, rejeitados a bordo (MARTINS *et al.*, 2009; VIANNA & VOOREN, 2009). Apesar de ser uma espécie abundante ao longo da costa brasileira, há um conhecimento escasso sobre vários dos seus aspectos biológicos, tais como ciclo de vida e comportamentos alimentares (FERREIRA & VOOREN, 2012). Estudos relacionados a este gênero concentram-se em distribuição e abundância das espécies e em sua dieta, a qual é composta principalmente por crustáceos e anelídeos marinhos, seguidos por poríferos, equinodermos, sipunculas e peixes bentônicos (AMARAL & MIGOTTO, 1980; GOITEN *et al.*, 1998; BORNATOWSKI *et al.*, 2006;

MARTINS *et al.*, 2009; MORENO *et al.*, 2009; GOMES *et al.*, 2010; FERREIRA & VOOREN, 2012; MARINSEK *et al.*, 2017). No Brasil, as duas únicas referências de estudo de alimentação de *N. brasiliensis* são de FERREIRA & VOOREN (2012), com base em 148 exemplares analisados, os quais constataram a importância de poliquetas na dieta no sul do Brasil, e BORNATOWSKI *et al.* (2006), que com base em 15 exemplares coletados na costa de Santa Catarina, destacaram Stomatopoda e Polychaeta na dieta. Outros estudos relacionados ao gênero referem-se à aspectos morfológicos do aparato mandibular e do órgão elétrico (MATHEWSON *et al.*, 1958; SEALOCK & KAVOOKJIAN, 1980; BLUM *et al.*, 1991; DEAN & MOTTA, 2004_{AB}; DEAN *et al.*, 2006; DEAN *et al.*, 2008; MACESIC & KAJIURA, 2009); à reprodução (RUDLOE, 1989; RODRÍGUEZ, 2007; MORENO *et al.*, 2010; ROLIM *et al.*, 2015; ROLIM *et al.*, 2016); à taxonomia (CARVALHO, 1999; ARAÚJO, 2007); ao acúmulo de metais pesados (LOPES *et al.*, 2019) e à natação (MACESIC & KAJIURA, 2010; ROSENBLUM *et al.*, 2011).

A análise de dieta é um mecanismo fundamental para estudos de predação, competição, trofodinâmica e de teias alimentares (AMUNDSEN *et al.*, 1996). A predação é um fator que desempenha um importante papel no ecossistema marinho, sobretudo na estrutura das comunidades. Um declínio na população de predadores ou de presas pode acarretar em desequilíbrios ecológicos (HEITHAUS *et al.*, 2008). Os indivíduos da superordem Batoidea rompem com a dinâmica das comunidades bentônicas, não apenas ao se alimentarem de pequenos invertebrados, mas também ao revolverem o substrato (HEITHAUS *et al.*, 2008), o que pode afetar diretamente a distribuição da infauna, como por exemplo, de poliquetas. Estudos de alimentação permitem avaliar a correlação entre a abundância de determinadas espécies e a ocorrência de organismos demersais de interesse econômico, ou ainda a relação entre a distribuição de presas e de consumidores (AMARAL & MIGOTTO, 1980). Portanto, compreender os aspectos biológicos de determinada espécie, assim como sua dieta, contribui para o entendimento de todo o seu ciclo de vida, de suas relações tróficas e da utilização do habitat em que vive, o que pode resultar em uma gama de dados que serão necessários para esforços futuros de sua conservação e para a gestão pesqueira sustentável.

Elasmobrânquios são K estrategistas, ou seja, apresentam tempo de vida longo, possuem maturidade sexual tardia e, em geral, apresentam proles pequenas a cada ciclo reprodutivo, o que ocasiona em baixa taxa de reposição populacional. Em razão deste tipo de estratégia de vida não suportam elevada pressão pesqueira, sendo mais suscetíveis à

sobre-exploração em comparação aos teleósteos (VOOREN & KLIPPEL, 2005; MARTINS *et al.*, 2009). A raia-elétrica *N. brasiliensis* está atualmente classificada como Dados Deficientes (DD) pela Lista Vermelha da União Internacional para a Conservação da Natureza - IUCN (ROSA e FURTADO, 2007), o que a torna ainda mais vulnerável às ações antrópicas predatórias, uma vez que não se sabe ao certo qual seu *status* de conservação, o que se deve à falta de estudos dedicados à espécie, muito provavelmente por esta não apresentar valor comercial. O objetivo deste estudo consistiu em analisar o conteúdo estomacal de exemplares de *N. brasiliensis*, a fim de caracterizar sua dieta na costa sul do Estado de São Paulo, visando obter uma lista de itens alimentares identificados ao menor táxon possível e a proporção geral dos grandes grupos de presas de sua dieta; bem como avaliar a dieta em relação à ontogenia e sazonalidade, além de identificar os principais componentes anatômicos do trato digestório.

2. Metodologia

Neste estudo, foram analisados 289 exemplares de ambos os sexos obtidos da fauna acompanhante de redes de arrasto direcionadas para a captura de camarão-rosa, sete-barbas e peixes demersais entre os anos de 2017 e 2019. Os exemplares foram obtidos através do “Projeto Pró-pesca: pescando o conhecimento” que atua junto a frota pesqueira profissional nos terminais pesqueiros de Santos e Guarujá, São Paulo, Brasil. Os espécimes analisados neste estudo são provenientes da região compreendida entre a Barra de Santos (no município de Praia Grande) e a Ilha do Cardoso (no município de Cananéia), compreendendo a região centro sul do Estado de São Paulo (Figura 01).



Figura 01. Área de coleta dos exemplares de *Narcine brasiliensis* analisados, costa sul do Estado de São Paulo, Brasil.

As raias foram conservadas em gelo a bordo, em cruzeiros de oito a quinze dias. Em laboratório, a espécie foi confirmada através de chaves de identificação (FIGUEIREDO, 1977; COMPAGNO, 1984; CARVALHO, 1999; GOMES *et al.*, 2010). Posteriormente, os espécimes foram identificados quanto ao sexo, pesados, foram realizadas as medidas de comprimento total (CT) e largura de disco (LD), as quais foram dadas em milímetros, e em seguida foi realizada uma incisão ventral para a retirada do trato digestório, o qual também foi pesado e fixado em solução de formol a 4% para posterior análise. Após fixados, os tratos foram retirados do formol e dissecados, tanto os conteúdos do estômago quanto da válvula espiral, quando presentes, foram removidos e colocados em placas de Petri para a identificação em lupa estereoscópica (aumento de 2 ou 4x).

Uma caracterização anatômica macroscópica do trato digestório foi obtida, visando complementar as elucidações de estratégias alimentares conforme os tipos de itens alimentares identificados. Os estômagos foram separados e seccionados com auxílio de pinças e bisturi em lupa estereoscópica e classificados quanto ao grau de repleção sendo: vazio (até 25%), meio-cheio (50%), quase-cheio (75%) e plenamente cheio (100%). O peso de cada item alimentar foi obtido pelo método gravimétrico, que consiste em determinar o peso úmido do item com balança de precisão de 0,1 g (HYSLOP, 1980).

Uma curva do coletor foi elaborada para verificar se o número de estômagos analisados foi suficiente para obter os espectros alimentares para ambos os sexos (MAGURRAN, 1988).

A importância de cada item alimentar na dieta dos exemplares foi dada de acordo com a sua classificação e obtida através do Índice de Relativa Importância (PINKAS *et al.*, 1971):

$$IRI_i = \%FO_i \times (\%N_i + \%P_i)$$

Onde: $\%FO_i$ é a frequência de ocorrência relativa de cada item alimentar, $\%N_i$ é a proporção em número de cada item em relação ao total de itens, e $\%P_i$ a proporção em peso de cada item em relação ao peso total de itens.

Para a identificação dos itens alimentares foram utilizadas bibliografias específicas para cada grupo de presas e o auxílio de especialistas de cada grupo (FIGUEIREDO, 1977; AMARAL & NONATO, 1996; COSTA *et al.*, 2003; ALBUQUERQUE, 2010).

A dieta foi analisada através dos valores de IRI não percentuais entre os períodos sazonais, sexo e classes de comprimento, sendo estas determinadas pelas diretrizes de Sturges (VIEIRA, 1980).

A similaridade da composição foi avaliada através do índice de Jaccard (S_j), onde: M = número de espécies comuns entre as áreas/períodos X e Y; N = número de espécies exclusivas nas áreas/períodos X e Y:

$$S_j = \frac{M}{(M + N)}$$

A sobreposição alimentar foi estimada utilizando o índice de Pianka:

$$O_{jk} = \frac{\sum_i^n p_{ij} p_{ik}}{\sqrt{\sum_i^n p_{ij}^2 \sum_i^n p_{ik}^2}}$$

Sendo: O_{jk} = medida de sobreposição alimentar entre a espécie j e a espécie k; p_{ij} = proporção do item alimentar i no total de itens utilizados pela espécie j; p_{ik} = proporção do item alimentar i no total de itens utilizados pela espécie k; n = número total de itens alimentares. Os resultados da sobreposição intraespecífica foram arbitrariamente considerados: alto ($>0,6$), intermediário ($0,4-0,6$) ou baixo ($<0,4$) (GROSSMAN, 1986).

Todas as comparações seguiram os preceitos da normalidade (teste de Shapiro-Wilk), sendo posteriormente (para duas variáveis) utilizado o teste não paramétrico de Mann-Whitney e para mais variáveis o teste não paramétrico de Kruskal-Wallis e subsequente teste de Dunn (ZAR, 2010), sendo independentemente da análise, adotado 5% de significância. Todas as análises foram realizadas no programa PAST (Palaeontological Statistics, versão 2.16, HAMMER e HARPER, 2006).

3. Resultados e Discussão

3.1 Descrição macroscópica do trato digestório

O trato digestório de *N. brasiliensis* apresenta em sequência: esôfago (Es), estômago descendente (ED), estômago ascendente (EA), intestino anterior (IA), válvula espiral (VE) e intestino posterior ou reto (Re) (Figura 02 - A). Os segmentos do tubo digestório e suas glândulas anexas ocupam a maior parte da cavidade visceral e acompanham o formato achatado dorsoventralmente do corpo. O esôfago apresentou-se relativamente longo em relação ao restante do trato digestório e não apresentou pregas. Na porção distal do esôfago, em direção ao estômago, a musculatura torna-se mais

espessa, formando o esfíncter cárdico. A presença deste esfíncter, que tem como função evitar refluxo, é pouco comum em elasmobrânquios (KOBELKOWSKY, 2010). No entanto, o mesmo se faz presente na raia *Urotrygon chilensis* (KOBELKOWSKY, 2010), a qual, assim como *N. brasiliensis*, apresenta hábitos bentônicos e passa longos períodos enterrada no substrato (MCEACHRAN & MIYAKE, 1988), se alimentando de poliquetas, crustáceos e pequenos peixes (CASTELLANOS, 2010). O estômago, em formato de “J”, representa a maior porção do trato digestório, está localizado no antímero direito da cavidade celomática, em visão ventral. Sua curvatura maior está voltada para o lado direito, e a menor para o lado esquerdo, em visão ventral. É dividido em estômago descendente, porção cárdica, que é conectada ao esôfago; e estômago ascendente, porção pilórica. A porção cárdica apresenta pregas longitudinais em sua mucosa, já a porção pilórica é mais estreita e não apresenta pregas. Na extremidade distal do estômago ascendente, encontra-se uma musculatura mais espessa, a qual dá origem ao esfíncter pilórico. O estômago em formato de “J” também foi descrito por KOBELKOWSKY (2013) para a raia *Gymnura micrura*, que muito embora tenha como principais itens alimentares peixes teleósteos, vive associada ao fundo como *N. brasiliensis* e se alimenta próximo ao substrato lodoso. Supõe-se que este formato de estômago acelere a passagem do alimento em comparação a estômagos em formato de “U” (MARINSEK *et al.*, 2017). O intestino é dividido inicialmente em duas porções, anterior e posterior. A porção anterior do intestino é subdividida em outras duas regiões. A primeira recebe o nome de intestino proximal, localizada depois do esfíncter pilórico e local onde os ductos biliares e pancreático são encontrados. A segunda região do intestino anterior recebe o nome de válvula espiral, que é equivalente a 35% do comprimento total do trato digestório. De acordo com a literatura, esta válvula pode apresentar quatro formatos anatômicos distintos (HOLMGREN & NILSSON, 1999). Em *N. brasiliensis*, as 10 pregas em sentido horizontal encontradas se unem a parede do intestino, atribuindo à válvula espiral um formato cônico. Estas pregas aumentam a superfície de absorção e desaceleram a passagem do alimento pelo intestino, que é curto, representando aproximadamente 40% do comprimento total do trato digestório. Animais carnívoros tendem a apresentar intestino curto com ampla superfície de absorção interna (CHATCHAVALVANICH *et al.*, 2006), o que pode ser observado para *N. brasiliensis*. A porção posterior do intestino forma o reto, o qual não apresenta pregas na mucosa (Figura 02 – B). O fígado é bilobado, sendo o lóbulo direito ligeiramente maior do que o esquerdo, em visão ventral (Figura 03).

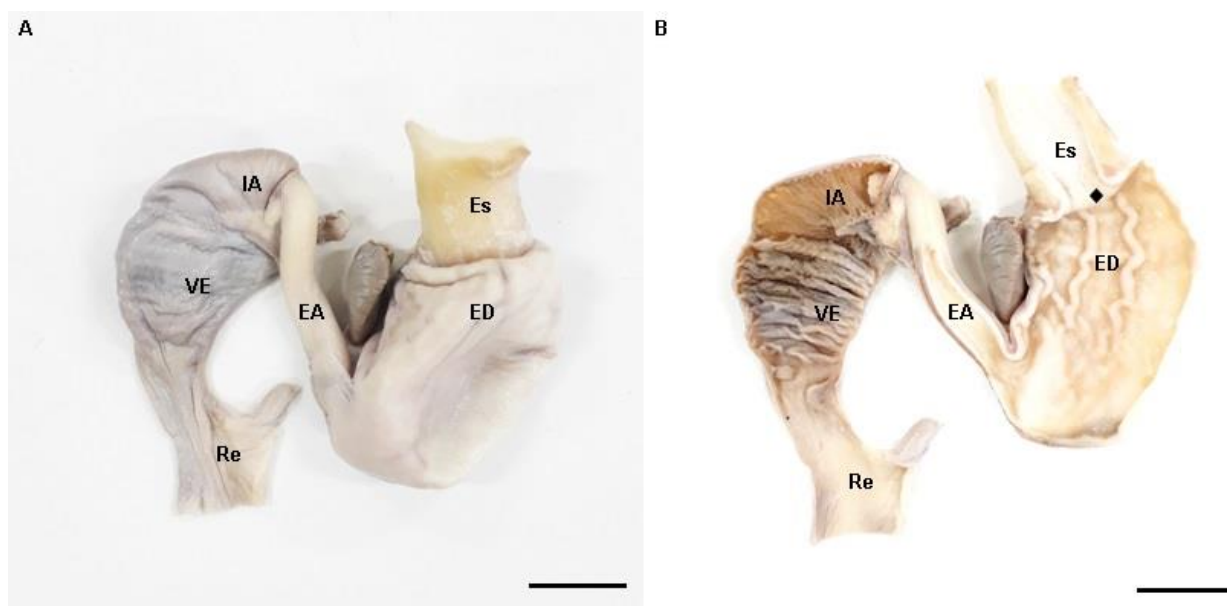


Figura 02 – Anatomia macroscópica do trato digestório de *Narcine brasiliensis*. Exemplar fêmea utilizado para a descrição, CT = 380mm e LD = 175mm. A – Trato digestório fora da cavidade visceral. B – Trato digestório dissecado, fora da cavidade visceral: esôfago (Es), estômago descendente (ED), estômago ascendente (EA), intestino anterior (IA), válvula espiral (VE), intestino posterior ou reto (Re). O losango indica a musculatura mais espessa que origina o esfíncter cárdico. Barra = 15mm.



Figura 03 – Fígado de *Narcine brasiliensis* fora da cavidade visceral: lóbulo esquerdo (LE) e lóbulo direito (LD), ligeiramente maior, em visão ventral. Barra: 20mm.

3.2 Análise dos conteúdos alimentares

Foram analisados 289 exemplares de *Narcine brasiliensis* sendo 126 machos, com comprimento total (CT) e largura de disco (LD) variando entre 200-390mm e 90-200mm, respectivamente; e 163 fêmeas, com CT e LD variando entre 210-476mm e 100-234mm, respectivamente. Os espécimes foram agrupados em seis classes de comprimento: Classe I: 200-244mm; Classe II: 245-289mm; Classe III: 290-334mm; Classe IV: 335-379mm; Classe V: 380-424mm; Classe VI: 425-470mm (Figura 04). Indivíduos machos de *N. brasiliensis* atingem a maturidade sexual com aproximadamente 290 mm de comprimento total e as fêmeas com 330 mm (GOMES *et al.*, 2010; ROLIM *et al.*, 2016). Considerando-se as classes de comprimento, observa-se que a maior parte dos machos analisados (17,30%) possuíam comprimento total variando entre 245-289mm, já a maior parte das fêmeas (18,68%) analisadas possuíam comprimento total variando entre 290-334mm, compondo as Classes II e III, respectivamente, ou seja, exemplares próximos a atingirem a maturidade sexual ou no início da mesma. No entanto, embora estas classes tenham sido mais representativas, puderam também ser analisados conteúdos estomacais de machos (CT variando entre 200-285mm) e fêmeas (CT variando entre 200-325mm) juvenis, aqueles compreendidos entre as classes I e II.

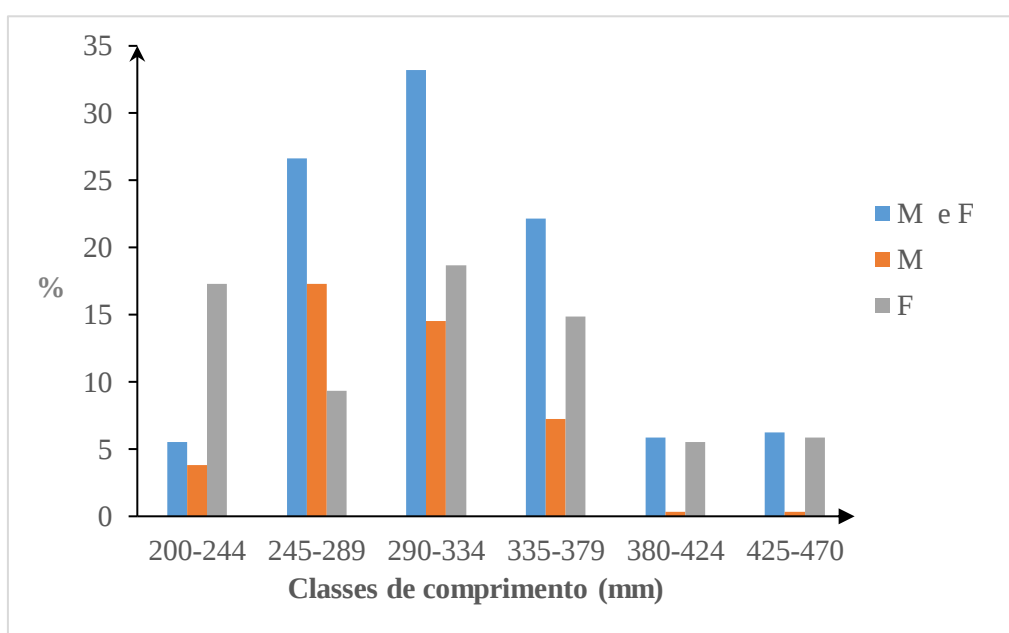


Figura 04 - Distribuição do número de exemplares por classes de comprimento de *Narcine brasiliensis* na costa sul do Estado de São Paulo, Brasil. M = machos, F = fêmeas, M e F = machos e fêmeas.

Dos estômagos analisados, 179 encontraram-se vazios (62%) e 110 com conteúdo (38%). Dentre os 110 estômagos com conteúdo, 64 (58%) eram de fêmeas e 46 (42%) eram de machos. No estudo realizado por BORNATOWSKI *et al.* (2006) em Santa Catarina - SC, foram analisados 15 estômagos, demonstrando uma dieta diversificada, composta por poríferos, crustáceos, poliquetas, sipunculas, equinodermos e peixes. No entanto, os autores não deixaram claro se coletaram apenas 15 espécimes, ou se só utilizaram os que apresentaram algum item alimentar, desta forma não há como saber a porcentagem de estômagos cheios e vazios, impossibilitando comparações. Já no estudo realizado por FERREIRA & VOOREN (2012) no sul do Brasil, foram capturados e analisados 148 espécimes, 95% deles com algum conteúdo alimentar, sendo a Classe Polychaeta a mais abundante.

Elasmobrânquios são conhecidos por se alimentarem ocasionalmente e também por ingerirem relativamente pouca quantidade de alimento (MOTTA & WILGA, 2001), portanto, é comum encontrar grande número de estômagos vazios em estudos de dieta desse grupo (ORTEGA *et al.*, 2015; FROST *et al.*, 2016). A grande quantidade de estômagos vazios também pode estar relacionada ao artefato de pesca utilizado durante as coletas. No caso do presente estudo, os animais foram obtidos da fauna acompanhante da pesca de arrasto, na qual os espécimes estão mais sujeitos ao estresse gerado pela pressão exercida durante a captura, em que a probabilidade de eversão do estômago é maior (MENDELEZ, 2017). FERREIRA & VOOREN (2012), registraram o poliqueta (*Notomastus lobatos*) como mais representativo na dieta de *N. brasiliensis* no sul do Brasil, onde provavelmente os espécimes coletados encontraram uma área de forrageamento próxima ao local de captura com grande abundância desses organismos, o que talvez explique o elevado IRI observado pelos autores.

No presente estudo constatou-se que a dieta de *N. brasiliensis* na costa sul do Estado de São Paulo é composta por basicamente cinco grandes grupos: Classe Polychaeta, Classe Sipunculidea, Ordem Decapoda, Ordem Stomatopoda e Ordem Anguilliformes. Os poliquetas foram o principal componente alimentar dessa espécie nessa região, sendo identificados cinco morfotipos, dentre eles a Família Arabellidae (Tabela 01).

Tabela 01 – Itens alimentares de *Narcine brasiliensis* na costa sul do Estado de São Paulo, Brasil, expressa em valores percentuais: quantidade de itens encontrados (N%), peso úmido em gramas (P%), frequência de ocorrência (FO%) e Índice de Importância Relativa (IRI%).

	N	N%	P	P%	Fo	Fo%	IRI%
Anguiliformes	4	3,45%	2,4	1,49%	4	3,64%	0,18%
<i>Ophichthus gomesii</i>	2	1,72%	8,37	5,21%	2	1,82%	0,13%
Subfamília Ophichthinae	1	0,86%	1,86	1,16%	1	0,91%	0,02%
Classe Polychaeta							
Polychaeta 1 (Arabellidae)	52	44,83%	38,17	23,74%	52	47,27%	32,41%
Polychaeta 2	26	22,41%	50,57	31,45%	26	23,64%	12,73%
Polychaeta 3	4	3,45%	3,82	2,38%	4	3,64%	0,21%
Polychaeta 4	2	1,72%	1,34	0,83%	2	1,82%	0,05%
Polychaeta 5	2	1,72%	0,5	0,31%	2	1,82%	0,04%
Classe Sipunculidea	8	6,90%	36,26	22,55%	8	7,27%	2,14%
Decapoda							
Camarão	2	1,72%	0,14	0,09%	2	1,82%	0,03%
Família Sergestidae	1	0,86%	0,06	0,04%	1	0,91%	0,01%
Infraordem Caridea	2	1,72%	0,11	0,07%	2	1,82%	0,03%
Massa digerida	6	5,17%	16,38	10,19%	6	5,45%	0,84%
Stomatopoda	4	3,45%	0,82	0,51%	4	3,64%	0,14%
	116		160,8		110		

A suficiência amostral nas análises dos itens alimentares consumidos por *N. brasiliensis* foi atestada por meio da curva do coletor, onde foi verificada a inclusão de novos itens na dieta na medida em que os estômagos foram sendo analisados. A curva resultante deste processo mostra uma estabilização a partir de 40 estômagos analisados, com aproximadamente 12 itens importantes. Portanto, pode-se concluir que o número de estômagos analisados foi suficiente para caracterizar a dieta destes animais na região de abrangência deste estudo (Figura 05).

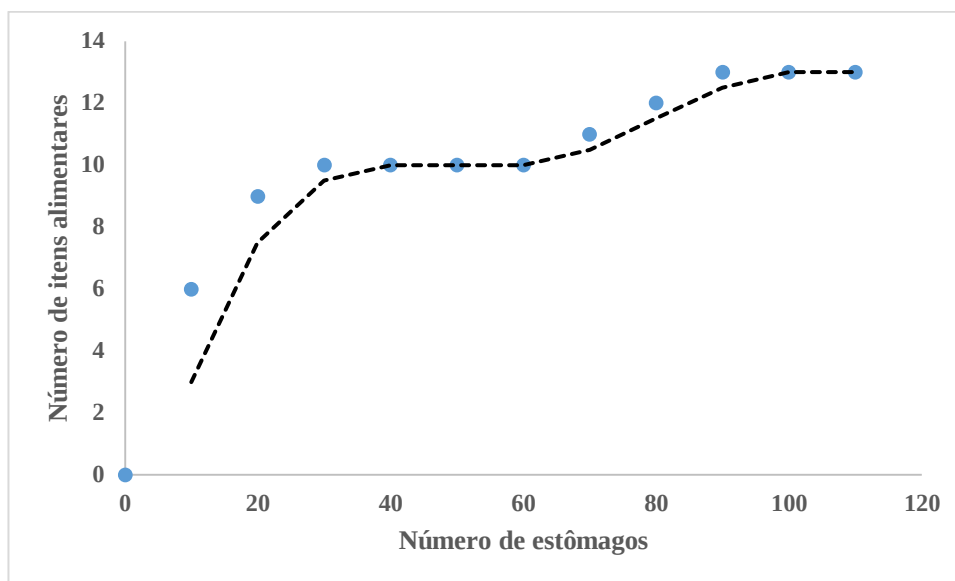


Figura 05 – Curva do coletor para *Narcine brasiliensis*, na costa sudeste e sul do Estado de São Paulo, Brasil.

Foram encontrados sete representantes da Ordem Anguilliformes, em sete estômagos diferentes, sendo duas enguias da espécie *Ophichthus gomesii* (IRI = 0,13%), uma da Subfamília Ophichthinae (IRI = 0,02%) e quatro esqueletos que não puderam ser melhor identificados (IRI = 0,18%). As duas enguias da espécie *O. gomesii* e a enguia da Subfamília Ophichthinae eram o único item alimentar dos estômagos em que foram encontradas. Muito embora apresentem em média apenas 10 cm de comprimento, quando comparadas em questão de volume aos poliquetas são notavelmente maiores, ocupando todo o espaço interno do estômago, sendo os únicos casos em que os estômagos apresentaram grau de repleção III (75% cheio). Estudos de alimentação realizados com indivíduos do gênero *Narcine* demonstraram que Anguilliformes são itens alimentares comuns na dieta desses animais (BORNATOWSKI *et al.*, 2006; FERREIRA & VOOREN, 2012; MORENO *et al.*, 2009). Enguias são cilíndricas e vivem enterradas no substrato, o que as torna itens ideais para a predação por *Narcine*, que possui um aparato mandibular especializado para esse tipo de captura.

Apenas cinco estômagos apresentaram representantes da Ordem Decapoda, sendo dois itens alimentares da Infraordem Caridea (IRI = 0,03%), um da Família Sergestidae (IRI = 0,01%), e dois que não puderam ser melhor identificados e que foram, portanto, chamados de “Camarão” (IRI = 0,03%). No estudo realizado por BORNATOWSKI *et al.* (2006), Stomatopoda destacou-se como o item mais importante na dieta de *N. brasiliensis*. No presente estudo, juvenis de Stomatopoda foram encontrados em apenas

3,64% dos estômagos (IRI = 0,14%). As tamarutacas vivem enterradas no substrato, sendo assim, presas disponíveis e de fácil detecção para *N. brasiliensis*.

Representantes da Classe Sipunculidea foram encontrados em oito estômagos, sendo o terceiro item mais relevante na dieta de *N. brasiliensis* neste estudo (IRI = 2,14%), não sendo possível refinar a identificação taxonômica. Já no estudo realizado por MARINSEK *et al.* (2017) na costa de São Paulo, em que 22 exemplares de *N. brasiliensis* foram analisados, os Sipunculidea foram o segundo item mais relevante (IRI = 26,38%). De acordo com KAWAUCHI & MIGOTTO (2011), estão presentes na costa do Estado de São Paulo, 27 das 40 espécies conhecidas de Sipunculidea, o que pode explicar a abundância destes itens na dieta de *N. brasiliensis* na região. No entanto, no estudo realizado por BORNATOWSKI *et al.* (2006), os Sipunculidea foram o item com a menor frequência de ocorrência. Muito embora FERREIRA & VOOREN (2012) tenham trabalhado com um número amostral expressivo de 148 espécimes, nenhum Sipunculidea foi encontrado, o que pode indicar que este tipo de presa seja pouco abundante no local de captura das raias. Neste mesmo estudo no sul do Brasil, a dieta de *N. brasiliensis* foi composta sumariamente por poliquetas, tendo sido encontrados seis diferentes táxons destes organismos. No presente estudo foram encontrados cinco morfotipos (Figura 06), dentre eles só foi confirmada a família do Polychaeta 1, Arabellidae, a qual esteve presente em 52 dos estômagos analisados (IRI = 32,41%). Os exemplares desta família foram o principal componente alimentar dessa espécie na região de estudo, de onde se constata serem abundantes (SHIMABUKURU, 2011) e preferenciais na predação por *N. brasiliensis*. A maior parte dos poliquetas é de vida livre, no entanto, algumas famílias apresentam indivíduos parasitas (PETTIBONE, 1957). Em um estudo realizado por AMARAL (1977), foi descrita uma nova espécie de Arabellidae, cujos exemplares utilizados para a descrição foram encontrados parasitando outros poliquetas, como por exemplo da Família Nereidae, chegando a superar o tamanho do corpo do indivíduo hospedeiro. Tal fato sugere que talvez o grande número de indivíduos Arabellidae encontrado neste estudo possa ser também resultado do parasitismo.

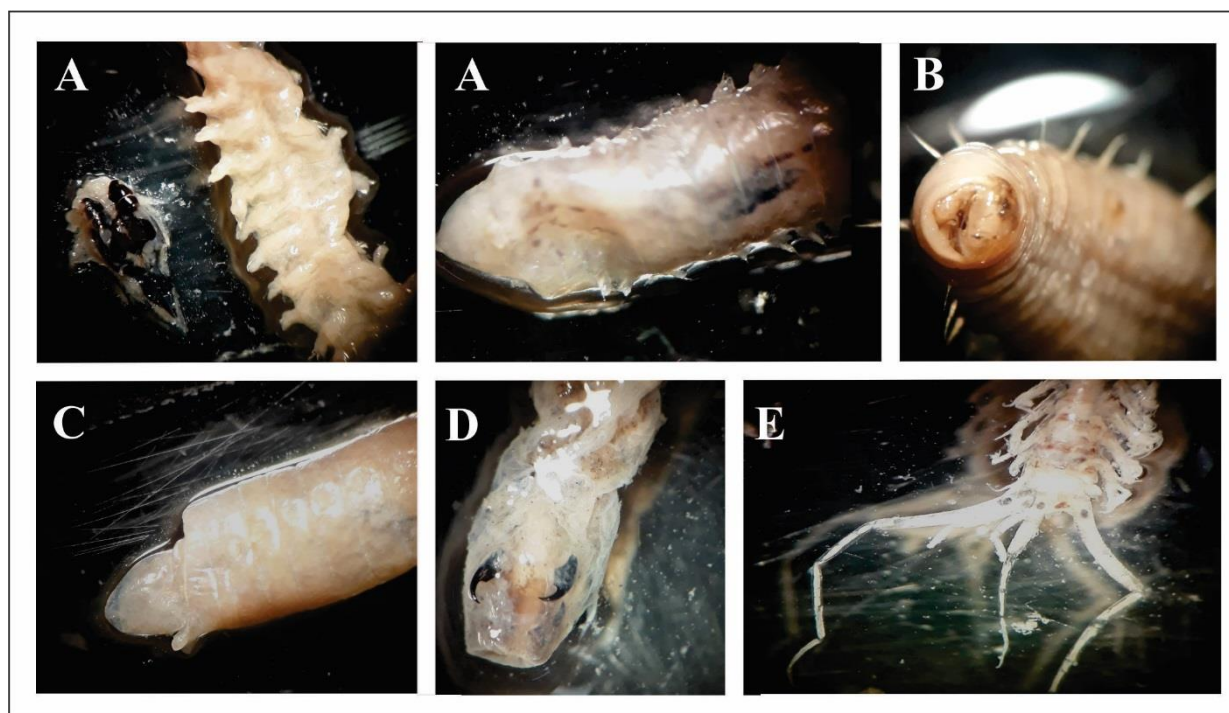


Figura 06 – Morfotipos da Classe Polychaeta encontrados nos estômagos de *Narcine brasiliensis* na costa sul do Estado de São Paulo, Brasil. A – Morfotipo 1, Família Arbellidae. Detalhe para o aparato mandibular. B – Morfotipo 2. C – Morfotipo 3. D – Morfotipo 4. Detalhe para o aparato mandibular (pinças). E – Morfotipo 5.

3.3 Análises ontogenéticas

Com base nos resultados do teste de normalidade de Shapiro-Wilk, observou-se que a distribuição dos IRIs por classes de comprimento para ambos os sexos é não normal (Tabelas 02 e 03).

Tabela 02. Resultados do teste de normalidade de Shapiro-Wilk (W) para a distribuição dos IRIs por classes de comprimento para machos de *Narcine brasiliensis* na costa sul do Estado de São Paulo, Brasil. N = número de exemplares por classe de comprimento.

	Classe I	Classe II	Classe III	Classe IV
W	0,4028	0,3359	0,5271	0,6995
p (normal)	1,12E-06	3,93E-07	9,74E-06	0,00037
N	4	15	20	6

Tabela 03. Resultados do teste de normalidade de Shapiro-Wilk (W) para a distribuição dos IRIs por classes de comprimento para fêmeas de *Narcine brasiliensis* na costa sul do Estado de São Paulo, Brasil. N = número de exemplares por classe de comprimento.

	Classe I	Classe II	Classe III	Classe IV	Classe V	Classe VI
W	0,2968	0,4326	0,4489	0,3902	0,6249	0,3676
p (normal)	2,19E-07	1,84E-06	2,42E-06	9,16E-07	6,82E-05	6,40E-07
N	1	11	24	18	5	5

Quando comparado o IRI entre as classes de comprimento por sexos através do teste de Kruskal-Wallis, não foram observadas diferenças significativas entre os machos ($p = 0,3804$) e fêmeas ($p = 0,4464$).

Através do teste de Mann-Whitney foi comparado o IRI entre os sexos para cada classe de comprimento, não sendo observadas diferenças significativas (Classe I: $p = 0,3651$; Classe II: $p = 0,4539$; Classe III: $p = 0,3901$; Classe IV: $p = 0,8613$).

Embora os testes estatísticos não tenham evidenciado diferenças entre os IRIs por classes de comprimento, a similaridade da composição dos itens alimentares entre machos e fêmeas segundo a ontogenia foi baixa (Classe I: 33%, Classe II: 33%; Classe III: 40%; Classe IV: 44%). Quando unimos os dados de ambos os sexos e comparamos entre as classes de comprimento, foi observada apenas alta similaridade entre as Classes II e III (50%), e entre as Classes III e IV (55%) (Tabela 04).

Tabela 04. Resultados do índice de Jaccard para a similaridade da composição de itens alimentares de machos e fêmeas unificados por classe de comprimento de *Narcine brasiliensis* na costa sul do Estado de São Paulo, Brasil. Destaque em vermelho para valores que indicam alta similaridade.

	Classe I	Classe II	Classe III	Classe IV	Classe V	Classe VI
Classe I		29%	33%	20%	33%	17%
Classe II			50%	36%	38%	25%
Classe III				55%	30%	30%
Classe IV					40%	30%
Classe V						29%

A baixa similaridade da composição dos itens alimentares entre machos e fêmeas por classe de comprimento também ficou evidenciada nos valores obtidos pelo índice de Pianka, o qual demonstrou sobreposição alta e intermediária apenas entre as classes III ($O_{jk} = 0,8424$) e IV ($O_{jk} = 0,6392$). Porém em oposição, quando utilizados os sexos conjuntos, foi verificada baixa sobreposição alimentar apenas entre a classe VI e as demais (Tabela 05). A divergência entre a similaridade de Jaccard e a sobreposição de Pianka está relacionada as métricas de cada índice, sendo Jaccard semi-quantitativo e Pianka quantitativo. Assim, os resultados demonstram que embora a similaridade dos itens alimentares seja baixa entre as classes de comprimento e sexos, a proporcionalidade dos itens comuns é similar, indicando sobreposição, também confirmada pelas análises estatísticas.

Tabela 05. Resultados do índice de Pianka para a sobreposição alimentar de machos e fêmeas unificados entre as classes de comprimento de *Narcine brasiliensis* na costa sul do Estado de São Paulo, Brasil. Destaque em vermelho para valores que não indicam sobreposição alimentar.

	Classe I	Classe II	Classe III	Classe IV	Classe V	Classe VI
Classe I		0,9792	0,9962	0,8659	0,7407	0,0462
Classe II			0,9669	0,9452	0,7911	0,0597
Classe III				0,8384	0,7294	0,0575
Classe IV					0,8004	0,0715
Classe V						0,5856

Variações ontogenéticas na dieta de peixes estão registradas na literatura em diversas espécies, sendo no geral, atribuídas ao tamanho das presas em relação a boca, mudanças de posicionamento geográfico ou na coluna d'água (NIKOLSKI, 1963; ROSS, 1986; GERKING, 1994; ZAVALA-CAMIN, 1996; HYNDES *et al.*, 1997; KEELY & GRANT, 1997; ABELHA *et al.*, 2001; PLATELL & POTTER, 2001; MACHADO-EVANGELISTA *et al.*, 2015; SANTOS *et al.*, 2018; CASTRO *et al.*, 2019).

No estudo realizado por FERREIRA & VOOREN (2012), os poliquetas foram o item alimentar mais importante na dieta de *N. brasiliensis*, independente das classes de comprimento analisadas e do gênero dos animais, bem como no presente trabalho. Neste mesmo estudo, não foram encontradas correlações entre o comprimento total dos animais e o número de itens alimentares no estômago. Um estudo realizado por MORENO *et al.* (2009) na Colômbia, com *N. bancroftii*, demonstrou que a dieta variou significativamente entre indivíduos adultos e juvenis, sendo os poliquetas da Família Eunicidae mais consumidos por indivíduos imaturos, o que pode estar relacionado ao fato dos filhotes ainda não terem desenvolvido todos os mecanismos digestivos, optando por consumir presas menos rígidas e, portanto, mais fáceis de digerir, apesar dos poliquetas desta família viverem dentro de tubos enterrados no substrato (GOITEN *et al.*, 1998). Vale ressaltar que muito embora a variação na dieta de indivíduos juvenis e adultos no presente estudo não tenha sido significativa, itens mais rígidos como Stomatopoda, por exemplo, só foram consumidos por machos e fêmeas já adultos. Tal fato também pôde ser observado por SPATH (2015), em um estudo realizado com o conteúdo estomacal de raias da espécie *Discopyge tschudii*, na Patagônia, Argentina. RUDLOE (1989), demonstrou que em cativeiro, exemplares de *N. brasiliensis* juvenis tendem a se alimentar de pequenos poliquetas e nematodas, os quais exigem menor esforço de captura. De acordo com as medidas morfométricas de *N. brasiliensis* propostas por BIGELOW & SCHROEDER (1953), e levando-se em consideração o comprimento total dos animais

coletados no presente estudo na costa sul do Estado de São Paulo, pode-se afirmar que o comprimento da boca dos animais varia entre 8-21mm, permitindo que através da técnica de sucção utilizada por essa espécie todos os indivíduos analisados fossem capazes de capturar todos os tipos de presas encontradas, o que pode explicar a ausência de diferenças estatísticas significativas na distribuição dos itens alimentares entre as classes de comprimento.

3.4 Análises sazonais

Com base nos resultados do teste de normalidade de Shapiro-Wilk, observou-se que a distribuição dos IRIs por estações climáticas para ambos os sexos é não normal (Tabelas 06 e 07).

Tabela 06. Resultados do teste de normalidade de Shapiro-Wilk (W) para a distribuição dos IRIs por estações climáticas para machos de *Narcine brasiliensis* na costa sul do Estado de São Paulo, Brasil. N = número de exemplares por período climático.

	Verão	Outono	Inverno	Primavera
W	0,6181	0,4141	0,4308	0,6039
p (normal)	5,91E-05	1,35E-06	1,78E-06	4,40E-05
N	4	16	15	11

Tabela 07. Resultados do teste de normalidade de Shapiro-Wilk para a distribuição dos IRIs por estações climáticas para fêmeas de *Narcine brasiliensis* na costa sul do Estado de São Paulo, Brasil. N = número de exemplares por período climático.

	Verão	Outono	Inverno	Primavera
W	0,2968	0,4534	0,4269	0,5282
p (normal)	2,19E-07	2,61E-06	1,67E-06	9,94E-06
N	1	31	17	15

Quando comparado o IRI entre as estações climáticas por sexos através do teste de Kruskal-Wallis, não foram observadas diferenças significativas entre os machos ($p = 0,7696$) e fêmeas ($p = 0,0691$).

Através do teste de Mann-Whitney foi comparado o IRI entre os sexos por cada estação climática, não sendo observadas diferenças significativas (Verão: $p = 0,2031$; Outono: $p = 0,3461$; Inverno: $p = 0,8145$; Primavera: $p = 0,9421$).

Embora os testes estatísticos não tenham evidenciado diferenças entre os IRIs por estações climáticas, a similaridade da composição dos itens alimentares entre machos e fêmeas segundo a sazonalidade foi baixa, excetuando no inverno (Verão: 25%, Outono:

33%; Inverno: 57%; Primavera: 25%). Quando unimos os dados de ambos os sexos e comparamos entre as estações climáticas, foi observado apenas alta similaridade entre as estações inverno e outono (78%) e entre primavera e outono (Tabela 08).

Tabela 08. Resultados do índice de Jaccard para a similaridade da composição de itens alimentares para machos e fêmeas unificados entre as estações climáticas de *Narcine brasiliensis* na costa sul do Estado de São Paulo, Brasil.

	Verão	Outono	Inverno	Primavera
Verão		30%	38%	23%
Outono			78%	50%
Inverno				36%
Primavera				

Neste caso, a baixa similaridade da composição dos itens alimentares entre machos e fêmeas por estações climáticas contrapõem os resultados obtidos pelo índice de Pianka, o qual demonstrou alta sobreposição no inverno ($O_{jk} = 0,9960$), no outono ($O_{jk} = 0,8489$) e na primavera ($O_{jk} = 0,7575$). Tais resultados também foram observados quando utilizamos os valores dos sexos unificados entre as estações climáticas, excetuando entre outono e verão, e primavera e verão (Tabela 09).

Tabela 09. Resultados do índice de Pianka para a sobreposição alimentar de machos e fêmeas unificados entre as estações climáticas de *Narcine brasiliensis* na costa sul do Estado de São Paulo, Brasil. Destaque em vermelho para os valores que não indicam sobreposição alimentar.

	Outono	Inverno	Primavera	Verão
Outono		0,9274	0,7837	0,4083
Inverno			0,9347	0,9856
Primavera				0,1914
Verão				

No estudo realizado por MELÉNDEZ (2017), com *N. entemedor*, na Baía de La Paz, México, foram encontrados 15 itens alimentares durante os meses mais quentes do ano; e nos meses mais frios, foram encontrados apenas 11 itens, sendo os organismos da Classe Sipunculidea os itens mais representativos para ambos os períodos do ano. A diferença no número de itens observados no referido estudo entre os meses quentes e frios pode estar relacionada aos efeitos de processos bióticos e abióticos que ocorrem no ecossistema marinho, tais como alterações de temperatura, salinidade, eventos como migração e período reprodutivo das espécies, que influenciam na diversidade, abundância e

disponibilidade de presas. No estudo realizado por MORENO *et al.* (2009), a maior parte dos estômagos de *N. bancroftii* com conteúdo foi encontrada entre os meses de setembro e outubro, o que corresponde ao “inverno” colombiano, época de chuvas na região. No presente estudo não foram encontradas diferenças estatísticas significativas na distribuição dos itens alimentares por estação, muito embora a maior parte dos espécimes machos e fêmeas tenha sido coletada no outono, o que poderia ter influenciado na diversidade e disponibilidade de presas. Os poliquetas da Família Arabellidae foram o principal item alimentar para *N. brasiliensis* neste estudo, de onde pode-se constatar que sejam muito abundantes ao longo de todo o ano na região, e/ou sobretudo no outono, época em que a maioria dos espécimes utilizados foi coletada.

Em um estudo realizado na Florida (EUA), a maior parte dos exemplares adultos de *N. brasiliensis* foram coletados durante o outono, e os juvenis durante a primavera e o verão (RUDLOE, 1989_B). No presente estudo não foi possível determinar essa sazonalidade devido ao pequeno número de indivíduos juvenis capturados ao longo dos dois anos de coleta. No entanto, no inverno houve predominância de machos e fêmeas adultos, cujas dietas foram consideradas similares de acordo com o índice de Jaccard. O teste de Pianka demonstrou que a maior sobreposição entre as dietas de machos e fêmeas ocorreu também no inverno. Tais similaridades podem ser resultantes tanto da disponibilidade de alimento durante esta estação, quanto ao tamanho dos indivíduos, o que lhes permitiria consumir os mesmos tipos de presas. Os Batoidea são predadores relevantes de peixes e de invertebrados bentônicos e desempenham um importante papel nas redes tróficas costeiras, podendo servir como conexão entre o fluxo de matéria e energia entre o ambiente pelágico e o demersal (ORTEGA *et al.*, 2015). O estudo realizado por ORTEGA *et al.* (2015), em que foi avaliada a sobreposição de dietas entre indivíduos da superordem Batoidea no México, demonstrou que para a família Narcinidae, a maior sobreposição de dietas ocorreu na temporada mais quente do ano. Ainda, de acordo com os autores, no Pacífico Central Mexicano, durante a temporada quente há maior biomassa e abundância de macroinvertebrados bentônicos nas regiões mais profundas (60-80m), e na temporada mais fria essa biomassa se concentra próxima às regiões costeiras (20-40m). É provável que no trabalho em questão os exemplares tenham sido coletados em regiões mais profundas, ao passo que a maior parte dos exemplares utilizados no presente estudo foi coletada na temporada fria em regiões rasas, por volta dos 25m, onde de acordo com SHIMABUKURU (2011) há grande abundância

de poliquetas durante todo o ano, independente da estação climática, havendo variações apenas na abundância das espécies.

3.5 Análises sexuais

Com base nos resultados do teste de normalidade de Shapiro-Wilk, observou-se que a distribuição dos IRIs por sexos é não normal (Tabela 10).

Tabela 10. Resultados do teste de normalidade de Shapiro-Wilk (W) para a distribuição dos IRIs por sexos de *Narcine brasiliensis* na costa sul do Estado de São Paulo, Brasil. N = número de exemplares por sexo.

	Machos	Fêmeas
W	0,4511	0,4783
p (normal)	2,51E-06	4,03E-06
N	46	64

Quando comparados os valores de IRIs por sexos através do teste de Mann-Whitney, não foram verificadas diferenças significativas ($p = 0,6947$). No entanto, a similaridade da composição de itens alimentares entre machos e fêmeas, verificada pelo índice de Jaccard, mostrou-se pouco similar (40%). O índice de Pianka corroborou os resultados das análises estatísticas e demonstrou alta sobreposição alimentar entre os sexos ($O_{jk} = 0,9974$).

A maior parte das diferenças sexuais em dietas de peixes parece estar relacionada a distribuição estratificada, como observado em *Carcharodon carcharias* (Lamnidae) por PARDINI *et al.* (2001) e BOUSTANY *et al.* (2002), os quais demonstraram que os machos realizam migrações transoceânicas, enquanto as fêmeas permanecem em águas costeiras do continente onde nasceram. Porém, estas diferenças também podem estar associadas à diminuição da competição intraespecífica, ou ainda às necessidades nutricionais diferenciadas, principalmente em relação à síntese reprodutiva (NIKOLSKI, 1963; RUCKSTUHL & NEUHAUS, 2000; GREENBERG & GILLER, 2001; RUCKSTUHL & NEUHAUS, 2002; KLEMETSEN *et al.*, 2003; MONTORI *et al.*, 2006; WARD *et al.*, 2006).

No estudo realizado por MELÉNDEZ (2017), foi encontrada diferença estatística significativa entre a dieta de machos e fêmeas de *N. entemedor*, devido as proporções em que algumas presas foram consumidas, porém não em relação a riqueza de espécies

obtidas para cada sexo. Nesse caso, as fêmeas apresentaram espectro alimentar mais amplo, com um consumo elevado de Sipunculida (50% da dieta), já os machos apresentaram espectro alimentar mais reduzido, porém com um consumo maior de Sipunculidea (> 60% da dieta). Uma das hipóteses para tal resultado seria a possibilidade de as fêmeas tentarem limitar a competição por alimento, ampliando sua gama de presas. O estudo realizado por SPATH *et al.* (2012) com a raia *Discopyge tschudii* entre o Uruguai e norte da Argentina, em que foram analisados os conteúdos estomacais de 176 espécimes, demonstrou haver diferenças estatísticas significativas entre a dieta de machos e fêmeas. Os indivíduos machos consumiram uma grande quantidade de poliquetas, sobretudo nos meses mais quentes, e as fêmeas consumiram mais anfípodes. Dentre as hipóteses para tal, estão dimorfismo sexual (machos de *D. tschudii* tendem a ser maiores do que as fêmeas), diferenças na capacidade de predação entre os sexos, diferenças no esforço de captura entre os sexos e utilização de habitats distintos por machos e fêmeas. No presente estudo, muito embora não tenham sido encontradas diferenças significativas quando comparados os IRIs entre os sexos, houve itens alimentares encontrados exclusivamente na dieta de fêmeas, como os “Polychaeta 4”, enguias da espécie *O. gomesii*, uma enguia da Subfamília Ophichthinae e um camarão da Família Sergestidae; e itens exclusivos na dieta dos machos, como “camarões” e organismos da Infraordem Caridea. Assim como no estudo realizado por MELÉNDEZ (2017), no presente estudo as fêmeas apresentaram um espectro alimentar mais amplo, o que explicaria a baixa similaridade da composição de itens alimentares entre os sexos, no entanto, diferente do encontrado para *N. entemedor*, o consumo de presas maiores como Sipunculidea foi mais alto também nas fêmeas. O dimorfismo sexual para *N. brasiliensis* é conhecido, fêmeas são maiores do que machos (ROLIM *et al.*, 2015). Assim como proposto por MELÉNDEZ (2017), é possível que as fêmeas apresentem um espectro alimentar mais amplo visando diminuir a competição por alimento com machos. No entanto, o estudo realizado por MORENO *et al.* (2009) com a raia *N. bancroftii* no Caribe Colombiano demonstrou não haver segregação alimentar entre os sexos e nem por estágio de desenvolvimento. Assim como proposto por SPATH *et al.* (2012) para *D. tschudii*, é possível ainda que indivíduos fêmeas, os quais são maiores, se alimentem de organismos maiores e, portanto, de elevado valor energético. Ainda, segundo MORENO *et al.* (2009), foram encontradas variações na dieta entre os sexos, sendo a dieta da fêmea mais diversa, o que como proposto pelos autores, se deve ao fato de os indivíduos fêmeas serem incapazes de se afastar dos filhotes para predação, obrigando-as a diversificar sua dieta com

o que há de disponível por perto. No estudo realizado por RUDLOE (1989_B) na Florida, foi demonstrado que *N. brasiliensis* fêmeas passam a maior parte do ano próximas a região costeira, o que está diretamente relacionado à reprodução, ou seja, aos períodos de acasalamento, à postura de filhotes e ao cuidado parental, corroborando com o proposto por MORENO *et al.* (2009).

Os resultados do presente estudo refletem a dieta baseada na representatividade das presas de *N. brasiliensis* em relação aos recursos disponíveis no ambiente, pois foram utilizados dados de peso e frequência de ocorrência dos itens através do índice alimentar (IRI). Embora a abundância em peso possa refletir com maior exatidão a representatividade energética e ecológica, uma vez que um único exemplar de grande tamanho pode representar a totalidade do material observado no trato digestório, e que apenas este possa suprir as necessidades energéticas do predador, ela não reflete diretamente a predileção por determinada presa em relação ao custo energético para sua captura.

Segundo HAHN & DELARIVA (2003) não há consenso sobre qual a melhor metodologia para estudos de alimentação natural de peixes. Ainda segundo as autoras, os diferentes métodos estão relacionados aos objetivos específicos de cada estudo, além do tipo, tamanho e digestibilidade das presas, assim como observado por WINDELL & BOWEN (1978), GERKING (1994), ROYCE (1996), e ZAVALA-CAMIN (1996). Segundo LOVE *et al.* (1986) a utilização de apenas uma das métricas (numérica, frequência, volumétrica ou gravimétrica) pode gerar interpretações equivocadas, uma vez que cada uma representa apenas um dos vários aspectos da dieta. As divergências metodológicas originaram os índices alimentares, pois estes unem parte dos diferentes aspectos metodológicos conflituosos (gravimétrico, volumétrico, numérico, frequência de ocorrência, etc.) (LIAO *et al.*, 2001). Diversos autores atribuíram diferentes aspectos interpretativos à utilização dos índices alimentares, principalmente ao índice de importância relativa (IRI) (PINKAS *et al.*, 1971; ROSECCHI & NOUAZE, 1987; FUGI *et al.*, 1996; ZAVALA-CAMIN, 1996; CORTÉS, 1997; HAHN *et al.*, 1997; CORTÉS, 1998; BRAGA, 1999; VITULE & ARANHA, 2002; OLIVEIRA *et al.*, 2004), porém, diferentes estudos demonstraram desvantagens na utilização destes índices (MACDONALD & GREEN, 1983; WALSH & FITZGERALD, 1984; ROSECCHI & NOUAZE, 1987; VALENTE, 1992; ZAVALA-CAMIN, 1996; HANSSON, 1998), em que por vezes, a aplicação destes com os mesmos dados, resulta em diferenças consideráveis. Segundo BENNEMANN *et al.* (2006), existem diversos índices

compostos para avaliar a alimentação de peixes, porém sua utilização está cada vez mais sendo suprimida (HAHN & DELARIVA, 2003). Independente das divergências, parece consenso que a metodologia utilizada deve ser escolhida com base nos objetivos propostos, sem extrapolações interpretativas entre as diferentes métricas existentes.

A adoção desta metodologia (abundância em peso e frequência de ocorrência) foi baseada na pequena quantidade de itens alimentares, na dificuldade de identificação e quantificação destes frente à digestão, além da grande amplitude de tamanho das presas, em consequência da pequena abertura bucal da espécie analisada.

Ainda, considerando as questões metodológicas, foi adotada a utilização de testes não paramétricos para evidenciar as diferenças estocásticas dos IRIs em diferentes tratamentos (sazonalidade, classes de comprimento e sexos). Embora boa parte dos estudos utilize metodologias diversificadas, poucas testam a significância dos valores obtidos, o que pode gerar erros interpretativos, pois dados matematicamente diferenciados podem não refletir valores estatisticamente diferentes, como já descrito para estudos de alimentação de peixes por VALENTE (1992). Assim, de forma complementar e comparativa, também foram utilizadas análises semi-quantitativas, como o índice de similaridade de Jaccard (dados de incidência) e quali-quantitativas, como o índice de sobreposição alimentar de Pianka, porém ambos não evidenciam a significância estatística.

Predadores especialistas estão em desvantagem quando comparados aos generalistas, haja vista que os segundos sejam capazes de alterar o tipo de alimento a ser predado conforme a disponibilidade e abundância dos recursos alimentares. O fato de ser especialista (estenofágica) torna a *N. brasiliensis* suscetível às alterações ambientais, sejam elas antrópicas ou naturais, as quais podem afetar a disponibilidade de alimento e, conseqüentemente, a sobrevivência da espécie, atualmente classificada como Dados Deficientes (DD) pela Lista Vermelha da União Internacional para a Conservação da Natureza – IUCN (ROSA & FURTADO, 2007). A ausência de informações básicas sobre algumas espécies subsidia a classificação destas como DD, podendo seu real *status* estar sendo negligenciado (HOWARD & BICKFORD, 2014; BLAND *et al.*, 2015; LUIZ JR *et al.*, 2016). Assim, pesquisadores buscam alternativas para uma avaliação mais eficiente nos casos em que os dados básicos são ausentes. Embora diferentes abordagens já tenham sido testadas, não há consenso entre suas metodologias e eficácia. No entanto, independente da metodologia adotada, é fato que muitas espécies atualmente classificadas como DD estão realmente em algum grau de ameaça, porém não estão protegidas por

programas de conservação e/ou legislações (JENNINGS *et al.*, 1999; GOOD *et al.*, 2006; BRITO, 2010; MORAIS *et al.*, 2013; HOWARD & BICKFORD, 2014; SOUSA-BAENA *et al.*, 2014; BLAND *et al.*, 2015; JETZ & FRECKLETON, 2015; LUIZ JR *et al.*, 2016).

4. Conclusões

A dieta de *N. brasiliensis* na costa sul do Estado de São Paulo é composta por cinco grandes grupos: Classe Polychaeta, Classe Sipunculidea, Ordem Decapoda, Ordem Stomatopoda e Ordem Anguiliformes. Os Polychaeta 1, da Família Arabellidae, foram o principal componente alimentar dessa espécie nessa região (IRI 32,41%). O Polychaeta 2 foi o segundo item mais importante para a dieta desses animais (IRI 12,73%). Já os Sipunculiformes aparecem como o terceiro item mais relevante (IRI 2,14%). Estes resultados são similares aos dados encontrados em outros estudos de dieta realizados para o gênero. No presente estudo foram encontrados muitos estômagos vazios, fato comumente observado para elasmobrânquios, porém a curva do coletor evidenciou que o número de exemplares coletados foi suficiente para caracterizar a dieta de *N. brasiliensis* na região de estudo, demonstrando que o seu espectro alimentar foi satisfatoriamente reconhecido.

Não houve diferenças significativas na distribuição dos itens alimentares entre os sexos, nem entre as classes de comprimento e tampouco entre as estações climáticas. As dietas entre as Classes II e III, e III e IV apresentaram maior similaridade entre si, o que provavelmente se deve ao fato dos indivíduos dessas classes apresentarem tamanhos similares, ou seja, serem adultos ou quase adultos. A dieta de machos e de fêmeas no período de inverno também foi considerada similar, possivelmente relacionada a disponibilidade de alimentos na região de estudo durante esse período. Já a dieta entre machos e fêmeas demonstrou-se pouco similar, em função de alguns itens alimentares terem sido encontrados exclusivamente nos estômagos de machos e outros nos estômagos de fêmeas, devido ao fato de as fêmeas não se afastarem dos filhotes e, por isso, se alimentarem do que há disponível por perto, ou ainda devido à fatores bióticos e abióticos. O teste de Pianka demonstrou alta sobreposição de dietas entre machos e fêmeas, e também entre os meses de inverno, o que está relacionado à disponibilidade de presas e ao tamanho dos indivíduos.

A espécie pode ser considerada especialista (estenofágica), apresentando dieta composta principalmente por poliquetas o que está diretamente relacionado à sua morfologia corpórea, sobretudo do aparato mandibular, que é especializado para a sucção de presas.

5. Referências

ABELHA, M.C.F.; AGOSTINHO, A.A.; GOULART, E. Plasticidade trófica em peixes de água doce. **Acta Scientiarum**, 23(2): 425-434, 2001.

ALBUQUERQUE, D.L. Taxonomia e Ecologia de Stomatopoda (Crustacea) da Bacia Potiguar, Rio Grande do Norte – Brasil. 118p. (Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Oceanografia, da Universidade Federal de Pernambuco, como requisito para a obtenção do grau de Mestre em Oceanografia, subárea Oceanografia Biológica), 2010.

AMARAL, A.C.Z. Um Poliqueto Endoparasita, *Labrorostratus prolificus* sp. nov. em Nereídeo. **Boletim do Instituto Oceanográfico**, 26: 285-292, 1977.

AMARAL, A.C.Z.; MIGOTTO, A.E. Importância dos anelídeos poliquetas na alimentação da macrofauna demersal e epibentônica da região de Ubatuba. **Boletim do Instituto Oceanográfico**, 29(2): 31-35, 1980.

AMARAL, A.C.Z.; NONATO, E.F. Annelida Polychaeta Características, glossário e chaves para famílias e gêneros da costa brasileira. Campinas: Editora UNICAMP, 1996, 116p.

AMUNDSEN, P.A.; GABLER, H.M.; STALDVIK, F.J. A new approach to graphical analysis of feeding strategy from stomach contents data – modification of the Costello (1990) method. **Journal of Fish Biology**, 48(4): 607–614, 1996.

ARAÚJO, S.H.A. Morfologia externa e esquelética de *Narcine* cf. *brasiliensis* (Olfers, 1831) (Chondrichthyes: Narcinidae) da costa da Paraíba. 51p. Trabalho Acadêmico Orientado apresentado ao Curso de Licenciatura e Bacharelado em Ciências Biológicas da Universidade Estadual da Paraíba, em cumprimento às exigências para obtenção do grau de Licenciado e Bacharel em Ciências Biológicas, 2007.

BENNEMANN, S.T.; CASATTI, L.; OLIVEIRA, D.C.D. Alimentação de peixes: proposta para análise de itens registrados em conteúdos gástricos. **Biota Neotropica**, 6(2), 2006.

BIGELOW, H.B.; SCHROEDER, W.C. Fishes of the Western North Atlantic (Sawfishes, Guitarfishes, Skates and Rays). Sears Foundation for Marine Research, New Haven, 588p, 1953.

BLAND, L.M.; COLLEN, B.; ORME, C.D.L.; BIELBY, J. Predicting the conservation status of data-deficient species. **Conservation Biology**, 29: 250-259, 2015.

BLUM, H.; BALSCHI, J.A.; JR. JOHNSON, R.G. Coupled *in Vivo* Activity of Creatine Phosphokinase and the Membrane-bound (Na⁺, K⁺) -ATPase in the Resting and Stimulated Electric Organ of the Electric Fish *Narcine brasiliensis*. **The Journal of Biological Chemistry**, 266(16): 10254-10259, 1991.

BORNATOWSKI, H.; ABILHOA, V.; FREITAS, M.O. Sobre a Alimentação de *Narcine brasiliensis* na Baía de Ubatuba-enseada, São Francisco do Sul, Santa Catarina, Brasil. **Estudos de Biologia**, 28(62): 57-60, 2006.

BOUSTANY, A.M.; DAVIS, S.F.; PYLE, P.; ANDERSON, S.D.; LE BOEUF, B.J.; BLOCK, B.A. Expanded niche for white sharks. **Nature**, 415(6867): 35-36, 2002.

BRAGA, F.M.S. O grau de preferência alimentar: um método qualitativo e quantitativo para o estudo do conteúdo estomacal de peixes. **Acta Scientiarum**, 21(2): 291-295, 1999.

BRITO, D. Overcoming the Linnean shortfall: data deficiency and biological survey priorities. **Basic and Applied Ecology**, 11(8): 709-713, 2010.

CARVALHO, M. A systematic revision of the electric ray genus *Narcine* Henle, 1984 (Chondrichthyes: Torpediniformes: Narcinidae) and the higher-level phylogenetic relationship of the orders of elasmobranch fishes (Chondrichthyes). 1999. 726 f. Tese - University of New York, New York, EUA.

CASTELLANOS, A.B.G. Estudio del contenido estomacal de la raya *Urotrygon chilensis* (Gunther, 1871) (Myliobatiformes: Urolophidae) en el golfo de Tehuantepec, Mexico. 2010. 82 p. Tesis – Instituto Politécnico Nacional, Oaxaca, Mex.

CASTRO, A.C.L.; AZEVEDO, J.W.J.; FERREIRA, H.R.S.; SOARES, L.S.; PINHEIRO-JÚNIOR, J.R.; SMITH, L.M.R.; SILVA, M.H.L. Atividade alimentar do pampo *Trachinotus cayennensis* (Cuvier, 1832) (Perciformes, Carangidae) em estuários do litoral ocidental do Estado do Maranhão, Brasil. **Brazilian Journal of Biology**, 79(2): 311-320, 2019.

CHATCHAVALVANICH, K., MARCOS, R., POONPIROM, J., THONGPAN, A.; ROCHA, E. Histology of the digestive tract of the freshwater stingray *Himantura signifier* Compagno and Roberts, 1982 (Elasmobranchii, Dasyatidae). **Anatomy and Embryology**, 211: 507–518, 2006.

COMPAGNO, L.J.V. FAO species catalogue. 4. Sharks of the World: an annotated and illustrated catalogue of shark species known to date. Part 2. Carcharhiniformes. FAO Fish Synopsis, 125:251-655, 1984.

CORTÉS, E. 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**, 54(3): 726-738, 1997.

CORTÉS, E. Methods of studying fish feeding: reply. **Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences**, 55(12): 2708, 1998.

COSTA, R.C.; FRANSOZO, A.; MELO, G.A.S.; FREIRE, F.A.M. Chave Ilustrada para Identificação dos Camarões Dendrobranchiata do Litoral Norte do Estado de São Paulo, Brasil. **Biota Neotropical**, 3(1): 1-12, 2003.

^ADEAN, M.N.; MOTTA, P.J. Anatomy and Functional Morphology of the Feeding Apparatus of the Lesser Electric Ray, *Narcine brasiliensis* (Elasmobranchii: Batoidea). **Journal of Morphology**, 262:462–483, 2004.

^BDEAN, M.N.; MOTTA, P.J. Feeding behavior and kinematics of the lesser electric ray, *Narcine brasiliensis* (Elasmobranchii: Batoidea). **Zoology**, 107:171–189, 2004.

DEAN, M.N.; HUBER, D.R.; HOLLY, A.N. Functional Morphology of Jaw Trabeculation in the Lesser Electric Ray *Narcine brasiliensis*, With Comments on the Evolution of Structural Support in the Batoidea. **Journal of Morphology**, 267(10): 1137–1146, 2006.

FERREIRA, L.C.; VOOREN, C.M. Diet of the lesser electric ray *Narcine brasiliensis* (Olfers, 1831) (Elasmobranchii, Narcinidae) in southern Brazil. **Pan-American Journal of Aquatic Sciences**, 7(1): 37–44, 2012.

FIGUEIREDO, J.L. Manual de peixes marinhos do sudeste do Brasil. Parte 1 – Introdução, Cações, raias e quimeras. São Paulo. 104p. (Museu de Zoologia da Universidade de São Paulo), 1977.

FROST, A.M.; JACOBSEN, I.P.; BENNETT, M.B. The diet of the coffin ray, *Hypnos monopterygius* (Shaw, 1795), and predation mode inferred from jaw, dentition and electric organ morphology. **Marine and Freshwater Research**, 68(6) 1193-1198, 2016.

FUGI, R.; HAHN, N.S.; AGOSTINHO, A.A. Feeding styles of five species of bottom-feeding fishes of the high Paraná River. **Environmental Biology of Fishes**, 46(3): 297-307, 1996.

GERKING, Shelby. D. Feeding ecology of fish. Academic Press. San Diego, California, p. 416, 1994.

GREENBERG, L.A.; GILLER, P.S. Individual variation in habitat use and growth of male and female brown trout. **Ecography**, 24(2): 212-224, 2001.

GOITEN, R.; TORRES, F.S.; SIGNORINI, C.E. Morphological aspects related to feeding of two marine skates *Narcine brasiliensis* Olfers and *Rhinobatos horkelli* Müller & Henle. **Acta Scientiarum**, 20(2): 165-169, 1998.

GOMES, U.L.; SIGNORI, C.N.; GADIG, O.B.F.; SANTOS, H.S. Guia para Identificação de Tubarões e Raias do Rio de Janeiro, 1ª Edição, Rio de Janeiro: Technical Books, 2010, 234p.

GOOD, T.C.; ZJHRA, M.L.; KREMEN, C. Addressing data deficiency in classifying extinction risk: a case study of a radiation of Bignoniaceae from Madagascar. **Conservation Biology**, 20: 1099-1110, 2006.

GROSSMAN, G.D. Food resource partitioning in a rocky intertidal fish assemblage. **Journal of Zoology**, 1(2): 317-355, 1986.

HAHN, N.S.; DELARIVA, R.L. Métodos para avaliação da alimentação natural de peixes: o que estamos usando? **Interciencia**, 28(2): 100-104, 2003.

HAHN, N.S.; AGOSTINHO, A.A.; GOITEN, R. Feeding ecology of curvina *Plagioscion squamosissimus* (Heckel, 1840) (Osteichthyes, Perciformes) in the Itaipu Reservoir and Porto Rico Floodplain. **Acta Limnologica Brasiliensia**, 9: 11-22, 1997.

HAMMER, Ø.; HARPER, D.A. & RYAN, P.D. PAST: paleontological statistics software package for education and data analysis. **Palaeontologia Electronica**, 4(1): 1-9, 2006.

HANSSON, S. Methods of studying fish feeding: a comment. **Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences**, 55(12): 2706-2707, 1998.

HEITHAUS, M.R.; FRID, A.; WIRSING, A.J.; WORM, B. Predicting ecological consequences of marine top predator declines. **Trends in Ecology and Evolution**, 23(4): 202-210, 2008.

HOLMGREN, S.; NILSSON, S. Sharks, skates, and rays: The biology of elasmobranch fishes. In: Hamlett, W. C. (Ed.): Digestive System, pp. 144–173. The Johns Hopkins University Press, Baltimore, 515 pp, 1999.

HOWARD, S.D.; BICKFORD, D.P. Amphibians over the edge: silent extinction risk of data deficient species. **Diversity and Distributions**, 20: 837-846, 2014.

HYNDES, G.A.; PLANTELL, M.E.; POTTER, I.C. Relationships between diet and body size, mouth morphology, habitat and movements of six sillaginid species in coastal Waters: Implications for resource portioning. **Marine Biology**, 128(4): 585-598, 1997.

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

JENNINGS, S.; REYNOLDS, J.D.; POLUNIN, N.V. Predicting the vulnerability of tropical reef fishes to exploitation with phylogenies and life histories. **Conservation Biology**, 13(6): 1466-1475, 1999.

JETZ, W.; FRECKLETON, R.P. Towards a general framework for predicting threat status of data-deficient species from phylogenetic, spatial and environmental information. **Philosophical Transactions of the Royal Society B**, 370(1662): 20140016, 2015.

KAWAUCHI, G.Y.; MIGOTTO, A. E. Sipuncula. In: Amaral, A. C. Z. and Nallin, S. A. H. (Eds): Biodiversidade e Ecossistemas Bentônicos Marinhos do Litoral Norte de São Paulo Sudeste do Brasil, pp. 120–125. UNICAMP, Campinas, 2011.

KEELEY, E.R.; GRANT, J.W.A. Allometry of diet selectivity in juvenile Atlantic salmon *Salmo salar*. **Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences**, 54(8): 1894-1902, 1997.

KLEMETSEN, A.; AMUDSEN, P.A.; DEMPSON, J.B.; JONSSON, B.; JONSSON, N.; O'CONNELL, M.F.; MORTENSEN, E. Atlantic salmon *Salmo salar* L., brown trout *Salmo trutta* L. and Arctic charr *Salvelinus alpinus* (L.): a review of aspects of their life histories. **Ecology of Freshwater Fish**, 12(1): 1-59, 2003.

KOBELKOWSKY, A. Anatomía comparada del sistema digestivo de las rayas *Urotrygon chilensis* y *Dasyatis sabina* (Myliobatiformes). **Revista Chilena de Historia Natural**, 83: 387–394, 2010.

KOBELKOWSKY, A. Morfología del sistema digestivo de la raya mariposa *Gymnura micrura* (Batoidea: Gymnuridae). **Boletín de Investigaciones Marinas y Costeras**, 42: 57–71, 2013.

LIAO, H.; PIERCE, C.L.; LARSCHEID, J.G. Empirical assessment of indices of prey importance in the diets of predacious fish. **Transactions of the American Fisheries Society**, 130(4): 583-591, 2001.

LOPES, C.A.; ARAUJO, N.L.F.; ROCHA, L.; MONTEIRO, F.; ROCHA, R.C.C.; SAINT'PIERRE, T.D.; LUTFI, D.S.; VIANNA, M.; HAUSER-DAVIS, R.A. Toxic and essential metals in *Narcine brasiliensis* (Elasmobranchii: Narcinidae): A baseline ecotoxicological study in the Southeast Atlantic and preliminary maternal transfer implications. **Marine Pollution Bulletin**, 149: 110606, 2019.

LOVE, M.S.; EBELING, A.W. Fishes: a field and laboratory manual on their structure, identification, and natural history. Wadsworth, 1986.

LUIZ, J.R.O.; WOODS, R.M.; MADIN, E.M.; MADIN, J. S. Predicting IUCN extinction risk categories for the world's data deficient groupers (Teleostei: Epinephelidae). **Conservation Letters**, 9(5): 342-350, 2016.

MACDONALD, J.S.; GREEN, R.H. Redundancy of variables used to describe importance of prey species in fish diets. **Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences**, 40(5): 635-637, 1983.

MACESIC, L.J.; KAJIURA, S.M. Electric organ morphology and function in the lesser electric ray, *Narcine brasiliensis*. **Zoology**, 112: 442-450, 2009.

MACESIC, L.J.; KAJIURA, S.M. Comparative Punting Kinematics and Pelvic Fin Musculature of Benthic Batoids. **Journal of Morphology**, 271: 1219–1228, 2010.

MACHADO-EVANGELISTA, M.; ESGUÍCERO, A.L.H.; ARCIFA, M.S.; PEREIRA, T.N.A. Diet and ecomorphology of *Leporinus reticulatus* (Characiformes: Anostomidae) from the upper Rio Juruena, MT, Brazil: ontogenetic shifts related to the feeding ecology. **Acta Amazonica**, 45(4): 383-392, 2015.

MAGURRAN, A.E. Ecological diversity and its measurement. Princeton: Princeton University Press, 1988.

MARINSEK, G.P.; VILIOD, M.C.L.; MARI, R.B. Ecomorphology of the digestive tract of the brazilian electric ray *Narcine brasiliensis* (Olfers, 1831) (Torpediniformes: Narcinidae). **Acta Zoologica**, 98: 229-236, 2017.

MARTINS, R.R.M.; ASSUNÇÃO, R.; SCHWINGEL, P.R. Distribuição e abundância de *Narcine brasiliensis* (Elasmobranchii, Narcinidae) no litoral norte do estado de Santa Catarina, Brasil. Santa Catarina. **Pan-American Journal of Aquatic Sciences**, (4)4: 423-435, 2009.

MATHEWSON, R.; MAURO, A.; AMATNIEK, E.; GRUNDFEST, H. Morphology of main and accessory electric organs of *Narcine brasiliensis* (Olfers) and some correlations with their electro-physiological properties. **Biological Bulletin**, 115(1): 126-135, 1958.

MCEACHRAN, J.; MIYAKE, T. Three new of the Stingray Genus *Urotrygon* (Myliobatiformes: Urolophidae) from the Eastern Pacific. **Bulletin of Marine Science**, 42: 366–375, 1988.

MICHAEL, S.W. Aquarium Sharks and Rays. An essential guide to their selection, keeping and natural history. United Kingdom: TFH Publications, Inc. 2001.

MONTORI, A.; TIerno DE FIGUEROA, J.M.; SANTOS, X. The diet of the brown trout *Salmo trutta* (L.) during the reproductive period: size-related and sexual effects. **International Review of Hydrobiology**, 91(5): 438-450, 2006.

MORAIS, A.R.; SIQUEIRA, M.N.; LEMES, P.; MACIEL, N.M.; de MARCO, P.; BRITO, D. Unraveling the conservation status of Data Deficient species. **Biological Conservation**, 166: 98-102, 2013.

MORENO, F.; ACEVEDO, K.; BENDECK-GRIJALBA, M.; POLOSILVA, C.; ACERO, A.P. Espectro trófico de la raya eléctrica *Narcine bancroftii* (Griffith & Smith 1834) (Elasmobranchii, Narcinidae) en playa Salguero, Santa Marta, Caribe Colombiano. **Pan-American Journal of Aquatic Sciences**, 4(4):413-422, 2009.

MORENO, F.; ACEVEDON, K.; GRIJALBA-BENDECK, M.; ACERO, A.; PARAMO, J. Reproducción de la raya eléctrica *Narcine bancroftii* (Torpediniformes: Narcinidae) en Santa Marta, Caribe colombiano. **Latin American Journal of Aquatic Research**, 38(1): 27-36, 2010.

MOTTA, P.J.; WILGA, C.D. Advances in the study of feeding behaviors, mechanisms, and mechanics of sharks. **Environmental Biology of Fishes**, 60: 131–156, 2001.

NIKOLSKY, Georgy Vasilevich; BIRKETT, L. The ecology of fishes. London: Academic Press, 1963.

OLIVEIRA, A.K.; ALVIM, M.C.C.; PERET, A.C.; ALVES, C.B.M. Diet shifts related to body size of the pirambéba *Serrasalmus brandtii* Lütken, 1875 (Osteichthyes, Serrasalminae) in the Cajuru Reservoir, São Francisco River basin, Brazil. **Brazilian Journal of Biology**, 64(1): 117-124, 2004.

ORTEGA, J.R.F.; DOMÍNGUEZ, E.G.; SANSÓN, G.G. Ecología trófica de siete especies de batoideos (Batoidea) en el Pacífico Central Mexicano. **Revista de Biología Marina y Oceanografía**, 50(3): 521-533, 2015.

PARDINI, A.T.; JONES, C.S.; NOBLE, L.R.; KREISER, B.; MALCOLM, H.; BRUCE, B.D.; STEVENS, J.D.; CLIFF, G.; SCHOLL, M.C.; FRANCIS, M.; DUFFY, C.A.J.; MARTIN, A.P. Sex-biased dispersal of great white sharks. **Nature**, 412(6843): 139-140, 2001.

PETTIBONE, M.H. Endoparasitic Polychaetous Annelids of the Family Arabellidae with Descriptions of New Species. **Biological Bulletin**, 113: 170 -187, 1957.

PINKAS, L.; M.S. OLIPHANT; I.L.K. IVERSON. Food habits of albacore, bluefin tuna, and bonito in Californian waters. Calif. Dep. Fish Game, Fish. Bull. 152:105 p, 1971.

PLATELL, M.E.; POTTER, I.C. Partitioning of food resources amongst 18 abundant benthic carnivorous fish species in marine waters on the lowest west coast of Australia. **Journal of Experimental Marine Biology and Ecology**, 261: 31-54, 2001.

POUGH, F.H.; JANIS, C.M.; HEISER, J.B. A vida dos vertebrados. 3ª Edição. São Paulo: Atheneu, 2003, 689 p.

RODRÍGUEZ, F.M. Reproducción y hábitos tróficos de la Raya-eléctrica *Narcine bancroftii* (Griffith & Smith, 1834) en la playa Salguero, Santa Marta, Caribe de Colombia. 104p. (Trabajo de grado para optar el título de Biólogo Marino. Universidad Jorge Tadeo Lozano, Facultad de Ciencias Naturales, Programa de Biología Marina, Santa Marta), 2007.

ROLIM, F.A. Ocorrência, morfometria e crescimento relativo da raia treme-treme *Narcine brasiliensis* (Olfers, 1831) (Elasmobranchii: Narcinidae) no litoral do Estado de São Paulo. 46p. (Relatório de Iniciação Científica apresentado ao Departamento de Zoologia do Instituto de Biociências de Botucatu - UNESP, Campus de Botucatu), 2012.

ROLIM, F.A.; CALTABELLOTTA, F.P.; ROTUNDO, M.M.; VASKE-JÚNIOR, T. Sexual dimorphism based on body proportions and ontogenetic changes in the Brazilian electric ray *Narcine brasiliensis* (von Olfers, 1831) (Chondrichthyes: Narcinidae). **African Journal of Marine Science**, 37(2): 167-176, 2015.

ROLIM, F.A.; ROTUNDO, M.M.; VASKE-JÚNIOR, T. Notes on the reproductive biology of the Brazilian electric ray *Narcine brasiliensis* (Elasmobranchii: Narcinidae). **Journal of Fish Biology**, p. 1-7, 2016.

ROSA, R.S. & FURTADO, M. 2007. *Narcine brasiliensis*. *The IUCN Red List of Threatened Species* 2007: e.T63157A12602819. Disponível em: <https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2007.RLTS.T63157A12602819.en>. Acessado em: 11/02/2020.

ROSECCHI, E.; NOUAZE, Y. Comparaison de cinq indices alimentaires utilisés dans l'analyse des contenus stomacaux. **Revue des Travaux de l'Institut des Pêches Maritimes**, 49(3-4): 111-123, 1987.

ROSENBLUM, H.G.; JR LONG, J.H.; PORTER, M.E. Sink and swim: kinematic evidence for lifting-body mechanisms in negatively buoyant electric rays *Narcine brasiliensis*. **The Journal of Experimental Biology**, 214: 2935-2948, 2011.

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

ROYCE, W.F. Introduction to the Practice of Fishery Science, Revised Edition. Elsevier, 1996.

RUCKSTUHL, K.E.; NEUHAUS, P. Sexual segregation in ungulates: a new approach. **Behaviour**, 137(3): 361-377, 2000.

RUCKSTUHL, K.E.; NEUHAUS, P. Sexual segregation in ungulates: a comparative test of three hypotheses. **Biological Reviews**, 77(1): 77-96, 2002.

^ARUDLOE, A. Captive Maintenance of the Lesser Electric Ray, with Observations of Feeding Behavior. **The Progressive Fish-Culturist**, 51: 37-41, 1989.

^BRUDLOE, A. Habitat Preferences, Movement, Size Frequency Patterns and Reproductive Seasonality of the Lesser Electric Ray, *Narcine brasiliensis*. **Northeast Gulf Science**, 10(2): 103-112, 1989.

SANTOS, N.C.L.; MEDEIROS, T.N.; ROCHA, A.A.F.; DIAS, R.M.; SEVERI, W. Uso de recursos alimentares por *Plagioscion squamosissimus* piscívoro não-nativo no 91 reservatório de Sobradinho-BA, Brasil. **Boletim do Instituto de Pesca**, 40(3): 397-408, 2018.

SEALOCK, R; KAVOOKJIAN, A. Postsynaptic Distribution of Acetylcholine Receptors in Electropex of the Torpedine Ray, *Narcine brasiliensis*. **Brain Research**, 190: 81-93, 1980.

SHIMABUKURU, M. Comunidades de Polychaeta (Annelida) da plataforma continental ao largo de Santos, SP: Composição, distribuição e estrutura trófica. 168p. (Dissertação apresentada ao Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Ciências, área de Oceanografia Biológica).

SOUSA-BAENA, M.S.; GARCIA, L.C.; PETERSON, A.T. Knowledge behind conservation status decisions: data basis for “Data Deficient” Brazilian plant species. **Biological Conservation**, 173: 80-89, 2014.

SPATH, C.; BARBINI, S.A.; FIGUEROA, D.E. Feeding habits of the apron ray, *Discopyge tschudii* (Elasmobranchii: Narcinidae), from off Uruguay and northern Argentina. **Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom**, 93(2): 1-7, 2012.

SPATH, C.; DELPIANI, G.; FIGUEROA, D.E. Feeding ecology of the apron ray *Discopyge tschudii* (Elasmobranchii, Narcinidae) in San Jorge Gulf, Patagonia, Argentina. **Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom**, 96(5): 1093-1099, 2015.

VALENTE, A.C.N. A alimentação natural dos peixes:(métodos de estudo). Instituto de Zoologia “Dr. Augusto Nobre”, Universidade do Porto, 1992.

VIANNA, G.M. de S.; VOOREN, M. Distribution and abundance of the lesser electric ray *Narcine brasiliensis* (Olfers, 1831) (Elasmobranchii: Narcinidae) in southern Brazil in relation to environmental factors. **Brazilian Journal of Oceanography**, (57)2: 105-112, 2009.

VIEIRA, Sônia. Introdução à bioestatística. 3. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 1980.

VITULE, J.R.S.; ARANHA, J.M.R. Ecologia alimentar do lambari, *Deuterodon langei* Travassos, 1957 (Characidae, Tetragonopterinae), de diferentes tamanhos em um riacho da Floresta Atlântica, Paraná (Brasil). **Acta Biológica Paranaense**, 31(1,2,3): 137-150, 2002.

VOOREN, C.M.; KLIPPEL, S. Ações para a conservação de tubarões e raias no sul do Brasil. Porto Alegre: Igaré, 2005. 262 p.

WALSH, G.; FITZGERALD, G.J. Biais inhérents à l’analyse de l’alimentation des poissons. Cas de trois espèces d’épinoches (Gasterosteidae). **Naturalist. Can. (Que)**, 111: 193-202, 1984.

WARD, A.J.W.; WEBSTER, M.M.; HART, P.J.B. Intraspecific food competition in fishes. **Fish and Fisheries**, 7(4): 231-261, 2006.

WINDELL, J.T.; BOWEN, S.H. Methods for study of fish diets based on analysis of stomach contents. **IBP Handbook (IBP)**. n. 3, p. 219-223, 1978.

ZAR, J.H. Biostatistical Analysis. New Jersey, Prentice–Hall, 5^a. ed., 663p, 2010.

ZAVALA-CAMIN, L.A. Introdução aos estudos sobre alimentação natural em peixes. EDUEM, Maringá, 129p, 1996.