

**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E DA SAÚDE
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BIOLOGIA ANIMAL**

DISSERTAÇÃO

**ESTUDO COMPARATIVO DA DIETA DE QUATRO ESPÉCIES DE PEIXES DE
IMPORTÂNCIA COMERCIAL NA COSTA DO RIO DE JANEIRO – BRASIL**

Daniela Cristina Souza Monteiro

2023



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E DA SAÚDE
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BIOLOGIA ANIMAL

**ESTUDO COMPARATIVO DA DIETA DE QUATRO ESPÉCIES DE PEIXES DE
IMPORTÂNCIA COMERCIAL NA COSTA DO RIO DE JANEIRO – BRASIL**

Daniela Cristina Souza Monteiro

Sob orientação do Professor

Dr. Rafael de Almeida Tubino

e Coorientação da Professora

Dra. Magda Fernandes Andrade-Tubino

Dissertação submetida como requisito parcial para obtenção do grau de **Mestre em Biologia Animal**, no Curso de Pós-Graduação em Biologia Animal, Área de Concentração em Biodiversidade Animal.

Seropédica

2023

Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Biblioteca Central / Seção de Processamento Técnico

Ficha catalográfica elaborada
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

M772e Monteiro, Daniela Cristina Souza , 1992-
Estudo comparativo da dieta de quatro espécies de peixes de importância comercial na costa do Rio de Janeiro - Brasil / Daniela Cristina Souza Monteiro. Seropédica, 2023.
59 f.: il.

Orientador: Rafael de Almeida Tubino.
Coorientadora: Magda Fernandes Andrade-Tubino.
Dissertação (Mestrado). -- Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Programa de Pós Graduação em Biologia Animal, 2023.

1. Alimentação. 2. Sobreposição de nicho. 3. Anchoa. 4. Bonito-listrado. 5. Raias. I. Tubino, Rafael de Almeida, 1970-, orient. II. Andrade-Tubino, Magda Fernandes, 1971-, coorient. III Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. Programa de Pós Graduação em Biologia Animal. IV. Título.



**MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BIOLOGIA ANIMAL**

TERMO Nº 998 / 2023 - PPGBA (12.28.01.00.00.00.42)

Nº do Protocolo: 23083.057616/2023-80

**Seropédica-RJ, 30 de agosto de
2023.**

**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E DA SAÚDE
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BIOLOGIA ANIMAL
DANIELA CRISTINA SOUZA MONTEIRO**

Dissertação submetida como requisito parcial para obtenção do grau de **Mestre(a) em Ciências**, no Curso de Pós-Graduação em **BIOLOGIA ANIMAL**, área de Concentração em **BIODIVERSIDADE ANIMAL**.

DISSERTAÇÃO APROVADA EM 18/05/2023

(Assinado digitalmente em 30/08/2023 13:50)

LEONARDO MITRANO NEVES
PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR
DeptCMA (12.28.01.00.00.00.18)
Matrícula: 2143107

(Assinado digitalmente em 30/08/2023 13:49)

CASSIANO MONTEIRO NETO
ASSINANTE EXTERNO
CPF: 254.810.880-53

(Assinado digitalmente em 01/09/2023 16:34)

RAFAEL DE ALMEIDA TUBINO
PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR
DeptBA (12.28.01.00.00.00.45)
Matrícula: 1341945

(Assinado digitalmente em 31/08/2023 12:52)

ACÁCIO RIBEIRO GOMES TOMÁS
ASSINANTE EXTERNO
CPF: 713.700.997-20

Visualize o documento original em
<https://sipac.ufrj.br/public/documentos/index.jsp> informando seu
número: **998**, ano: **2023**, tipo: **TERMO**, data de emissão: **30/08/2023** e o
código de verificação: **35904726a0**

AGRADECIMENTO

Em primeiro lugar agradeço a Deus por me guiar até aqui. Sei que Ele esteve presente em cada decisão tomada e, principalmente, em cada tribulação que passei para chegar a este momento final do Mestrado.

Agradeço a minha mãe e ao meu irmão por todo suporte. Sem vocês eu não teria conquistado metade de tudo que já conquistei em minha vida. Sendo sincera, não teria conquistado nada em toda minha vida, por vocês eu me esforço para concluir cada etapa, pessoal ou profissional. Então, eu sou imensamente grata por ter vocês lado a lado comigo durante o meu caminhar.

Ao meu orientador, agradeço toda a ajuda, principalmente o apoio que me deu nas questões além da academia. Mais uma vez, obrigada por ter embarcado mais essa etapa acadêmica, por toda orientação e ensinamento. Não sabe o quanto já contribuiu para o meu crescimento.

A minha coorientadora, obrigada por todas as trocas por meio de conversas, toques e dicas. Obrigada pela paciência em me explicar e sanar minhas dúvidas e por sempre se mostrar disponível para me auxiliar.

Aos meus colegas de laboratório, muitíssimo obrigada por tudo que compartilhamos dentro do nosso pequeno espaço da sala 06 do anexo II do ICBS. Obrigada por me ajudarem em minha pesquisa, por me incluírem em seus projetos e por confiarem em minha orientação. Vocês colaboraram e muito na minha caminhada.

Aos meus amigos, obrigada por não desistirem de mim. Sei das minhas ausências, do que tive que faltar por priorizar a academia e as negligências que cometi com vocês, mas ainda assim, se mantiveram ao meu lado. Vocês foram fundamentais pro meu caminhar.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001. This study was financed in part by the Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Finance Code 001.

RESUMO

Monteiro, Daniela Cristina Souza. Estudo Comparativo da Dieta de Quatro Espécies de Peixes de Importância Comercial na Costa do Rio de Janeiro – Brasil. 2023. 54p. Dissertação (Mestrado em Biologia Animal, Biodiversidade Animal). Instituto de Biologia, Departamento de Biologia Animal, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, Rio de Janeiro, 2023.

A composição do conteúdo estomacal de 989 indivíduos das espécies *Katsuwonus pelamis* (93), *Pomatomus saltatrix* (521), *Atlantoraja cyclophora* (129) e *Rioraja agassizii* (246) capturados na costa do Rio de Janeiro foi analisada. Das espécies pelágicas, *Katsuwonus pelamis*, mostrou possuir estratégia alimentar especialista, consumindo predominantemente sardinhas (*Sardinella brasiliensis*), enquanto *Pomatomus saltatrix* tem sua dieta composta majoritariamente por coió (*Dactylopterus volitans*) e uma estratégia especialista-oportunista. Entre as espécies de raias de hábito demersal, *Atlantoraja cyclophora* e *Rioraja agassizii*, verificou-se estratégias alimentares semelhantes, com preferência pelo consumo de crustáceos, principalmente *Pleoticus muelleri* e *Peneidae*, respectivamente. Não foram encontradas diferenças significativas entre as dietas das espécies pelágicas, ambas piscívoras, ocupando níveis tróficos elevados, típicos de predadores de topo de cadeia alimentar (4,4 e 4,8). A sobreposição de nicho alimentar entre elas é intermediária ($Ba = 0,54$). Os resultados sugerem que há alguma partição dos recursos alimentares disponíveis no ambiente. A dieta de *P. saltatrix* é mais diversificada. O consumo de coió nos no verão e no outono merece destaque. Entre as espécies demersais, também não foram verificadas diferenças marcantes. Ambas as espécies de raias consomem principalmente crustáceos e peixes, ocupando níveis tróficos entre 3,8 e 3,9 e apresentam baixa sobreposição de nicho alimentar ($Ba = 0,30$). Os resultados gerados confirmam que todas as espécies ocupam níveis tróficos elevados e consomem principalmente peixes e crustáceos. As variações sazonais nas dietas destas espécies podem ter relação com a disponibilidade das mesmas. Os baixos valores de sobreposição de nicho alimentar entre as espécies, atrelada a diversidade de itens alimentares disponíveis na área de vida das espécies também sugere um condição de pouca competição interespecífica.

Palavras-chave: Alimentação, nível trófico, Atlântico sudoeste, anchova, bonito-listrado, raias.

ABSTRACT

Monteiro, Daniela Cristina Souza. Comparative Study of the Diet of Four Fish Species of Commercial Importance on The Coast of Rio de Janeiro – Brazil. 2023. 54p. Dissertação (Mestrado em Biologia Animal, Biodiversidade Animal). Instituto de Biologia, Departamento de Biologia Animal, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, Rio de Janeiro, 2023.

The composition of the stomach contents of 989 individuals of the species *Katsuwonus pelamis* (93), *Pomatomus saltatrix* (521), *Atlantoraja cyclophora* (129) and *Rioraja agassizii* (246) captured off the coast of Rio de Janeiro was analyzed. Of the pelagic species, *Katsuwonus pelamis*, showed to have a specialist feeding strategy, consuming predominantly sardines (*Sardinella brasiliensis*), while *Pomatomus saltatrix* has its diet composed mainly of eagle owls (*Dactylopterus volitans*) and a specialist-opportunistic strategy. Among the demersal stingray species, *Atlantoraja cyclophora* and *Rioraja agassizii*, similar feeding strategies were observed, with preference for the consumption of crustaceans, mainly *Pleoticus muelleri* and Peneidae, respectively. No significant differences were found between the diets of pelagic species, both piscivorous, occupying high trophic levels, typical of top predators of the food chain (4.4 and 4.8). The food niche overlap between them is intermediate ($Ba = 0.54$). The results suggest that there is some partition of food resources available in the environment. The diet of *P. saltatrix* is more diversified. The consumption of coió in summer and autumn deserves to be highlighted. Among the demersal species, no marked differences were observed either. Both species of stingrays consume mainly crustaceans and fish, occupying trophic levels between 3.8 and 3.9 and have low food niche overlap ($Ba = 0.30$). The generated results confirm that all species occupy high trophic levels and consume mainly fish and crustaceans. Seasonal variations in the diets of these species may be related to their availability. The low values of food niche overlap between species, linked to the diversity of food items available in the home range of the species, also suggest a condition of little interspecific competition.

Keywords: Feeding, trophic level, southwestern atlantic, Bluefish, Skipjack tuna, stingrays.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Mapa da costa do estado do Rio de Janeiro.

Figura 2: Curva de acumulação de presas na dieta de *Katsuwonus pelamis*, coletadas entre as regiões de Angra dos Reis e Arraial do Cabo, estado do Rio de Janeiro, entre 2013 e 2016.

Figura 3: Diagrama de Amundsen da estratégia alimentar de *Katsuwonus pelamis*, coletadas no estado do Rio de Janeiro, no período de 2013 a 2016, com as funções de frequência de ocorrência e abundância de presa-específica. Sendo, SBR = *Sardinella brasiliensis*; FRA = fragmentos de peixe; DVO = *Dactylopterus volitans*; LOL = loligidæ; SSP = *Synagrops spinosus*.

Figura 4: Índice de Importância Relativa de Presa-Específica (%PSIRI) referente aos principais itens alimentares da dieta de *Katsuwonus pelamis* para cada estação do ano. %N se refere ao percentual numérico, %P percentual de peso. A frequência de ocorrência está representada no eixo horizontal. O %PSIRI está indicado nas caixas retangulares. SBR = *Sardinella brasiliensis*; DVO = *Dactylopterus volitans*; FRA = fragmentos de peixe; ANO = Anomura; LOL = loligidæ; MYS = Mysidacea; ATR = *Anchoa tricolor*; POL = Polychaeta.

Figura 5: Curva de acumulação de presas na dieta de *Pomatomus saltatrix*, coletadas entre as regiões de Angra dos Reis e Arraial do Cabo, estado do Rio de Janeiro, no período dos anos de 2013 e 2016.

Figura 6: Diagrama de Amundsen da estratégia alimentar de *Pomatomus saltatrix*, coletadas no estado do Rio de Janeiro, no período de 2013 a 2016, com as funções de frequência de ocorrência e abundância de presa-específica. Sendo, DVO = *Dactylopterus volitans*; FRA = fragmentos de peixe; SBR = *Sardinella brasiliensis*; HPR = *Heteropriacanthus cruentatus*; CCR = *Caranx crysos*.

Figura 7: Índice de Importância Relativa de Presa-Específica (%PSIRI) referente aos principais itens alimentares da dieta de *Pomatomus saltatrix* para cada estação do ano. %N se refere ao percentual numérico, %P se refere ao percentual de peso. A frequência de ocorrência está representada no eixo horizontal. A %PSIRI está indicado nas caixas retangulares. DVO = *Dactylopterus volitans*; FRA = fragmentos de peixe; ATR = *Anchoa tricolor*; CCR = *Caranx crysos*; HCR = *Heteropriacanthus cruentatus*; SBR = *Sardinella brasiliensis*; MYS = Mysidacea; DPU = *Decapterus punctatus*; LOL = loligidæ e PTR = *Parasudis truculenta*.

Figura 8: Curva de acumulação de presas na dieta de *Atlantoraja cyclophora*, coletadas entre as regiões de Angra dos Reis e Arraial do Cabo, estado do Rio de Janeiro, no período dos anos de 2013 e 2016.

Figura 9: Diagrama de Amundsen da estratégia alimentar de *Atlantoraja cyclophora*, coletadas ao largo da costa do estado do Rio de Janeiro entre 2013 e 2016, com as funções de frequência de ocorrência e abundância de presa-específica. PMU = *Pleoticus muelleri*; POR = Portunoidea; GAL = Galatheidæ; FRA = fragmentos de peixe; DVO = *Dactylopterus volitans*.

Figura 10: Índice de Importância Relativa de Presa-Específica (%PSIRI) referente aos principais itens alimentares da dieta de *Atlantoraja cyclophora* para cada estação do ano.

Onde o %N se refere ao percentual numérico, %P por cento de peso e a frequência de ocorrência representado no eixo horizontal. O %PSIRI está indicado nas caixas retangulares. Sendo, POR = Portunoidea; PMU = *Pleoticus muelleri*; BRA = Brachyura; DVO = *Dactylopterus volitans*; FRA = fragmentos de peixe; STO = Stomatopoda; PPO = *Porichthys porosissimus*; ANO = Anomura; RBR = *Raneya brasiliensis*; PSP = *Portunus (Achelous) spinimanus*.

Figura 11: Curva de acumulação de presas na dieta de *Rioraja agassizii*, coletadas entre as regiões de Angra dos Reis e Arraial do Cabo, estado do Rio de Janeiro, no período dos anos de 2013 e 2016.

Figura 12: Diagrama de Amundsen da estratégia alimentar de *Rioraja agassizii*, coletadas no estado do Rio de Janeiro, no período de 2013 a 2016, com as funções de frequência de ocorrência e abundância de presa-específica. Sendo, BRA = Brachyura; PEN = Penaeidae; FRA = fragmentos de peixe RBR = *Raneya brasiliensis*; CNI = crustacea não identificado.

Figura 13: Índice de Importância Relativa de Presa-Específica (%PSIRI) referente aos principais itens alimentares da dieta de *Rioraja agassizii* para cada estação do ano. %N se refere ao percentual numérico, %P ao percentual de peso. A frequência de ocorrência representada no eixo horizontal. O %PSIRI está indicado nas caixas retangulares. Sendo, BRA = Brachyura; RBR = *Raneya brasiliensis*; PEN = Penaeidae; MAJ = Majoidea; CNI = crustácea não identificada; LOL = Loligidae; STO = Stomatopoda; MYS = Mysidacea; PPO = *Porichthys porosissimus*; FRA = fragmentos de peixe.

Figura 14: Diagrama dos dois primeiros eixos de ordenação para escala multidimensional não-métrica (nMDS) para a dieta de ambas as espécies de raias estudadas na costa do Rio de Janeiro, Brasil. Triângulos em verde (*Atlantoraja cyclophora*) e triângulos em azul (*Rioraja acagassizii*).

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Composição da dieta de quatro espécies de importância comercial encontradas na costa do Rio de Janeiro, entre os municípios de Angra dos Reis e Arraial do Cabo, no período entre os anos de 2013 e 2016, expresso em porcentagem por frequência de ocorrência (%FO), número (%N), peso (%P) e porcentagem do Índice de Importância Relativa de Presa-Específica (%PSIRI).

Tabela 2: Composição da dieta das espécies pelágicas (*Katsuwonus pelamis* e *Pomatomus saltatrix*) de importância comercial encontradas na costa do Rio de Janeiro, entre os municípios de Angra dos Reis e Arraial do Cabo, no período entre os anos de 2013 e 2016, expresso em porcentagem por frequência de ocorrência (%FO), número (%N), peso (%P) e porcentagem do Índice de Importância Relativa de Presa-Específica (%PSIRI).

Tabela 3: Itens alimentares que mais contribuíram para a dissimilaridade entre *Katsuwonus pelamis* e *Pomatomus saltatrix* (> 10%) de acordo com o período sazonal. Percentual de dissimilaridade expressos entre parênteses ao lado da estação analisada.

Tabela 4: Composição da dieta das espécies demersais (*Atlantoraja cyclophora* e *Rioraja agassizii*) de importância comercial encontradas na costa do Rio de Janeiro, entre os municípios de Angra dos Reis e Arraial do Cabo, no período entre os anos de 2013 e 2016, expresso em porcentagem por frequência de ocorrência (%FO), número (%N), peso (%W) e porcentagem do Índice de Importância Relativa de Presa-Específica (%PSIRI).

Tabela 5: Itens alimentares que mais contribuíram para a dissimilaridade entre *Atlantoraja cyclophora* e *Rioraja agassizii* (> 10%) de acordo com o período sazonal. Percentual de dissimilaridade expressos entre parênteses ao lado da estação analisada.

Tabela 6. Sobreposição de nicho alimentar entre espécies. Escala de sobreposição: baixa (0–0,39), intermediária (0,4–0,6) e alta (0,61–1,0) (modificado de Grossman, 1986).

SUMÁRIO

| | |
|--|----|
| 1. INTRODUÇÃO..... | 12 |
| 1.1. Objetivos gerais..... | 15 |
| 1.2. Objetivos específicos..... | 15 |
| 2. MATERIAIS E MÉTODOS..... | 16 |
| 2.1. Área de estudo e coleta de dados..... | 16 |
| 2.2. Análise de dados..... | 17 |
| 3. RESULTADOS..... | 20 |
| 3.1. <i>Katsuwonus pelamis</i> | 23 |
| 3.2. <i>Pomatomus saltatrix</i> | 25 |
| 3.3. Análise comparativa entre a dieta de <i>Katsuwonus pelamis</i> e <i>Pomatomus saltatrix</i> | 28 |
| 3.4. <i>Atlantoraja cyclophora</i> | 30 |
| 3.5. <i>Rioraja agassizii</i> | 32 |
| 3.6. Análise comparativa entre a dieta de <i>Atlantoraja cyclophora</i> e <i>Rioraja agassizii</i> | 35 |
| 3.7. Análise comparativa espécies pelágicas e espécies demersais..... | 38 |
| 4. DISCUSSÃO..... | 40 |
| 5. CONCLUSÃO..... | 42 |
| 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS..... | 43 |
| 7. ANEXOS | 50 |

1. INTRODUÇÃO

São os ambientes costeiros e oceânicos os que apresentam grande parte da biodiversidade do planeta. Uma grande parte desses sistemas vem sofrendo forte pressão antrópica, ocasionando a redução de recursos pesqueiros que antes eram descritas como numerosas a baixos níveis de abundância. Como consequência dessa desarmonia é possível observar a dominância de espécies de menor valor comercial, ou seja, as espécies sobreexploradas que antes apresentavam maior valor comercial deixam de ocupar a cadeia trófica local, essa alteração na disponibilidade pode representar uma ameaça ao desenvolvimento sustentável local, tanto ecológico quanto econômico (PAULY et al., 1998). De acordo com a Food and Agriculture Organization (FAO), a captura marinha total mundial atingiu o pico de 84,4 milhões de toneladas em 2018 (FAO, 2020).

O estudo da ecologia trófica se mostra fundamental para o entendimento das relações ecológicas intra e interespecíficas das espécies, assim como para a construção das redes tróficas, abordando as relações de presa x predador, a variabilidade espaço-temporal e as mudanças ontogenéticas (GASALLA & SOARES, 2001; GASALLA et al, 2007). Ainda de acordo com Gasalla e Soares (2001), a ecologia trófica é importante para o apontamento do uso correto e sustentável dos recursos dentro do ecossistema marinho. A análise de conteúdo estomacal ainda é um dos métodos mais utilizado nesse tipo de estudo, principalmente, pois através da dieta é possível obter subsídios para entender como funciona o ecossistema e a interação trófica das espécies presentes (ZAVALA-CAMIN, 1996; HAHN et al, 1997).

O estudo da alimentação natural de peixes se mostrou de fundamental importância para a avaliação da cadeia trófica marinha, uma vez que a partir deste estudo é possível avaliar a presença de espécies generalistas, especialistas e oportunistas do sistema estudado (ZAVALA-CAMIN, 1996). A sobreposição de nicho é um assunto relacionado ao estudo de alimentação por permitir aferir a intensidade das pressões competitivas dentre as espécies da região, mostrando assim os diferentes padrões do uso de recurso. Sendo esses padrões peças fundamentais para o entendimento da cadeia trófica, uma vez que podemos avaliar o comportamento das espécies predadoras e suas presas (LAWLOR, 1980; WINEMILLER & PIANKA, 1990; CASTRO-ARELLANO, 2010).

Os peixes podem ser considerados indicadores de qualidade do ambiente através de sua abundância, distribuição e condições físicas (CAMPOS, 2000). Contudo, é observado uma plasticidade em sua dieta que está relacionada à disponibilidade de presas no ambiente, ou seja, é possível que haja variação na dieta conforme haja disponibilidade maior de alguma presa, assim, os peixes podem apresentar variação alimentar além da ontogenia (WINEMILLER, 1989; HAHN et al., 1997; MATTHEWS, 1998; AGOSTINHO & JÚLIO JÚNIOR, 1999; WOOTTON, 1999).

Este trabalho teve o intuito de avaliar a dieta de quatro espécies de peixes de importância comercial, estes foram divididos entre pelágicos e demersais. O primeiro grupo corresponde àqueles que apresentam o hábito de vida próximo da coluna d'água e o segundo àqueles que se encontram próximo ao substrato marinho. A separação foi feita com o intuito de observar se há sobreposição de nicho entre as espécies classificadas como pelágicas e demersais, além de avaliar a sobreposição entre os dois grupos. Foram selecionadas para o estudo as espécies *Katsuwonus pelamis* (Linnaeus, 1758) e *Pomatomus saltatrix* (Linnaeus, 1766) como representantes do grupo de pelágicos e duas espécies de raias *Atlantoraja cyclophora* (Regan, 1903) e *Rioraja agassizii* (Muller & Henle, 1841) representando o grupo de demersais.

Único do gênero *Katsuwonus*, o bonito-listrado, *Katsuwonus pelamis*, pertence à família Scombridae. É uma espécie pelágica, migratória e cosmopolita, ocorrendo em águas tropicais e subtropicais. De hábito alimentar carnívoro e comportamento forrageiro (COLLETE & NAUEN, 1983; CASTELO, 2000). Dentro do grupo dos atuns, é a espécie com maior volume de captura. Colocado em terceiro lugar dentre as espécies marinhas mais pescada, contribuindo para a segurança alimentar a nível mundial, ainda assim, o estoque da espécie não se encontra sobre-explorado (FAO, 2020; CARDOSO et al., 2020). No Brasil, sua captura é realizada por pesca de vara e isca-viva nas regiões sul e sudeste (ICCAT, 2021).

A anchova, *Pomatomus saltatrix*, é a única espécie da família Pomatomidae. É uma espécie pelágica costeira de hábito migratório e caráter cosmopolita. No Brasil apresenta grande valor comercial, principalmente para os setores de produção industrial e artesanal, sendo alvo, também, de pesca esportiva. A anchova é classificada com uma das espécies superexplorada no Brasil, na região sul e sudeste, especialmente nos estados Rio Grande do Sul e Rio de Janeiro (LUCENA et al., 2000; MMA, 2004).

Espécie endêmica do sudoeste do Atlântico, conhecida popularmente como raia-carimbo, *Atlantoraja cyclophora*, ocorre do Rio de Janeiro (BR) ao nordeste da Patagônia (AR) (MENNI & STEHMANN, 2000; BOVCON et al., 2011). Como outras espécies de raias de regiões costeiras e águas continentais, *A. cyclophora* está sujeita a pressão pesqueira, levando ao decréscimo da abundância populacional (MASSA et al., 2006; TAMINI et al., 2006).

Endêmica da costa Atlântica sul americana, a raia-santa *Rioraja agassizii*, pertencente da família Rajidae, ocorre desde águas rasas a profundidades de até 130 m (COMPAGNO, 2005; FIGUEIREDO, 1977; ODDONE et al., 2007). É uma das espécies mais capturadas incidentalmente nos arrastos de fundo (MENNI & STEHMANN, 2000; MASSA et al., 2004).

Segundo a IUCN (2021), 36% das espécies de elasmobrânquios estão vulneráveis em razão da pressão pesqueira, incluindo as duas espécies desse estudo, assim como a exorbitante falta de dados acerca das espécies contribui para essa classificação na lista. Dessa forma, as raias são consideradas como fauna acompanhante, não tendo assim análises pesqueiras, fazendo necessário maiores estudos com intuito de fornecer subsídios científicos para sua conservação (FRISK, 2002; CHEUNG et al., 2005; MASSA et al., 2006; DERRICK, CHEOK & DULVY, 2020).

Nesse contexto, o presente trabalho teve como objetivo caracterizar a dieta de quatro espécies de peixes de importância comercial na região costeira do estado do Rio de Janeiro, Brasil. Especificamente buscou-se responder a três questões: a) qual a dieta das espécies na costa do Rio de Janeiro, b) se há variação alimentar conforme as mudanças sazonais e c) se há sobreposição de nicho alimentar entre as espécies pelágicas ou entre as espécies demersais. Assim, os resultados desse estudo contribuem para o entendimento das relações tróficas dessas espécies na região fluminense, promovendo então conhecimento científico local.

1.1. Objetivo geral

Este trabalho objetiva caracterizar a alimentação natural de quatro espécies de peixes de importância comercial na costa do estado do Rio de Janeiro, Brasil e analisar a sobreposição alimentar entre as espécies.

1.2. Objetivos específicos

Identificar os itens alimentares que compõem as dietas de *Katsuwonus pelamis*, *Pomatomus saltatrix*, *Atlantoraja cyclophora* e *Rioraja agassizii*.

Caracterizar as variações sazonais na composição da dieta das espécies.

Avaliar a estratégia alimentar das espécies alvo, quanto a serem especialistas ou generalistas.

Comparar a composição da dieta das espécies.

Estimar a sobreposição de nicho trófico das espécies estudadas dentro dos grupos de pelágicos e demersais e entre os dois grupos.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1. Área de estudo e coleta de dados

A área de estudo contemplada no presente trabalho abrange parte da costa sudeste do Brasil e inclui toda a costa fluminense e parte da costa sul do Espírito Santo e norte de São Paulo (Figura 1). Esta trecho representa a principal área de atuação de diferentes frotas de embarcações pesqueiras comerciais dedicadas a captura das espécies alvo deste estudo, que são desembarcadas principalmente nos portos fluminenses. Todo o desenvolvimento deste estudo foi realizado no âmbito do Projeto de pesquisa “Monitoramento de Recursos Pesqueiros Marinhos do Estado do Rio de Janeiro: Subsídios ao Ordenamento e Manejo (RIOPESCA)” executado pela Universidade Federal Fluminense (UFF), Universidade Veiga de Almeida (UVA) e Fundação Instituto de Pesca do Estado do Rio de Janeiro (FIPERJ), com financiamento da FAPERJ e CNPq.

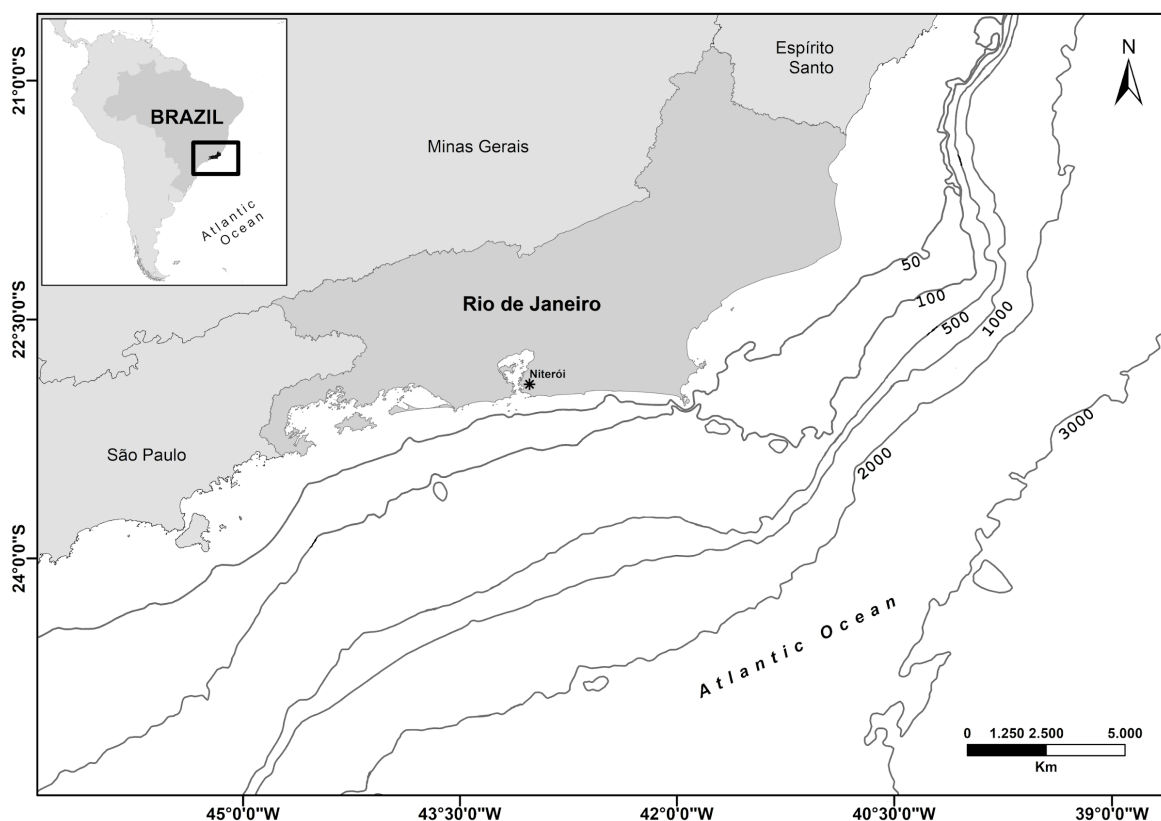


Figura 1: Mapa da costa do estado do Rio de Janeiro.

Entre 2013 e 2016 foi executado o programa de monitoramento de desembarques pesqueiros no estado do Rio de Janeiro, desenvolvido pela Fundação Instituto de Pesca do

Estado do Rio de Janeiro (FIPERJ) nos principais portos de descarga do estado, nos municípios de Angra dos Reis, São Gonçalo, Niterói, Cabo Frio, Armação dos Búzios e São João da Barra. Durante o referido período foi executado um programa regular de amostragens biológicas. Em cada desembarque acompanhado, foram obtidos pelo menos 30 indivíduos escolhidos ao acaso para processamento em laboratório, Todo o material biológico obtido nos programas amostrais foi conservado em gelo, conduzidos e armazenados no Laboratório ECOPEÇA/UFF. Cada indivíduos coletado foi medido com relação ao comprimento total (cm) com precisão de milímetros e peso total (g) com precisão de 0,01g com auxílio de ictiômetro e balança digital, respectivamente.

2.2. Análise de dados

No laboratório, os indivíduos obtidos foram processados para retirada dos estômagos Os estômagos retirados foram fixados em formalina 10% e armazenados com etiqueta de identificação para posterior análise do seu conteúdo. Posteriormente, esses estômagos foram abertos e os itens alimentares estomacais existentes foram identificados até o menor nível taxonômico possível com auxílio de manuais de identificação (FIGUEIREDO & MENEZES, 1978; 1980; 2000; MELO, 1999; MENEZES & FIGUEIREDO, 1985; MCLAUGHLIN, 1980) e pesados individualmente.

A curva de acumulação de presas (FERRY & CAILLIET, 1996) foi feita para caracterizar a riqueza de presas e inferir se o número de amostras analisadas era suficiente. Foi gerada no programa R 3.63, que determinou número máximo de categoria de itens (presas) esperadas e o número real de categorias observado nas amostras, aleatorizado em 999 permutações, baseado no menor nível taxonômico. Através da análise visual é possível determinar se a curva atingiu a sua assíntota, ou seja, o platô, revelando assim se o esforço realizado foi suficiente para caracterizar a amplitude da dieta. Com o intuito de avaliar a proporção de estômagos vazios de um total de estômagos em cada classe de tamanho e estação do ano, será aplicado aos dados o Índice de Vacuidade (IVac) (MANCERA-RODRÍGUEZ & CASTRO-HERNÁNDEZ, 2015): $IVac = (Ev/Te) \times 100$, onde, Ev são os estômagos vazios e Te é o total de estômagos.

Para definir a importância de cada presa-específica para a dieta das quatro espécies foi calculo o índice de importância relativa de presa-específica (PSIRI; BROWN et al., 2012): $\%PSIRI = \%FO(\%PN + \%PP)/2$, onde FO corresponde a frequência de ocorrência (ou seja,

número de estômagos que contem determinada presa dividido pelo total de estômagos), PN corresponde a abundancia especifica de cada presa em número e PP em peso.

Os níveis tróficos (NTs) ocupados pelas espécies como um todo e nas diferentes classes de tamanho serão estimados com base na fórmula proposta por Pauly et al. (2000), que considera o nível trófico das presas e pondera sua participação em biomassa na dieta do predador:

$$TROP H_i = \sum_{j=1}^G DC_{ij} * TROP H_j$$

onde, TROHP_i é o nível trófico da espécie (i), TROPH_j é o nível trófico da presa (j), DC_{ij} é a contribuição da presa (j) na dieta da espécie (i) e G é o número total de presas.

Índice de Levins foi usado para estimar a amplitude de nicho alimentar, onde $B = 1/\sum P^2_i$, sendo P^2_i a fração de PSIRI de cada presa da dieta ($\sum P_i = 1$) (KREBS, 1999). Os valores padronizados (B_a) variam de 0 a 1 pela equação $B_a = (B_i - 1)/(N - 1)$, sendo N correspondente ao número de classes das presas (KREBS, 1999). Os valores baixos indicam que a dieta é dominada por algumas presas específicas (ou seja, o predador é especialista), enquanto valores indicam que não há dominância de alguma presa (ou seja, predador é generalista).

Foi realizado o Índice de Morisita (KREBS, 1989) para testar a sobreposição de nicho. Variando de 0 a 1, onde zero ou próximo de zero representa dietas totalmente distintas e um ou próximo de um representava dietas semelhantes, nos termos de proporção de consumo de presa (KREBS, 1989). Considerado significativa a sobreposição trófica em que o valor de coeficiente de sobreposição (C_{ik}) é superior a 0,6 (LABROPOULOU & ELEFThERIOU, 1997)

Para a identificação dos padrões alimentares sazonais os indivíduos foram separados de acordo com as estações do ano, onde os meses de janeiro a março se referem ao verão, abril a junho (outono), julho a setembro (inverno) e outubro a dezembro (primavera). As estratégias alimentares das espécies foram identificadas através do diagrama de Amundsen et al. (1996). Baseado em uma representação bidimensional, esse método tem a abundância específica da presa (P_i) plotada contra a frequência de ocorrência (FO), expressa em fração. O valor de P_i é definido como a proporção numérica relativa de uma determinada presa em relação ao número total de presas nos estômagos que continham algum conteúdo, logo: $P_i =$

$(\sum Si/\sum St)*100$ onde, S_i é a soma das presas i e St é o número total de presas nos estômagos que continham apenas a presa i . assim, o produto de P_i*FO é igual a abundância média da presa (DEUS & PETRERE-JÚNIOR 2003).

A análise de similaridade (ANOSIM) foi aplicada para verificar possíveis semelhanças entre as espécies pelágicas e demersais, usando indivíduos como amostra e presas como fator. A significância de p foi avaliada segundo teste de permutação aleatória 999 vezes e R calculado para total de cada permutação. Assim, para esse estudo o valor de R próximo ou igual a 0 representa hipótese nula (há diferenças significativas entre as dietas) e valor de R próximo ou igual a 1 indica rejeição da hipótese nula, em outras palavras, não há diferença entre as amostras. Para a estimar a contribuição de cada grupo de presa para as diferenças entre as dietas das espécies foi usado a similaridade de porcentagens (SIMPER). Também foi feito SIMPER para avaliar as diferenças sazonais entre as espécies pelágicas e demersais. As análises foram realizadas utilizando o software RStudio 4.1.0. Quando possível, foi aplicada também a análise de escalonamento multidimensional não métrico (nMDS).

3. RESULTADOS

Ao todo, foram analisados 989 estômagos das quatro espécies (*Katsuwonus pelamis*, 93; de *Pomatomus saltatrix*, 521; *Atlantoraja cyclophora*, 129 e *Rioraja agassizii*, 246). Deste total, 321 (32,3%) estômagos estavam vazios (Tabela 1). Alguns itens alimentares se encontravam em estágio avançado de decomposição, impossibilitando a sua identificação ao menor nível taxonômico possível. Por esta razão os pertencentes ao grupo de peixes foram classificados como “Fragmentos de peixe”, no caso de outros grupos foram identificados como “Não Identificados (N.I.)” (Tabela 1).

O maior índice de vacuidade foi registrado para as anchovas e o menor índice foi encontrado para *Atlantoraja cyclophora*. Todas as espécies apresentaram amplitudes de nicho alimentar relativamente baixos, menores que 0,4. A espécie que apresentou o maior nicho alimentar foi a anchova e a menor foi o bonito-listrado.

A composição e participação das presas nas dietas das diferentes espécies indicam que as mesmas ocupam níveis tróficos elevados, típicos de predadores de topo de cadeia alimentar. As espécies pelágicas (bonito-listrado e anchova) ocupam os níveis tróficos mais elevados, enquanto que, as raias apresentam um nível trófico um pouco inferior.

Ao observar a importância relativa das presas na dieta das espécies é possível verificar que os peixes são muito importantes para o consumo das espécies pelágicas de peixes ósseos (bonito-listrado e anchova), enquanto que os crustáceos se mostram mais importantes na alimentação das raias. Outro aspecto importante é diversidade de presas. Apesar de ambas as espécies pelágicas consumirem principalmente peixes, a variedade de espécies predadas pela anchova é bem maior do que aquelas verificadas na dieta do bonito-listrado. Com relação a composição de presas nas dietas das raias, também é possível observar diferenças marcantes quanto ao consumo de diferentes grupos de crustáceos, indicando uma baixa sobreposição de nicho alimentar.

Tabela 1: Composição da dieta de quatro espécies de importância comercial encontradas na costa do Rio de Janeiro, entre os municípios de Angra dos Reis e Arraial do Cabo, no período entre os anos de 2013 e 2016, expresso em porcentagem por frequência de ocorrência (%FO), número (%N), peso (%P) e porcentagem do Índice de Importância Relativa de Presa-Específica (%PSIRI).

| Itens alimentares | | Espécie | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-------------------|-------------------------------------|---------------------------|------|------|--------|----------------------------|------|------|--------|-------------------------------|------|------|--------|--------------------------|------|------|--------|------|
| | | <i>Katsowonus pelamis</i> | | | | <i>Pomatomus saltatrix</i> | | | | <i>Atlantoraja cyclophora</i> | | | | <i>Rioraja agassizii</i> | | | | |
| Categoria | Menor taxon | FO | %N | %W | %PSIRI | FO | %N | %W | %PSIRI | FO | %N | %W | %PSIRI | FO | %N | %W | %PSIRI | |
| Teleostei | | 100,0 | 48,0 | 81,9 | 91,7 | 96,5 | 21,0 | 95,6 | 88,6 | 27,4 | 18,2 | 32,6 | 18,2 | 50,0 | 14,8 | 58,9 | 38,4 | |
| | <i>Dactylopterus volitans</i> | 13,7 | 8,4 | 6,7 | 7,7 | 33,1 | 1,8 | 1,8 | 30,2 | 7,7 | 4,3 | 5,8 | 6,4 | | | | | |
| | <i>Sardinella brasiliensis</i> | 58,9 | 12,3 | 20,6 | 67,1 | 8,9 | 0,9 | 6,3 | 12,2 | | | | | | | | | |
| | <i>Anchoa tricolor</i> | 1,4 | 19,5 | 32,9 | 2,5 | 2,2 | 4,8 | 5,0 | 5,5 | | | | | | | | | |
| | <i>Engraulis anchoita</i> | 1,4 | 1,9 | 2,3 | 0,2 | | | | | | | | | | | | | |
| | <i>Brevoortia aurea</i> | | | | | 1,0 | 0,8 | 5,7 | 1,2 | | | | | | | | | |
| | <i>Harengula clupeiola</i> | | | | | 0,6 | 0,8 | 7,6 | 1,0 | | | | | | | | | |
| | <i>Porichthys porosissimus</i> | | | | | | | | | | 0,9 | 2,8 | 5,1 | 0,6 | 5,6 | 1,4 | 18,8 | 13,5 |
| | <i>Raneya brasiliensis</i> | | | | | | | | | | 2,6 | 2,8 | 12,3 | 3,4 | 16,7 | 1,8 | 5,4 | 14,5 |
| | <i>Decapterus punctatus</i> | | | | | 3,5 | 0,8 | 6,4 | 4,8 | | | | | | | | | |
| | <i>Caranx crysos</i> | | | | | 4,1 | 1,2 | 9,5 | 8,4 | | | | | | | | | |
| | <i>Trachurus lathami</i> | | | | | 0,3 | 0,8 | 2,0 | 0,2 | | | | | | | | | |
| | <i>Monolene antillarum</i> | | | | | | | | | | 0,9 | 2,8 | 2,8 | 0,4 | | | | |
| | <i>Cyclopsetta fimbriata</i> | | | | | | | | | | | | | | 0,6 | 1,2 | 11,6 | 0,9 |
| | <i>Spacium micrurum</i> | | | | | | | | | | | | | | 0,6 | 1,2 | 5,3 | 0,4 |
| | <i>Heteropriacanthus cruentatus</i> | | | | | | 4,8 | 0,8 | 4,5 | 4,9 | | | | | | | | |
| | <i>Isopisthus parvipinnis</i> | | | | | | 0,6 | 0,8 | 7,6 | 1,0 | | | | | | | | |
| | <i>Priacanthus arenatus</i> | | | | | | 1,0 | 0,8 | 3,9 | 0,9 | | | | | | | | |
| | <i>Bellator brachyichir</i> | | | | | | | | | | 1,7 | 2,8 | 3,8 | 0,9 | | | | |
| | <i>Percophis brasiliensis</i> | | | | | | 0,3 | 0,8 | 9,6 | 0,6 | | | | | | | | |
| | Escombrídeo N.I. | | | | | | 2,2 | 0,8 | 4,7 | 2,4 | | | | | | | | |
| | <i>Syngnops spinosus</i> | | 2,7 | 1,9 | 1,8 | 0,4 | | | | | | | | | | | | |
| | <i>Parasudis truculenta</i> | | | | | | 0,3 | 3,1 | 2,1 | 0,4 | | | | | | | | |
| | <i>Bregmaceros cantori</i> | | | | | | | | | | | | | | 0,6 | 1,2 | 4,7 | 0,4 |
| | <i>Eumecichthys fiski</i> | | | | | | | | | | | | | | 0,6 | 3,5 | 8,4 | 0,8 |
| | <i>Trichurus lepturus</i> | | | | | | 0,6 | 0,8 | 8,3 | 1,1 | | | | | | | | |
| | <i>Ophichthus gomesii</i> | | | | | | 0,3 | 0,8 | 9,8 | 0,6 | | | | | | | | |
| | <i>Ariosoma opisthophthalmus</i> | | | | | | | | | | | | | | 0,6 | 1,2 | 2,2 | 0,2 |
| | Anguili formes | | | | | | | | | | | | | | 0,6 | 2,3 | 1,3 | 0,2 |
| | Myctophi formes | | 1,4 | 1,9 | 11,5 | 0,6 | | | | | | | | | | | | |
| | Restos de peixe | | 50,7 | 1,9 | 6,0 | 13,2 | 32,5 | 0,8 | 1,1 | 13,3 | 13,7 | 2,9 | 2,9 | 6,5 | 24,4 | 1,2 | 1,3 | 7,5 |
| | Elasmobranchii | | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,9 | 2,8 | 1,8 | 0,3 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| | <i>Atlantoraja platana</i> | | | | | | | | | 0,9 | 2,8 | 1,8 | 0,3 | | | | | |

Tabela 1: Composição da dieta de quatro espécies de importância comercial encontradas na costa do Rio de Janeiro, entre os municípios de Angra dos Reis e Arraial do Cabo, no período entre os anos de 2013 e 2016, expresso em porcentagem por frequência de ocorrência (%FO), número (%N), peso (%P) e porcentagem do Índice de Importância Relativa de Presa-Específica (%PSIRI). Continuação.

| Itens alimentares | | Espécie | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|------------------------------|---------------------------------------|---------------------------|-------------|------------|------------|----------------------------|------------|------------|------------|-------------------------------|------------|------------|------------|--------------------------|------------|------------|------------|------|--|--|--|
| | | <i>Katsowonus pelamis</i> | | | | <i>Pomatomus saltatrix</i> | | | | <i>Atlantoraja cyclophora</i> | | | | <i>Rioraja agassizii</i> | | | | | | | |
| Categoria | Menor taxon | FO | %N | %W | %PSIRI | FO | %N | %W | %PSIRI | FO | %N | %W | %PSIRI | FO | %N | %W | %PSIRI | | | | |
| Crustacea | | 5,5 | 29,2 | 14,4 | 3,7 | 3,2 | 76,6 | 2,8 | 8,2 | 100,0 | 76,3 | 61,2 | 81,0 | 83,9 | 81,7 | 39,9 | 60,5 | | | | |
| | <i>Pleoticus muelleri</i> | | | | | | | | | 29,1 | 8,2 | 4,6 | 29,5 | | | | | | | | |
| | Penaeidae | | | | | | | | | | | | | 27,8 | 4,1 | 2,2 | 21,5 | | | | |
| | Dendrobranchiata | | | | | | | | | 0,9 | 8,3 | 12,7 | 1,5 | | | | | | | | |
| | <i>Portunus (Achelous) spinimanus</i> | | | | | | | | | 1,7 | 4,1 | 12,1 | 2,4 | | | | | | | | |
| | <i>Callinectes ornatus</i> | | | | | | | | | 0,9 | 5,5 | 3,8 | 0,6 | | | | | | | | |
| | <i>Callinectes danae</i> | | | | | | | | | 0,9 | 2,8 | 1,8 | 0,3 | | | | | | | | |
| | Portunoi dea | | | | | | | | | 28,2 | 5,8 | 4,0 | 21,9 | 3,9 | 3,5 | 1,9 | 2,6 | | | | |
| | Calappidae | | | | | | | | | 0,9 | 19,3 | 11,1 | 2,1 | | | | | | | | |
| | Majoi dea | | | | | | | | | | | | | 1,1 | 1,2 | 6,7 | 1,1 | | | | |
| | Megalopa de Brachyura | | | | | | | | | | | | | 0,6 | 2,3 | 1,2 | 0,2 | | | | |
| | Brachyura | | | | | | | | | | 23,9 | 4,4 | 3,7 | 15,7 | 31,1 | 1,9 | 1,8 | 13,7 | | | |
| | <i>Munida spinifrons</i> | | | | | | | | | | | | | | 0,6 | 2,3 | 9,5 | 0,8 | | | |
| | Galathei dae | | | | | | | | | | 2,6 | 6,4 | 2,4 | 1,7 | | | | | | | |
| | Anomura | | 1,4 | 3,9 | 14,3 | 0,8 | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Caridea | | | | | | | | | | | | | | 0,6 | 4,6 | 9,3 | 0,9 | | | |
| | Scyllari dae | | | | | | | | | | | | | | 0,6 | 2,3 | 0,7 | 0,2 | | | |
| | Larva de decapoda | | | | | | | | | | | | | | 0,6 | 2,3 | 0,0 | 0,2 | | | |
| | Amphipoda | | | | | | | | | | | | | | 0,6 | 23,1 | 0,7 | 1,6 | | | |
| | Euphasiacea | | | | | | | | | | | | | | 0,6 | 4,6 | 0,6 | 0,4 | | | |
| | Valvifera | | | | | | | | | | 0,9 | 5,5 | 1,0 | 0,4 | | | | | | | |
| | Oniscoidea | | | | | | | | | | | | | | 1,7 | 1,2 | 0,1 | 0,3 | | | |
| | Mysidacea | | 2,7 | 23,4 | 0,1 | 2,8 | 3,2 | 76,6 | 2,8 | 8,2 | | | | | 3,9 | 25,1 | 1,8 | 12,9 | | | |
| Stomatopoda | | | | | | | | | | 7,7 | 3,4 | 3,0 | 4,0 | 2,2 | 1,7 | 1,4 | 0,9 | | | | |
| N.I. | | 1,4 | 1,9 | 0,0 | 0,1 | | | | | 2,6 | 2,8 | 1,0 | 0,8 | 8,3 | 1,4 | 2,0 | 3,4 | | | | |
| Cephalopoda | | 6,8 | 6,2 | 3,5 | 2,6 | 4,5 | 2,4 | 1,6 | 3,1 | 0,9 | 2,8 | 4,4 | 0,5 | 2,2 | 1,2 | 0,9 | 0,6 | | | | |
| | <i>Argonauta nodosa</i> | | | | | | | | | 0,9 | 2,8 | 4,4 | 0,5 | | | | | | | | |
| | <i>Nautilus</i> sp | | | | | 0,3 | 0,8 | 0,4 | 0,1 | | | | | | | | | | | | |
| | Loligi dae | 6,8 | 6,2 | 3,5 | 2,6 | 4,1 | 1,6 | 1,2 | 3,0 | | | | | 2,2 | 1,2 | 0,9 | 0,6 | | | | |
| Polychaeta | | 2,7 | 16,6 | 0,2 | 2,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 1,7 | 2,3 | 0,3 | 0,5 | | | | |
| | N.I. | 2,7 | 16,6 | 0,2 | 2,0 | | | | | | | | | 1,7 | 2,3 | 0,3 | 0,5 | | | | |
| Nº de estômagos | | | | | | 73 | | | | 298 | | | | 117 | | | | 180 | | | |
| Nível trófico | | | | | | 4,4 | | | | 4,8 | | | | 3,8 | | | | 3,9 | | | |
| Amplitude de nicho alimentar | | | | | | 0,08 | | | | 0,36 | | | | 0,30 | | | | 0,26 | | | |
| Índice de vacuidade (%) | | | | | | 21,5 | | | | 42,4 | | | | 9,3 | | | | 26,8 | | | |

3.1. *Katsuwonus pelamis*

Dos 93 estômagos analisados 21,5% se encontravam vazios, sem conteúdo. Os indivíduos que apresentaram algum conteúdo estomacal variavam entre 38,5 e 83,0 cm de comprimento total. A curva de acumulação de presas se mostrou crescente, chegando a doze categorias de presas (Figura 2).

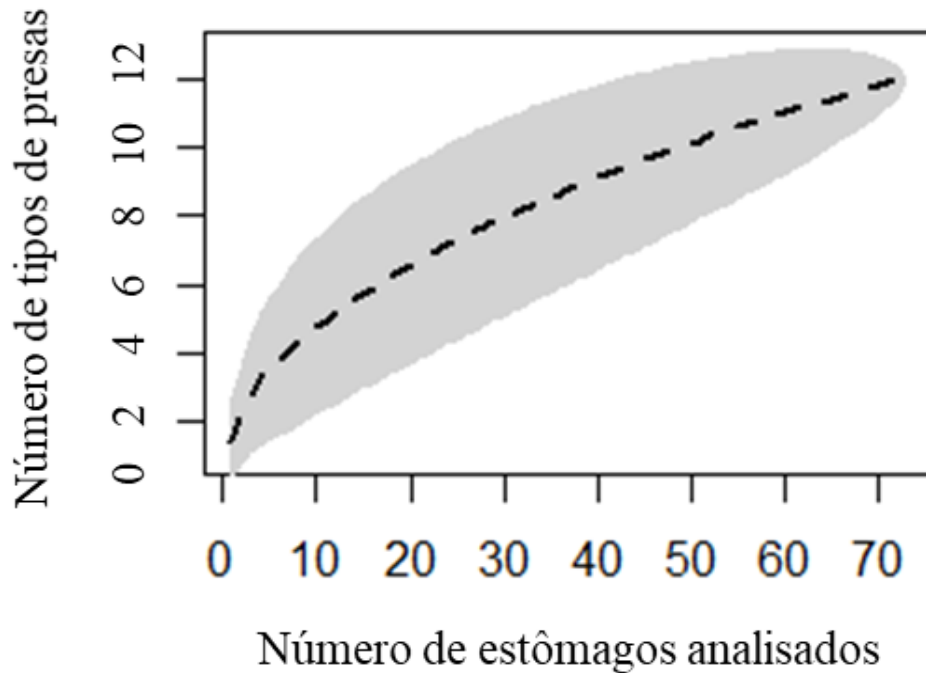


Figura 2: Curva de acumulação de presas na dieta de *Katsuwonus pelamis*, coletadas entre as regiões de Angra dos Reis e Arraial do Cabo, estado do Rio de Janeiro, entre 2013 e 2016.

Bonito-listrado demonstrou uma dieta estritamente especialista ($BA = 0,04$), com predominância de presas do grupo dos peixes (91,7%), com destaque para o consumo de *Sardinella brasiliensis* (67,1%). Os demais itens tiveram uma importância na dieta de 3,7%, 2,6% e 2,0% (crustácea, cefalópode e poliquetas, respectivamente), consideravelmente baixa.

O diagrama de Amundsen indicou que *S. brasiliensis* encontra-se no quadrante superior direito, demonstrando ser a presa de maior importância e dominante na dieta de *K. pelamis* (Figura 3). Desta forma, a análise corrobora que a espécie é especialista, ao revelar que o bonito-listrado apresenta uma estratégia alimentar restrita. Ainda assim, é possível observar a presença de itens no canto inferior esquerdo, significando os indivíduos coletados nesse estudo se alimentaram de algumas presas raras.

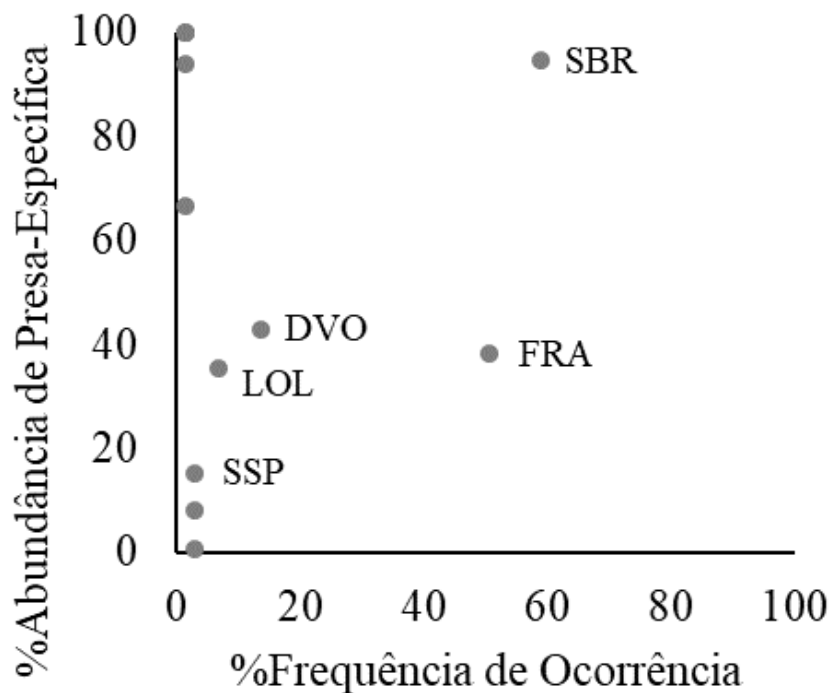


Figura 3: Diagrama de Amundsen da estratégia alimentar de *Katsuwonus pelamis*, coletadas no estado do Rio de Janeiro, no período de 2013 a 2016, com as funções de frequência de ocorrência e abundância de presa-específica. Sendo, SBR = *Sardinella brasiliensis*; FRA = fragmentos de peixe; DVO = *Dactylopterus volitans*; LOL = loligidae; SSP = *Synagrops spinosus*.

Na análise sazonal é possível perceber que *S. brasiliensis* se apresenta como a presa de maior importância nas quatro estações do ano, contudo, na primavera a mesma não foi consumida, porém foram observadas outras duas espécies da família Clupeidae, *Anchoa tricolor* e *Engraulis anchoita*. De outra forma, na estação verão *S. brasiliensis* (72,4%) foi a presa mais consumida, seguida por *Dactylopterus volitans* (14,7%). Itens dos grupos de crustáceos e cefalópodes foram observados em menor porcentagem nesse período, 4,7% e 1,1% respectivamente. A sardinha (88,2%) teve maior índice de consumo no outono, *D. volitans* não foi observado, tendo seu lugar ocupado por fragmentos de peixe. No inverno, foi observado presa da ordem Myctophiformes na dieta da espécie, o que pode significar que o bonito-listrado apresenta uma estratégia de forrageio vertical. Enquanto que na primavera, a espécie mostrou maior diversidade de presa em sua dieta, podendo ser observado itens do grupo de peixes (57,9%), crustáceos (13,2%), cefalópodes (14,7%) e poliquetas (14,2%) (Figura 4).

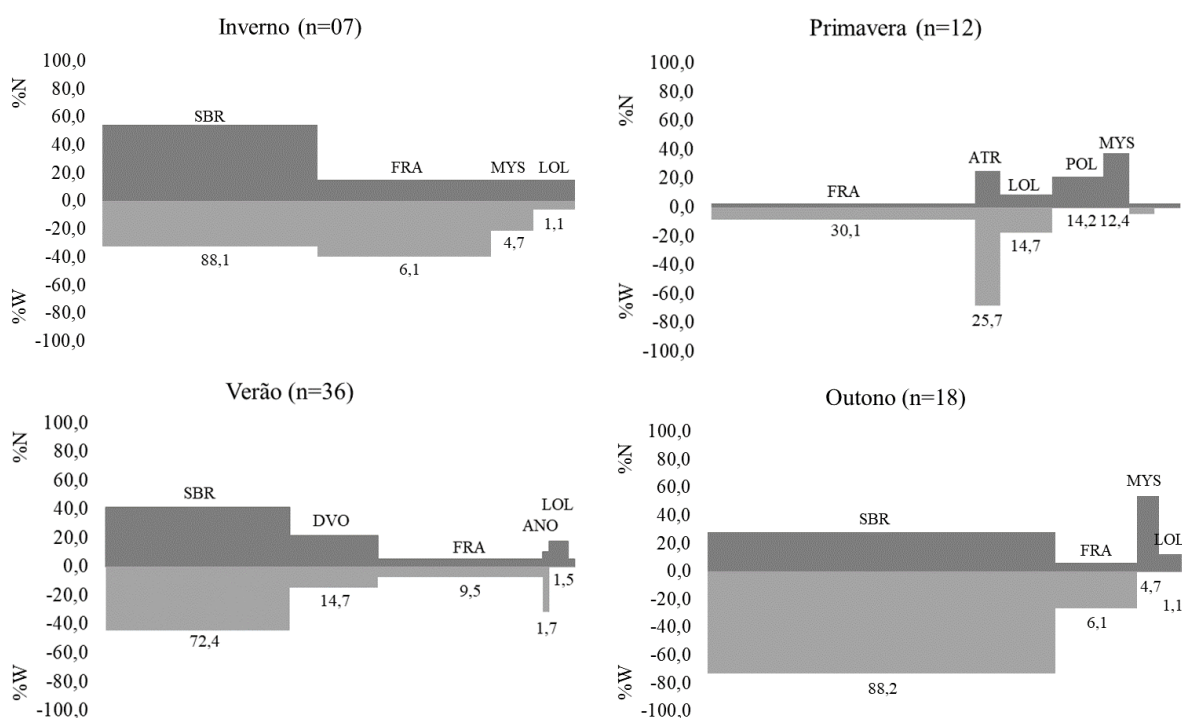


Figura 4: Índice de Importância Relativa de Presa-Específica (%PSIRI) referente aos principais itens alimentares da dieta de *Katsuwonus pelamis* para cada estação do ano. %N se refere ao percentual numérico, %P percentual de peso. A frequência de ocorrência está representada no eixo horizontal. O %PSIRI está indicado nas caixas retangulares. SBR = *Sardinella brasiliensis*; DVO = *Dactylopterus volitans*; FRA = fragmentos de peixe; ANO = Anomura; LOL = loligidae; MYS = Mysidacea; ATR = *Anchoa tricolor*; POL = Polychaeta.

3.2. *Pomatomus saltatrix*

Dos 521 estômagos de anchova analisados, em 298 (57,2%) foi observado algum tipo de item alimentar. Com tamanhos variando entre 29,2 cm e 81 cm de comprimento total. Para esta espécie, a curva de acumulação de presas mostrou-se perto da sua assíntota, indicando que o esforço amostral está próximo ao suficiente para definir a alimentação da espécie na costa do Rio de Janeiro (Figura 5).

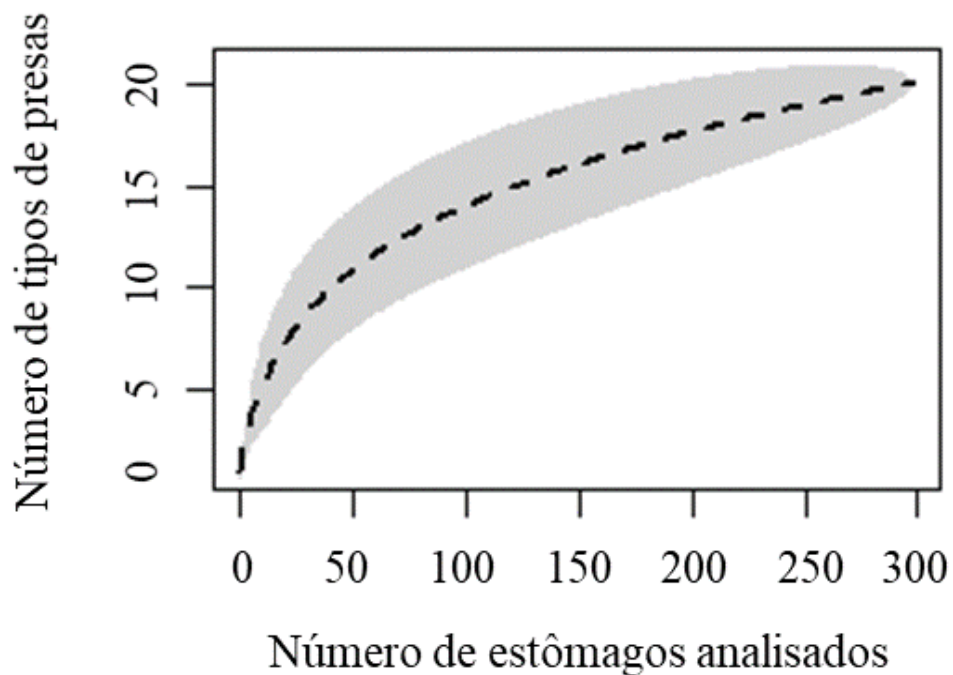


Figura 5: Curva de acumulação de presas na dieta de *Pomatomus saltatrix*, coletadas entre as regiões de Angra dos Reis e Arraial do Cabo, estado do Rio de Janeiro, no período dos anos de 2013 e 2016.

Pomatomus saltatrix apresentou uma dieta especializada ($BA = 0,28$), tendo como presa de maior importância o coió, *Dactylopterus volitans* (30,2%). Entre os grupos de presas, os peixes (88,6%) ocupam o topo em importância, seguidos por crustáceos (8,2%) e cefalópodes (3,1%).

No diagrama de Amundsen é possível observar que todas as presas se encontram no canto superior direito, demonstrando assim que a espécie apresenta uma estratégia alimentar especialista (Figura 6). Pela análise, é possível inferir que a anchova não apresenta uma presa dominante na dieta. Assim como não é observado a presença de presas raras.

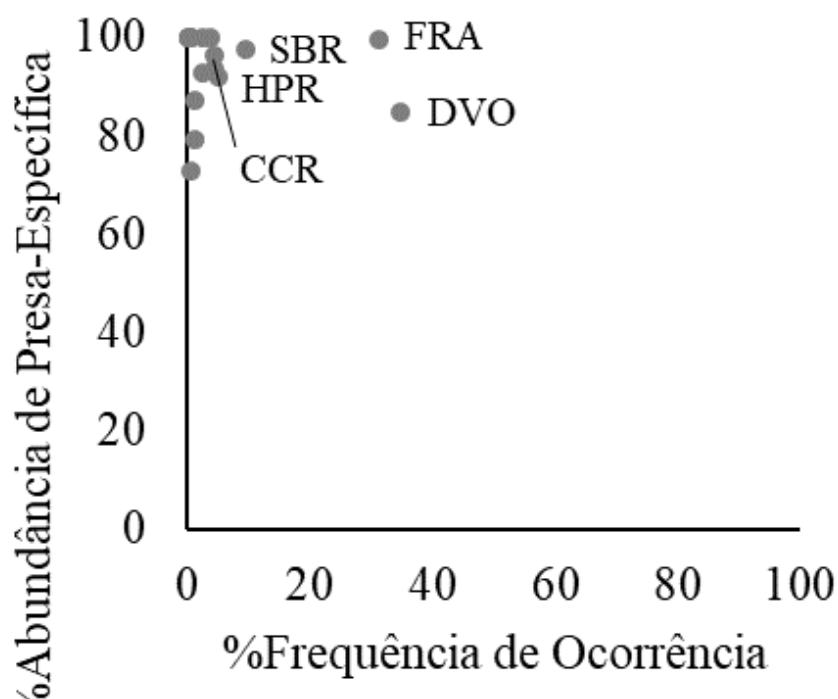


Figura 6: Diagrama de Amundsen da estratégia alimentar de *Pomatomus saltatrix*, coletadas no estado do Rio de Janeiro, no período de 2013 a 2016, com as funções de frequência de ocorrência e abundância de presa-específica. Sendo, DVO = *Dactylopterus volitans*; FRA = fragmentos de peixe; SBR = *Sardinella brasiliensis*; HPR = *Heteropriacanthus cruentatus*; CCR = *Caranx crysos*.

A análise sazonal mostrou que o grupo de peixes apresenta maior importância nas estações de verão, outono e inverno, exceto na primavera, onde o grupo com maior importância para espécie foi dos cefalópodes (33,4%) (Figura 7). No verão, a presa de maior importância foi *Dactylopterus volitans*, (50,4%). Também é possível ver que o grupo de peixes foi o mais consumido, além de cefalópodes (1,0%) em menor quantidade. No outono, *D. volitans* (28,0%) tem sua importância diminuída, enquanto a sardinha *S. brasiliensis* demonstrou aumento na importância, maior que o dobro da estação anterior (15,8% e 6,5%, respectivamente). Além disso, foi observada a presença de crustáceos na dieta da anchova, item não observado anteriormente. Durante o inverno, desconsiderando a predominância de fragmentos de peixe, *D. volitans* e *Caranx crysos* obtiveram importância similar na dieta, 17,3% e 16,8%, respectivamente. Já na primavera, os cefalópodes apresentaram maior importância, principalmente a família Loliginidae (31,0%). Assim como foi a estação com menor variedade de presas, porém essa baixa diversidade pode estar relacionada ao número amostral baixo (16) comparado às demais estações.

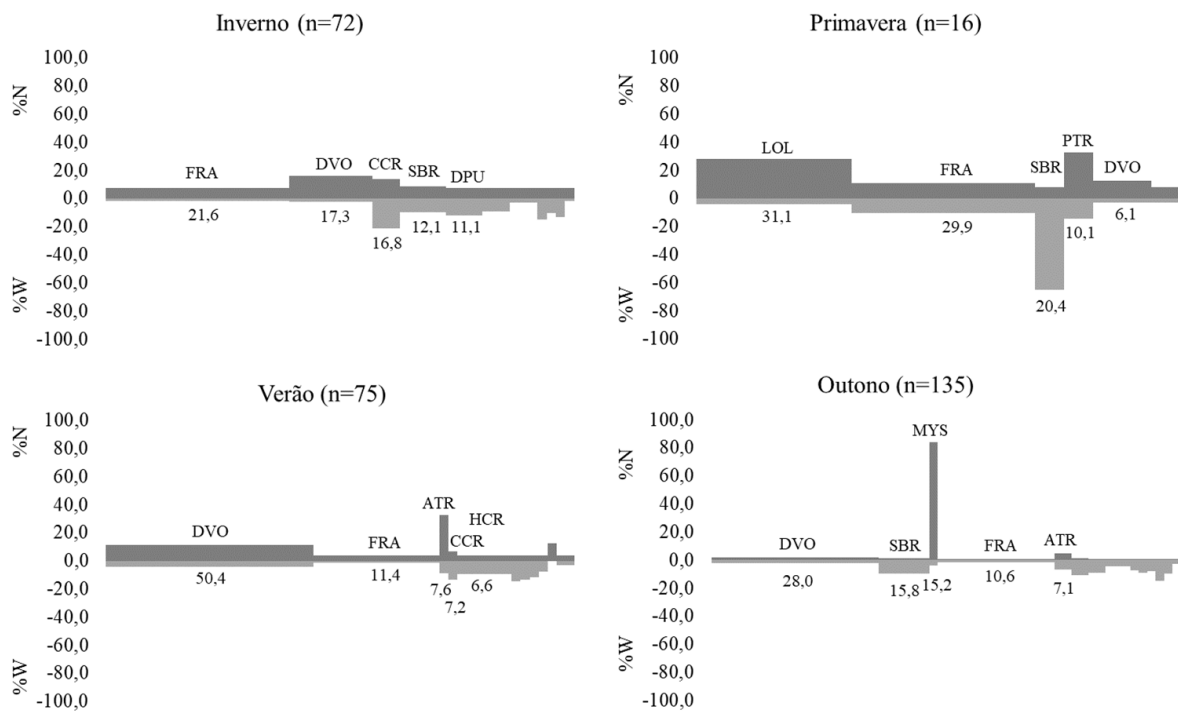


Figura 7: Índice de Importância Relativa de Presa-Específica (%PSIRI) referente aos principais itens alimentares da dieta de *Pomatomus saltatrix* para cada estação do ano. %N se refere ao percentual numérico, %P se refere ao percentual de peso. A frequência de ocorrência está representada no eixo horizontal. A %PSIRI está indicado nas caixas retangulares. DVO = *Dactylopterus volitans*; FRA = fragmentos de peixe; ATR = *Anchoa tricolor*; CCR = *Caranx crysos*; HCR = *Heteropriacantus cruentatus*; SBR = *Sardinella brasiliensis*; MYS = Mysidacea; DPU = *Decapterus punctatus*; LOL = loligidae e PTR = *Parasudis truculenta*.

3.3. Análise comparativa entre a dieta de *Katsuwonus pelamis* e *Pomatomus saltatrix*

Ao comparar as duas espécies é possível afirmar que há sobreposição de nicho (0,54%), segundo Índice de Morisita, o que traz a luz um possível particionamento de recursos alimentares (Tabela 2). Apesar disso, o resultado da ANOSIM ($R_{\text{global}} = 0,004$; $p = 0,001$) demonstra que não há diferença significativa entre a dieta das espécies pelágicas. Pela análise de SIMPER a dissimilaridade entre *K. pelamis* e *P. saltatrix* está abaixo de 70%. As espécies que mais colaboram para a dissimilaridade das espécies são *D. volitans* (21%), fragmentos de peixe (16%) e *S. brasiliensis* (11%).

Tabela 2: Composição da dieta das espécies pelágicas (*Katsuwonus pelamis* e *Pomatomus saltatrix*) de importância comercial encontradas na costa do Rio de Janeiro, entre os municípios de Angra dos Reis e Arraial do Cabo, no período entre os anos de 2013 e 2016, expresso em porcentagem por frequência de ocorrência (%FO), número (%N), peso (%P) e porcentagem do Índice de Importância Relativa de Presa-Específica (%PSIRI).

| Itens alimentares | | Espécie | | | | | | | | |
|-------------------------|-------------------------------------|---------------------------|-------------|-------------|-------------|----------------------------|-------------|-------------|-------------|------|
| Categoria | Menor taxon | <i>Katsuwonus pelamis</i> | | | | <i>Pomatomus saltatrix</i> | | | | |
| | | FO | %N | %P | %PSIRI | FO | %N | %P | %PSIRI | |
| Teleostei | | 100,0 | 48,0 | 81,9 | 91,7 | 96,5 | 21,0 | 95,6 | 88,6 | |
| | <i>Dactylopterus volitans</i> | 13,7 | 8,4 | 6,7 | 7,7 | 33,1 | 1,8 | 1,8 | 30,2 | |
| | <i>Sardinella brasiliensis</i> | 58,9 | 12,3 | 20,6 | 67,1 | 8,9 | 0,9 | 6,3 | 12,2 | |
| | <i>Anchoa tricolor</i> | 1,4 | 19,5 | 32,9 | 2,5 | 2,2 | 4,8 | 5,0 | 5,5 | |
| | <i>Engraulis anchoita</i> | 1,4 | 1,9 | 2,3 | 0,2 | | | | | |
| | <i>Brevoortia aurea</i> | | | | | 1,0 | 0,8 | 5,7 | 1,2 | |
| | <i>Harengula chupeola</i> | | | | | 0,6 | 0,8 | 7,6 | 1,0 | |
| | <i>Decapterus punctatus</i> | | | | | 3,5 | 0,8 | 6,4 | 4,8 | |
| | <i>Caranx crysos</i> | | | | | 4,1 | 1,2 | 9,5 | 8,4 | |
| | <i>Trachurus lathami</i> | | | | | 0,3 | 0,8 | 2,0 | 0,2 | |
| | <i>Heteropriacanthus cruentatus</i> | | | | | 4,8 | 0,8 | 4,5 | 4,9 | |
| | <i>Isopisthus parvipinnis</i> | | | | | 0,6 | 0,8 | 7,6 | 1,0 | |
| | <i>Friacanthus arenatus</i> | | | | | 1,0 | 0,8 | 3,9 | 0,9 | |
| | <i>Synagrops spinosus</i> | 2,7 | 1,9 | 1,8 | 0,4 | | | | | |
| | <i>Trichiurus lepturus</i> | | | | | 0,6 | 0,8 | 8,3 | 1,1 | |
| | <i>Percophis brasiliensis</i> | | | | | 0,3 | 0,8 | 9,6 | 0,6 | |
| | Escombrídeo N.I. | | | | | 2,2 | 0,8 | 4,7 | 2,4 | |
| | <i>Parasudis truculenta</i> | | | | | 0,3 | 3,1 | 2,1 | 0,4 | |
| | <i>Ophichthus gomesii</i> | | | | | 0,3 | 0,8 | 9,8 | 0,6 | |
| | Myctophiformes | 1,4 | 1,9 | 11,5 | 0,6 | | | | | |
| | Fragmentos | 50,7 | 1,9 | 6,0 | 13,2 | 32,5 | 0,8 | 1,1 | 13,3 | |
| Crustacea | | 5,5 | 29,2 | 14,4 | 3,7 | 3,2 | 76,6 | 2,8 | 8,2 | |
| | Mysidacea | 2,7 | 23,4 | 0,1 | 2,8 | 3,2 | 76,6 | 2,8 | 8,2 | |
| | Anomura | 1,4 | 3,9 | 14,3 | 0,8 | | | | | |
| | N.I. | 1,4 | 1,9 | 0,0 | 0,1 | | | | | |
| Cephalopoda | | 6,8 | 6,2 | 3,5 | 2,6 | 4,5 | 2,4 | 1,6 | 3,1 | |
| | <i>Nautilus</i> sp | | | | | 0,3 | 0,8 | 0,4 | 0,1 | |
| | Loliginidae | 6,8 | 6,2 | 3,5 | 2,6 | 4,1 | 1,6 | 1,2 | 3,0 | |
| Polychaeta | | 2,7 | 16,6 | 0,2 | 2,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | |
| | N.I. | 2,7 | 16,6 | 0,2 | 2,0 | | | | | |
| Nº de estômagos | | | | | 73 | | | | | 298 |
| Nível trófico | | | | | 4,4 | | | | | 4,8 |
| Amplitude de nicho | | | | | 0,08 | | | | | 0,36 |
| Índice de vacuidade (%) | | | | | 21,5 | | | | | 42,4 |

O SIMPER calculado em referência as dissimilaridades sazonais mostram que as estações com menor dissimilaridade são verão e inverno (39%), tendo as espécies fragmentos de peixe (18%), *S. brasiliensis* (12%), *D. volitans* (6%) e *Caranx crysos* (4%) as que mais contribuíram (Tabela 3). Em contrapartida, as estações inverno e primavera mostraram dissimilaridade acima de 70%, as presas que mais contribuíram para a dissimilaridade foram *Decapterus punctatus* (20%), Loliginidae (18%) e *D. volitans* (15%).

Tabela 3: Itens alimentares que mais contribuíram para a dissimilaridade entre *Katsuwonus pelamis* e *Pomatomus saltatrix* (> 10%) de acordo com o período sazonal. Percentual de dissimilaridade expressos entre parênteses ao lado da estação analisada.

| Prey items | Season | | | |
|--------------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| | Winter (46%) | Spring (50%) | Summer (49%) | Autumn (36%) |
| <i>Dactylopterus volitans</i> | | | 17,6 | 19,7 |
| <i>Sardinella brasiliensis</i> | | | | 16,5 |
| <i>Anchoa tricolor</i> | | 19,8 | | |
| Myctophiformes | 19,3 | | | |
| Fragmentos de peixe | 17,6 | 12,5 | 22,1 | |
| Loligidae | | 17,7 | | |

3.4. *Atlantoraja cyclophora*

Foram analisados 129 estômagos de *Atlantoraja cyclophora*, 12 deles não continham nenhum tipo de presa. Seus tamanhos variavam de 31,9 cm a 62,4 cm CT. A curva de acumulação de presas continua crescente, o que faz necessário um maior esforço amostral para atingi-la (Figura 8).

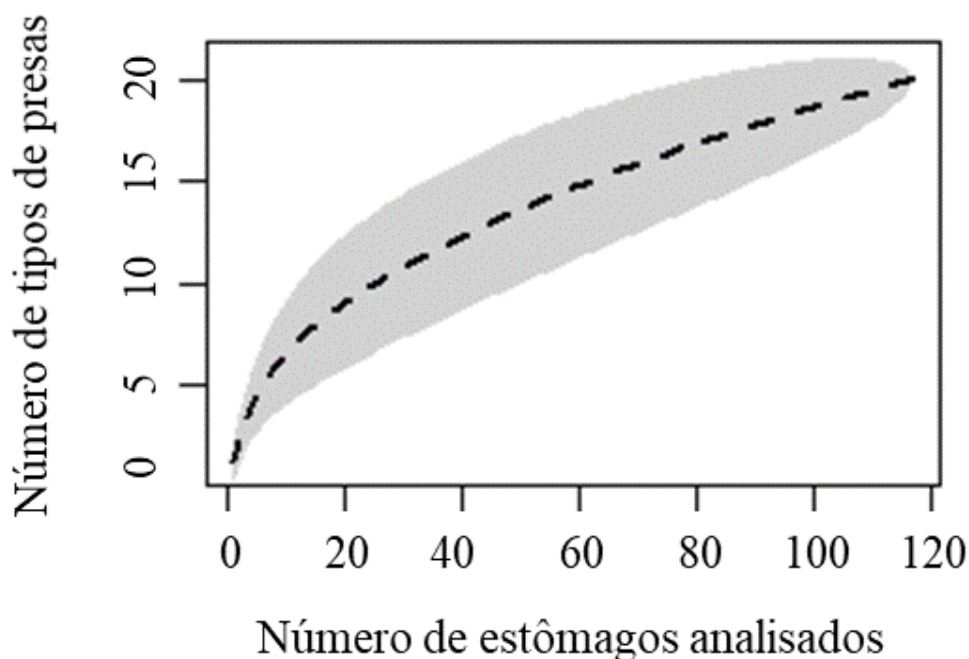


Figura 8: Curva de acumulação de presas na dieta de *Atlantoraja cyclophora*, coletadas entre as regiões de Angra dos Reis e Arraial do Cabo, estado do Rio de Janeiro, no período dos anos de 2013 e 2016.

Consistindo predominantemente em crustáceos (81%), a dieta da *A. cyclophora* se mostrou especialista (BA = 0,30). *Pleoticus muelleri* (29,5%) foi a presa mais abundante na dieta da espécie. Sua dieta também é composta por peixes (18,5%) e cefalópodes (0,5%).

No quadro de Amundsen se nota que uma parte das presas se encontra no canto superior esquerdo, indicando que a espécie apresenta uma estratégia alimentar especialista-oportunista (Figura 9). *A. cyclophora* tende a se alimentar em baixa porcentagem de frequência de ocorrência e mais de 50% da média específica de peso de *Pleoticus muelleri* e Portunoidea.

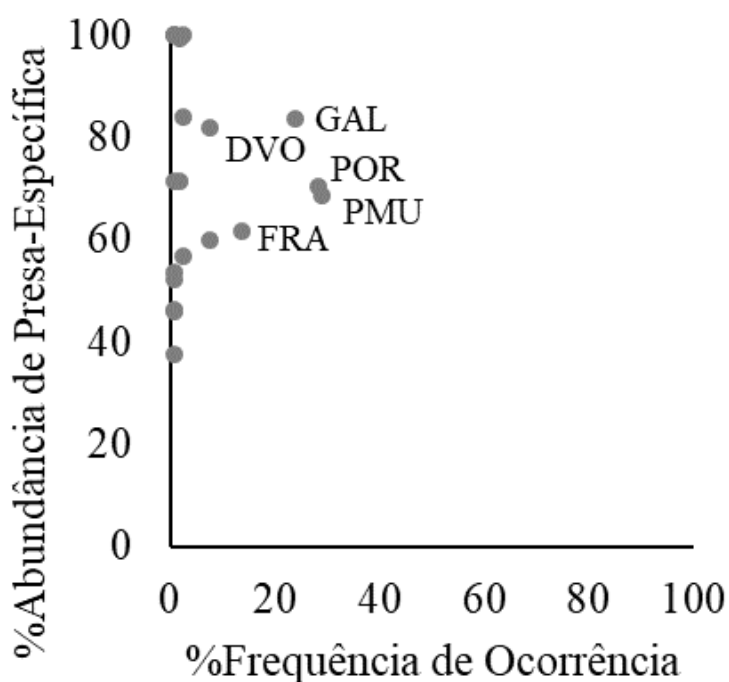


Figura 9: Diagrama de Amundsen da estratégia alimentar de *Atlantoraja cyclophora*, coletadas ao largo da costa do estado do Rio de Janeiro entre 2013 e 2016, com as funções de frequência de ocorrência e abundância de presa-específica. PMU = *Pleoticus muelleri*; POR = Portunoidea; GAL = Galatheididae; FRA = fragmentos de peixe; DVO = *Dactylopterus volitans*.

A espécie demonstra preferência majoritária em crustáceos na análise sazonal (Figura 10). Porém, no inverno há uma diferença de predominância de presa, sendo o grupo de peixes a presa mais abundante. No verão, a espécie se alimenta de Portunoidea (35,6%), *P. muelleri* (23,5%) e Brachyura N.I. (18,5%). Enquanto que no outono, *P. muelleri* (47,2%) foi a presa mais abundante para *A. cyclophora*. No inverno, Teleostei N.I. (52,3%) foi a presa mais abundante, seguido por *Porichthys porosissimus* (17,5%), além da presença de cefalópodes

(16,3%) na dieta. Portunoidea (24,9%) e Brachyura N.I. (23,7%) foram os itens de maiores importância na dieta da espécie.

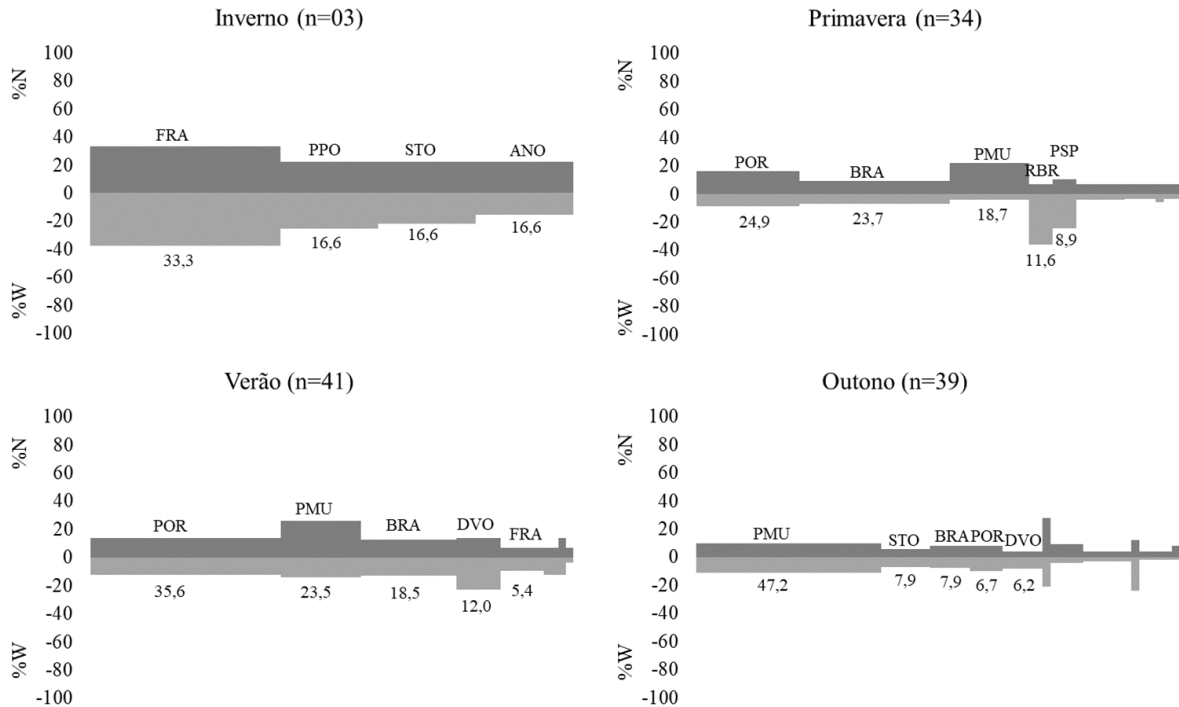


Figura 10: Índice de Importância Relativa de Presa-Específica (%PSIRI) referente aos principais itens alimentares da dieta de *Atlantoraja cyclophora* para cada estação do ano. Onde o %N se refere ao percentual numérico, %P por cento de peso e a frequência de ocorrência representado no eixo horizontal. O %PSIRI está indicado nas caixas retangulares. Sendo, POR = Portunoidea; PMU = *Pleoticus muelleri*; BRA = Brachyura; DVO = *Dactylopterus volitans*; FRA = fragmentos de peixe; STO = Stomatopoda; PPO = *Porichthys porosissimus*; ANO = Anomura; RBR = *Raneya brasiliensis*; PSP = *Portunus (Achelous) spinimanus*.

3.5. *Rioraja agassizii*

Para *Rioraja agassizii* foram analisados 246 estômagos, 180 (73,2%) continham algum item alimentar enquanto 66 (26,8%) encontravam-se vazios. Sua curva de acumulação de presas não se encontrava perto de sua assíntota (Figura 11).

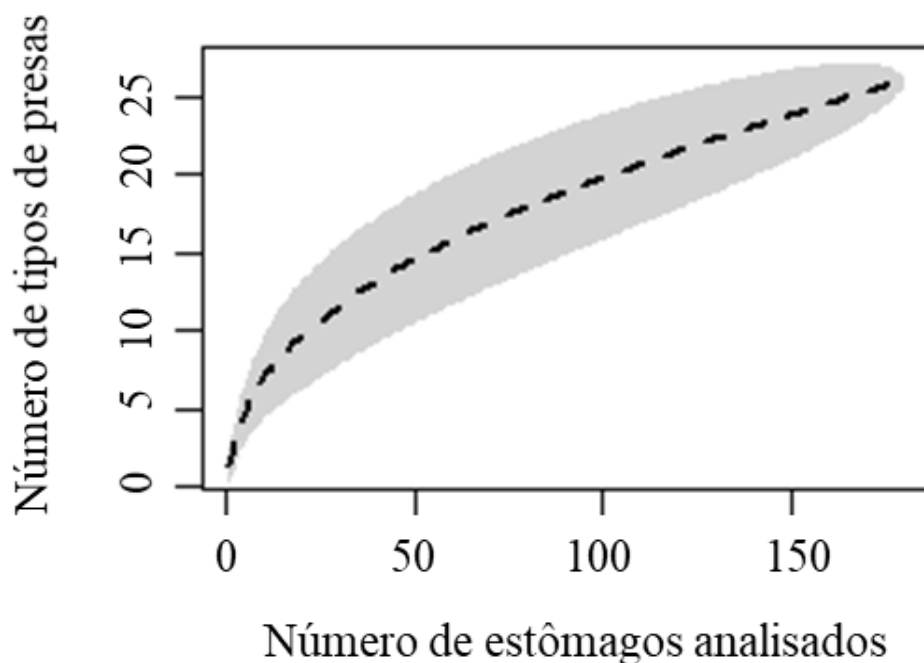


Figura 11: Curva de acumulação de presas na dieta de *Rioraja agassizii*, coletadas entre as regiões de Angra dos Reis e Arraial do Cabo, estado do Rio de Janeiro, no período dos anos de 2013 e 2016.

A espécie mostrou uma dieta especialista ($BA = 0,26$) com predominância de crustáceos (60,5%), onde Peneidae (21,5%) é a presa mais abundante. Além de crustáceos, sua dieta consiste de peixes (38,4%), cefalópodes (0,6%) e poliquetas (0,5%).

Na análise visual do diagrama de Amundsen, é possível perceber que a maioria dos pontos se encontram no canto esquerdo do quadro, indicando uma estratégia alimentar especialista-oportunista (Figura 12). Há presença de itens raros na dieta de *R. agassizii*. Da mesma forma, há itens de dominância, uma vez que se encontram na região superior direita do quadro. São elas *Pleueticus muelleri* e Portunoidea.

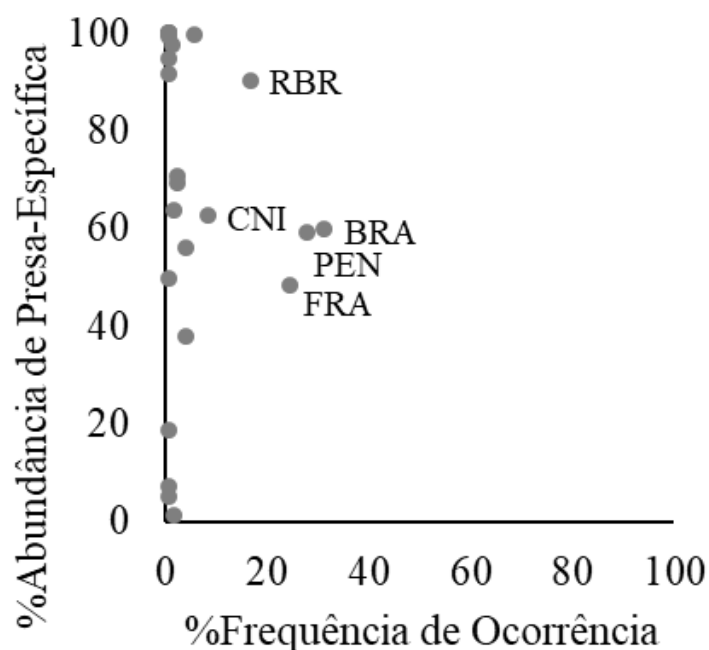


Figura 12: Diagrama de Amundsen da estratégia alimentar de *Rioraja agassizii*, coletadas no estado do Rio de Janeiro, no período de 2013 a 2016, com as funções de frequência de ocorrência e abundância de presa-específica. Sendo, BRA = Brachyura; PEN = Penaeidae; FRA = fragmentos de peixe RBR = *Raneya brasiliensis*; CNI = crustacea não identificado.

Na razão sazonal, a espécie mostra maior predomínio de crustáceos nas quatro estações (Figura 13). No verão, Brachyura N.I. (28,8%), *Raneya brasiliensis* (21,0%) e Peneidae (12,2%) foram as presas mais consumidas pela espécie. No outono, o item mais consumido foi Peneidae (45,7%) e o consumo de cefalópodes (9,5%) também foi observado. *R. agassizii* manteve seu consumo de Peneidae (22,2%) durante o inverno, seguido por Mysidacea (17,5%) e *R. brasiliensis* (16,2%). Contudo, na primavera o grupo de presas mais consumido por *R. agassizii* foi de peixes, sendo *Porichthys porossisimus* (18,2%) o mais abundante dentre eles.

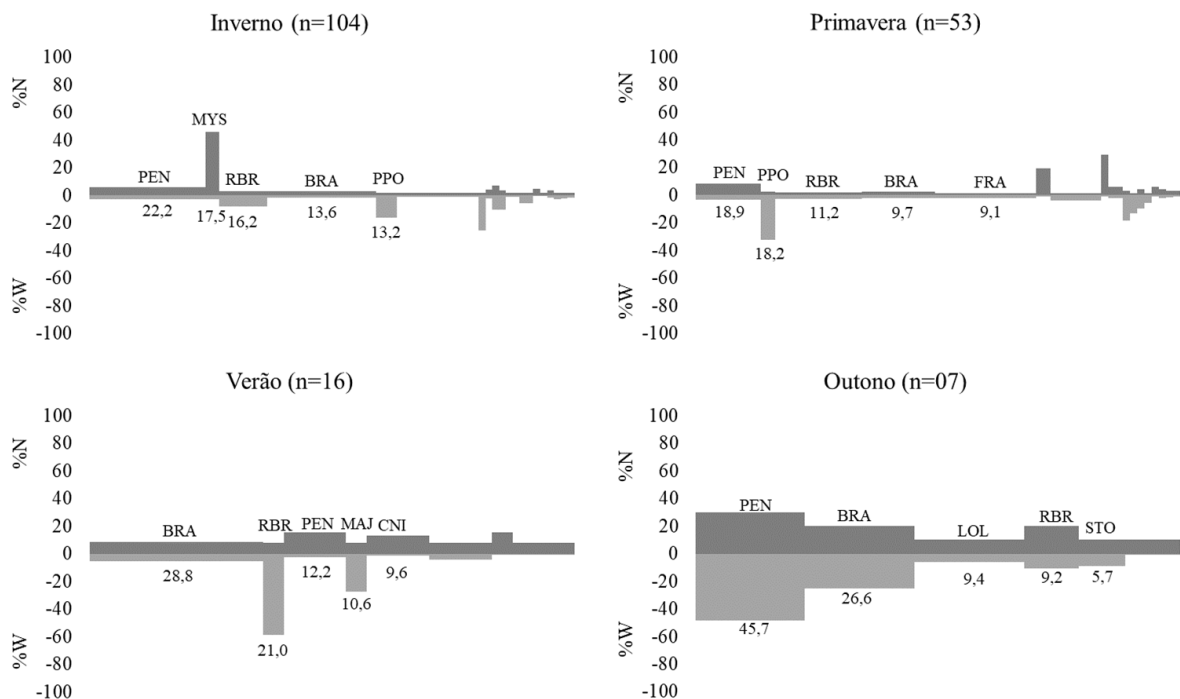


Figura 13: Índice de Importância Relativa de Presa-Específica (%PSIRI) referente aos principais itens alimentares da dieta de *Rioraja agassizii* para cada estação do ano. %N se refere ao percentual numérico, %P ao percentual de peso. A frequência de ocorrência representada no eixo horizontal. O %PSIRI está indicado nas caixas retangulares. Sendo, BRA = Brachyura; RBR = *Raneya brasiliensis*; PEN = Penaeidae; MAJ = Majoidea; CNI = crustácea não identificada; LOL = Lolididae; STO = Stomatopoda; MYS = Mysidacea; PPO = *Porichthys porosissimus*; FRA = fragmentos de peixe.

3.6. Análise comparativa entre a dieta de *Atlantoraja cyclophora* e *Rioraja agassizii*

Foram observadas diferenças significativas na composição da dieta das duas espécies demersais, com base em ANOSIM ($R_{\text{global}} = 0,128$; $p = 0,001$). O resultado do Índice de Morisita (0,3%) indicou baixa sobreposição alimentar entre as espécies (Tabela 4). Pela análise de SIMPER há dissimilaridade entre as dietas das espécies acima de 70%. Peneidae (24,3%), fragmentos de peixe (22,3%), *Raneya brasiliensis* (19,0%), *Pleoticus muelleri* (15,8%), Portunoidea (11,0%) e Brachyura (6,0%) foram os itens que mais contribuíram para a dissimilaridade.

Tabela 4: Composição da dieta das espécies demersais (*Atlantoraja cyclophora* e *Rioraja agassizii*) de importância comercial encontradas na costa do Rio de Janeiro, entre os municípios de Angra dos Reis e Arraial do Cabo, no período entre os anos de 2013 e 2016, expresso em porcentagem por frequência de ocorrência (%FO), número (%N), peso (%W) e porcentagem do Índice de Importância Relativa de Presa-Específica (%PSIRI).

| Itens alimentares | | Espécie | | | | | | | |
|-----------------------|---------------------------------------|-------------------------------|-------------|-------------|-------------|--------------------------|-------------|-------------|-------------|
| Categoria | Menor taxon | <i>Atlantoraja cyclophora</i> | | | | <i>Rioraja agassizii</i> | | | |
| | | FO | %N | %W | %PSIRI | FO | %N | %W | %PSIRI |
| Teleostei | | 27,4 | 18,2 | 32,6 | 18,2 | 50,0 | 14,8 | 58,9 | 38,4 |
| | <i>Dactylopterus volitans</i> | 7,7 | 4,3 | 5,8 | 6,4 | | | | |
| | <i>Porichthys porosissimus</i> | 0,9 | 2,8 | 5,1 | 0,6 | 5,6 | 1,4 | 18,8 | 13,5 |
| | <i>Raneya brasiliensis</i> | 2,6 | 2,8 | 12,3 | 3,4 | 16,7 | 1,8 | 5,4 | 14,5 |
| | <i>Monolene antillarum</i> | 0,9 | 2,8 | 2,8 | 0,4 | | | | |
| | <i>Cyclopsetta fimbriata</i> | | | | | 0,6 | 1,2 | 11,6 | 0,9 |
| | <i>Syacium micrurum</i> | | | | | 0,6 | 1,2 | 5,3 | 0,4 |
| | <i>Bellator brachychir</i> | 1,7 | 2,8 | 3,8 | 0,9 | | | | |
| | <i>Bregmaceros cantori</i> | | | | | 0,6 | 1,2 | 4,7 | 0,4 |
| | <i>Eumecichthys fisci</i> | | | | | 0,6 | 3,5 | 8,4 | 0,8 |
| | <i>Ariosoma opisthophthalmus</i> | | | | | 0,6 | 1,2 | 2,2 | 0,2 |
| | Anguliformes | | | | | 0,6 | 2,3 | 1,3 | 0,2 |
| | Fragmentos | 13,7 | 2,9 | 2,9 | 6,5 | 24,4 | 1,2 | 1,3 | 7,5 |
| Elasmobranchii | | 0,9 | 2,8 | 1,8 | 0,3 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| | <i>Atlantoraja platana</i> | 0,9 | 2,8 | 1,8 | 0,3 | | | | |
| Crustacea | | 100,0 | 76,3 | 61,2 | 81,0 | 83,9 | 81,7 | 39,9 | 60,5 |
| | <i>Pleoticus muelleri</i> | 29,1 | 8,2 | 4,6 | 29,5 | | | | |
| | Penaeidae | | | | | 27,8 | 4,1 | 2,2 | 21,5 |
| | Dendobranchiata | 0,9 | 8,3 | 12,7 | 1,5 | | | | |
| | <i>Portunus (Achelous) spinimanus</i> | 1,7 | 4,1 | 12,1 | 2,4 | | | | |
| | <i>Callinectes ornatus</i> | 0,9 | 5,5 | 3,8 | 0,6 | | | | |
| | <i>Callinectes danae</i> | 0,9 | 2,8 | 1,8 | 0,3 | | | | |
| | Portunidea | 28,2 | 5,8 | 4,0 | 21,9 | 3,9 | 3,5 | 1,9 | 2,6 |
| | Calappidae | 0,9 | 19,3 | 11,1 | 2,1 | | | | |
| | Majoidea | | | | | 1,1 | 1,2 | 6,7 | 1,1 |
| | Megalopa de Brachyura | | | | | 0,6 | 2,3 | 1,2 | 0,2 |
| | Brachyura | 23,9 | 4,4 | 3,7 | 15,7 | 31,1 | 1,9 | 1,8 | 13,7 |
| | <i>Munida spinifrons</i> | | | | | 0,6 | 2,3 | 9,5 | 0,8 |
| | Galatheiidae | 2,6 | 6,4 | 2,4 | 1,7 | | | | |
| | Cariidea | | | | | 0,6 | 4,6 | 9,3 | 0,9 |
| | Scyllaridae | | | | | 0,6 | 2,3 | 0,7 | 0,2 |
| | Larva de decapoda | | | | | 0,6 | 2,3 | 0,0 | 0,2 |
| | Amphipoda | | | | | 0,6 | 23,1 | 0,7 | 1,6 |
| | Euphasiacea | | | | | 0,6 | 4,6 | 0,6 | 0,4 |
| | Valvifera | 0,9 | 5,5 | 1,0 | 0,4 | | | | |
| | Oniscoidea | | | | | 1,7 | 1,2 | 0,1 | 0,3 |
| | Mysidacea | | | | | 3,9 | 25,1 | 1,8 | 12,9 |
| | Stomatopoda | 7,7 | 3,4 | 3,0 | 4,0 | 2,2 | 1,7 | 1,4 | 0,9 |
| | N.I. | 2,6 | 2,8 | 1,0 | 0,8 | 8,3 | 1,4 | 2,0 | 3,4 |
| Cephalopoda | | 0,9 | 2,8 | 4,4 | 0,5 | 2,2 | 1,2 | 0,9 | 0,6 |
| | <i>Argonauta nodosa</i> | 0,9 | 2,8 | 4,4 | 0,5 | | | | |
| | Loligidae | | | | | 2,2 | 1,2 | 0,9 | 0,6 |
| Polychaeta | | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 1,7 | 2,3 | 0,3 | 0,5 |
| | N.I. | | | | | 1,7 | 2,3 | 0,3 | 0,5 |
| | Nº de estômagos | | | | 117 | | | | 180 |
| | Nível tráfico | | | | 3,8 | | | | 3,9 |
| | Amplitude de nicho | | | | 0,30 | | | | 0,26 |
| | Índice de vacuidade (%) | | | | 9,3 | | | | 26,8 |

A análise de escalonamento multidimensional não métrico (nMDS) aplicada ao conjunto de dados de composição de presas registradas nos estômagos das duas espécies de raias indicou uma distribuição distinta entre os pontos (Figura 14).

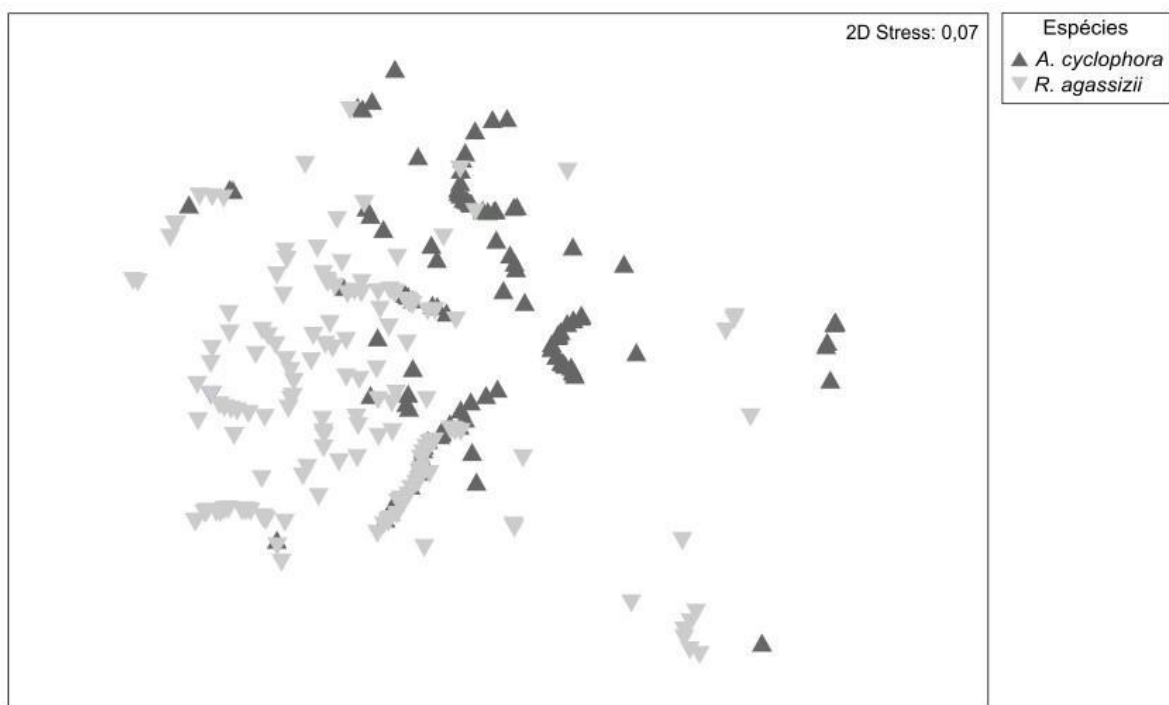


Figura 14: Diagrama dos dois primeiros eixos de ordenação para escala multidimensional não-métrica (nMDS) para a dieta de ambas as espécies de raias estudadas na costa do Rio de Janeiro, Brasil. Triângulos em cinza escuro (*Atlantoraja cyclophora*) e triângulos em cinza claro (*Rioraja agassizii*).

O SIMPER calculado para a dissimilaridade sazonal mostrou que durante outono e inverno as espécies tiveram a maior dissimilaridade, sendo *Porichthys porossissimus* (25,3%), Stomatopoda (23,6%) e *R. brasiliensis* (21,1%) as espécies que mais contribuíram para a dissimilaridade (Tabela 5). Enquanto que a menor dissimilaridade aconteceu entre as estações verão e primavera, em que as presas que mais contribuíram foram *P. muelleri* (24,1%), fragmentos de peixe (21,2%), *R. brasiliensis* (18,0%), Portunoidea (14,4%) e Brachyura (7,3%).

Tabela 5: Itens alimentares que mais contribuíram para a dissimilaridade entre *Atlantoraja cyclophora* e *Rioraja agassizii* (> 10%) de acordo com o período sazonal. Percentual de dissimilaridade expressos entre parênteses ao lado da estação analisada.

| Prey items | Season | | | |
|--------------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| | Winter (58%) | Spring (95%) | Summer (65%) | Autumn (79%) |
| <i>Porichthys porosissimus</i> | 19,9 | | | |
| <i>Raneya brasiliensis</i> | | 12,4 | | |
| Fragmentos de peixe | 14,1 | 20,7 | 24,6 | |
| <i>Pleoticus muelleri</i> | | 22,8 | 21,8 | |
| Penaeidae | | | | 13,5 |
| Portunoidae | | 17,4 | | |
| Brachyura | | | 18,2 | 18,9 |
| Stomatopoda | | | | 22,1 |
| Crustacea N.I. | | 24,9 | | |
| <i>Argonauta nodosa</i> | 24 | | | 24,4 |
| Loligidae | | | | |

3.7. Análise comparativa espécies pelágicas e espécies demersais

A comparação entre a dieta das quatro espécies avaliadas neste estudo mostra que não há sobreposição de nicho entre as espécies pelágicas e demersais, de acordo com o Índice de Morisita. Bonito-listrado apresentou baixa sobreposição em relação a *Atlantoraja cyclophora* e sobreposição intermediária em relação a *Rioraja agassizii*. Enquanto que a anchova apresentou um grau de sobreposição de 0,18 para *A. cyclophora* e 0,06 para *R. agassizii* (Tabela 6). O resultado é reforçado junto com o a análise de similaridade (ANOSIM), que demonstra que há diferenças significativas entre as dietas das espécies. Para essa análise todos tiveram significância $p = 0,001$ e 999 repetições. Obtendo resultados de R global = 0,2694 para *K. pelamis* e *A. cyclophora*, *K. pelamis* e *R. agassizii* em R global = 0,1922, *P. saltatrix* e *A. cyclophora* de R global = 0,1688 e *P. saltatrix* e *R. agassizii* R global = 0,1686.

Quanto à análise de SIMPER, a dissimilaridade entre *K. pelamis* e *A. cyclophora* é de 94%, sendo *Dactylopterus volitans* a espécie que mais colabora com 37,4%, seguida por fragmentos de peixe (33,4%) e *Sardinella brasiliensis* com 24%. Já na comparação entre *K. pelamis* e *R. agassizii*, as espécies que mais contribuíram para a dissimilaridade foram *Dactylopterus volitans* (29,2%), fragmentos de peixe (26,8%) e *Sardinella brasiliensis* (19%). A análise de SIMPER para a dissimilaridade para *P. saltatrix* e *A. cyclophora* mostrou 74% de dissimilaridade. Sendo Portunoidea a espécie que mais colaborou, com 17%. *Pleuticus muelleri* colaborou com 15,6%, junto com *Sardinella brasiliensis* (14%). Enquanto que para

P. saltatrix e *R. agassizii* foi de 80,1%. *Caranx crysos* foi a espécie que mais contribuiu para a dissimilaridade (15,1%) junto com *Heteropriacanthus cruentatus* (14,3%) e *Raneya brasiliensis* (13,4%).

Tabela 6. Sobreposição de nicho alimentar entre espécies. Escala de sobreposição: baixa (0–0,39), intermediária (0,4–0,6) e alta (0,61–1,0) (modificado de Grossman, 1986).

| Espécie | <i>Katsuwonus pelamis</i> | <i>Pomatomus saltatrix</i> | <i>Atlantoraja cyclophora</i> | <i>Rioraja agassizii</i> |
|-------------------------------|---------------------------|----------------------------|-------------------------------|--------------------------|
| <i>Katsuwonus pelamis</i> | - | | | |
| <i>Pomatomus saltatrix</i> | 0,54 | - | | |
| <i>Atlantoraja cyclophora</i> | 0,05 | 0,18 | - | |
| <i>Rioraja agassizii</i> | 0,40 | 0,06 | 0,30 | - |

4. DISCUSSÃO

Nesse estudo, verificamos que *Katsuwomis pelamis* se alimenta principalmente de sardinhas (*Sardinella brasiliensis*) e, em menor proporção, de poliquetas. Um estudo conduzido entre as regiões sudeste e sul do Brasil encontrou uma dieta similar para *K. pelamis*, em que se alimentam de sardinhas (MADUREIRA et al., 2005). Em contra partida, estudo na Califórnia mostra que o bonito-listrado tem uma dieta composta por crustáceos, principalmente caranguejos vermelhos (*Pleuroncodes planipes*) (STEINBECK & RICKETTS, 1941), enquanto que na costa do Peru e da Colômbia sua alimentação é composta por peixe-lanterna (Myctophidae) e peixe-luz (*Vinciguerria lucetia*) (ALVERSON, 1963).

Em diferentes populações globais é observado que *Pomatomus saltatrix* se alimenta principalmente de peixes. Em diferentes trabalhos a dieta da espécie é composta por, principalmente, pequenos peixes pelágicos (HAIMOVICI & KRUG 1992, SILVANO & BEGOSSI 2009, POTTS et al. 2016, JUANES et al. 2016). No presente trabalho, *P. saltatrix*, tem uma dieta majoritariamente composta por *Dactylopterus volitans*.

No presente trabalho, *Rioraja agassizii* se alimenta principalmente de crustáceos e com menor importância de poliquetas. Motta et al (2016) realizaram um estudo na região sul e sudeste (diferente da área de estudo deste trabalho) do Brasil mostrando que a espécie apresenta uma dieta similar, com crustáceos sendo o item de maior importância da dieta. E nesse mesmo trabalho, mostraram um contraste, em que em períodos diferentes a preferência alimentar de *R. agassizii* tende a peixes ósseos (MOTTA et al., 2016). De acordo com Bornatowski et al. (2014), é possível que por todas as regiões estudadas estarem localizadas mais ao sul do Atlântico, a mudança da abundância da presa provoque a espécie em se alimentar de diferentes itens, o que possivelmente, acarreta a não competição entre espécies de raia na mesma região.

Estudo conduzido com *Atlantoraja cyclophora* na Argentina e Uruguai revelou que a sua dieta consiste principalmente em crustáceos decapodas, como camarões e siris (BARBINI & LUCIFORA, 2016), corroborando com os resultados desse estudo. Assim como estudos realizados no sul e sudeste do Brasil mostraram a preferência da espécie por crustáceos (VIANA & VIANNA, 2014). Ambos trabalhos reforçam que *A. cyclophora* alimenta-se

principalmente por crustáceos decapodas, dando assim suporte para os resultados aqui descritos.

Ainda que suas dietas sejam parecidas, as diferenças de presas permitem a coexistência das mesmas numa mesma região. Root (1967) disse que é preciso haver uma diferença, ainda que mínima, nos padrões alimentares e de exploração do recurso para que não haja competição interespecífica. Evitando assim possíveis efeitos deletérios.

Quando as espécies pelágicas são comparadas podemos observar uma similaridade de presas, contudo a taxa de importância de cada presa varia entre os predadores. Al-Zibdah & Odat (2007) descrevem o bonito-listrado como uma espécie carnívora com grande variedade de presas, os resultados de seu trabalho demonstram a preferência por peixes. O mesmo é observado para a anchova em diferentes trabalhos, como por exemplo, Schilling *et al.* (2017), que classifica a espécie como oportunista, contudo com preferência por peixes. A partir disso, podemos afirmar que ambas as espécies apresentam uma dieta altamente piscívora.

É possível afirmar ainda que as espécies de raias apresentem itens alimentares diferentes em suas respectivas dietas, ambas se alimentam majoritariamente de crustáceos e peixes, este último em menor importância que o primeiro. Soares et al. (1992) em seu trabalho destacaram que ambas espécies se alimentam de crustáceos (sendo brachyura e camarões os principais) e peixes, eles ainda os classificaram como pertencentes do mesmo grupo trófico. Desta forma, *A. cyclophora* e *R. agassizii* apresentam uma dieta carcino-bentônica com tendência a piscivoria.

As duas espécies apresentam um nível trófico inferior a 4, caracterizando-as como intermediárias na cadeia trófica marinha. Ao ocuparem o nível intermediário ou alto nível trófico, as espécies em desequilíbrio podem acarretar efeito cascata em toda teia trófica do ecossistema, sendo assim é de extrema importância estudos acerca dessas espécies, além de permitir investigar a resposta da mesma em relação a pressão pesqueira na região (VOOREN & KLIPPEL, 2005; EBERT & BIZARRO, 2007; VIANA & VIANNA, 2014).

5. CONCLUSÃO

Os resultados gerados e as análises realizadas a partir dos mesmos, permitem concluir que a dieta do bonito-listrado ao longo da área de estudo é eminentemente voltada ao consumo de peixes.

A dieta da anchova se mostrou mais diversificada vinculada a possibilidade de exploração de presas em ambientes mais costeiros. Ainda que a dieta seja constituída majoritariamente de pequenos peixes pelágicos, a anchova demonstrou uma preferência por coió, não relatada em outros estudos, nem mesmo em regiões próximas ao desse trabalho.

Ambas as raias mostraram uma forte preferência por crustáceos, principalmente *A. cyclophora* que teve poucas espécies de peixes ou outro grupo em sua dieta, enquanto que *R. agassizii* ainda mostra uma maior variedade de itens em sua dieta. Apesar de serem espécies de reconhecida coocorrência espacial, há diferenças na composição das suas dietas diminuindo a sobreposição alimentar e eventual competição por recursos.

As espécies pelágicas apresentam uma sobreposição alimentar, porém as diferenças em suas dietas, indicam um compartilhamento alimentar, porém não excludente.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGOSTINHO, A.A.; JÚLIO JÚNIOR, H.F. Peixes da bacia do alto rio Paraná. In: LOWE-McCONNELL, R.H. **Estudos ecológicos de comunidades de peixes tropicais**. Tradução de Anna Emília A.M. Vazzoler; Angelo Antonio Agostinho; Patrícia T. M. Cunningham. São Paulo: EDUSP, p. 374-399, 1999.

ALVERSON, F. G. The food of yellowfin and skipjack tunas in the eastern tropical Pacific Ocean. 1963.

AL-ZIBDAH, M.; ODAT, N. Fishery status, growth, reproduction biology and feeding habit of two scombrid fish from the Gulf of Aqaba Red Sea. **Lebanese Science Journal**, v. 8, n. 2, p. 3-20, 2007.

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 Castello (1990) method. **Journal of Fish Biology**, v. 48, n. 4, p. 607-614, 1996.

BARBINI, S. A. & LUCIFORA, L. O. Diet composition and feeding habits of the eyespot skate, *Atlantoraja cyclophora* (Elasmobranchii: Arhynchobatidae), off Uruguay and northern Argentina. **Neotropical Ichthyology**, v. 14, n. 3, p. e160032, 2016.

BORNATOWSKI, H.; WOSNICK, N.; CARMO, W. P. D.; CORRÊA, M. F. M. & ABILHOA, V. Feeding comparisons of four batoids (Elasmobranchii) in coastal water of southern Brazil. **Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom**, v. 94, n. 7, p. 1491-1499, 2014.

BOVCON, N. D.; COCHIA, P. D.; GÓNGORA, M. E. & GOSZTONYI, A. E. New records of warm-temperate water fishes in central Patagonian coastal waters (Southwestern South Atlantic Ocean). **Journal of Applied Ichthyology**, v. 27, n. 3, p. 832-839, 2011.

BROWN, S. C.; BIZZARRO, J. J.; CAILLIET, G. M. & EBERT, D. A. Breaking with tradition: Redefining measures for diet description with a case study of the Aleutian skate *Bathyraja aleutica* (Gilbert 1896). **Environmental Biology of Fishes**, v. 95, p. 3–20, 2012.

CARDOSO, L. G; CASTELLO, J. P.; COSTA, M. R.; TUBINO, R. A.; MONTEIRO-NETO, C. & MADUREIRA, L. A. S. P. Avaliação de estoque do bonito-listrado no Atlântico

Sudoeste. Em: Madureira LASP, 37 Monteiro-Neto C (Orgs) Sustentabilidade da pesca do bonito-listrado no Brasil. Walprint, Rio de Janeiro, p 153–166, 2020.

CASTRO-ARELLANO, I.; LACHER, T. E.; WILLIG, M. R. & RANGEL, T. F. Assessment of assemblage-wide temporal niche segregation using null models. **Methods in ecology and evolution**, v. 1, n. 3, p. 311-318, 2010.

CASTELLO, J. P. Síntese sobre distribuição, abundância, potencial pesqueiro e biologia do bonito-listrado (*Katsuwonus pelamis*). Análise/Refinamento dos Dados Pretéritos Sobre Prospecção Pesqueira. Avaliação do Potencial Sustentável de Recursos Vivos na Zona Econômica Exclusiva MMA – REVIZEE, Rio Grande, 13p., 2000.

CHEUNG, W. W. L.; PITCHER, T. J. & PAULY, D. A fuzzy logic expert system to estimate intrinsic extinction vulnerabilities of marine fishes to fishing. **Biological conservation**, v. 124, n. 1, p. 97-111, 2005.

COLLETTE, B. B. & NAUEN, C. E. FAO Species Catalogue. Vol.2. Scombrids of the World. An Annotated and Illustrated Catalogue of Tunas, Mackerels, Bonitos and Related Species Known to Date. **Food and Agriculture Organization of the United Nations**, Rome. 1983.

COMPAGNO, L.J.V. Checklist of living chondrichthyes. In: W.C. Hamlett (ed.), Reproductive biology and phylogeny of Chondrichthyes, sharks, batoids and chimaeras, pp. 503-548. Science Publishers, Inc. Enfield (NH), USA. 2005.

DERRICK, D. H.; CHEOK, J. & DULVY, N. K. Spatially congruent sites of importance for global shark and ray biodiversity. **PLoS ONE**, v. 15, n.7, p. e0235559, 2020.

DEUS, C.P. & M. PETRERE-JÚNIOR. Seasonal diet shift of seven fish species in an Atlantic rainforest stream in southeastern Brazil. **Brazilian Journal of Biology**, v. 63, n. 4, p. 579-588, 2003.

EBERT, D. A. & BIZZARRO, J. J. Standardized diet compositions and trophic levels of skates (Chondrichthyes: Rajiformes: Rajoidei). **Environmental Biology Fishes**, v. 80, n. 2, p. 221-237, 2007.

FAO. The state of world fisheries and aquaculture, 2020.

FERRY, L. A.; CAILLET, G. M. Sample size and data analysis: are we characterizing and comparing diet properly? in D. MacKinlay and K. Shearer, editors. **Feeding ecology and nutrition in fish symposium proceedings**. American Fisheries Society, p. 71–80, 1996.

FIGUEIREDO, J. L. **Manual de Peixes Marinhos do Sudeste do Brasil. Introdução, cações, raias e quimeras**. Museu de Zoologia da Universidade de São Paulo, 1977.

FIGUEIREDO, J. L.; MENEZES, N. A. **Manual de peixes marinhos do sudeste do Brasil. II: Teleostei (1)** São Paulo: MZUSP, 1978.

FIGUEIREDO, J. L.; MENEZES, N. A. **Manual de peixes marinhos do sudeste do Brasil. III: Teleostei (2)** São Paulo: MZUSP, 1980.

FIGUEIREDO, J. L.; MENEZES, N. A. **Manual de peixes marinhos do sudeste do Brasil. IV: Teleostei (5)** São Paulo: MZUSP, 2000.

FRISK, M. G.; MILLER, T. J. & FOGARTY, M. J. The population dynamics of little skate *Leucoraja erinacea*, winter skate *Leucoraja ocellata* and barndoor skate *Dipterus laevis*: predicting exploitation limits using matrix analyses. **ICES Journal of Marine Science**, v. 59, p. 576-586, 2002.

GASALLA, M. A. & SOARES, L. S. H. Comentários sobre os estudos tróficos de peixes marinhos no processo histórico da ciência pesqueira e modelagem trófica. **Boletim do Instituto de Pesca**, v. 27, n. 2, p. 243-259, 2001.

GASALLA, M.A.; VELASCO, G.; ROSSI WONGTSCHOWSKI, C.L.D.B.; HAIMOVICI, M. & MADUREIRA, L.S.P. **Modelo de equilíbrio de biomassas do ecossistema marinho da região Sudeste-Sul do Brasil entre 100-1000 m de profundidade**. São Paulo: Instituto Oceanográfico/EDUSP. 56p, 2007

HAHN, N.S., FUGI, R., ALMEIDA, V.L.L., RUSSO, M.R. & LOUREIRO, V.E. Dieta e atividade alimentar de peixes do reservatório de Segredo. In: AGOSTINHO, A. A. & GOMES, L. C. eds. **Reservatório de Segredo: bases ecológicas para o manejo**. Maringá: EDUEM, p. 141-162, 1997

HAIMOVICI, M. & KRUG, L. C. Alimentação e reprodução da enchova *Pomatomus saltatrix* no litoral sul do Brasil. **Revista Brasileira de Biologia**, v. 52, n. 3, p. 503-513, 1992.

ICCAT. Report for biennial period, 2021-21 Part I. Report ICCAT Madrid, Spain.

IUCN 2021. The IUCN Red List of Threatened Species. Version 2021-1. Disponível em: <https://www.iucnredlist.org>. Acesso: 24 de junho de 2023.

JUANES, F. A length-based approach to predator prey relationships in marine predators. **Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences**. 2016.

KREBS, C.J. **Ecological methodology**. New York, Harper and Row Publishers, XII+654p., 1989.

KREBS, C. J. **Ecological Methodology**. 2nd Edition, Benjamin Cummings, Menlo Park, 620 p., 1999.

LABROPOULOU, M. & A. ELEFThERIOU. 1997. The foraging ecology of two pairs of congeneric demersal fish: importance of morphological characteristics in prey selection. **Journal of Fish Biology**, v. 50, n. 2, p. 324-340, 1997.

LAWLOR, L. R. Overlap, similarity, and competition coefficients. **Ecology**, v. 61, n. 2, p. 245-251, 1980.

LUCENA, F.M.; VASKE, T. Jr.; ELLIS, J. R.; O'BRIEN, C. M. Seasonal variation in the diets of bluefish, *Pomatomus saltatrix* (Pomatomidae) and striped weakfish, *Cynoscion guatucupa* (Sciaenidae) in Southern Brazil: implications of food partitioning. **Environmental Biology of Fishes**, v. 57, p. 423–434, 2000.

MADUREIRA, L. A. S. P.; PINHO, M. P.; WEIGERT, S. C.; COLETTI, J. L.; COSTA, P. L., & VALDERRAMA, R. C. Fishing up and down the Marine Food Web with Hydroacoustics. In: **2015 IEEE/OES Acoustics in Underwater Geosciences Symposium (RIO Acoustics)**. IEEE, p. 1-5, 2015.

MMA (2004) Instrução Normativa Nº 5, de 21 de maio de 2004. Ministério do Meio Ambiente, Brasília. Disponível em: https://www.icmbio.gov.br/cepsul/images/stories/legislacao/Instrucao_normativa/2004/in_mma_05_2004_especiesdeinvertebradosaquadosepeixesameacadosdeextincaoessobreexplorada_a_ltrd_in_mma_52_2005.pdf. Acesso: 24 de junho de 2023.

MANCERA-RODRÍGUEZ, N. J.; CASTRO-HERNÁNDEZ, J. J. Feeding ecology of the plane head filefish *Stephanolepis hispidus* (Pisces: Monacanthidae), in the Canary Islands área. **Revista de Biología Marina y Oceanografía**, v. 50, n. 2, p. 221-234, 2015.

MASSA A.M., LUCIFORA L.O., HOZBOR N.M. Condriactios de la región costera bonaerense y uruguaya (Condriactians of Buenos Aires and Uruguayan coast). In: Boschi EE (ed) El Mar Argentino y sus recursos pesqueros. Los peces marinos de interés pesquero. Caracterización biológica y evaluación del estado del estado de explotación. INIDEP Press, Argentina, p 85–99, 2004.

MASSA, A., HOZBOR, N., VOOREN, C. M., & INTERNATIONAL UNION FOR CONSERVATION OF NATURE–IUCN. *Atlantoraja cyclophora*. **The IUCN Red List of Threatened Species**. Version, 2006.

MATTHEWS, W.J. **Patterns in freshwater fish ecology**. New York: Chapman & Hall, 1998

MELO, G. A. S. **Manual de identificação dos crustácea decápoda do litoral brasileiro: anomura, thalassinidea, palinuridea, astacidea**. São Paulo: Plêiade/FAPESP, 551p., 1999.

MENEZES, N. A. & FIGUEIREDO, I. L. **Manual de peixes marinhos do sudeste do Brasil**. V. Teleostei (4). São Paulo: Museu de Zoologia da Universidade de São Paulo. 105 p., 1985

MENNI, R. C.; STEHMANN M. F. W. Distribution, environment and biology of batoid fishes off Argentina, Uruguay and Brazil. A review. **Revista del museo Argentino de Ciencias Naturales**, v. 2, n. 1, p. 69-109, 2000.

MOTTA, N. S.; DELLA-FINA, N.; SOUZA, C. C. A.; RODRIGUES, E. S. & AMORIM, A. F. Analysis of food habits of skate *Rioraja agassizii* (Elasmobranchii, Rajidae) from southern Brazil. **Brazilian Journal of Biology**, v. 76, n. 2, p. 469-475, 2016.

ODDONE, M. C. , AMORIM, A. F. D., MANCINI, P., NORBIS, W., & VELASCO, G. The reproductive biology and cycle of *Rioraja agassizi* (Müller and Henle, 1841)(Chondrichthyes: Rajidae) in southeastern Brazil, SW Atlantic Ocean. 2007.

PAULY, D.; CHRISTENSEN, V.; DALSGAARD, J.; FROESE, R.; TORRES JUNIOR, F. C. Fishing down marine food webs. **Science**, v. 279, n. 5352, p. 860-863, 1998.

PAULY, D.; PALOMARES, M.L. Approaches for dealing with three sources of bias when studying the fishing down marine food web phenomenon. Fishing down the mediterranean food webs? v. 12, p. 22-30, 2000.

POTTS, W. M., BEALEY, R. S. J., & CHILDS, A. R. Assessing trophic adaptability is critical for understanding the response of predatory fishes to climate change: a case study of *Pomatomus saltatrix* in a global hotspot. **African Journal of Marine Science**, v. 38, n. 4, p. 539 – 547, 2016.

ROOT, R. B. The niche exploitation pattern of the blue-gray gnatcatcher. **Ecological Monographs**, v. 37, p. 317-350, 1967.

SCHILLING, H. T., HUGHES, J. M., SMITH, J. A., EVERETT, J. D., STEWART, J. & SUTHERS, I. M.. Latitudinal and ontogenetic variation in the diet of a pelagic mesopredator (*Pomatomus saltatrix*), assessed with a classification tree analysis. **Marine Biology**, v. 164, p. 75, 2017.

SILVANO, R. A. M. & BEGOSSI, A. What can be learned from fishers? An integrated survey of fishers' local ecological knowledge and bluefish (*Pomatomus saltatrix*) biology on the Brazilian coast. **Hydrobiologia**, v. 637, p. 3-18, 2010.

SOARES, L. S. H.; ROSSI-WONGTSHCHOWSKI, C. L. DEL B.; ALVARES, L. M. C.; MUTO, E. Y. & GASALLA, M. L. A. Grupos tróficos de peixes demersais da plataforma continental interna de Ubatuba, Brasil. I. Condriichthyes. **Boletim do Instituto Oceanográfico**, São Paulo, v. 40, n. ½, p. 79-85, 1992.

STEINBECK, J. & RICKETTS, E. F. **Sea of Cortez: A leisurely journal of travel and research**. New York: Viking Press, 1941.

TAMINI, L. L., CHIARAMONTE, G. E., PEREZ, J. E., & CAPPOZZO, H. L. Batoids in a coastal trawl fishery of Argentina. **Fisheries Research**, v. 77, n. 3, p. 326-332, 2006.

VIANA, A. F. & VIANNA, M. The feeding habits of the eyespot skate *Atlantoraja cyclophora* (Elasmobranchii: Rajiformes) in southeastern Brazil. **Zoologia**, v. 31, p. 119-125, 2014.

VOOREN, C. M. & KLIPPEL, S. **Ações para a conservação de tubarões e raias do Brasil**. Porto Alegre: Editora Igaré, p. 213-228, 2005.

WINEMILLER, K.O. Ontogenetic diet shifts and resource partitioning among piscivorous fishes in the Venezuelan llanos. **Environmental Biology Fishes**, v. 26, p. 177-199, 1989.

WINEMILLER, K.O.; PIANKA, E.R. Organization in natural assemblages of desert lizards and tropical fishes. **Ecological Monographs**, v. 60, p. 27-55, 1990.

WOOTTON, R.J. **Ecology of teleost fish**. The Netherlands: Kluwer Academic Publishers, 386 p, 1999.

ZAVALA-CAMIN, L. A. **Introdução aos estudos sobre alimentação natural em peixes**. Editora da Universidade Estadual de Maringá, 129p, 1996.

7. ANEXOS

Artigo publicado na revista Pan-American Journal of Aquatic Sciences.



PANAMJAS
Pan-American Journal of Aquatic Sciences

Feeding habits of bluefish *Pomatomus saltatrix* (Linnaeus, 1766) (Actinopterygii, Pomatomidae) off the Brazilian Southwestern Atlantic

DANIELA CRISTINA S. MONTEIRO¹, MAGDA F. DE ANDRADE-TUBINO¹, MARCUS R. DA COSTA², CASSIANO MONTEIRO-NETO² & RAFAEL DE A. TUBINO^{3*}

¹ Programa de Pós-Graduação em Biologia Animal, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, Brazil

² Departamento de Biologia Marinha, Universidade Federal Fluminense, Niterói, RJ, Brazil

³ Departamento de Biologia Animal, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, Brazil

* Corresponding author: rattubino@gmail.com

Abstract: The stomach contents of 507 bluefish *Pomatomus saltatrix* from the Southwestern Atlantic were examined (61.9% contained some food). The diet was dominated by bony fish (84.6% by Prey Specific of Importance Relative Index - PSIRI). The main prey were *Dactylopterus volitans* (27.8%), Fish remains (13.0%), Mysidacea (12.5%) and *Sardinella brasiliensis* (11.9%). The average trophic level was estimated at 4.8, confirming its status as a top predator. Analyses based on the PSIRI contributions of different prey revealed variations in dietary composition in terms of size classes and seasons. Juvenile individuals occupy the lowest trophic level, present a lower diversity of prey and concentrate their consumption on Mysidacea. Sub-adults and adults consume mainly fish and occupying higher trophic levels. *D. volitans* was the most important prey during summer and autumn. Squids were consumed in greater proportion in spring. The differences observed for sub-adult and adult fish between seasons were mainly related to variations in the percentage of different fish in their diets whereas differences observed for small fish were mainly related to an increase in consumption of Mysidaceae in spring. We confirm that Southwestern Atlantic *P. saltatrix* is a highly mobile pelagic predator, that feeds predominantly on small pelagic fish.

Key words: Diet composition, ontogeny, trophic level.

Hábitos alimentares da anchova *Pomatomus saltatrix* (Linnaeus, 1766) (Actinopterygii, Pomatomidae), no Atlântico Sudoeste brasileiro. Resumo: O conteúdo estomacal de 507 anchovas, *Pomatomus saltatrix*, do Atlântico Sudoeste foi examinado (61,9% com algum conteúdo). A dieta foi dominada por peixes ósseos (84,6% Índice Relativo de Importância por Presa Específica - PSIRI). As principais presas foram *Dactylopterus volitans* (27,8%), Restos de peixe (13,0%), Mysidacea (12,5%) e *Sardinella brasiliensis* (11,9%). O nível trófico médio foi estimado em 4,8, confirmando seu status de predador de topo. Análises baseadas nas contribuições do PSIRI de diferentes presas revelaram variações na composição da dieta em termos de classes de tamanhos e estações do ano. Indivíduos menores ocupam o nível trófico mais baixo, apresentam menor diversidade de presas e concentram seu consumo sobre Mysidaceae. Sub-adultos e adultos consomem principalmente peixes e ocupam níveis tróficos mais elevados. *D. volitans* foi a presa mais importante durante o verão e outono. Lulas foram consumidas em maior proporção na primavera. As diferenças observadas para peixes sub-adultos e adultos entre as estações foram principalmente relacionadas a variações na porcentagem de peixes diferentes nas suas dietas enquanto as diferenças observadas para

peixes pequenos foram relacionadas principalmente a um aumento no consumo de Mysidaceae na primavera. Confirmamos que *P. saltatrix* do Atlântico Sudoeste é um predador pelágico altamente móvel, que se alimenta predominantemente de pequenos peixes pelágicos.

Palavras-chave: composição da dieta, ontogenia, nível trófico.

Introduction

The bluefish, *Pomatomus saltatrix* (Linnaeus, 1766), is a coastal pelagic species with migratory behavior and a cosmopolitan distribution. It occurs preferentially in continental shelf waters in temperate and tropical regions (Briggs 1960, Champagnat 1983, Juanes *et al.* 1996, Haimovici & Krug 1996). It is an active piscivorous fish (Haimovici & Krug 1992, McHenry *et al.* 2019), preyed upon by top predators, including sharks (Wood *et al.* 2009) and dolphins (Milmann *et al.* 2016), constituting an important link within coastal trophic web. The bluefish is also an important fishery resource throughout its distribution range, being captured by industrial, artisanal, and recreational fisheries, especially in the south and southwestern Atlantic, off the Brazilian coast to Argentina (Krug & Haimovici 1989, Haimovici & Krug 1992, 1996, Begossi 1996, Lucena *et al.* 2002, Lucena & O'Brien 2005, Souza *et al.* 2021). It is also captured in the North Atlantic along the coast of the United States (Buckel & Conover 1997, Buckel *et al.* 1999, Juanes *et al.* 2002, Wilson & Degnbol 2002), in the Mediterranean (Dhieb *et al.* 2005), and in Eastern Australia (Kailola *et al.* 1993, Zeller *et al.* 1996, Schilling *et al.* 2019). In Brazil, it has commercial importance, mainly for the industrial and artisanal fisheries, and is also the target of recreational fisheries. The main area of commercial exploitation extends from the south to the southeast, especially in the states of Rio Grande do Sul and Rio de Janeiro (Lucena *et al.* 2000). Two molecular units found in Brazilian coast and the region around the Rio de Janeiro and São Paulo states (south-eastern Brazil) seems to be the possible location of a phylogeographic break (Queiroz-Brito *et al.* 2022).

Studies on the food habits of fish are fundamental to understand the structure and functioning of marine ecosystems (Díaz-Ruiz *et al.* 2004, Freitas *et al.* 2015), as they allow us to understand ecological aspects of species such as trophic interactions, their role in the food chain, and the energy flow through ecosystems (Brown *et al.* 2012). Information on the use of food resources and the use of habitat by different population strata (*e.g.* recruits, juveniles and adults) allows to broaden and deepen the knowledge of the species. In this

perspective, this study aims to identify the composition of the bluefish diet on the southeastern coast of Brazil and analyze the ontogenetic and seasonal variations.

Materials and methods

Sample collection, processing, and data analysis: The examined stomachs were obtained in two different research projects. The first one aimed captured of bluefish *P. saltatrix* by commercial purse seine and gillnet fleets operating along the southeastern coast of Brazil (24°00'S and 22°25'S), between March 2014 and October 2016, in the fishing ports of Niterói and Cabo Frio. The second project aimed the captured of bluefish juveniles by beach seine, carried out on sandy beaches located in the outer sector of Guanabara Bay (Itaipu and Adão beaches, municipality of Niterói) in 2018 (Fig. 1). In both projects the collections were monthly.

The fishes obtained were refrigerated and examined in the Fishery Ecology and Necton Biology Laboratory (ECOPESCA) of Fluminense Federal University (UFF), where they were measured (total length, cm) and weighed (total weight, g). After dissection of the abdominal cavity, the stomach was removed in each individual for analysis of their contents under a stereomicroscope. Contents were identified to the lowest possible taxon, either macroscopically or with a stereomicroscope, using the most relevant regional taxonomic keys (Figueiredo & Menezes 1978, 1980, 2000, Menezes & Figueiredo 1980, 1985, McLaughlin 1980) and individual prey taxa were counted. Then, each food item was weighed separately using a balance (precision of 0.1 g).

Feeding habits: To evaluate the contribution of each specific prey to the bluefish diet, the Prey Specific of Importance Relative Index (%PSIRI) (Brown *et al.* 2012) was applied through the equation: %PSIRI = %FO (%PN + %PW)/2, where %FO corresponds to the frequency of occurrence (number of stomachs that contain the given prey divided by the total number of stomachs), %PN and %PW refers, respectively, to the specific abundance of each prey in number and weight. Stomachs that contained only digested organic matter were not included in the analyzes to avoid increasing uncertainties.

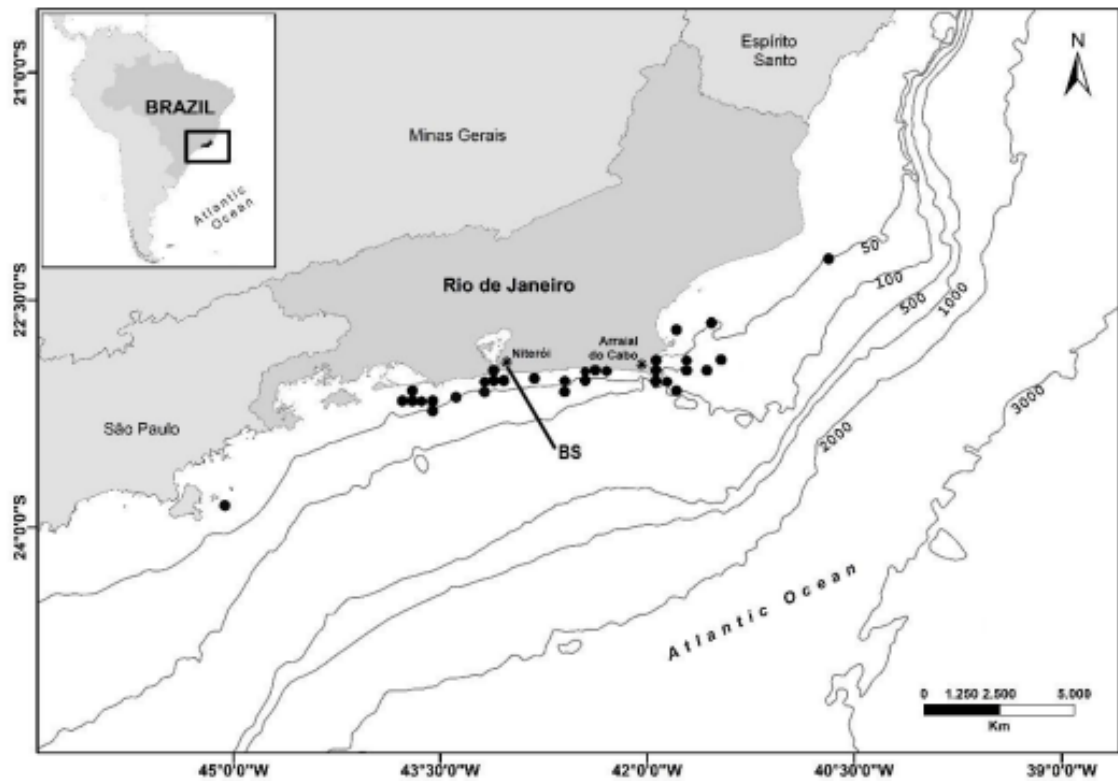


Figure 1. Map of the study area and distribution of *Pomatomus saltatrix* capture points (black dots). Location of the beaches where juveniles were captured by beach seine (BS).

For the identification of ontogenetic and seasonal feeding patterns, individuals were separated in total length classes: class I (≤ 15.0 cm) representing juveniles, class II (15.1 to 37.4 cm) sub-adults and class III (≥ 37.5 cm) adults. We considered the length at first sexual maturation (37.4 cm) as a reference to separate the last two size classes (Souza *et al.* 2021). To verify possible seasonal variations in the diet, the data were separated by seasons, considering: summer (January to March), autumn (April to June), winter (July to September) and spring (October to December).

The dietary strategy of *P. saltatrix* was analyzed with the aid of the Costello diagram modified by Amundsen *et al.* (1996). This diagram considers the specific abundance and frequency of occurrence of each prey consumed, thus estimating its degree of importance in the diet. In this method, information on predatory food ecology is obtained by means of a graphical relationship between the specific abundance of prey (% A_i) and the frequency of occurrence (% F_i), calculated from the formula:

$\%A_i = 100S_i \cdot St_i - 1$ % $F_i = 100N_i \cdot N - 1$ where, S_i is the number of stomachs containing only prey i , St_i is the total number of stomachs in which prey i occurs, N_i is the number of predators with prey i found in the stomach, and N is the total number of predators with content stomach. Analyzes were performed considering the total number of stomachs and each size class (I, II and III). Levin's standardized index (Krebs 1999) were used to estimate the size of food niches for the total set of individuals and for each size class.

To describe more fully the ecological role of *P. saltatrix* in the study area, the prey composition was used to estimate the trophic levels (TL) and the niche amplitudes. The trophic levels was calculated using the formula proposed by Cortés (1999). This equation took into account the type of prey found in stomach contents:

$$TL = 1 + \left(\sum_{j=1}^n P_j \cdot TL_j \right)$$

Where TL = trophic level of *P. saltatrix*, TL_j = trophic level of each prey category consumed, P_j = proportion of each prey category in the diet of the predator, and n = number of prey items. The trophic levels of prey were obtained from FishBase (Froese & Pauly 2022) and the Sea Around Us Project DataBase (Pauly et al. 2020).

Data analysis: A Permutational Multivariate Analysis of Variance (PERMANOVA) was used to evaluate potential differences in the prey composition among the size classes (fixed, with three levels - classes I, II and III) and seasons (fixed, with four levels - Summer, Autumn, Winter, Spring). PERMANOVA was performed on a Bray–Curtis similarity matrix with data of weight of food items previously transformed by log (x+1). Statistical significance (P < 0.05) was tested using 9999 permutations of residuals under a reduced model of sum of type I (sequential) squares. When significant differences were detected (P < 0.05), pairwise comparisons between groups were conducted. Percentage similarity analyzes (SIMPER) was performed to infer which prey contributed to the similarity/dissimilarity between the factors. These analyses were performed using the statistical package PRIMER 6.0 with PERMANOVA+ (Anderson et al. 2008, Clarke & Gorley 2015).

Results

General diet: A total of 507 stomachs were analyzed (491 from commercial captures and 16 from experimental captures carried out on sandy beaches). Of this total, 193 (38.1%) stomachs were empty. The total length of the 314 individuals ranged from 4.5 to 81.0 cm.

A total of 823 food items were recorded in the analyzed stomachs, of which 87.5% were in the initial stage of digestion or intact, enabling the prey identification. The trophic spectrum of *P. saltatrix* is composed by bony fish, crustaceans and cephalopods. Among bony fish, *Dactylopterus volitans* was the most important prey, followed by fish remains, *Sardinella brasiliensis* and *Caranx crysos*. However, Mysidacea crustaceans was the third most important prey in the diet (Table 1, Supplementary material).

Diet by size: Differences were found in the composition and relative importance of food items between the size classes. Fish of the Clupeidae family constituted the only common food item in the three size classes. Mysidacean crustaceans were recorded in classes I and III, but showed outstanding importance in the smallest size class (62.9 %PSIRI).

D. volitans was in classes II and III, but only in class III (adults) it was the most important food item. The diet of sub-adults (class II) showed an exclusively piscivorous habit, while in class III (adults), in addition to fish and crustaceans, cephalopods (squid and nautilus) were recorded. It is possible to notice differences between juveniles and adults. The greatest diversity of prey and the greatest breadth of trophic niche were recorded for adults (Table 1).

The graphical analysis of the Amundsen diagram for all analyzed individuals, based on the specific abundance of the prey in relation to its occurrence (Fig. 2), suggests that the bluefish have a specialist-opportunist feeding strategy – some individuals are specialized in Fish remains, *S. brasiliensis* and *D. volitans* and when they are smaller (Classes I and II) consumed items as Mysidacea and Fish remains in high frequency and specific abundance.

Diet by season: Seasonal analysis showed that *D. volitans*, *S. brasiliensis* and cephalopods (Loliginidae) occurred as prey in all seasons. *D. volitans* was the main prey consumed during summer and autumn, but was less important in winter and spring, when squids were the most consumed prey (Fig. 3). Autumn was the season with the greatest variety of prey items and spring was the one with lowest diversity of prey.

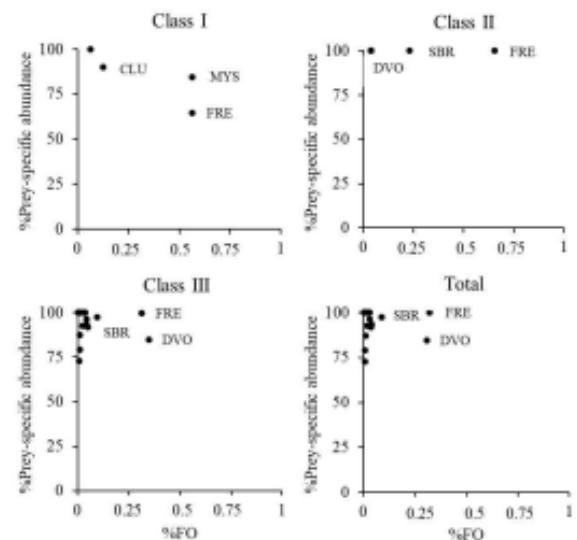


Figure 2. Diagrams of the trophic strategy (Amundsen) for the main food items in diet of bluefish *Pomatomus saltatrix*. As a function of the Frequency of occurrence (%) and Prey-specific abundance (%), for the different size classes of *P. saltatrix* in the southeastern coast of Brazil. Legend: FRE = Fish remains, DVO = *Dactylopterus volitans*, SBR = *Sardinella brasiliensis*, CLU = Clupeidae remains e MYS = Mysidacea.

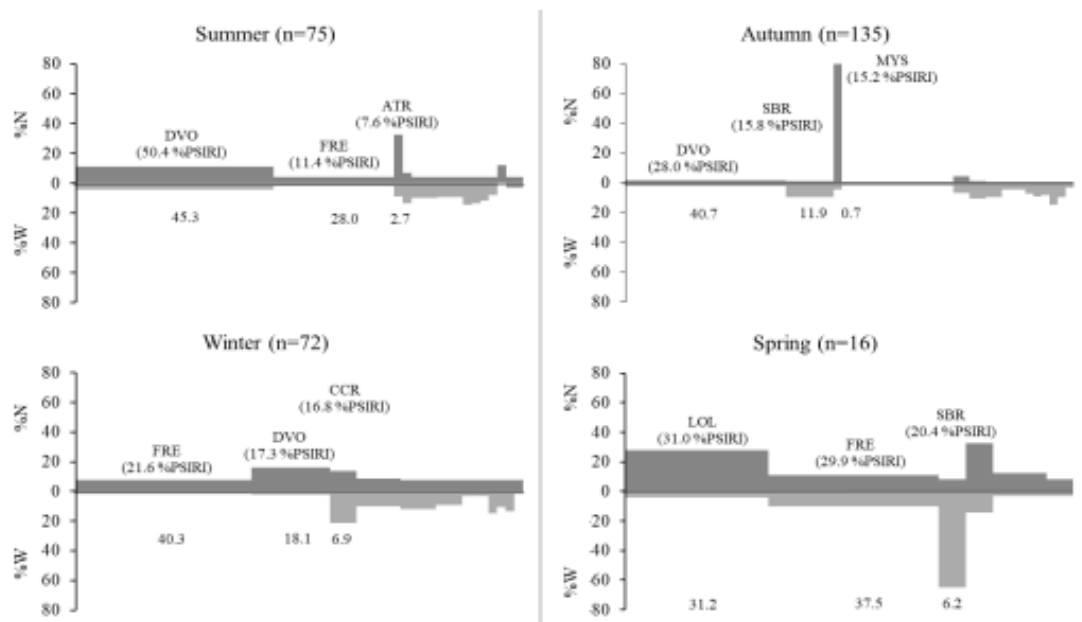


Figure 3. Prey-Specific Index of Relative Importance (%PSIRI) for the main food items in diet of bluefish *Pomatomus saltatrix* in southeastern coast of Brazil. %N, percentage of number; %W, percent of weight; and %FO, frequency of occurrence (bold). %PSIRI values are indicated in parentheses. Legend: FRE = Fish remains, DVO = *Dactylopterus volitans*, SBR = *Sardinella brasiliensis*, ATR = *Anchoa tricolor*, MYS = Mysidacea, CCR = *Caranx crysos*, and LOL = Loliginidae.

Table II. Results of the Permutational Multivariate Analysis of Variance (PERMANOVA) analysis of the *Pomatomus saltatrix* diet between size classes (I, II, III), and seasons (Su, summer; Au, autumn; Wi, winter; Sp, spring) in Southwestern Atlantic. ECV: estimated component of the variance. The symbol > corresponds to the greatest similarity within each group.

| Source | df | MS | Pseudo-F | P(perm) | ECV | Pair-wise test | |
|---------|-----|--------|----------|---------|------|----------------|-----------------|
| Cl | 2 | 20011 | 5.1499 | 0.0001 | 23.2 | | |
| Se | 3 | 6749 | 1.7369 | 0.0271 | 7.8 | | |
| Cl x Se | 1 | 8484,2 | 2.1835 | 0.0370 | 14.5 | I | Sp |
| | | | | | | II | Au > Wi |
| | | | | | | III | Su, Au > Wi, Sp |
| Res | 307 | 3885,7 | | | 62.3 | | |
| Total | 313 | | | | | | |

The largest estimated component of the variance (ECV), which represents how important each term is at explaining the overall variation in the model was 23.2% for size, 7.8% for season and 14.5% for the interaction between the factors (Table II). Significant interactions between the factors were recorded ($F = 2.1835$, $P = 0.037$), pairwise comparisons among all size classes in all seasons showing that during autumn and winter the diet of fish in size class II showed differences in relation to class III ($t = 2.4631$; $P = 0.0002$ / $t = 1.4578$; $P = 0.0332$). The differences observed for sub-adults and adults among seasons were mostly due to

fluctuations in the percentage of their diets constituted by different fish. During spring, the diet of fish belonging to class I was significantly different from class III ($t = 2.2533$; $P = 0.0001$), since in this season the juveniles had a high consumption of Mysidacea.

The SIMPER analysis showed that the items Mysidacea, Fish remains and *D. volitans* were the preys that most contributed to the diet of *P. saltatrix*, respectively for classes I, II and III (Table III). Size class III was the one with the lowest mean similarity, indicating the greatest variation in the diet. It was also possible to verify high mean dissimilarity

Table III. Average abundance (AAb) and Average similarity (ASim%) of most typical feed items from SIMPER analysis for size classes of the *Pomatomus saltatrix* in Southwestern Atlantic.

| Size Classes | Class I | | Class II | | Class III | |
|--------------------------------|---------|------|----------|------|-----------|------|
| Average similarity | 26.2% | | 24.3% | | 15.4% | |
| Feed items | AAb | ASim | AAb | ASim | AAb | ASim |
| <i>Dactylopterus volitans</i> | | | | | 0.9 | 9.3 |
| <i>Sardinella brasiliensis</i> | | | 0.8 | 4.2 | | |
| Fish remains | 0.1 | 8.6 | 0.9 | 20.1 | 0.6 | 4.9 |
| Mysidacea | 0.1 | 17.4 | | | | |

values between all size classes. The greatest dissimilarity was recorded between classes I and III (98.3%) where prey *D. volitans* and Fish remains had the greatest contributions. The smallest mean dissimilarity was found between classes II and III (87.5%), where Fish remains, *D. volitans* and *Sardinella brasiliensis* contributed significantly.

Discussion

The overall dietary description in the current study indicates that, like other populations globally, Southwestern Atlantic *P. saltatrix* feed predominantly on small pelagic prey, especially fish, highlighting the importance of this prey type for this species (Haimovici & Krug 1992, Silvano & Begossi 2009, Potts *et al.* 2016, Juanes *et al.* 2016). The dominance of bony fish as prey indicates that bluefish has a typically carnivorous-piscivorous behavior, occupying the high trophic level (TL = 4.8), common for a predator at the top of the food chain. Our results revealed that the diet of *P. saltatrix* shows changes related to seasonal variations in prey availability for different population strata. Thus, individuals of different classes must approach or move away from shallower areas depending on the seasonal availability of preferential prey. On the southeastern Brazilian coast, bluefish can be classified as a generically piscivorous predator with an specialist-opportunist feeding strategy.

The ontogenetic differences observed between the different size strata were relevant, especially between juveniles (Class I) and the other length classes. The greater variety of prey, especially in the diet of adults, indicates a widening of the food spectrum. Despite the differences in the number of stomachs analyzed between the size classes, other studies show an ontogenetic pattern similar to that found by us. This pattern, where juveniles have a diet composed of fish and crustaceans and adults with a diet predominantly focused on fish consumption, corroborates the results described in works carried out in other regions (Buckel *et al.*

1998, Szczebak & Taylor 2011, Schilling *et al.* 2017).

The greater importance of planktonic crustaceans in the diet of young individuals may be related to their frequent availability in shallow environments (Abble *et al.* 2002, Maggi *et al.* 2009) and to morphological limitations that prevent the capture of larger prey with greater mobility like pelagic fish (Scharf *et al.* 1998). Smaller bluefish, inhabiting shallow environments, are more likely to encounter small pelagic prey, notably crustaceans. Bluefish locates its prey visually and its ability to capture fast prey increases with size (Olla *et al.* 1970). This may explain the predominance of fish and squid in the stomachs of larger fish.

Mysids tend to be more common in coastal and estuarine areas (Murano 1999), where they can reach high densities and biomass, dominating zooplankton in the surf zone of sandy beaches (Ávila *et al.* 2009). Studies in Australia (Schilling *et al.* 2017) show that juveniles *P. saltatrix* have a foraging habit close to the substrate are found mysids in swarms near the benthos, consistent with the high consumption of mysids recorded in this study. The presence of these crustaceans in the stomachs of adults suggests a vertical foraging behavior, which corroborates the opportunistic strategy of the species. Studies carried out on the south coast of Brazil (Haimovici & Krug 1991, Lucena *et al.* 2000), on the east coast of the USA (Juanes *et al.* 1993, Scharf *et al.* 2000) and Australia (Schilling *et al.* 2017) comparing the diet of juveniles and adults showed the same dietary pattern described in this study. The presence of small pelagic prey in the diet of adult individuals may be related to greater abundance and vulnerability to predation compared to larger prey (Juanes *et al.* 2016), reinforcing their opportunistic behaviour. Juanes and Conover (1994) suggested that the energy obtained from highly nutritious small pelagic prey is necessary to maintain the very fast growth rate of *P. saltatrix*.

Despite the high relative importance of fish from the Clupeidae family in the diet of juveniles and adults, the marked presence of *D. volitans* (flying gurnard), especially in the diet of adults, should be highlighted. The high consumption of flying gurnard during summer and autumn coincides with the period of greater abundance of this species in the southeastern shelf of Brazil (Netto & Gaelzer 1991) and greater reproductive activity (Machado *et al.* 2002), factors that can increase their vulnerability and the possibility of interacting with predators. The nearshore coastal ocean is important to marine fishes in providing refugia and food for developing juveniles during critical early life stages (Lasiak 1986, Robertson & Lenanton 1984), including bluefish in the southeast in late spring and summer (Souza *et al.* 2021).

The higher consumption of flying gurnard by adults during summer and autumn, of *S. brasiliensis* by subadults in autumn and of mysidids in spring suggests that *P. saltatrix* presents an opportunistic behavior linked to the availability of high-energy or easily accessible prey, indicating that seasonal variation is being influenced by size classes.

These findings are important because they call attention to the link between *P. saltatrix* and the availability of small pelagic prey. Large changes in the abundance of these prey can impact distribution, energy intake, growth and reproduction of bluefish. Furthermore, changes in the distribution of prey populations can result in co-migration behavior by predators such as bluefish, helping to explain possible interannual variations in fisheries production in traditional capture areas.

Acknowledgements

This work is the result of the RioPesca Project funded by Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado do Rio de Janeiro - FAPERJ (Grant # E-26/112.613/2012) and Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPq (Grant # 406249/2012-1). C. Monteiro-Neto a Research Productivity Fellowship from CNPq (Grant # 305292/2016-1). We are also grateful to the Programa de Pós-Graduação em Biologia Animal at the Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro and the Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) for their support in developing the work and financial assistance to the first author. The authors would like to thank the FAPERJ researchers for acquiring the samples and to Priscila Almeida de Oliveira for producing the maps.

Ethical statement

Collection of fish and biological samples were conducted following all applicable ethical regulations regarding experimentation with animal. The investigation was performed under license SISBIO #15787-1.

References

- Abble, K. W., Rowe, R., Burlas, M. & Byrne, D. 2003. Use of ocean and estuarine habitats by young-of-year bluefish (*Pomatomus saltatrix*) in the New York Bight. **Fishery Bulletin**, 101 (2): 201-214.
- Amundsen, P. A., Gabler, H. M. & Staldvik, F. J. 1996. A new approach to graphical analysis of feeding strategy from stomach contents data – modification of the Castello (1990) method. **Journal of Fish Biology**, 48 (4): 607-614.
- Anderson, M. J., Gorley, R. N. & Clarke, K. R. 2008. **PERMANOVA* for PRIMER: Guide to Software and Statistical Methods**. PRIMER-E. PRIMER-E, Plymouth, UK.
- Ávila, T. R., Pedrozo, C. S. & Bersano, J. G. 2009. Variação temporal do zooplâncton da Praia de Tramandaí, Rio Grande do Sul, com ênfase em Copepoda. **Iheringia, Sér Zool**, 99 (1): 18-26.
- Begossi, A. 1996. Fishing activities and strategies at Búzios Island (Brazil). In Proceedings of the World Fisheries Congress, 2: 125-141.
- Brown, S. C., Bizzarro, J. J., Cailliet, G. M. & Ebert, D. A. 2012. Breaking with tradition: Redefining measures for diet description with a case study of the Aleutian skate *Bathyraja aleutica* (Gilbert 1896). **Environmental Biology of Fishes**, 95: 3-20.
- Briggs, J. C. 1960. Fishes of worldwide Circumtropical distribution. **Copeia**, (3): 171-180.
- Buckel, J. A. & Conover, D. O. 1997. Movements, feeding periods, and daily ration of piscivorous young-of-year bluefish, *Pomatomus saltatrix*, in the Hudson River estuary. **Fishery Bulletin**, 95: 665-679.
- Buckel, J. A., Conover, D. O., Steinberg, N. D. & Mckown, K. A. 1999. Impact of age-0 bluefish (*Pomatomus saltatrix*) predation on age-0 fishes in the Hudson River estuary: evidence for density-dependent loss of juvenile striped bass (*Morone saxatilis*). **Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences**, 56: 275-287.

- Champagnat, C. 1983. **Pêche, biologie et dynamique du tassergal (*Pomatomus saltator*, Linnaeus, 1766) sur les côtes sénégal-mauritaniennes**. IRD Editions.
- Clarke, K. R. & Gorley, R. N. 2015. Getting started with PRIMER v7. PRIMER-E: Plymouth, Plymouth Marine Laboratory, 20 (1).
- Cortés, E. 1999. Standardized diet compositions and trophic levels of sharks. **ICES Journal of Marine Science**, 56 (5): 707-717.
- Dhieb, K., Ghorbel, M., & Bouain, A. 2005. Age et croissance du serre *Pomatomus saltatrix* (Pomatomidae) du golfe de Gabès (Tunisie). **Mésogée (Marseille)**, 61: 43-50.
- Díaz-Ruiz, S., Cano-Quiroga, E., Aguirre-León, A. & Ortega-Bernal, R. 2004. Diversidad, abundancia y conjuntos ictiofaunísticos del sistema lagunar-estuarino Chantuto-Panzacola, Chiapas, México. **Revista de Biología Tropical**, 52 (1): 187-199.
- Figueiredo, J. L. & Menezes, N. A. 1978. **Manual de peixes marinhos do sudeste do Brasil**. II: Teleostei (1) São Paulo: MZUSP.
- Figueiredo, J. L. & Menezes, N. A. 1980. **Manual de peixes marinhos do sudeste do Brasil**. III: Teleostei (2) São Paulo: MZUSP.
- Figueiredo, J. L. & Menezes, N. A. 2000. **Manual de peixes marinhos do sudeste do Brasil**. IV: Teleostei (5) São Paulo: MZUSP.
- Freitas, M. O., Abilhoa V., Giglio, V. J., Hostim-Silva, M., de Moura, R. L., Francini-Filho, R. B. & Minte-Vera, C. V. 2015 Diet and reproduction of the goliath grouper, *Epinephelus itajara* (Actinopterygii: Perciformes: Serranidae), in eastern Brazil. **Acta Ichthyologica et Piscatoria**, 45 (1): 1-11.
- Froese, R. & Pauly, D. 2022 (Eds.). FishBase - World Wide Web electronic publication, accessible at <http://www.fishbase.org>. (Accessed 20/07/2022).
- Haimovici, M. & Krug, L. C. 1992. Alimentação e reprodução da enchova *Pomatomus saltatrix* no litoral sul do Brasil. **Revista Brasileira de Biologia**, 52 (3): 503-513.
- Haimovici, M. & Krug, L. C. 1996. Fishery and biology of the enchova *Pomatomus saltatrix* in southern Brazil. **The Australian Journal of Marine and Freshwater Research**, 47: 357-363.
- Juanes, F., Marks, R. E., McKown, K. A. & Conover, D. O. 1993. Predation by age-0 bluefish on age-0 anadromous fishes in the Hudson River estuary. **Transactions of the American Fisheries Society**, 122: 348-356.
- Juanes, F. & Conover, D. O. 1994. Rapid growth, high feeding rates, and early piscivory in young-of-the-year bluefish (*Pomatomus saltatrix*). **Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences**, 51 (8): 1752-1761.
- Juanes, F., Hare, J. A. & Miskiewicz, A. G. 1996. Comparing early life history strategies of *Pomatomus saltatrix*: a global approach. **Marine and Freshwater Research**, 47 (2): 365-379.
- Juanes, F., Buckel, J. A. & Scharf, F. S. 2002. 12 Feeding ecology of piscivorous fishes. Pp. 267-283. In: Hart, P. J. B. & Reynolds, J. D. (Eds.). **Handbook of fish biology and fisheries: fish biology**. Blackwell Publishing, Oxford, United Kingdom, 267 p.
- Juanes, F. 2016. A length-based approach to predator-prey relationships in marine predators. **Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences**.
- Kailola, P. J. 1993. **Australian fisheries resources**. Fisheries Research and Development Corp.
- Krebs, C. J. 1999. **Ecological methodology**. Addison Wesley Longman Inc., Menlo Park.
- Krug, L. C. & Haimovici, M. 1989. Idade e crescimento da enchova *Pomatomus saltatrix* do Sul do Brasil. **Atlântica**, 11 (1): 47-61.
- Krug, L. C. & Haimovici, M. 1991. Análise da pesca da enchova, *Pomatomus saltatrix*, no Sul do Brasil. Rio Grande do Sul: **Atlantica**, 13 (1): 119-129.
- Lasiak, T. A. 1986. Juveniles, food and the surf zone habitat: implications for teleost nursery areas. **South African Journal of Zoology**, 21 (1): 51-56.
- Lucena, F. M., Vaske, T. Jr., Ellis, J. R. & O'Brien, C. M. 2000. Seasonal variation in the diets of bluefish, *Pomatomus saltatrix* (Pomatomidae) and striped weakfish, *Cynoscion quatuorcupa* (Sciaenidae) in Southern Brazil: implications of food partitioning. **Environmental Biology of Fishes**, 57: 423-434.
- Lucena, F. & O'Brien, C. M. 2005. The consequences of different scenarios in the management of the gillnet and purse-seine fisheries targeting *Pomatomus saltatrix* and *Cynoscion quatuorcupa* in southern Brazil: a bio-economic approach. **ICES Journal of Marine Science**, 62 (2): 201-213.

- Machado, J. F., Zambeli, R. M. & Vianna, M. 2002. Biologia reprodutiva do falso-voador, *Dactylopterus volitans* (TELEOSTEI: DACTYLOPTERIDAE), no litoral norte do estado de São Paulo, Brasil. **Arquivos de Ciências do Mar**, 35: 125-129.
- Maggi, A., Félix, F. C., Godefroid, R. S., Cattani, A. P., Daros, F. A. & Spach, H. L. 2009. The diet of juvenile *Menticirrhus littoralis*, *Umbrina coroides*, *Pomatomus saltatrix* and *Oligoplites saliens* of the Pontal do Sul beach, Paraná. Curitiba: **Cadernos da Escola de Saúde**, 02: 1-14.
- McHenry, M. J., Johansen, J. L., Soto, A. P., Free, B. A., Paley, D. A. & Liao, J. C. 2019. The pursuit strategy of predatory bluefish (*Pomatomus saltatrix*). **Proceedings of the Royal Society B**, 286 (1897): 20182934.
- Menezes, N. A. & Figueiredo, J. L. 1978. **Manual de peixes marinhos do sudeste do Brasil**. IV: Teleostei (3) São Paulo: MZUSP.
- Menezes, N. A. & Figueiredo, J. L. 1978. **Manual de peixes marinhos do sudeste do Brasil**. V: Teleostei (4) São Paulo: MZUSP.
- Milman, L., Danilewicz, D., Machado, R., Santos, R. A. D. & Ott, P. H. 2016. Feeding ecology of the common bottlenose dolphin, *Tursiops truncatus*, in southern Brazil: analyzing its prey and the potential overlap with fisheries. **Brazilian Journal of Oceanography**, 64: 415-422.
- Murano, M. 1999. Mysidacea. Pp. 1099–1140. In: Boltovskoy, D. (Ed.). **South Atlantic Zooplankton**. Backhuys Publishers, Leiden, Netherlands, 1706 p.
- Netto, E. B. F. & Gaelzer, L. R. 1991. Associações de peixes bentônicos e demersais na região do Cabo Frio, RJ, Brasil. **Revista Nerítica**, 6 (1-2), 139-156.
- Olla, B. L., Katz, H. M. & Studholme, A. L. 1970. Prey capture and feeding motivation in the bluefish, *Pomatomus saltatrix*. **Copeia**, (2): 360-362.
- Pauly, D., Zeller, D. & Palomares, M. L. D. 2020 (Eds.). **Sea Around Us Concepts, Design and Data** - World Wide Web electronic publication, accessible at <http://www.seaaroundus.org>. (Accessed 05/09/2022).
- Pimenta, E. G., Vieira, Y. C., Marques, L. A., Gomes, T. X. & de Amorim, A. F. 2014. Analysis of stomach contents of dolphinfish, *Coryphaena hippurus*, Linnaeus, 1758 (Actinopterygii, Coryphaenidae), off the northern coast of Rio de Janeiro State, Brazil. **Collective Volumes of Scientific Papers ICCAT**, 70 (6), 2954-2960.
- Potts, W. M., Bealey, R. S. J. & Childs, A. R. 2016. Assessing trophic adaptability is critical for understanding the response of predatory fishes to climate change: a case study of *Pomatomus saltatrix* in a global hotspot. **African Journal of Marine Science**, 38 (4), 539-547.
- Queiroz-Brito, M. C. G., Machado, C. B., Maia, D. D. J. G., Jacobina, U. P., Nirchio, M., Rotundo, M. M., Tubino, R. A., Iriarte, P. F., Haimovici, M. & Torres, R. A. 2022. DNA barcoding reveals deep divergent molecular units in *Pomatomus saltatrix* (Perciformes: Pomatomidae): implications for management and global conservation. **Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom**, 1-13.
- Robertson, A. I. & Lenanton, R. C. J. 1984. Fish community structure and food chain dynamics in the surf-zone of sandy beaches: the role of detached macrophyte detritus. **Journal of Experimental Marine Biology and Ecology**, 84 (3): 265-283.
- Scharf, F. S., Buckel, J. A., Juanes, F. & Conover, D. O. 1998. Predation by juvenile piscivorous bluefish (*Pomatomus saltatrix*): the influence of prey to predator size ratio and prey type on predator capture success and prey profitability. **Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences**, 55: 1695-1703.
- Scharf, F. S., Juanes, F. & Rountree, R. A. 2000. Predator size – prey size relationships of marine fish predators: interspecific variation and effects of ontogeny and body size on trophic-niche breadth. **Marine Ecology Progress Series**, 208: 229-248.
- Schilling, H. T., Hughes, J. M., Smith, J. A., Everett, J. D., Stewart, J. & Suthers, I. M. 2017. Latitudinal and ontogenetic variation in the diet of a pelagic mesopredator (*Pomatomus saltatrix*), assessed with a classification tree analysis. **Marine Biology**, 164: 75.
- Schilling, H. T., Smith, J. A., Stewart, J., Everett, J. D., Hughes, J. M. & Suthers, I. M. 2019. Reduced exploitation is associated with an altered sex ratio and larger length at maturity in southwest Pacific (east Australian) *Pomatomus saltatrix*. **Marine Environmental Research**, 147: 72-79.

- Silvano, R. A. M. & Begossi, A. 2010. What can be learned from fishers? An integrated survey of fishers' local ecological knowledge and bluefish (*Pomatomus saltatrix*) biology on the Brazilian coast. **Hydrobiologia**, 637: 3-18.
- Souza, G. M., Monteiro-Neto, C., Costa, M. R., Bastos, A. L., Martins, R. R. M., Vieira, F. C. S., Andrade-Tubino, M. F. & Tubino, R. A. 2021. Reproductive biology and recruitment of bluefish *Pomatomus saltatrix* (Perciformes: Pomatomidae) in the southwestern Atlantic. **Zoologia** (Curitiba), 38.
- Szczebak, J. T. & Taylor, D. L. 2011. Ontogenetic patterns in bluefish (*Pomatomus saltatrix*) feeding ecology and the effect on mercury biomagnification. **Environmental Toxicology and Chemistry**, 30 (6): 1447-1458.
- Wilson, D. C. & Degnbol, P. 2002. The effects of legal mandates on fisheries science deliberations: the case of Atlantic bluefish in the United States. **Fisheries Research**, 58 (1): 1-14.
- Zeller, B. M., Pollock, B. R. & Williams, L. E. 1996. Aspects of life history and management of tailor (*Pomatomus saltatrix*) in Queensland. **Marine and Freshwater Research**, 47 (2): 323-329.

Received: August 2022

Accepted: February 2023

Published: April 2023