

**Ecologia isotópica de estoques pesqueiros do camarão sete-  
barbas, *Xiphopenaeus kroyeri*, no sudeste do Brasil**

**Keltony de Aquino Ferreira**

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DO NORTE FLUMINENSE DARCY  
RIBEIRO – UENF**

**Campos Dos Goytacazes/RJ**

**Fevereiro de 2019**

**Ecologia isotópica de estoques pesqueiros do camarão sete-barbas,  
*Xiphopenaeus kroyeri*, no sudeste do Brasil**

**Keltony de Aquino Ferreira**

Dissertação apresentada ao Centro de  
Biotecnologia e Biociências, da  
Universidade Estadual do Norte  
Fluminense Darcy Ribeiro, como parte das  
exigências para obtenção do título de  
Mestre em Ecologia e Recursos Naturais.

Orientadora: Profa. Ana Paula Madeira Di Beneditto

UENF/CBB/Laboratório de Ciências Ambientais

Co-orientador: Prof. Leandro Rabello Monteiro

UENF/CBB/Laboratório de Ciências Ambientais

**Campos Dos Goytacazes/RJ**

**Fevereiro de 2019**

**FICHA CATALOGRÁFICA**

UENF - Bibliotecas

Elaborada com os dados fornecidos pelo autor.

F383

Ferreira, Keltony de Aquino.

Ecologia isotópica de estoques pesqueiros do camarão sete-barbas, *Xiphopenaeus kroyeri*, no sudeste do Brasil / Keltony de Aquino Ferreira. - Campos dos Goytacazes, RJ, 2019.

48 f. : il.

Bibliografia: 29 - 37.

Dissertação (Mestrado em Ecologia e Recursos Naturais) - Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Centro de Biociências e Biotecnologia, 2019.

Orientadora: Ana Paula Madeira Di Beneditto.

1. Ecologia trófica. 2. Pesca artesanal. 3. Camarão. 4. Isótopos estáveis. 5. Nicho isotópico. I. Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro. II. Título.

CDD - 577

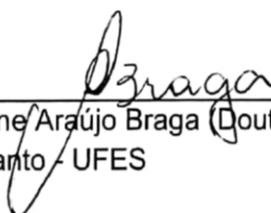
# Ecologia isotópica de estoques pesqueiros do camarão sete-barbas, *Xiphopenaeus kroyeri*, no sudeste do Brasil

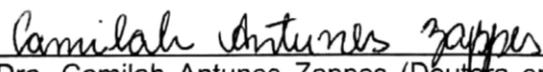
**Keltony de Aquino Ferreira**

Dissertação apresentada ao Centro de Biociências e Biotecnologia, da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, como parte das exigências para obtenção do título de Mestre em Ecologia e Recursos Naturais.

Aprovada em 11 de fevereiro de 2019.

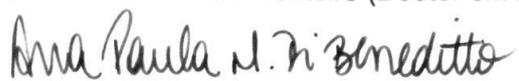
Comissão Examinadora:

  
\_\_\_\_\_  
Dra. Adriane Araújo Braga (Doutora em Zoologia) - Universidade Federal do Espírito Santo - UFES

  
\_\_\_\_\_  
Dra. Camilah Antunes Zappes (Doutora em Ecologia e Recursos Naturais) – Universidade Federal Fluminense – UFF

  
\_\_\_\_\_  
Dr. Marcos Sarmet Moreira de Barros Salomão (Doutor em Ciências) - UENF

  
\_\_\_\_\_  
Dr. Leandro Rabello Monteiro (Doutor em Zoologia) – UENF – Co-orientador

  
\_\_\_\_\_  
Dra. Ana Paula Madeira Di Benedetto (Doutora em Biociências e Biotecnologia) – UENF – Orientadora

**Aos meus pais Adilcimar Ferreira e Iranildy A. Ferreira,  
e irmã Kessuley A. Ferreira**

## **Agradecimentos**

Primeiramente a **Deus!**

A professora Dr. Ana Paula Madeira Di Benedetto pela confiança depositada durante o período de orientação. Por ter ampliado minhas visões na pesquisa científica e por todo apoio proporcionado. Sou grato pelos ensinamentos que direcionaram minha formação no mestrado. A você muito obrigado.

Ao co-orientador Dr. Leandro Rabello Monteiro pela orientação, parceria, ensinamento de novas formas de análise de dados e sua dedicação durante a formação.

À técnica Silvana Ribeiro Gomes, moradora de Atafona-RJ, pelo auxílio na coleta do material biológico.

Ao técnico Dr. Marcelo Gomes de Almeida pela análise de isótopos estáveis nas amostras do camarão sete-barbas.

Ao Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Recursos Naturais pela formação e ao Laboratório de Ciências Ambientais/UENF pela disponibilização do espaço físico utilizado e dos equipamentos para análise das amostras.

Aos professores Dra. Adriane Araújo Braga, Dra. Camilah Antunes Zappes, Dr. Marcos Sarmet Moreira de Barros Salomão por terem aceitado o convite de participar da minha banca, o meu muito obrigado.

O apoio da Fundação Carlos Chagas Filho de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio de Janeiro - FAPERJ - processo nº E- 26/201.161/2014) concedidos a Prof<sup>a</sup>. Ana Paula Madeira Di Benedetto.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPq (301.259 / 2017-8).

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo financiamento parcial deste projeto e a concessão da bolsa de mestrado por todo período de estudo.

Ao meu grande amigo Msc. Pedro Vianna Gatts, que proporcionou um grande aprendizado na compreensão dos isótopos e seu auxílio quando encontrei dificuldades, agradeço por sua amizade nos últimos anos nos bons e maus dias.

Agradeço a minha amiga Msc. Danielle Awabdi pelos “puxões de orelha” quando precisei, se existe cor neste trabalho foi devido a você. Sou grato por sua amizade.

A todos meus amigos que contribuíram para os momentos de descontração que tornaram a caminhada mais leve. A “NATA” que se tornou uma família na cidade de Campos dos Goytacazes-RJ.

Aos meus pais e irmã, que não mediram esforços para que eu chegasse até esta etapa da vida, pelo apoio e por tudo que sempre fizeram por mim, pela simplicidade, exemplo, amizade, e carinho, fundamentais na construção do meu caráter.

## Sumário

<b>LISTA DE FIGURAS.....</b>	<b>vii</b>
<b>LISTA DE TABELAS.....</b>	<b>viii</b>
<b>RESUMO.....</b>	<b>ix</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>x</b>
<b>1. INTRODUÇÃO.....</b>	<b>1</b>
1.1 - Camarão sete-barbas, <i>Xiphopenaeus kroyeri</i> Heller, 1862.....	3
1.2 - Isótopos estáveis como traçadores e nicho isotópico.....	5
<b>2. OBJETIVO.....</b>	<b>7</b>
<b>3. MATERIAL E MÉTODOS.....</b>	<b>7</b>
3.1 - Áreas de estudo e amostragem do camarão sete-barbas.....	7
3.2 - Caracterização da malha amostral do camarão sete-barbas.....	11
3.3 - Análise isotópica do camarão sete-barbas.....	13
<b>4. RESULTADOS.....</b>	<b>16</b>
<b>5. DISCUSSÃO.....</b>	<b>20</b>
<b>6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>29</b>

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Mapa do Brasil com indicação dos estados do Espírito Santo e Rio de Janeiro e dos portos de desembarque pesqueiro onde os camarões sete-barbas foram coletados. Marcações em cruz indicam as áreas de realização dos arrastos de fundo.....7

Figura 2. Estágio de maturidade do camarão sete-barbas: (A) macho adulto com petasma fusionado, (B) macho juvenil com petasma não fusionado e (C) fêmeas com ovários de escala cromática distinta, definindo o estágio de maturidade: 1. fêmea juvenil que nunca se reproduziu e apresenta ovários que variam de translúcido a coloração claro-esverdeada, 2. fêmea juvenil que apresenta ovários mais largos que o estágio anterior, com coloração claro-esverdeada, 3. fêmea adulta com ovários bem desenvolvidos de coloração verde-oliva e 4. fêmea adulta desovada com ovários brancos a translúcidos. Fonte: adaptado de Oliveira (2015) .....11

Figura 3. Relação entre as assinaturas isotópicas de  $\delta^{13}\text{C}$  e  $\delta^{15}\text{N}$  do camarão sete-barbas em quatro estoques pesqueiros nos estados do Espírito Santo (ES) e Rio de Janeiro (RJ), sudeste do Brasil. As barras representam os desvios padrões. Vit= Vitória/ES, Ach= Anchieta/ES, Ata= Atafona/RJ, Fst= Farol de São Tomé..... 15

Figura 4. Valores isotópicos dos estoques pesqueiros do camarão sete-barbas nos estados do Espírito Santo (ES) e Rio de Janeiro (RJ), sudeste do Brasil. Linhas indicam o padrão da elipse (intervalo de confiança de 40%) para os nichos isotópicos. Vit= Vitória/ES, Ach= Anchieta/ES, Ata= Atafona/RJ, Fst= Farol de São Tomé/RJ.....16

## LISTA DE TABELAS

Tabela I. Características ambientais das áreas de coleta do camarão sete-barbas nos estados do Espírito Santo (ES) e Rio de Janeiro (RJ), sudeste do Brasil.....	8
Tabela II. Comprimento do cefalotórax (CC) e peso total (P) dos camarões sete-barbas de quatro estoques pesqueiros nos estados do Espírito Santo (ES) e Rio de Janeiro (RJ), sudeste do Brasil.....	12
Tabela III. Métricas quantitativas de nicho isotópico dos estoques pesqueiros do camarão sete-barbas nos estados do Espírito Santo (ES) e Rio de Janeiro (RJ), sudeste do Brasil.....	17
Tabela IV. Comparação da métrica SDNND (uniformidade no espaço $\delta^{13}\text{C}$ - $\delta^{15}\text{N}$ ) entre os estoques pesqueiros do camarão sete-barbas nos estados do Espírito Santo (ES) e Rio de Janeiro (RJ), sudeste do Brasil.....	18
Tabela V. Sobreposição da SEA (%) entre os estoques pesqueiros do camarão sete-barbas nos estados do Espírito Santo (ES) e Rio de Janeiro (RJ), sudeste do Brasil.....	18

## RESUMO

O camarão sete-barbas, *Xiphopenaeus kroyeri* Heller, 1862 distribui-se no Oceano Atlântico Ocidental e é a espécie de crustáceo mais explorada pela pesca marinha em águas costeiras brasileiras. O objetivo deste estudo é comparar o nicho isotópico de estoques pesqueiros do camarão sete-barbas ao longo de áreas de pesca contíguas da costa sudeste do Brasil (20°S-22°S) para compreensão do padrão de utilização do hábitat e dos recursos alimentares disponíveis. A coleta dos camarões foi realizada durante o desembarque pesqueiro em portos localizados nos estados do Espírito Santo (ES) e Rio de Janeiro (RJ): Vitória/ES (20°31'S; 40°30'W), Anchieta/ES (20°48'S; 40°38'W), Atafona/RJ (21°37'S; 41°00'W) e Farol de São Tomé/RJ (22°02'S; 41°02'W). Os camarões foram obtidos em junho de 2017 e amostras de tecido muscular de 30 camarões de cada categoria de sexo (macho e fêmea) e maturidade (adulto e juvenil) foram extraídas para determinação isotópica, totalizando 120 espécimes amostrados em cada porto. As médias das assinaturas isotópicas diferiram entre os estoques pesqueiros analisados ( $P < 0,001$ ), com assinaturas mais pesadas de  $\delta^{13}\text{C}$  para Anchieta e  $\delta^{15}\text{N}$  para Atafona. A amplitude de nicho isotópico (SEA) é menor nos estoques do Rio de Janeiro (Atafona - 0,25‰<sup>2</sup> e Farol de São Tomé - 0,27‰<sup>2</sup>) em comparação aos estoques do Espírito Santo (Vitória - 0,61‰<sup>2</sup> e Anchieta - 0,44‰<sup>2</sup>). Isso pode refletir as variações na disponibilidade de recursos para a espécie ao longo das áreas estudadas. A maior diversidade trófica associada aos estoques do Espírito Santo indica maior variedade de fontes alimentares e a utilização mais abrangente dos recursos disponíveis. Em contrapartida, a maior redundância trófica nos estoques do Rio de Janeiro indica que os camarões tendem a ser similares em termos alimentares. As variações entre os estoques em relação as métricas de nicho isotópico, incluindo a amplitude de nicho (SEA), são compreendidas a partir de características ambientais distintas ao longo das áreas estudadas. A disponibilidade e/ou a forma de utilização desses recursos são provavelmente influenciadas pela presença ou ausência de áreas costeiras abrigadas (baías, enseadas), origem e aporte de nutrientes e/ou matéria orgânica para regiões costeiras e sua distribuição no ambiente marinho. A abordagem de nicho isotópico permitiu distinguir os estoques pesqueiros da espécie que se distribuem em torno de 20°S (portos de pesca do Espírito Santo) e 21°S-22°S (portos de pesca do Rio de Janeiro), e pode ser utilizada como ferramenta para o reconhecimento da procedência (área de pesca) do produto pescado ao longo dessa região.

Palavras-chave: Ecologia trófica; pesca artesanal; camarão; isótopos estáveis; nicho isotópico.

## ABSTRACT

The seabob shrimp, *Xiphopenaeus kroyeri* Heller, 1862 is distributed in the Western Atlantic Ocean and is the most exploited crustacean species by marine fishing along Brazilian coastal waters. The objective of this study is to compare the isotopic niche of seabob shrimp stocks along fishing areas on the southeastern Brazil (20°S-22°S) to understand the habitat utilization and available food resources. The shrimps sampling was carried out during the landings at ports located in the states of Espírito Santo (ES) and Rio de Janeiro (RJ): Vitória / ES (20°31'S, 40°30'W), Anchieta / ES (20°48'S, 40°38'W), Atafona / RJ (21°37'S, 41°00'W) and Farol de São Tomé / RJ (22°02'S; 41°02'W). The shrimps were obtained in June 2017 and muscle tissue from 30 specimens of each sex (male and female) and maturity stage (adult and juvenile) were extracted for isotopic determination, totaling 120 specimens sampled at each site. The averages of the isotopic signatures were different among the stocks analyzed ( $P < 0.001$ ), with heavier signatures of  $\delta^{13}\text{C}$  for Anchieta and  $\delta^{15}\text{N}$  for Atafona. The isotopic niche (SEA) is narrower in the stocks from Rio de Janeiro (Atafona -  $0,25\text{‰}^2$  and Farol de São Tomé -  $0,27\text{‰}^2$ ) compared to the stocks from Espírito Santo (Vitória -  $0,61\text{‰}^2$  and Anchieta -  $0,44\text{‰}^2$ ). This may reflect variations in resource availability for the species throughout its distribution. The greater trophic diversity associated with the stocks from Espírito Santo indicates a larger variety of food sources and the wider use of available resources. On the other hand, the greater trophic redundancy in the stocks from Rio de Janeiro indicates that the shrimps tend to be similar regarding the food utilization. The variations among stocks in relation to isotopic niche metrics, including niche amplitude (SEA), are understood from distinct environmental characteristics throughout the studied areas. The availability and/or use of these resources are likely to be influenced by the presence or absence of sheltered coastal areas (bays, coves), source and input of nutrients and/or organic matter to coastal regions and their distribution in the marine environment. The isotopic niche approach made it possible to distinguish the stocks of the species that are distributed around 20°S (fishing ports in Espírito Santo) and 21°S-22°S (fishing ports in Rio de Janeiro), and can be used as a tool for the origin recognition (fishing area) of the shrimps captured along this region.

Keywords: fishery stocks; artisanal fishery; shrimp; stable isotopes; isotopic niche.

## 1. INTRODUÇÃO

No Brasil, a utilização de camarões e de outros crustáceos como recursos alimentares para populações humanas foi registrada inicialmente em comunidades indígenas (Diegues, 1999). A pesca comercial de crustáceos no país se intensifica na segunda metade do século XX, com o Governo Federal promovendo incentivos à essa atividade a partir da década de 1960 (Diegues, 1983). Devido ao seu valor comercial, os camarões se tornaram importante fonte de emprego e renda para milhares de pessoas envolvidas na sua cadeia produtiva ao longo da costa brasileira (Graça-Lopes *et al.*, 2002; Branco, 2005). No entanto, já no início da década de 1970 alguns estoques de camarões davam sinais de colapso, com diminuição do rendimento das pescarias (Castro, 2004). Estima-se que cerca de 85% dos recursos pesqueiros mundiais estão explorados, bruscamente diminuídos ou em estado de recuperação devido aos efeitos da pesca extrativa sobre seus estoques (FAO, 2010).

Por definição, o estoque pesqueiro representa um grupo de organismos da mesma espécie-alvo que habita determinada área ou região e que está disponível para a pesca. A atividade pesqueira não explora toda a população de uma espécie-alvo, mas apenas os espécimes dentro de uma faixa de tamanho e idade que constituem o estoque disponível (Carvalho & Hauser, 1994). Considerando o estoque disponível, apenas uma parte dele é acessível ao artefato de pesca, que é denominada estoque capturável. A participação quantitativa de espécimes juvenis e adultos no estoque capturável depende da seletividade do artefato de pesca (Fonteles Filho, 2011).

Dentre os estoques de camarões peneídeos explorados, a captura do camarão sete-barbas se destaca devido a elevada abundância nos ambientes costeiros (Fernandes *et al.*, 2011; FIPERJ, 2013; <http://www.propesq.pesca.sp.gov.br/10/conteudo>). Entre os anos de 1960 e 2014 houve incremento considerável da pesca comercial do camarão sete-barbas ao longo da sua área de distribuição, com a produção passando de 6.000 para 40.000 toneladas/ano. O Brasil contribui com mais de 50% da produção mundial da espécie, que de acordo com as últimas estatísticas pesqueiras disponíveis é o crustáceo mais capturado pela pesca marinha

extrativa praticada em águas brasileiras (MPA, 2011; FAO, 2014). O defeso se destaca como a principal medida de ordenamento pesqueiro do camarão sete-barbas e de outras espécies de camarões, visando à preservação dos estoques pesqueiros através da suspensão temporária da pesca (BRASIL, 2009). Este período de suspensão que pode variar de 90 a 120 dias reduz o esforço de pesca sobre o estoque capturável da espécie explorada, contribuindo para sua renovação e manutenção da sustentabilidade da pesca em longo prazo (Ruffino, 2005).

Os camarões se destacam como importantes organismos das comunidades bentônicas aquáticas. Esses organismos viabilizam parte da energia disponível no ambiente para os demais níveis tróficos das cadeias e teias alimentares. Os camarões retiram do substrato uma variedade de recursos (matéria orgânica depositada, bactérias, protozoários, diatomáceas e organismos da meiofauna) durante seu processo de alimentação (Castilho, 2008; Willems *et al.*, 2016). Além disso, os camarões e outros crustáceos decápodes têm papel importante na estrutura e no funcionamento das comunidades aquáticas, conectando os ambientes bentônico e pelágico (Conand & Byrne, 1993; Costa *et al.*, 2007).

Há inúmeros estudos que tratam de aspectos da biologia e ecologia do camarão sete-barbas (*e.g.*, Branco & Moritz Jr, 2001; Fransozo *et al.*, 2002; Castro *et al.*, 2005; Costa *et al.*, 2011; Fernandes *et al.*, 2011; Almeida *et al.*, 2012; Heckler *et al.*, 2013, Martins *et al.*, 2013; Rodrigues *et al.*, 2015). No entanto, estudos que aprofundam seu papel trófico em cadeias e teias alimentares costeiras são relativamente recentes ao longo de sua distribuição (*e.g.*, Di Benedetto *et al.*, 2012; Kehrig *et al.*, 2013; Willmens *et al.*, 2016). Além disso, abordagens que incluem comparações entre diferentes populações ou estoques pesqueiros da espécie para compreensão do seu papel trófico em uma escala espacial mais abrangentes são inexistentes. Considerando a importância econômica e ecológica dessa espécie em águas costeiras ao longo de sua distribuição, estudos dessa natureza são importantes para o entendimento do papel e da demanda trófica dos diferentes estoques pesqueiros.

### **1.1 - Camarão sete-barbas, *Xiphopenaeus kroyeri* Heller, 1862**

O camarão sete-barbas, *Xiphopenaeus kroyeri* Heller, 1862, pertence à família Penaeidae e apresenta distribuição continuada no Oceano Atlântico Ocidental, ocorrendo desde a Virgínia, nos Estados Unidos (~36°N, 75°W), se estendendo pela região do Caribe (~15°N, 75°W), até o estado do Rio Grande do Sul, no sul do Brasil (~30°S, 53°W) (Costa *et al.*, 2003).

Esta espécie não apresenta migrações de recrutamento entre os ambientes marinho e estuarino, como ocorre com muitos camarões desta família, permanecendo no ambiente marinho durante todo ciclo de vida (Boost *et al.*, 2016). Em geral, a maturação e a desova dos indivíduos ocorrem em águas mais distantes da linha de costa, enquanto o crescimento está associado a ambientes rasos (Dall *et al.*, 1990). As áreas preferenciais de ocorrência do camarão sete-barbas são ambientes marinhos com até 30 m de profundidade e fundo de areia e lama, temperatura da água entre 15°C e 30°C e salinidade entre 9,0 e 36,5 (Branco *et al.*, 1999; Costa *et al.*, 2003; Branco, 2005).

O ciclo de vida do camarão sete-barbas é curto (cerca de dois anos ou menos); porém, a capacidade reprodutiva é elevada, apresentando reprodução contínua com dois ou mais picos reprodutivos anuais (Graça-Lopes *et al.*, 2007; Fernandes *et al.*, 2011). Isso confere vantagens adicionais à sobrevivência da espécie ao longo das áreas de distribuição e frente a exploração da pesca extrativa (Fernandes *et al.*, 2011).

Os camarões da família Penaeidae eclodem como larvas planctônicas nas águas superficiais, ricas em alimento. As larvas se diferenciam dos animais maduros quanto aos padrões de locomoção e formas de alimentação (Marafon-Almeida *et al.*, 2008). À medida que as pós-larvas e os juvenis se desenvolvem, os camarões fêmeos se afastam para regiões mais profundas de mar nas quais ocorrem os processos de maturação e desova (Moore, 2003). O espalhamento ordenado dos indivíduos nas populações de camarão sete-barbas contribui para a redução da competição intraespecífica, sobretudo em relação aos espécimes nascidos fora dos picos reprodutivos (Fernandes *et al.*, 2011).

Dentre os recursos alimentares preferenciais do camarão sete-barbas destacam-se detritos orgânicos, microalgas bêmicas e outros crustáceos, tais

como copépodos, anfípodas, ostracodas e camarões, mas presas como foraminíferos, poliquetas, briozoários e moluscos também são registrados em sua dieta (Branco & Moritz Jr, 2001; Branco, 2005; Willems *et al.*, 2016). A areia também é registrada no conteúdo estomacal da espécie; no entanto, a ingestão de grãos de areia pode ser acidental, juntamente com as presas e sem importância nutricional, ou proposital, como fonte de carbonatos (Haefner, 1990; Branco & Moritz Jr, 2001). A espécie apresenta variações ontogenéticas na dieta, com camarões adultos em posição trófica superior e se alimentando de organismos bentônicos maiores quando comparados aos juvenis (Willems *et al.*, 2016).

No Brasil, estima-se que 40 t de camarões peneídeos foram capturadas em 2011, correspondendo a 65% das capturas totais de crustáceos. O camarão sete-barbas contribuiu com a maior parte desse total (15 t) (MPA, 2012). Essa espécie é importante recurso pesqueiro em regiões tropicais e subtropicais ao longo de sua distribuição (Gillet, 2008), e está entre os principais produtos da pesca extrativa marinha praticada no litoral brasileiro (Branco *et al.* 2005). Na região sudeste do Brasil, além do camarão sete-barbas a pesca de camarões captura preferencialmente os estoques de camarões-rosa *Farfantepenaeus brasiliensis* Latreille, 1817 e *F. paulensis* Pérez-Farfante, 1967 e camarão-branco *Litopenaeus schmitti* Burkenroad, 1936 (D’Incao *et al.*, 2002).

Os estoques pesqueiros do camarão sete-barbas explorados no sudeste do Brasil apresentam variações quanto as características genéticas. Os estoques da costa dos estados do Espírito Santo (19°S-20°S) e Rio de Janeiro (21°S-22°S) formam uma unidade pan-mítica única, que por sua vez se distingue do estoque relacionado ao estado de São Paulo (24°S) (Voloch & Solé-Cava, 2005). Apesar da similaridade genética, diferenças relacionadas a forma e ao tamanho do cefalotórax foram registradas em espécimes de estoques pesqueiros ao longo dos estados do Espírito Santo e Rio de Janeiro (Bissaro *et al.* 2013). Os autores verificaram que características ambientais como tipo de substrato, temperatura da água e salinidade podem se relacionar com o tamanho dos camarões, com indivíduos maiores associados a regiões sob influência de aportes fluviais.

A exploração comercial dessa espécie é elevada ao longo do litoral brasileiro, conforme indicado anteriormente. Isso vem reduzindo o tamanho dos estoques pesqueiros e provocando oscilações no volume anual de capturas (D'Incao *et al.*, 2002). A consequência disso foi a inclusão do camarão sete-barbas na Lista Nacional das Espécies de Invertebrados Aquáticos e Peixes Sobreexplotadas ou Ameaçadas de Sobreexploração, com recomendações para o desenvolvimento de estudos relacionados aos estoques pesqueiros da espécie (Amaral & Leite, 2008). Além disso, a espécie foi incluída na categoria “Dados Insuficientes - DD” devido à falta de informações adequadas (IUCN, 2014; ICMBio, 2015).

## **1.2 - Isótopos estáveis como traçadores e nicho isotópico**

Isótopos estáveis são átomos não radiogênicos de um mesmo elemento químico que possuem número de prótons iguais, mas diferem no número de nêutrons, com alteração na massa. Devido a sua abundância na natureza, os isótopos de carbono, hidrogênio, nitrogênio, oxigênio e enxofre são os de maior interesse para estudos que envolvem sistemas biológicos (Fry, 2008). Dessa forma, os isótopos estáveis são traçadores químicos utilizados com sucesso em estudos de populações animais para avaliar ecologia trófica, padrões de movimentação e uso do hábitat (*e.g.*, Anderson & Parker, 1987; Fry *et al.*, 2003; Gelpi Jr *et al.*, 2013; Deehr *et al.*, 2014; Di Benedetto *et al.*, 2016; 2017).

Em geral, estudos que utilizam a abordagem isotópica para avaliar a ecologia e a preferência alimentar de espécies animais fazem uso dos isótopos de carbono e nitrogênio. A composição isotópica dos tecidos dos animais é produto de sua atividade alimentar (Fry *et al.*, 2003). O isótopo de carbono indica a origem da fonte alimentar para a dieta (*e.g.*, costeira vs. oceânica, pelágica vs. bentônica, aquática vs. terrestre) e possibilita distinções latitudinais em relação aos sítios alimentares preferenciais (Deniro & Epstein, 1978; Peterson & Fry, 1987). Já os valores isotópicos de nitrogênio mudam com a posição trófica do organismo consumidor devido ao fracionamento durante o processo metabólico envolvido na alimentação (Fry, 2008). A análise isotópica também se estabelece como método eficaz para identificação de estoques de animais de pequeno porte, como invertebrados, podendo ser empregada em

áreas onde as composições isotópicas são suficientemente diferentes para distinguir os sítios alimentares preferenciais de espécies ou estoques estudados (Fry, 1981; Gelpi Jr *et al.*, 2013).

A teoria de nicho sofreu muitas alterações depois da sua formulação inicial proposta por Hutchinson (1957). No entanto, as abordagens subsequentes mantiveram a ideia central do nicho como espaço multidimensional utilizado pelo organismo (*e.g.* Newsome *et al.*, 2007; Layman *et al.*, 2007; Jackson *et al.*, 2011; Soberón & Arroyo-Pena, 2017). Os isótopos estáveis podem fornecer informações quantitativas sobre o nicho de uma dada espécie ou comunidade (nicho isotópico), permitindo a compreensão de como os organismos se envolvem com o ambiente, incluindo suas fontes alimentares, uma vez que as proporções de isótopos estáveis derivam das vias tróficas das quais os organismos participam (Layman *et al.*, 2007; Newsome *et al.*, 2007; Abrantes *et al.* 2014).

Layman *et al.* (2007) introduziram uma série de métricas adaptadas de estudos em ecomorfologia para resumir informações quantitativas a partir de conjuntos de dados de isótopos estáveis, descrevendo estruturas tróficas a partir de representações bidimensionais. Essas métricas descrevem a estrutura do nicho ocupado pela espécie ou pela comunidade. Segundo Jackson *et al.* (2011), o nicho isotópico está correlacionado com o nicho trófico e a informação obtida através de isótopos estáveis pode ser usada como descritora do hipervolume de Hutchinson (Hutchinson, 1957). Métricas bayesianas foram atribuídas a essa abordagem, permitindo a comparação dessas métricas entre grupos e, assim, uma análise de dados mais robusta (Jackson *et al.*, 2011).

A avaliação do nicho isotópico permite dimensionar o papel e as relações tróficas dos organismos dentro de uma população (machos, fêmeas, imaturos e maduros) ou entre populações distintas (Di Benedetto & Monteiro, 2016; Di Benedetto *et al.*, 2017; 2018). O mesmo conceito se aplica aos organismos que formam os estoques pesqueiros, uma vez que para análise de nicho isotópico os estoques podem ser considerados como populações distintas. Nesse sentido, a avaliação do nicho isotópico dos estoques do camarão sete-barbas fornecerá informações sobre a utilização dos recursos disponíveis e permitirá inferências sobre os padrões de utilização do hábitat preferencial.

Os estoques do camarão sete-barbas constituem a principal parcela de desembarques pesqueiros na região sudeste do Brasil. O valor comercial da espécie é baixo comparado aos demais camarões, mas seu volume de captura é elevado. Dessa forma, a obtenção de informações acerca dos campos de pesca da espécie é importante para ações de manejo, tais como a redistribuição das áreas de captura e/ou alterações na malha do artefato. A análise isotópica pode ser utilizada para identificar a origem de estoques pesqueiros, e os campos de pesca que são usados por pescadores para captura dos camarões.

## **2. OBJETIVO**

O objetivo deste estudo é descrever o nicho isotópico de estoques pesqueiros do camarão sete-barbas ao longo de áreas de pesca contíguas da costa sudeste do Brasil (20°S-22°S) para compreensão do padrão de utilização do hábitat e dos recursos alimentares disponíveis. Este estudo tem potencial para contribuir na gestão da pesca local a partir do reconhecimento dos limites de distribuição dos estoques pesqueiros e, conseqüentemente, de atuação das frotas voltadas à captura comercial desta espécie.

## **3. MATERIAL E MÉTODOS**

### ***3.1 - Áreas de estudo e amostragem do camarão sete-barbas***

O presente estudo foi conduzido em uma área de 300 km ao longo da costa dos estados do Espírito Santo (ES) e Rio de Janeiro (RJ), sudeste do Brasil. As amostragens foram realizadas em quatro portos de desembarque pesqueiro do camarão sete-barbas, a saber: Vitória/ES (20°31'S; 40°30'W), Anchieta/ES (20°48'S; 40°38'W), Atafona/RJ (21°37'S; 41°00'W) e Farol de São Tomé/RJ (22°02'S; 41°02'W) (Figura 1).

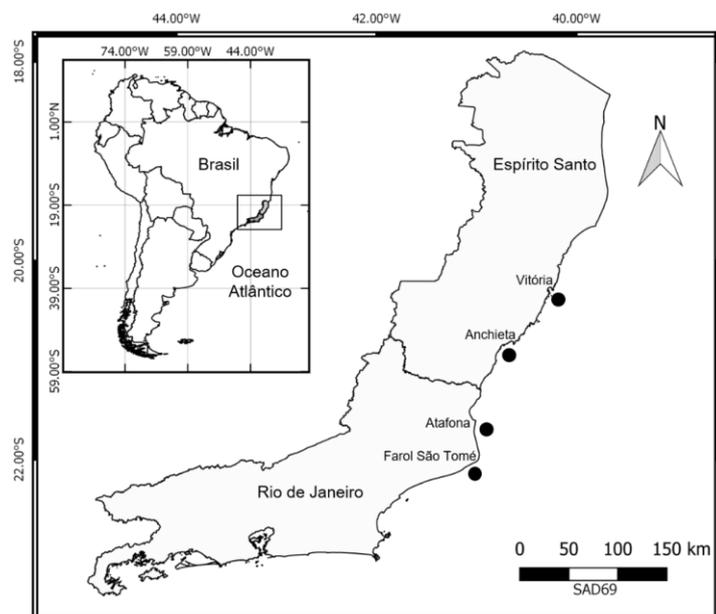


Figura 1. Mapa do Brasil com indicação dos estados do Espírito Santo e Rio de Janeiro e dos portos de desembarque pesqueiro onde os camarões sete-barbas foram coletados. Pontos pretos indicam as áreas de realização dos arrastos de fundo.

Para as características das áreas de coleta dos camarões quanto a temperatura da água e salinidade considerou a média dos valores entre os anos de 2014 e 2017, obtidos na base de dados do *National Oceanic and Atmospheric Administration, U.S. Department of Commerce* (disponível em <http://www.noaa.gov> e acessado em 07 de julho de 2017) (Tabela I).

Tabela I. Características ambientais das áreas de coleta do camarão sete-barbas nos estados do Espírito Santo (ES) e Rio de Janeiro (RJ), sudeste do Brasil.

Portos de coleta	Temperatura da água (°C)	Salinidade (‰)	Substrato
Vitória/ES	24,4±1,5	36,1±0,4	Areno-lodoso (Bissaro <i>et al.</i> 2013)
Anchieta/ES	23,9±0,9	36,1±0,6	Silte-argiloso (Subtil, 2005)
Atafona/RJ	24,4±1,2	36,2±0,5	Areno-lodoso (Bissaro <i>et al.</i> 2013)
Farol de São Tomé/RJ	23,8±1,2	36,9±0,4	Arenoso (Bissaro <i>et al.</i> 2013)

O estado do Espírito Santo apresenta 521 km de linha de costa e se caracteriza pela produção do camarão sete-barbas ao longo de todo litoral (Freitas Netto & Di Benedetto, 2007). O município de Vitória abriga em sua região metropolitana os portos de Vitória e Tubarão, que escoam a produção graneleira e de minério oriunda de outros estados do país. Além da atividade portuária, a pesca artesanal é praticada a partir dessa região. A pesca do camarão sete-barbas é praticada fora da Baía de Vitória, em águas marinhas adjacentes, devido a proibição que consta na Portaria SUDEPE n° 75-N de 25 de abril de 1985 que define o interior desta baía e seus canais de navegação como áreas de exclusão para a pesca de arrasto de fundo (disponível em: [http://www.icmbio.gov.br/cepsul/images/stories/legislacao/Portaria/1985/p\\_sudepe\\_75\\_n\\_1985\\_areaexclusaobaivitoria\\_es.pdf](http://www.icmbio.gov.br/cepsul/images/stories/legislacao/Portaria/1985/p_sudepe_75_n_1985_areaexclusaobaivitoria_es.pdf)) A Baía de Vitória estende-se desde a desembocadura do Rio Santa Maria da Vitória, com vazão média de 15,7 m<sup>3-s</sup>, até a Baía do Espírito Santo.

O município de Anchieta se localiza no litoral sul do estado do Espírito Santo e é caracterizado pela pesca artesanal, praticada com embarcações de pequeno porte na de crustáceos e pela maricultura. A região é influenciada pela bacia do Rio Benevente, com vazão média de 30m<sup>3-s</sup>. Na foz desse rio se localiza um dos ecossistemas de manguezal mais conservado do estado (ICMBio, 2018). A costa do município está associada a depósitos de sedimentos marinhos e fluviais de uma planície costeira quaternária, e é relativamente exposta (Subtil 2005, Barroso *et al.* 2007; Sá *et al.*, 2007). No entanto, a Ponta dos Castelhanos e a Ponta de Ubu delimitam enseadas costeiras mais abrigadas nesta região (<https://www.google.com.br/maps>).

O estado do Rio de Janeiro possui 635 km de linha de costa e o camarão sete-barbas é alvo preferencial da pesca comercial de crustáceos no litoral norte (Bissaro *et al.*, 2013; Fernandes *et al.*, 2014; 2017). O porto de Atafona pertence ao município de São João da Barra e tem na pesca artesanal de peixes e crustáceos sua principal atividade econômica. A região é diretamente influenciada pela descarga do Rio Paraíba do Sul, cuja foz principal aí se localiza. A vazão deste rio varia em relação à época do ano: em torno de 330 m<sup>3-s</sup> no inverno, quando a pluviosidade é menor, e 780 m<sup>3-s</sup> no verão, quando o volume de precipitações aumenta. Isso contribui de forma

expressiva no transporte de matéria orgânica e sedimento para a região costeira (Souza *et al.*, 2010).

O porto do Farol de São Tomé faz parte do município de Campos dos Goytacazes e a principal atividade econômica é a pesca artesanal de crustáceos, especialmente dos camarões barba-ruça (*Artemesia longinaris* Bate, 1888) e sete-barbas (Semensato & Di Benedetto, 2008; Costa *et al.*, 2016). Essa região é influenciada principalmente pela ressurgência da Água Central do Atlântico Sul (ACAS) que altera sazonalmente as condições de temperatura, salinidade e nutrientes disponíveis, modificando a estrutura das comunidades bentônicas (Calado *et al.*, 2010).

A frota camaroneira que opera nos portos estudados dos estados do Espírito Santo e do Rio de Janeiro é formada por embarcações de pequeno porte (< 20 m) que fazem uso de rede de arrasto de fundo como artefato para a captura comercial do camarão sete-barbas. Há variações regionais quanto à denominação da rede e suas dimensões, mas as características operacionais são as mesmas: a rede de arrasto se mantém presa à embarcação (tração motorizada) revolvendo o substrato durante sua movimentação e direcionando o pescado ao seu interior. Após o término do arrasto, a rede é recolhida para o convés da embarcação e o pescado é separado dos demais organismos capturados incidentalmente e que não possuem valor comercial (captura acessória) (Freitas Netto & Di Benedetto, 2007; Fernandes *et al.*, 2014).

As amostras do camarão sete-barbas foram obtidas durante a primeira quinzena de junho de 2017 nas quatro áreas de coleta. A partir do volume total capturado por uma dada embarcação amostrou-se 2 kg da espécie, representando uma parcela do estoque que é explorado comercialmente em cada área de pesca. Após a coleta, os camarões foram armazenados em caixa de isopor com gelo para conservação e transporte ao laboratório. A sazonalidade não é um fator de interferência na interpretação da composição isotópica dos camarões, uma vez que foi realizada amostragem única em cada área de coleta, considerando a mesma escala temporal (junho 2017).

As áreas de atuação das embarcações sediadas nos portos de desembarque pesqueiro estudados são contíguas (Figura 1). Amostragens realizadas em habitats contíguos permitem a estimativa do padrão de

movimentação dos indivíduos de uma determinada espécie entre essas áreas (Fry *et al.*, 1999).

### **3.2 - Caracterização da malha amostral do camarão sete-barbas**

Os camarões sete-barbas foram analisados macroscopicamente quanto ao sexo e estágio de maturidade. No caso dos machos foram considerados juvenis àqueles espécimes que apresentavam o petasma (órgão copulador) não fusionado e adultos os que apresentavam o petasma fusionado (Figura 2A e 2B). Para as fêmeas utilizou-se a escala cromática dos ovários para definição do estágio de maturidade morfológica dos espécimes, conforme descrito em Boshi (1969) (Figura 2C). A principal diferença entre as fêmeas dos estágios 1 e 4 é o tamanho dos camarões.

Para este estudo foram selecionados como representantes de fêmeas juvenis àqueles espécimes que se encontravam no estágio 1, e como representantes de fêmeas adultas àqueles no estágio 3. As fêmeas no estágio 2 foram consideradas como parte da amostra de juvenis somente quando o número de fêmeas no estágio 1 não foi suficiente para as análises (<30 espécimes), o que ocorreu nos portos de Atafona e Farol de São Tomé.



Figura 2. Estágio de maturidade do camarão sete-barbas: (A) macho adulto com petasma fusionado, (B) macho juvenil com petasma não fusionado e (C) fêmeas com ovários de escala cromática distinta, definindo o estágio de maturidade: 1. fêmea juvenil que nunca se reproduziu e apresenta ovários que variam de translúcido a coloração claro-esverdeada, 2. fêmea juvenil que apresenta ovários mais largos que o estágio anterior, com coloração claro-esverdeada, 3. fêmea adulta com ovários bem desenvolvidos de coloração verde-oliva e 4. fêmea adulta desovada com ovários brancos a translúcidos. Fonte: adaptado de Oliveira (2015).

Trinta espécimes de cada categoria de sexo (macho e fêmea) e maturidade (juvenil e adultos) foram selecionados para análise da composição isotópica, perfazendo 120 espécimes como representação de cada estoque pesqueiro e 480 espécimes no total. A abordagem Bayesiana proposta por Jackson *et al.* (2011) para comparação das métricas de nicho isotópico é apropriada para amostras acima de 10 indivíduos, indicando que a seleção de 120 indivíduos como representação de cada estoque pesqueiro é adequada. Cada espécime de camarão foi medido em projeção retilínea quanto ao comprimento da carapaça, da margem do orbital posterior ao final da margem posterior do cefalotórax, e pesado a fim de caracterizar a malha amostral. A medida do corpo foi tomada com paquímetro (1 mm de precisão) e o peso total em balança digital (0,1 g de precisão).

Em geral, as fêmeas apresentaram dimensões de comprimento e peso maiores que os machos da mesma categoria de maturidade, confirmando o dimorfismo sexual da espécie quanto ao porte (Tabela II). Essa condição é verificada tanto em *X. kroyeri* quanto em outros camarões peneídeos (Castilho

*et al.* 2007; Corrêa & Martinelli, 2009; Fernandes *et al.*, 2011; Heckler *et al.*, 2013).

Tabela II. Comprimento do cefalotórax (CC) e peso total (P) dos camarões sete-barbas de quatro estoques pesqueiros nos estados do Espírito Santo (ES) e Rio de Janeiro (RJ), sudeste do Brasil.

	Vitória/ES	Anchieta/ES	Atafona/RJ	Farol de São Tomé/RJ
	(Média ± DP; mín-máx)	(Média ± DP; mín-máx)	(Média ± DP; mín-máx)	(Média ± DP; mín-máx)
<b>Macho juvenil</b>				
CC (mm)	15,6 ± 1,3; 13 - 17	13,4 ± 1,4; 10 - 15	16,7 ± 1,3; 14 - 18	17,6 ± 1,2; 15 - 20
P (g)	2,8 ± 0,7; 1,6 - 4,3	2,0 ± 0,5; 1 - 2,9	3,4 ± 0,6; 2,1 - 4,3	2,0 ± 0,8; 1 - 2,9
<b>Macho adulto</b>				
CC (mm)	19,9 ± 1,1; 18  -  23	18,0 ± 1,5; 16 - 23	21,4 ± 1,2; 19 - 25	22,3 ± 1,2; 20 - 25
P (g)	5,9 ± 1,0; 4,3  -  8,2	4,5 ± 1,6; 2,9 - 8,8	3,8 ± 1,7; 5,4 - 9,2	4,0 ± 1,1; 6 - 11,1
<b>Fêmea juvenil</b>				
CC (mm)	14,9 ± 1,7; 12 - 18	13,3 ± 1,5; 10 - 16	18,6 ± 2,0; 15 - 23	22,7 ± 1,3; 20 - 25
P (g)	2,6 ± 0,9; 1,3 - 4,5	2,0 ± 0,5; 1 - 3	3,5 ± 1,6; 2,3 - 6,5	7,7 ± 1,0; 5,3 - 9,8
<b>Fêmea adulta</b>				
CC (mm)	23,2 ± 3,0; 19 - 30	21,8 ± 2,3; 18 - 30	25,6 ± 2,3; 22 - 31	25,6 ± 2,2; 21 - 30
P (g)	7,8 ± 2,4; 4,5 - 14,6	5,2 ± 1,9; 4,3 - 14,7	9,5 ± 1,9; 6,6 - 14,6	10,2 ± 3,0; 6,1 - 14,1

### 3.3 - Análise isotópica do camarão sete-barbas

Após a retirada da carapaça, das gônadas e do intestino, o músculo abdominal de cada camarão foi congelado (-20°C) em frasco seco, previamente lavado com ácido. A seguir, cada espécime foi liofilizado e homogeneizado em grau e pistilo, separando-se 0,35 a 0,45 mg de tecido muscular (peso seco) para análise da composição isotópica de carbono e nitrogênio.

O exoesqueleto foi removido a fim de evitar que os resultados da composição isotópica de carbono fossem alterados devido ao carbono de origem inorgânica presente nesta estrutura corporal (Harris *et al* 2001). As gônadas e o intestino foram removidos previamente considerando que há diferenças entre os tecidos corporais em relação ao tempo em que os isótopos desses tecidos são substituídos pelos isótopos derivados da dieta (taxa de *turnover*), sendo o tecido muscular constituído por uma assimilação de vários dias (Caut *et al.*, 2009; Auerswald *et al.*, 2010). Dessa forma, a análise em conjunto de diferentes tecidos interferiria na interpretação dos resultados.

As medidas de composição isotópica foram determinadas em espectrômetro de massa Delta V Advantage (Thermo Scientific) acoplado ao

analisador elementar no Laboratório de Ciências Ambientais - UENF. Os valores de referência usados nas análises de nitrogênio e carbono foram nitrogênio atmosférico e Pee Dee Belemnite (PDB), respectivamente, e os resultados foram expressos em partes por mil (‰). Para o cálculo aplicou-se a fórmula  $X\delta_{amostra}\text{‰} = [(R_{amostra}/R_{referência}) - 1] \times 1000$ , na qual  $X = \delta^{13}\text{C}$  ou  $\delta^{15}\text{N}$ ;  $R = \delta^{13}\text{C}: \delta^{12}\text{C}$  ou  $\delta^{15}\text{N}: \delta^{14}\text{N}$ .

As amostras de tecido muscular foram analisadas a partir de brancos analíticos e de padrões analíticos conhecidos de uréia (IVA Analysentechnik-330802174;  $\text{CH}_4\text{N}_2\text{O}$  Mw = 60, C = 20%, N = 46%) com composição isotópica certificada ( $\delta^{13}\text{C} = -39,89 \text{‰}$  e  $\delta^{15}\text{N} = -0,73 \text{‰}$ ). A cada 10 amostras o controle analítico foi realizado através de padrão de referência (*Elemental Microanalysis Protein Standard OAS*) de composição isotópica certificada:  $\delta^{13}\text{C} = -26,98 \text{‰}$  e  $\delta^{15}\text{N} = 5,94 \text{‰}$ . A reprodutibilidade baseou-se em análises triplicadas a cada 10 amostras:  $\pm 0,3 \text{‰}$  para  $\delta^{15}\text{N}$  e  $\pm 0,2 \text{‰}$  para  $\delta^{13}\text{C}$ . Os resultados foram expressos em  $\delta^{13}\text{C}$  (‰) e  $\delta^{15}\text{N}$  (‰). Não houve extração prévia de lipídios do tecido muscular analisado; no entanto, as relações C/N foram inferiores a 3,5 o que indica baixos níveis de lipídeos, não comprometendo a interpretação dos resultados (Post *et al.*, 2007).

A avaliação da composição isotópica considerou os 120 indivíduos que representaram cada estoque pesqueiro (n= 4) do camarão sete-barbas. Os valores isotópicos foram analisados através de estatística descritiva e análise de variância com teste de Tukey *a posteriori*.

As métricas quantitativas de nicho isotópico baseadas na posição dos indivíduos no espaço  $\delta^{13}\text{C} \times \delta^{15}\text{N}$  foram aplicadas para estimar a amplitude do nicho isotópico (Layman *et al.*, 2007; Jackson *et al.*, 2011). As métricas foram calculadas usando-se as funções de Elipses Bayesianas de Isótopo Estável no R (*Stable Isotope Bayesian in R* – SIBER, Jackson *et al.*, 2011) (R Development Core Team 2011, Parnell *et al.*, 2010). Seis métricas quantitativas foram calculados, com as quatro primeiras refletindo a diversidade trófica no espaço  $\delta^{13}\text{C}$ - $\delta^{15}\text{N}$  e as outras duas representando a redundância trófica, ou como os indivíduos estão próximos entre si dentro de seus respectivos nichos isotópicos.

As métricas são descritas como: 1) intervalo de  $\delta^{15}\text{N}$  (NR): distância entre os valores mínimo e máximo de  $\delta^{15}\text{N}$  para um determinado estoque pesqueiro, que indica a diferença entre níveis tróficos (maior NR implica em variação de níveis tróficos dentro do estoque); 2) intervalo de  $\delta^{13}\text{C}$  (CR): distância entre os valores mínimo e máximo de  $\delta^{13}\text{C}$  que indica a variabilidade das fontes de alimento consumidas (maior CR implica em diferença nos recursos basais - pelágico vs. bentônico, costeiro vs. oceânico, terrestre vs. aquático); 3) área da elipse padrão (SEA): amplitude de nicho isotópico de um determinado estoque (a SEA é baseada no centróide do estoque e dimensionada com chance de incluir 40% de um dado subsequentemente amostrado); 4) distância média do centroide (CD): distância Euclidiana média de cada indivíduo ao centroide do estoque (valor médio de  $\delta^{15}\text{N}$  e  $\delta^{13}\text{C}$ ), que fornece o nível médio de diversidade trófica do estoque; 5) distância média do vizinho mais próximo (MNND): distância Euclidiana média para o vizinho mais próximo no espaço  $\delta^{13}\text{C}$ - $\delta^{15}\text{N}$  (estoque com indivíduos que apresentam ecologias tróficas semelhantes mostra menor MNND em relação ao estoque cujos indivíduos têm dieta mais variada) e 6) desvio padrão da distância do vizinho mais próximo (SDNND): medida de uniformidade do estoque no espaço  $\delta^{13}\text{C}$ - $\delta^{15}\text{N}$  (estoque com indivíduos que apresentam distribuição mais uniforme no espaço  $\delta^{13}\text{C}$ - $\delta^{15}\text{N}$  mostra menor SDNND).

A área das elipses dos estoques pesqueiros do camarão sete-barbas foi comparada probabilisticamente com as distribuições Bayesianas posteriores, calculando-se a proporção de elipses para o grupo 1 que é maior em relação ao grupo 2 (Jackson *et al.*, 2011). A porcentagem de sobreposição da área das elipses entre os estoques foi a medida de sobreposição de nicho isotópico.

Análises de variâncias unidirecionais foram utilizadas para avaliar as diferenças e interações entre os estoques pesqueiros considerando as métricas CD e MNND, pois são comparações que envolvem a média. A métrica SDNND foi comparada através da estatística F, pois é uma medida de desvio padrão.

Os valores de  $P$  foram interpretados como pontos de evidência em relação a hipótese nula, e não na escala dicotômica do teste de significância (Hurlbert & Lombardi, 2009). Todas as análises foram realizadas no programa R 3.4.3 para *Microsoft Windows* (R Development Core Team 2017).

#### 4. RESULTADOS

Os valores isotópicos de carbono e nitrogênio do camarão sete-barbas estão apresentados na figura 3. As médias das assinaturas isotópicas considerando as áreas de coleta são: Vitória (-16,4±0,6‰  $\delta^{13}\text{C}$  e +11,1±0,6‰  $\delta^{15}\text{N}$ ), Anchieta (-16,0±0,6‰  $\delta^{13}\text{C}$  e +11,1±0,2‰  $\delta^{15}\text{N}$ ), Atafona (-16,5±0,3‰  $\delta^{13}\text{C}$  e +11,6±0,2‰  $\delta^{15}\text{N}$ ) e Farol de São Tomé (-16,4±0,3‰  $\delta^{13}\text{C}$  e +11,1±0,3‰  $\delta^{15}\text{N}$ ).

A análise de variância revelou diferenças para os valores de  $\delta^{13}\text{C}$  ( $F=21,0$ ,  $P=8,6\text{e-}13$ ) e  $\delta^{15}\text{N}$  ( $F=52,5$ ,  $P=2,2\text{e-}16$ ). O teste Tukey *a posteriori* apontou as seguintes relações para  $\delta^{13}\text{C}$ : Anchieta > Vitória = Farol de São Tomé = Atafona, e para  $\delta^{15}\text{N}$ : Atafona > Farol de São Tomé = Anchieta = Vitória.

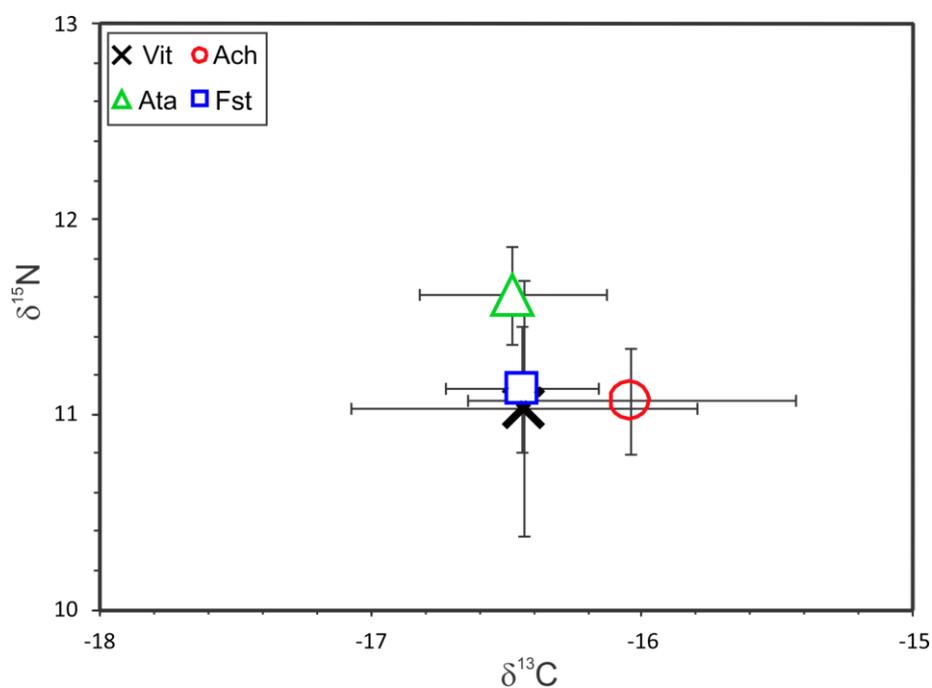


Figura 3. Relação entre as assinaturas isotópicas de  $\delta^{13}\text{C}$  e  $\delta^{15}\text{N}$  do camarão sete-barbas em quatro estoques pesqueiros nos estados do Espírito Santo (ES) e Rio de Janeiro (RJ), sudeste do Brasil. As barras representam os desvios padrões. Vit= Vitória/ES, Ach= Anchieta/ES, Ata= Atafona/RJ, Fst= Farol de São Tomé.

Os dados obtidos na análise de nicho isotópico revelaram que os menores valores da área da elipse padrão se relacionam aos estoques pesqueiros do estado do Rio de Janeiro (Atafona e Farol de São Tomé), e os maiores valores ao estado do Espírito Santo (Vitória e Anchieta) (Figura 4, Tabela III).

A comparação probabilística entre as áreas das elipses com base na distribuição posterior das elipses simuladas indicou que o nicho isotópico dos camarões provenientes de Vitória é maior em relação aos demais ( $P \leq 0,01$ ). O nicho isotópico dos camarões de Anchieta também se destaca quando comparado àqueles capturados em Atafona e no Farol de São Tomé ( $P = 0,01$ ). Por outro lado, os camarões relacionados aos estoques pesqueiros situados no norte do estado do Rio de Janeiro são mais semelhantes entre si quanto a dimensão do nicho isotópico ( $P = 0,34$ ) (Figura 4).

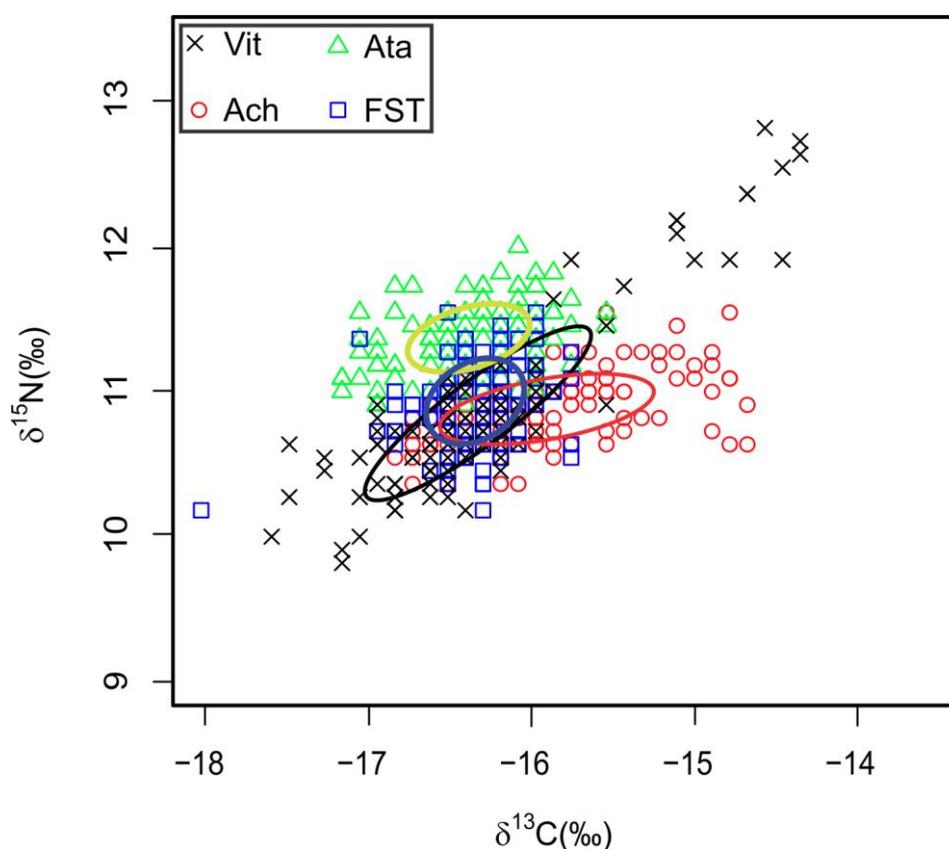


Figura 4. Valores isotópicos dos estoques pesqueiros do camarão sete-barbas nos estados do Espírito Santo (ES) e Rio de Janeiro (RJ), sudeste do Brasil. Linhas indicam o padrão da elipse (intervalo de confiança de 40%) para os nichos isotópicos. Vit= Vitória/ES, Ach= Anchieta/ES, Ata= Atafona/RJ, Fst= Farol de São Tomé/RJ.

As métricas quantitativas de nicho isotópico dos quatro estoques pesqueiros do camarão sete-barbas estão descritas na tabela III. O estoque de Vitória apresenta a maior variação de níveis tróficos (NR) em comparação aos demais. Quanto a variabilidade das fontes alimentares (CR), os estoques das cidades do Espírito Santo aqui estudadas, apresentam valores maiores em relação àqueles do estado do Rio de Janeiro. As mesmas diferenças são registradas para a diversidade trófica (CD) (ANOVA,  $F= 7,49$ ,  $df= 3$ ,  $P= 6,53 \times 10^{-5}$ ), com valores superiores para os estoques de Vitória e Anchieta.

Os valores de MNND, que indicam a redundância trófica entre os indivíduos que compõem cada estoque, foram baixos e não diferiram entre os estoques estudados (ANOVA,  $F= 1,74$ ,  $df= 3$ ,  $P= 0,16$ ). No entanto, cabe ressaltar que essa redundância é mais acentuada nos estoques do camarão sete-barbas de Atafona e Farol de São Tomé (Tabela III).

A distribuição dos indivíduos no espaço de nicho isotópico revelou maior uniformidade trófica (SDNND) entre os camarões que compõem o estoque de Atafona e menor uniformidade para Anchieta (Tabela III). As comparações dessa métrica através do teste F apresentaram resultados significativos, com exceção da comparação Vitória x Farol de São Tomé (Tabela IV).

Tabela III. Métricas quantitativas de nicho isotópico dos estoques pesqueiros do camarão sete-barbas nos estados do Espírito Santo (ES) e Rio de Janeiro (RJ), sudeste do Brasil.

Estoques pesqueiros	NR	CR	CD	MNND	SDNND	SEA% <sup>2</sup>		
						QI	Med	QS
<b>Vitória/ES</b>	3,30	3,60	0,66	0,07	0,10	0,59	0,63	0,67
<b>Anchieta/ES</b>	1,30	4,90	0,51	0,08	0,27	0,41	0,44	0,47
<b>Atafona/RJ</b>	1,20	1,50	0,37	0,04	0,05	0,24	0,25	0,27
<b>Farol de São Tomé/RJ</b>	1,50	2,10	0,36	0,04	0,12	0,25	0,26	0,28

NR: variação de  $\delta^{15}\text{N}$ ; CR: variação de  $\delta^{13}\text{C}$ ; CD: distância ao centróide; MNND: distância média do indivíduo mais próximo; SDNND: desvio padrão da distância dos indivíduos mais próximos; SEA: área da elipse padrão; QI: quartil inferior; QS: quartil superior; Med: Mediana.

Tabela IV. Comparação da métrica SDNND (uniformidade no espaço  $\delta^{13}\text{C}$ - $\delta^{15}\text{N}$ ) entre os estoques pesqueiros do camarão sete-barbas nos estados do Espírito Santo (ES) e Rio de Janeiro (RJ), sudeste do Brasil.

<b>Estoques pesqueiros</b>	<b>F</b>	<b>P</b>
<b>Vitória/ES x Anchieta/ES</b>	7,05	5,54E-07**
<b>Vitória/ES x Atafona/RJ</b>	3,12	1,51E-03*
<b>Vitória/ES x Farol de São Tomé/RJ</b>	1,46	1,59E-01
<b>Anchieta/ES x Atafona/RJ</b>	22,01	4,03E-13***
<b>Anchieta/ES x Farol de São Tomé/RJ</b>	4,84	2,93E-05**
<b>Atafona/RJ x Farol de São Tomé/RJ</b>	4,55	5,36E-05**

\* Nível de significância

Considerando as porcentagens de sobreposição da área das elipses dos estoques do camarão sete-barbas, o maior valor se refere a sobreposição de Vitória em relação ao Farol de São Tomé (85,2%). Os estoques de Atafona e Farol de São Tomé apresentam baixa sobreposição de nicho isotópico (3,7% e 3,8%), enquanto a sobreposição é inexistente quando se compara o estoque de Atafona com os estoques de Vitória e Anchieta (Tabela V).

Tabela V. Sobreposição da SEA (%) entre os estoques pesqueiros do camarão sete-barbas nos estados do Espírito Santo (ES) e Rio de Janeiro (RJ), sudeste do Brasil.

	<b>Vitória/ES</b>	<b>Anchieta/ES</b>	<b>Atafona/RJ</b>	<b>Farol de São Tome/RJ</b>
<b>Vitória/ES</b>	-	40,0	0,0	85,2
<b>Anchieta/ES</b>	28,6	-	0,0	48,1
<b>Atafona/RJ</b>	0,0	0,0	-	3,7
<b>Farol de São Tome/RJ</b>	36,5	28,9	3,8	-

## 5. DISCUSSÃO

Este estudo analisou o nicho isotópico dos estoques pesqueiros do camarão sete-barbas, *X. kroyeri*, em áreas de pesca contíguas do sudeste do Brasil. A amplitude do nicho isotópico é maior para os camarões provenientes dos estoques do estado do Espírito Santo (~20°S) em comparação àqueles capturados no estado do Rio de Janeiro (~21-22°S). Em geral, essa diferença também se refletiu nas demais métricas descritoras do nicho isotópico (Figura 4; Tabela III).

O camarão sete-barbas é uma espécie onívora, alimentando-se de fontes primárias e pequenos animais associados ao ambiente bentônico e a coluna d'água (Corbisier *et al.*, 2006; Willmes *et al.*, 2016). A assinatura isotópica de  $\delta^{13}\text{C}$  dos camarões sete-barbas provenientes dos estoques pesqueiros estudados reflete o hábito costeiro da espécie. Di Benedetto *et al.* (2012) posicionaram esta espécie na base de uma cadeia alimentar costeira no norte do estado do Rio de Janeiro, classificando-a como consumidor 1, adiante apenas de produtores primários (fitoplâncton) e consumidores primários (zooplâncton). Valores similares foram registrados em outros compartimentos da fauna marinha costeira no sudeste do Brasil (Corbisier *et al.*, 2006; Di Benedetto *et al.*, 2011, Di Benedetto *et al.*, 2018).

As variações entre os estoques, especialmente os valores mais pesados de  $\delta^{13}\text{C}$  registrados nos camarões provenientes do estoque de Anchieta, representam a variedade de fontes primárias de recursos. O  $\delta^{13}\text{C}$  varia entre produtores primários com diferentes vias fotossintéticas (e.g., plantas C3 e C4, fitoplâncton) e é utilizado como traçador para determinar as fontes de carbono da dieta. Assinaturas mais leves de  $\delta^{13}\text{C}$  são registradas em plantas C3 (-34‰ a -22‰), valores entre -18‰ e -24‰ são característicos de fitoplâncton, enquanto assinaturas mais pesadas são registradas em plantas C4 (-7‰ a -16‰) (Peterson & Fry, 1987; Gannes *et al.*, 1998; Lopes & Benedito-Cecílio, 2002). Dessa forma, o fitoplâncton pode ser uma das principais fontes primária de recurso para a espécie, mas também há contribuição de plantas C4. O fitoplâncton é um grupo polifilético composto por microorganismos

fotossintetizantes (e.g. algas, cianobactérias e algumas poucas bactérias) (Brasil & Huszar, 2011).

Os valores de  $\delta^{15}\text{N}$  dos camarões estão dentro do esperado para um organismo com suas características alimentares e posição trófica (Di Benedetto *et al.*, 2012; Bittar *et al.*, 2016; Willmes *et al.*, 2016). Em geral, o  $\delta^{15}\text{N}$  enriquece a partir de transferências tróficas entre os organismos que compõem as cadeias alimentares (Post, 2002; Kehrig *et al.*, 2017). Esse marcador trófico também é sensível ao tamanho corporal dos consumidores, seu estado nutricional e metabolismo de excreção, diferenças quantitativas e qualitativas na ingestão e assimilação alimentar, e deve ser interpretado com cautela (Hobson *et al.*, 1996; Kurle & Worthy, 2001; Jennings *et al.*, 2002; Das *et al.*, 2003). A média mais elevada dos valores de  $\delta^{15}\text{N}$  nos camarões que representam o estoque pesqueiro de Atafona não indica necessariamente uma posição trófica superior desses indivíduos em relação àqueles dos demais estoques. A assinatura isotópica de  $\delta^{15}\text{N}$  de organismos de mesma posição trófica poder ser distinta em decorrência de diferenças nos valores de  $\delta^{15}\text{N}$  dos seus itens alimentares preferenciais (Di Benedetto *et al.*, 2018). Portanto, os camarões do estoque de Atafona possuem fontes alimentares mais enriquecidas em  $\delta^{15}\text{N}$  em relação aos demais estoques pesqueiros. O Rio Paraíba do Sul, cuja foz principal se localiza em Atafona, é responsável pelo aporte de altas concentrações de nutrientes para a área costeira (Kruger *et al.*, 2013), e isso pode influenciar a cadeia trófica do camarão sete-barbas, enriquecendo-a em  $\delta^{15}\text{N}$ .

Em geral, o camarão sete-barbas realiza seu ciclo de vida no ambiente marinho costeiro, mas podem haver variações ontogenéticas e sexuais quanto ao padrão de distribuição preferencial neste ambiente, com a consequente segregação da população (ou do estoque pesqueiro). Em geral, o desenvolvimento dos juvenis está associado a águas mais rasas e as fêmeas maduras se deslocam para águas mais salinas e distantes da linha de costa para realizar a desova (Castro *et al.*, 2005). As diferenças quanto as dimensões do nicho isotópico dos estoques pesqueiros estudados são indicativos de variações nos padrões de distribuição. Os estoques pesqueiros de Vitória e Anchieta apresentaram as maiores áreas de nicho isotópico, o que representa

maior dispersão dos indivíduos nesses estoques no espaço isotópico. Nesse sentido, a captura de camarões adultos poderia ocorrer em regiões distintas dos camarões juvenis. Já nos estoques de Atafona e Farol de São Tomé, com os menores nichos isotópicos, os indivíduos compartilham a área de uso (e os recursos disponíveis). O compartilhamento de hábitat poderia aumentar a probabilidade de captura de indivíduos juvenis durante a pesca. Uma medida para minimizar essa captura seria o aumento do tamanho da malha da rede, mantendo os camarões adultos como alvos preferenciais.

A maior diversidade trófica, representada pelas métricas NR, CR, CD e SEA, está associada principalmente aos estoques de Vitória e Anchieta. Isso indica a maior variedade de fontes alimentares e/ou a utilização mais abrangente dos recursos disponíveis por parte dos camarões capturados a partir desses portos de pesca. Por outro lado, a redundância trófica (MNND e SDNND) é em geral maior nos estoques pesqueiros do estado do Rio de Janeiro (Atafona e Farol de São Tomé), revelando que os camarões tendem a ser mais homogêneos em termos alimentares quando comparados aos camarões dos estoques do estado do Espírito Santo (Vitória e Anchieta). As variações entre os estoques pesqueiros do camarão sete-barbas em relação as métricas de nicho isotópico, incluindo a amplitude de nicho (SEA), podem ser compreendidas a partir das características ambientais distintas ao longo das áreas estudadas.

Os portos de pesca do estado do Espírito Santo se localizam em regiões de baías e enseadas, com estuários e manguezais associados. No interior da Baía de Vitória, por exemplo, há restrições quanto a utilização de redes de arrasto de fundo para a pesca de camarões (Portaria SUDEPE nº N-75, 25 de abril de 1985). No entanto, os camarões podem se deslocar entre as áreas abrigadas e os campos de pesca das embarcações situados em áreas costeiras de mar aberto, utilizando os recursos alimentares em ambas as áreas. Apesar do camarão sete-barbas não depender de estuários para completar seu ciclo de vida (Boost *et al.*, 2016), a proximidade com esses ambientes amplia a variedade de recursos disponíveis para sua alimentação onívora.

Na região costeira de Vitória se localiza o estuário do Rio Santa Maria e as Baías de Vitória e do Espírito Santo. Segundo dados do Instituto Brasileiro

de Geografia e Estatística - IBGE (2017), 48% da população do estado do Espírito Santo se localiza na região denominada de Grande Vitória, que inclui quatro municípios: Cariacica, Vila Velha, Serra e Vitória. O sistema estuarino localizado na Baía de Vitória possui dois canais de continuação com o mar, o Canal da Passagem e o Canal do Porto, sendo que o primeiro faz comunicação com a Baía do Espírito Santo. Um conjunto de 10 bacias hidrográficas drenam para região, a saber: Canal da Passagem do Norte, Canal da Passagem do Sul, Marinho-Formate, Mestre Álvaro, Praia da Costa e Canal, Rio Aribiri, Rio Bubu, Rio Itangua, Rio Santa Maria e São Pedro-Santo Antônio. A ação antrópica através do lançamento de esgoto doméstico e águas residuais de indústrias contribui para o aumento dos níveis de nutrientes na região costeira. Além disso, os aportes fluviais são provável fonte de sedimentos lamosos para a região costeira, elevando a concentração de matéria orgânica (Junior *et al.*, 2009).

Outro fator que altera o ambiente costeiro na região é o tráfego de embarcações de grande porte a partir dos Portos de Vitória e Tubarão. O tráfego de navios modifica o hábitat de fundo devido ao revolvimento do substrato a partir da propulsão gerada pelas hélices (Kennish, 2002). Na área de influência da Dragagem de Aprofundamento do Complexo Portuário de Tubarão, há elevada riqueza de espécies de anelídeos, moluscos e crustáceos (RIMA, 2018). A remobilização constante do substrato torna disponível para o camarão sete-barbas (e outros organismos) a matéria orgânica anteriormente retida.

As variações ambientais na região costeira de Vitória, tais como baixa incidências de ondas, penetração de maré, áreas de manguezal, aportes fluviais e ilhas e encostas na linha de costa influenciam na variedade e disponibilidade de recursos alimentares disponíveis para o camarão sete-barbas, implicando na maior diversidade alimentar e menor redundância trófica, conforme registrado neste estudo.

Em Anchieta, a Ponta dos Castelhanos e a Ponta de Ubu formam enseadas costeiras que podem funcionar como áreas de abrigo para o camarão sete-barbas. A ocupação urbana no entorno desse porto é reduzida, e apesar da presença de pastagens (criação de gado) e silvicultura (eucalipto), os ecossistemas de restinga e Mata Atlântica ainda são relativamente bem

preservados (Petri *et al.*, 2011). Além disso, o manguezal situado na foz do Rio Benevente é caracterizado pelo seu bom estado de conservação (ICMBio, 2018). Barroso *et al.* (2007) verificaram a alta produtividade primária em águas costeiras da região, além de concentrações elevadas de oxigênio e fósforo no sedimento. Os fatores mencionados acima implicam em mais recursos primários disponíveis e consumidos pela espécie, conforme indicado pelo valor mais alto da métrica CR para o estoque pesqueiro de Anchieta.

Os portos de pesca (e os campos de pesca) do Norte do Rio de Janeiro, apresentaram menor diversidade trófica e maior redundância trófica, bem com as menores amplitudes de nicho isotópico se localizam em regiões de mar aberto, mas estão sob influências ambientais distintas. No caso de Atafona como dito anteriormente, as áreas marinhas costeiras (hábitat preferencial do camarão sete-barbas) sofrem influência direta do Rio Paraíba do Sul e do manguezal localizado em seu estuário. Este rio tem uma bacia de drenagem com cerca de 56.500 km<sup>2</sup>, estendendo-se por áreas urbanizadas, industriais e rurais dos estados de São Paulo, Minas Gerais e Rio de Janeiro, que aportam efluentes, matéria orgânica e sedimento para a região costeira adjacente as suas fozes (Kruger *et al.*, 2003). A pluma do Rio Paraíba do Sul pode alcançar mais de 30 km de distância da linha de costa, de acordo com a época de vazão, tornando o ambiente marinho adjacente a descarga do rio com características fluviais (Souza *et al.*, 2010).

Oliveira *et al.* (2012) descreveram a dinâmica da pluma do Rio Paraíba do Sul ao longo do ano. Durante os meses de primavera e verão (setembro a março) há prevalência de ventos dos quadrantes NE-E e a dispersão da pluma na direção sul. A reversão desta direção para o norte pode ocorrer ocasionalmente no inverno (junho a agosto), a partir da passagem de frentes atmosféricas frias. A pluma tende a se dispersar paralelamente à linha de costa, aumentando a retenção de material sólido em suspensão na área costeira. Essa dinâmica indica que os efeitos da descarga do Rio Paraíba do Sul são mais sentidos ao sul do porto de Atafona, e não em direção ao porto de Anchieta, que está localizado ao norte das fozes deste rio.

O efeito da pluma do Rio Paraíba do Sul no hábitat do camarão sete-barbas pode explicar, ao menos em parte, a baixa diversidade trófica e a elevada redundância trófica constatadas para os indivíduos desse estoque

pesqueiro a partir da análise isotópica (Tabela III). O ambiente homogêneo formado pela forte influência da pluma em regiões costeiras pode levar a baixa variabilidade de fontes alimentares que estariam disponíveis para a espécie na região, refletindo na baixa diversidade trófica. Por outro lado, a grande quantidade de recurso disponível em decorrência dessa influência no hábitat preferencial da espécie favoreceria o compartilhamento da área de uso e do recurso alimentar entre os indivíduos, contribuindo na formação de um estoque (ou população) não segregado, no qual os indivíduos teriam ecologia trófica mais uniforme e, portanto, elevada redundância trófica.

O porto do Farol de São Tome e os campos de pesca das embarcações aí sediadas também são localizados em região de mar aberto, delimitada ao norte pelo Cabo de São Tomé. Nessa região não há aportes fluviais, mas a influência sazonal (novembro a março, principalmente) do fenômeno da ressurgência da ACAS. A ressurgência possibilita o aporte de nutrientes provenientes desta massa d'água fria nas regiões costeiras, aumentando a produtividade primária local (Calado *et al.*, 2010; Coelho-Souza *et al.*, 2012). Apesar de influências ambientais distintas, a amplitude de nicho isotópico (e a maioria das métricas utilizadas neste estudo) dos estoques pesqueiros do camarão sete-barbas de Atafona e do Farol de São Tomé é semelhante. Isso provavelmente reflete a homogeneidade de fontes alimentares disponíveis para os estoques, independentemente de sua origem alóctone, como no caso da influência da pluma do Rio Paraíba do Sul em águas costeiras, ou autóctone, como o aumento da atividade fitoplanctônica e da produtividade primária na região decorrente da ressurgência da ACAS.

A presença do camarão sete-barbas nos desembarques pesqueiros comerciais realizados a partir do porto do Farol de São Tomé tem menos de duas décadas. Até o final da década de 1990, a pescaria praticada neste porto era voltada principalmente para o camarão barba-ruça (*A. longinarius*) (Semensato & Di Benedetto, 2008). Apesar da presença do camarão sete-barbas na região, o seu tamanho populacional não era suficiente para ter representatividade no volume total desembarcado. A partir de 2000, a presença do camarão sete-barbas é gradualmente registrada na pesca comercial deste porto (Bissaro *et al.*, 2013). Atualmente, o volume capturado de ambas as espécies é comparável (observação pessoal). Provavelmente, o estoque do

camarão sete-barbas que ocorre na área de pesca do Farol de São Tomé (~22°05'S - 22°20'S) se originou a partir do estoque pesqueiro de Atafona (Bissaro *et al.*, 2013). Em Atafona, a pesca comercial de camarão é monoespecífica, voltada para captura do camarão sete-barbas (Bonfim *et al.*, 2017).

Além da homogeneidade da fonte alimentar, a exposição da linha de costa poderia explicar as dimensões de nicho mais reduzidas nos estoques pesqueiros de Atafona e do Farol de São Tomé. Regiões com linha de costa mais exposta podem levar a maior vulnerabilidade dos organismos que aí se distribuem devido à ausência de abrigos naturais, o que afetaria especialmente os organismos de tamanho corporal pequeno e/ou situados na base das cadeias alimentares, tal como o camarão sete-barbas. Dessa forma, a menor dimensão do nicho isotópico observada nos estoques pesqueiros do estado do Rio de Janeiro pode refletir uma estratégia intraespecífica para aproveitamento dos recursos alimentares disponíveis em área de uso mais restrita, reduzindo a vulnerabilidade local da espécie à predação e/ou à exposição a fatores ambientais adversos, tais como fortes ventos e correntes marinhas que predominam em regiões de mar aberto.

A ausência ou a baixa sobreposição de nicho isotópico entre estoques contíguos do camarão sete-barbas (Anchieta x Atafona – 0% e Atafona x Farol de São Tomé - <4%) indicam que os animais têm à disposição recursos alimentares distintos ou utilizam os recursos disponíveis de modo distinto. No caso dos estoques contíguos de Vitória e Anchieta, os percentuais de sobreposição foram mais elevados, variando em torno de 30-40%. No entanto, esses estoques apresentaram as maiores áreas de nicho isotópico, quantificada através das respectivas SEAs, e provavelmente o percentual de sobreposição de nicho não representaria indícios de competição intraespecífica que pudesse influenciar na sua manutenção local. Por outro lado, a elevada sobreposição do estoque de Vitória sobre o Farol de São Tomé (>85%) não compromete a manutenção do segundo, pois a distância geográfica entre eles é grande (Figura 1). As sobreposições encontradas entre estoques pesqueiros podem ser indicativos de similaridade nos itens alimentares disponíveis ao longo da sua distribuição.

O camarão sete-barbas apresenta plasticidade alimentar (Willems *et al.*, 2016). Isso pode favorecer a utilização dos recursos mais abundantes em uma dada região e a expansão das populações através de habitats contíguos com condições ambientais favoráveis ao desenvolvimento da espécie (e.g., temperatura e salinidade). O volume de desembarques pesqueiros do camarão sete-barbas é elevado ao longo de sua distribuição (<http://www.fao.org/fishery/species/2600/en>), que é continuada entre ~36°N e ~30°S (Costa *et al.*, 2003). Isso confirma a eficiência da espécie na ocupação de áreas favoráveis ao seu desenvolvimento. Além disso, o camarão sete-barbas não depende de regiões estuarinas para completar o seu ciclo de vida, o que é uma vantagem em relação a outros peneídeos (Boost *et al.*, 2016).

Diante dos resultados apresentados, conclui-se que o camarão sete-barbas utiliza os recursos alimentares disponíveis de forma diferenciada ao longo da área de estudo, o que era esperado dado a sua plasticidade alimentar e as influências ambientais distintas ao longo dos campos de pesca estudados. A disponibilidade e/ou utilização desses recursos são provavelmente influenciadas pelas características do hábitat, tais como a presença ou ausência de áreas costeiras abrigadas (baías, enseadas), a origem e o aporte de nutrientes e/ou matéria orgânica para regiões costeiras e sua distribuição no ambiente marinho. A análise de nicho isotópico permite distinguir os estoques pesqueiros da espécie que se distribuem em torno de 20°S (portos de pesca no centro-sul do estado do Espírito Santo) e 21°S-22°S (portos de pesca no norte do estado do Rio de Janeiro), e pode ser utilizada como ferramenta para o reconhecimento da procedência (campo de pesca) do produto pescado ao longo dessa região.

## **6. Considerações finais**

O camarão sete-barbas é o crustáceo mais explorado pela pesca extrativa marinha em todo litoral brasileiro, e se destaca quanto a abundância em relação aos demais camarões peneídeos explorados. Oscilações quanto ao volume anual de captura colocaram a espécie em situações de sobrepesca. Desse modo, estudos que envolvem os estoques pesqueiros são importantes

para o ordenamento pesqueiro e a exploração sustentável. Este estudo comparou diferentes estoques pesqueiros do camarão sete-barbas para compreensão do uso dos recursos disponíveis no seu hábitat preferencial em uma escala espacial abrangente, desde a porção centro-sul do estado do Espírito Santo ao norte do estado do Rio de Janeiro.

A análise do nicho isotópico revelou diferenças entre os estoques pesqueiros dos estados do Espírito Santo (Vitória e Anchieta) e Rio de Janeiro (Atafona e Farol de São Tome), indicando variação nos recursos alimentares disponíveis que permitiram o reconhecimento dos estoques. As variações nas fontes alimentares são provavelmente decorrentes das características ambientais de cada região.

Em geral, os camarões relacionados aos estoques de Vitória e Anchieta apresentaram as maiores dimensões de nicho isotópico, indicando maior variedade de recursos e uso diferenciado das fontes alimentares. Ambas as regiões são caracterizadas pela presença de abrigos naturais, com influências de rios e mar. Os camarões obtidos em Atafona e Farol de São Tomé, por sua vez, apresentaram as menores dimensões de nicho isotópico, o que implica em menor variedade de recursos alimentares e maior compartilhamento da área de uso e dos recursos. Essas regiões são caracterizadas pela exposição da linha de costa e pela homogeneidade de fontes alimentares devido a influência do Rio Paraíba do Sul (Atafona) e da ressurgência da ACAS (Farol de São Tomé). A plasticidade alimentar e a tolerância a diferentes condições ambientais favorecem o estabelecimento do camarão sete-barbas ao longo da área estudada.

Os isótopos estáveis de carbono e nitrogênio têm sido utilizados para reconhecer a origem de produtos em setores alimentícios (e.g. Araújo *et al.*, 2011; Ducatti *et al.*, 2011). Neste trabalho, essa ferramenta possibilitou distinguir os estoques pesqueiros do camarão sete-barbas entre os estados do Espírito Santo e Rio de Janeiro, mostrando-se eficaz para o reconhecimento da procedência do pescado.

## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abrantes, K. G., Barnett, A., Bouillon, S. 2014. Stable isotope-based community metrics as a tool to identify patterns in food web structure in east African estuaries. *Functional Ecology*. 28, 270–282.
- Almeida, A. C., Baeza, J. A., Fransozo, V., Castilho A. L., Fransozo, A. 2012. Reproductive biology and recruitment of *Xiphopenaeus kroyeri* in a marine protected area in the western Atlantic: implications for resource management. *Aquatic Biology*. 17: 57–69.
- Amaral, A. C. Z., Leite, F. P. P. 2008. Invertebrados Aquáticos. In, A. B. M. Machado, G. M. Drummond, and A. P. Paglia (eds.), *Livro Vermelho da Fauna Brasileira Ameaçada de Extinção*. MMA, Belo Horizonte.
- Anderson, R. K., Parker, P. L. 1987. A  $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$  Tracer study of the utilization of presented feed by a commercially important shrimp *Penaeus vannamei* in a Pond Grow out System. *Journal of the world aquaculture society*. 18:148-155.
- Araujo, P. C., Sartoni, J. R., Cruz, V. C., Pezzato, A. C., Ducatti, C., Stradiotti, A. C., Pelícia, C. V. 2011. Rastreabilidade de farinha de vísceras de aves por isótopos estáveis em penas de frangos de corte. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*. v.46, n.5, p.538-545.
- Auerswald, K., Wittmer, M. H. O., Zazzo, A., Schäufele, R., Schnyder, H. 2010. Biases in the analysis of stable isotope discrimination in food webs. *Journal Applied Ecology*. 47:936–941
- Barroso, G. F., Subtil, E. L., Garcia, A. N. 2007. Aspectos da qualidade da água na área de cultivo de moluscos bivalves de Anchieta (ES). In book: Barroso, G. F., Poersch, L. H. S., Cavalli, R. O. 2007. Sistemas de cultivos aquícolas na zona costeira do Brasil: recursos, tecnologias, aspectos ambientais e sócio-econômicos. *Museu Nacional – Universidade Federal do Rio de Janeiro*. 315 p.
- Bissaro, F. G., Gomes, JR J. L., Di Benedetto, A. P. M. 2013. Morphometric variation in the shape of the cephalothorax of shrimp *Xiphopenaeus kroyeri* on the east coast of Brazil. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*. 93:683–691.
- Bittar, V. T., Rezende, C. E., Kehrig, H.A. Di Benedetto, A. P. M. 2016. Mercury bioaccumulation and isotopic relation between *Trichiurus lepturus* (Teleostei) and its preferred prey in coastal waters of southeastern Brazil. *Anais da Academia* 5. 88(2): 801-807.
- Bonfim, B.C., Santos, A.F.G.N., Di Benedetto, M.A.P. 2017. A pesca extrativa marinha no porto de Atafona, São João da Barra - RJ: Passado e Presente. *Brazilian Journal of Aquatic Science and Technology*. 21(1).
- Boost, H., Costa, R.C., Santos, R.A.F., Dias-Neto, J., Severino-Rodrigues, E., Rodrigues, L.F., D’Incao, F., Ivo, C.T.C. Coelho, P.A. 2016. Avaliação dos Camarões Peneídeos (Decapoda: Penaeidae). Cap. 23: p. 300-317. In: Pinheiro, M., Boos, H. (Org.). *Livro Vermelho dos Crustáceos do Brasil*:

*Avaliação 2010-2014*. Porto Alegre, RS, Sociedade Brasileira de Carcinologia - SBC, 466 p.

Branco, J. O., Lunardon-Branco, M. J., Souto F. X., Guerra, C. R. 1999. Estrutura populacional do camarão sete-barbas *Xiphopenaeus kroyeri* (Heller, 1862), na Foz do Rio Itajaí – Açú, Itajaí, SC, Brasil. *Brazilian Archives of Biology and Technology*. 42:115-126.

Branco, J. O., Moritz Junior, H. C. 2001. Alimentação natural do camarão sete-barbas, *Xiphopenaeus kroyeri* (Heller) (Crustacea, Decapoda), na Armação Itapocoroy, Penha, Santa Catarina. *Revista Brasileira de Zoologia*. 18(1):53 – 61.

Branco, J. O. 2005. Biologia e pesca do camarão sete-barbas *Xiphopenaeus kroyeri* (Heller) (Crustacea, Penaeidae), na Armação do Itapocoroy, Penha, Santa Catarina, Brasil. *Revista Brasileira de Zoologia*. 22:1050-1062.

Brasil. 2009. [Lei nº 11.959, de 29 de junho de 2009](#). Dispõe sobre o regulamento das atividades pesqueiras. *Diário Oficial da República Federativa do Brasil*. Brasília.

Calado, L., Silveira, I.C.A., Gangopadhyay, A., Castro, B.M. 2010. Eddy-induced upwelling off Cape São Tomé (22°S, Brazil), *Continental Shelf Research*. v. 30 n. 10–11, p 1181-1188.

Campos, B. R., Dumont, L. F. C., D’Incao F., Branco, J. O. 2009. Ovarian development and length at first maturity of the sea-bob-shrimp *Xiphopenaeus kroyeri* (Heller) based on histological analysis. *Nauplius*. 17: 9-12.

Carvalho, G. R., Hauser, L. 1994. Molecular-Genetics and the Stock Concept In Fisheries Reviews. *In Fish Biology and Fisheries*. 4: 326-350.

Castilho, A. L., Costa, R. C., Fransozo, A., Boschi, E. E. 2007. Reproductive pattern of the South American endemic shrimp *Artemesia longinaris* (Decapoda, Penaeidae), off the coast of São Paulo state, Brazil. *Revista de Biologia Tropical*. v. 55, n. 1, p. 39-48.

Castilho, A. L. 2008. Reprodução e recrutamento dos camarões Penaeoidea (Decapoda: Dendrobranchiata) no litoral norte do estado de São Paulo. Tese apresentada ao curso de Pós-graduação do Instituto de Biociências da Universidade Estadual Paulista - UNESP, Botucatu, p. 114.

Castro, P. M. G. 2004. A pesca de recursos demersais e suas transformações temporais. Disponível em: <[http://www.pesca.sp.gov.br/textos\\_tecnicos.php](http://www.pesca.sp.gov.br/textos_tecnicos.php)>

Castro, R. H., Costa R. C., Fransozo, A., Mantelatto, F. L. 2005. Population structure of the seabob shrimp *Xiphopenaeus kroyeri* (Heller, 1862) (Crustacea: Penaeoidea) in the litoral of São Paulo, Brazil. *Scientia Marina*. 69:105-112.

Caut, S., Angulo, E., Courchamp, F. 2009. Variation in discrimination factors ( $\delta^{15}\text{N}$  and  $\delta^{13}\text{C}$ ): the effect of diet isotopic values and applications for diet reconstruction. *Journal Applied Ecology*. 46:443–453.

- Coelho-Souza, S. A., López, M. S., Guimarães, J. R. D., Coutinho, R., Candella, R. N. 2012. Biophysical interactions in the Cabo Frio upwelling system, southeastern Brazil. *Brazilian Journal of Oceanography*. 60(3):353-365.
- Conand, C., Byrne, M. 1993. A review of recent developments in the world sea cucumber fisheries. *Marine Fisheries Review*. 55: 1-13.
- Corbisier, T. N., Soares, L. S. H., Petti, M. A. V., Muto, E. Y., Silva, M. H. C., McClelland, J., Valiela, I., 2006. Use of isotopic signatures to assess the food web in a tropical shallow marine ecosystem of Southeastern Brazil. *Aquatic Ecology*. 40, 381e390.
- Corrêa, A. B., Martinelli, J. M. 2009. Composição da População do Camarão-Rosa *Farfantepenaeus subtilis* (Pérez-Farfante, 1936) no Estuário do Rio Curuçá, Pará, Brasil. *Revista Científica da UFPA*. V. 7, Nº 01.
- Costa, R. C., Fransozo, A., Melo G. A. S., Freire, F. A. M. 2003. Chave ilustrada para identificação dos camarões Dendrobranchiata do litoral do estado de São Paulo, Brasil. *Biota Neotropica*. 3:1-12.
- Costa, R.C., Fransozo, A., Freire, F.A.M., Castilho, A.L. 2007. Abundance and ecological distribution of the “sete-barbas” shrimp *Xiphopenaeus kroyeri* (Heller, 1862) (Decapoda: Penaeoidea) in three Bays of the Ubatuba region, southeastern Brazil. *Gulf and Caribbean Research*. 19: 33-41.
- Costa, R. C., Heckler, G. S., Simões, S. M., Lopes, M., Castilho A. L. 2011. Seasonal variation and environmental influences on abundance of juveniles of the seabob shrimp *Xiphopenaeus kroyeri* (Heller, 1862) in southeastern Brazil, pp. 47–58. In, Pessani D., Tirelli T., and Frogliá C. (eds.), IX Colloquium Crustacea Mediterranea – *Behaviour, Ecology, Fishery*.
- Costa, R. C, Carvalho-Batista, A. Herrera, D. R., Pantaleão, J. A. F., Teodoro S. S. A, Davanzo T. M. 2016. Carcinofauna acompanhante da pesca do camarão sete-barbas *Xiphopaeneus kroyeri* em Macaé, Rio de Janeiro, Sudeste Brasileiro. *Boletim do Instituto de Pesca*. Vol 42.
- Dall, W.; Hill, B. J.; Rothlisberg, P. C.; Staples, D. J. 1990. The biology of Penaeidae. In: Blaxter, J. H. S. & Southward, A. J. (Ed.): *Advances in Marine Biology*, 283-355; Academic Press, San Diego.
- Das, K. Lepoint, G., Leroy, Y., Bouqueneau, J. M. 2003. Marine mammals from the southern North Sea: feeding ecology data from  $\delta^{13}\text{C}$  and  $\delta^{15}\text{N}$  measurements. *Marine Ecology Progress Series*. Vol. 263: 287–298.
- D’Incao, F., Valentini H., Rodrigues, L.F. 2002. Avaliação da pesca de camarões nas regiões Sudeste e Sul do Brasil. 1965-1999. *Atlântica*. 24(2): 103-116.
- Deehr, R. A., Luczkovich, J. J., Hart, K. J., Clough, L. M., Johnson, B. J., Johnson, J. C. 2014. Using stable isotope analysis to validate effective trophic levels from Ecopath models of areas closed and open to shrimp trawling in CoreSound, NC, USA. *Ecological Modelling*. 282: 1-17.

- Deniro, M.J., Epstein, S. 1978. Influence of diet on the distribution of carbon isotopes in animals. *Geochimica et Cosmochimica Acta*. 42:495-506.
- Di Benedetto, A. P. M., Souza, C. M. M., Rezende, C. E. 2011. Use of multiple tools to assess the feeding preference of coastal dolphins. *Marine Biology*. 158:2209–2217
- Di Benedetto, A. P. M., Bittar, V. T., Camargo, P. B., Rezende, C. E., Kehrig, H. A. 2012. Mercury and nitrogen isotope in a marine species from a tropical coastal food web. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology*. 62: 264-271.
- Di Benedetto, A. P. M., Monteiro, L. R. 2016. Isotopic niche of two coastal dolphins in a tropical marine area: specific and age class comparisons. *Journal of the Marine Biological Association of UK*. 96: 853-858.
- Di Benedetto, A. P. M., Siciliano, S., Monteiro, L. R. 2017. Herbivory level and niche breadth of juvenile green turtles (*Chelonia mydas*) in a tropical coastal area: insights from stable isotopes. *Marine Biology*. 164.
- Di Benedetto, A.P.M., Tavares, M.T.M., Monteiro, L.R. 2018. Isotopic niche of the catfishes *Bagre bagre* and *Genidens barbatus* in a coastal area of south-eastern Brazil. *Biota Neotropica*. 18(3).
- Diegues, A. C. 1983. *Pescadores, camponeses e trabalhadores do mar*. São Paulo: Editora Ática. 287p.
- Diegues, A. C. 1999. A sócio-antropologia das comunidades de pescadores marítimos no Brasil. *Etnográfica*. 3: 361-375.
- Ducatti, C., Martins, C. L., Arrigoni, M. B., Martins, M. B., Vieira Júnior, L. C., Denadai, J. C. 2011. Utilização de isótopos estáveis em ruminantes. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.40, p.68-75, 2011.
- EMBRAPA. 2009 - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento.
- Fernandes, L. P., Silva, A. C., Jardim, L. P., Keunecke, K. A., Di Benedetto, A. P. M. 2011. Growth and recruitment of the atlantic seabob shrimp, *Xiphopenaeus kroyeri* (Heller, 1862) (Decapoda, Penaeidae), on the coast of Rio de Janeiro, southeastern Brazil. *Crustaceana*. 84(12-13): 1465-1480.
- Fernandes, L. P, Keunecke, K. A, Di Benedetto, A. P. M. 2014. Analysis of mortality and exploitation of a stock of shrimp *Xiphopenaeus kroyeri* in the Southwestern Atlantic Ocean. *International Journal of Fisheries and Aquatic Studies*. 2(1):57-64.
- Fernandes, L. P, Keunecke, K. A, Di Benedetto, A. P. M. 2017. Seabob shrimp (*Xiphopenaeus kroyeri* Heller, 1862) fishery in northern Rio de Janeiro State, southeastern Brazil: Costs and revenues. *International Journal of Fisheries and Aquatic Studies*. 5(5): 172-175.

FIPERJ - Fundação Instituto de Pesca do Estado do Rio de Janeiro. 2013. Boletim Estatístico da Pesca do Estado do Rio de Janeiro – Anos 2011 e 2012. FIPERJ: Niterói, 93f. Disponível em <http://www.fiperj.rj.gov.br/index.php/publicacao/index/1>

Fonteles Filho, A. A. 2011. Oceanografia, biologia e dinâmica populacional de recursos pesqueiros. 2ª edição. Fortaleza: *Expressão Gráfica e Editora*.

Food and Agriculture Organization (FAO). 2010. The State of the World's Fisheries and Aquaculture. *Food and Agriculture Organization of the United Nations*. Rome.

Food and Agriculture Organization (FAO). 2014. Global Capture Production for *Xiphopenaeus Kroyeri*. *FAO Fishery Statistic*.

Fransozo, A., Costa R. C., Mantelatto, F. L. M., Pinheiro, M. A. A., Santos, S. 2002. Composition and abundance of shrimp species (Penaeidea and Caridea) in Fortaleza Bay, Ubatuba, São Paulo, Brazil. *Modern Approaches of the Study on Crustacea*. 117-123.

Freitas-Neto, R., Di Benedetto, A. P. M. 2007. Diversidade de artefatos da pesca artesanal marinho do Espírito Santo. *Biotemas*. 20 (2): 107-119.

Fry, B. 1981. Natural stable carbon isotope tag traces Texas shrimp migrations. *Fishery Bulletin*. 79:337–345.

Fry, B., Mumford, P. L., Robblee, M. B. 1999. Stable isotope studies of pink shrimp (*Farfantepenaeus duorarum* burkenroad) migrations on the Southwestern Florida shelf. *Bulletin of Marine Science*. 65(2): 419–430.

Fry, B., Baltz, D. M., Benfield, M. C., Fleeger, J. W., Gace, A., Haas, H. L., Quinones-Rivera, Z. J. 2003. Stable isotope indicators of movement and residency for brown shrimp (*Farfantepenaeus aztecus*) in Coastal Louisiana Marshscapes. *Estuaries*. 26:82–97.

Fry, B. 2008. *Stable Isotope Ecology*. 3<sup>rd</sup> ed. Springer-Verlag, New York, 308 pp.

Gannes, L. Z., Del Rio, C. M., Koch, P. 1998. Natural abundance variations in stable isotopes and their potential uses in animal physiological ecology. *Comparative Biochemistry and Physiology*. Vol. 119A, No. 3, pp. 725–737.

Gelpi JR. C. G., Fry B., Condrey R. E., Fleeger J. W., Dubois S. F. 2013. Using  $\delta^{13}\text{C}$  and  $\delta^{15}\text{N}$  to determine the migratory history of offshore Louisiana blue crab spawning stocks. *Marine Ecology Progress Series*. 494:205–218.

Gillet, R., 2008. Global study of shrimp fisheries. Rome: FAO, 475 p. *Fisheries Technical Paper*.

Graça-Lopes, R., Tomás A. R. G., Tutui S. L. S., Severino-Rodrigues, E., Puzzi, A. 2002. Comparação da dinâmica de desembarques de frotas camaroeiras do Estado de São Paulo, Brasil. *Boletim Instituto de Pesca*. v. 28, n. 2, p. 163-171.

Graça-Lopes, R., Santos, E. P., Severino-Rodrigues, E., Braga, F. M. S. Puzzi, A. 2007. Aportes ao conhecimento da biologia e da pesca do camarão sete-

barbas (*Xiphopenaeus kroyeri* Heller, 1862) no litoral do estado de São Paulo, Brasil. *Boletim do Instituto de Pesca*. São Paulo, 33:63-84.

Haefner, P. A. 1990. Natural diet of *Callinectes ornatus* (Brachyura: Portunidae) in Bermuda. *Journal of Crustacean Biology*. 10(2): 236-246.

Harris, D., Horwath, W. R., van Kessel, C. 2001. Acid fumigation of soils to remove carbonates prior to total organic carbon or carbon-13 isotopic analysis. *Soil Science Society of America Journal*. Am. J. 65, 1853–1856.

Heckler, G. S., Simões, S. M., Santos, A. P. F., Fransozo, A., Costa, R. C. 2013. Population dynamics of the seabob shrimp *Xiphopenaeus kroyeri* (Dendrobranchiata, Penaeidae) in south-eastern Brazil. *African Journal of Marine Science*, 35: 17–24.

Hobson, K. A., Schell, D. M., Renouf, D., Noseworthy, E. 1996. Stable carbon and nitrogen isotopic fractionation between diet and tissues of captive seals: implications for dietary reconstructions involving marine mammals. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*. 53: 528–533.

Hurlbert, S. H., Lombardi, C. M. 2009. Final collapse of the Neyman-Pearson decision theoretic framework an rise of the neoFisherian. *Finnish Zoological and Botanical Publishing Board. Annales Zoologica Fennici* 46:311-349.

IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística), 2017. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/es/panorama>

Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade. 2018. Atlas dos Manguezais do Brasil. *Ministério do Meio Ambiente*. 179p.

Jackson, A. L., Inger R., Parnell, A. C., Bearhop S. 2011. Comparing isotopic niche widths among and within communities: SIBER – Stable Isotope Bayesian Ellipses in R. *Journal of Animal Ecology*. 80, 595-602.

Jennings, S., Pinnegar, J. K., Polunin, N. V. C., Warr, K. J. 2002. Linking size-based and trophic analyses of benthic community structure. *Marine Ecology Progress Series*. Vol. 226: 77–85.

Júnior, P. V., Bastos, A. C., Quaresma, V. S. 2009. Morfologia e distribuição sedimentar em um sistema tropical: Baía de Vitória, ES. *Revista Brasileira de Geofísica*. 27(4): 609-624.

Kehrig, H. A., Seixas, T. G., Malm, O., Di Benedetto, A. P. M., Rezende, C. E. 2013. Mercury and selenium biomagnification in a Brazilian coastal food web using nitrogen stable isotope analysis: a case study in an area under the influence of the Paraíba do Sul River plume. *Marine Pollution Bulletin*. 75, 283–290.

Kehrig, H. A., Baptista, G., Di Benedetto, A. P. M., Moreira, I. 2017. Mercury biomagnification in the Atlantic spotted dolphin (*Stenella frontalis*) food chain, using nitrogen stable isotope as an ecological tracer. *Revista de Biologia Marina Y Oceanografía*. 52(2):233-244.

Kennish, M. J. 2002. Environmental threats and environmental future of estuaries. *Environmental Conservation*. 29 (1): 78–107.

Krüger, G. C. T., Carvalho, C. E. V., Suzuki, M. S. 2013. Dissolved nutrient, Chlorophyll-a e DOC dynamic under distinct riverine discharges and tidal cycles regimes at the Paraíba do Sul River Estuary, RJ., Brazil. *Journal of Coastal Research*, Special Issue No. 39, pp. 724-730.

Krüger, G. C. T., Carvalho, C. E. V., Ferreira, A. G., Gonçalves, G. M., Truccolo, E. C., Schettini C. A. F. 2003. Dinâmica de carbono orgânico dissolvido no estuário do Rio Paraíba do Sul, R. J., sob diferentes condições de maré e descarga fluvial. *Atlântica*. Rio Grande, 25(1): 27-33.

Kurle, C.M., Worthy, G.A.J. 2001. Stable isotope assessment of temporal and geographic differences in feeding ecology of northern fur seals (*Callorhinus ursinus*) and their prey. *Oecologia*. 126:254–265.

Layman, C. A., Arrington, D. A., Montan, C. G., Post, D. M. 2007. Can stable isotope ratios provide for community-wide measures of trophic structure? *Ecology*. 88, 42-48.

Lopes, C. A, Benedito-Cecilio, E. 2002. Variabilidade isotópica ( $\delta^{13}\text{C}$  e  $\delta^{15}\text{N}$ ) em produtores primários de ambientes terrestres e de água doce. *Maringá*. v. 24, n. 2, p. 303-312.

Marafon-Almeida, A., Souza-Conceição, J. M., Pandolfo, P. S. V. 2008. Distribuição e abundância de larvas de três espécies de penaeídeos (Decapoda) na plataforma continental interna adjacente à Baía da Babitonga, Sul do Brasil. *Pan-American Journal of Aquatic Sciences*. 3:340-350.

Martins, A. S., Pinheiro, H. T., Leite Junior, O. N. 2013. Biologia reprodutiva do camarão sete-barbas no litoral centro sul do Espírito Santo. *Boletim do Instituto de Pesca*, São Paulo, 39(3): 205 – 215.

Ministério da Pesca e Aquicultura - MPA. 2011. *Boletim estatístico da pesca e aquicultura*. Brasília, 59 p.

Moore, J. 2003. Invertebrados. São Paulo, Santos, 356 p.

Newsome, S. D., Martinez del Rio C., Bearhop, S., Phillip, D. L. 2007. A niche for isotopic ecology. *Frontiers in Ecology Environment*. 5(8):429–436.

Oliveira, E. N., Knoppers, B. A., Lorenzetti, J. A., Medeiros, P. R. P., Carneiro, M. E., Souza, W. F. L. 2012. A satellite view of riverine turbidity plumes on the NE-E Brazilian coastal zone. *Brazilian Journal of Oceanography*. 60(3):283-298.

Oliveira, P. C., Di Benedetto, A. P. M., Bulhões, E. M. R., Zappes, C. A. 2016. Artisanal fishery versus port activity in southern Brazil. *Ocean & Coastal Management*. 129. 49-57.

Parnell, A. C., Phillips, D. L., Bearhop, S., Semmens, B. X., Ward, E. J., Moore, J. W., Jackson, A. L., Grey, J., Kelly, D. J., Inger, R. 2012. Bayesian stable isotope mixing models. *Environmetrics*. 24: 387–399

Perez-arfante, I. 1988. Illustrated key to Penaeoid shrimps of commerce in the Americas. *NOAA Technical Report NMFS*. 64: 1-32.

- Peterson, B. J, Fry, B. 1987. Stable isotopes in ecosystem studies. *Annual Review of Ecology, Evolution and Systematics*. 18: 293-320.
- Petri, D.J.C., Bernini, E., Souza, L.M., Rezende, C.E. 2011. Distribuição das espécies e estrutura do manguezal do rio Benevente, Anchieta, ES. *Biota Neotropica*. vol. 11, no. 3.
- Post, D. M. 2002. Using stable isotopes to estimate trophic position: models, methods, and assumptions. *Ecology*. 83(3), pp. 703–718.
- Post, D. M., Layman, C. A., Arrington, D. A., Takimoto, G., Quattrochi, J., Montaña, C. G. 2007. Getting to the fat of the matter: models, methods and assumptions for dealing with lipids in stable isotope analyses. *Oecologia*. 152:179-189.
- R Development Core Team 2017. R: A Language and Environment for Statistical Computing. Version 3.4.3 R Foundation for Statistical Computing. Computer program.
- Rigo, D. 2004. Análise do escoamento em regiões estuarinas com manguezais – medições e modelagem na Baía de Vitória, ES. Tese – Programa de Pós-graduação de Engenharia Oceânica da Universidade Federal do Rio de Janeiro, 140 p.
- Relatório de Impacto Ambiental da Dragagem de Aprofundamento do Complexo Portuário de Tubarão (RIMA). 2014. Relatório técnico. CPM RT 008/10.
- Rodrigues, L. F., Boos, H., Branco, J. O. 2015. Biologia e pesca do camarão sete-barbas (*Xiphopenaeus kroyeri*, Heller 1862) no Balneário Barra do Sul, SC. *Revista CEPSUL - Biodiversidade e Conservação Marinha* (2015) 4 (1): 46-57
- Ruffino, M. L. 2005. Gestão do uso dos recursos pesqueiros na Amazônia. Manaus: IBAMA. 135p.
- Sá, F. S., Nalesso, R. C., Paresque, K. 2007. Fouling organisms on *Perna perna* mussels: Is it worth removing them? *Brazilian Journal of Oceanography*. v. 55, n. 2, p. 155-161.
- Semensato, X. E. G., Di Benedetto, A. P. M. (2008) Population dynamic and reproduction of *Artemesia longinaris* (Decapoda: Penaeidae) in Rio de Janeiro State, south-eastern Brazil. *Boletim do Instituto de Pesca*. 34, 89–98.
- Soberón, J., Arroyo-Peña, B. 2017. Are fundamental niches larger than the realized? Testing a 50-year-old prediction by Hutchinson. *PloS ONE*.
- Souza, T. A., Godoy, J. M., Godoy, M. L D. P., Moreira, I., Carvalho, Z. L., Salomão, M. S. M. B., Rezende, C. E. 2010. Use of multitracers for the study of water mixing in the Paraíba do Sul River estuary. *Journal of Environmental Radioactivity*. 101 564-570.

Subtil, E. L. 2005. Variação espacial da granulometria, matéria orgânica e fósforo total no sedimento na área sob influência de cultivo de mexilhões, Anchieta – ES. Monografia. Universidade Federal do Espírito Santo.

Voloch, C., Sole-Cava, A. M. 2005. Genetic structure of the sea-bob shrimp (*Xiphopenaeus kroyeri* Heller, 1862; Decapoda: Penaeidae) along the Brazilian southeastern coast. *Genetics and Molecular Biology*. 28: 254-257.

Willems, T., De Backer, A., Kerkhove, T., Dakriet, N. N., De Troch M., Vincx, M., Hostens, K. 2016. Trophic ecology of Atlantic sea-bob shrimp *Xiphopenaeus kroyeri*: Intertidal benthic microalgae support the subtidal food web off Suriname. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*. 182: 146-157.