

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”

INSTITUTO DE BIOCÊNCIAS DE BOTUCATU

CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS

ÁREA DE CONCENTRAÇÃO – ZOOLOGIA

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

RELAÇÕES TRÓFICAS DOS CAMARÕES PENAEOIDEA E FAUNA

ACOMPANHANTE PESCADOS NO LITORAL DE UBATUBA, SÃO PAULO

Giovanna Mielli Galli

Orientador: Prof. Dr. Antonio Leão Castilho

BOTUCATU, SP

JULHO, 2020

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”

INSTITUTO DE BIOCÊNCIAS DE BOTUCATU

CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS

ÁREA DE CONCENTRAÇÃO – ZOOLOGIA

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

RELAÇÕES TRÓFICAS DOS CAMARÕES PENAEOIDEA E FAUNA

ACOMPANHANTE PESCADOS NO LITORAL DE UBATUBA, SÃO PAULO

Giovanna Mielli Galli

Orientador: Prof. Dr. Antonio Leão Castilho

Dissertação apresentada ao programa de Pós-Graduação em Ciências Biológicas do Instituto de Bociências da Universidade Estadual Paulista – UNESP, Campus de Botucatu, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Ciências Biológicas (Zoologia).

BOTUCATU, SP

JULHO, 2020

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA SEÇÃO TÉC. AQUIS. TRATAMENTO DA INFORM.
DIVISÃO TÉCNICA DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - CÂMPUS DE BOTUCATU - UNESP
BIBLIOTECÁRIA RESPONSÁVEL: ROSEMEIRE APARECIDA VICENTE-CRB 8/5651

Galli, Giovanna Mielli.

Relações tróficas dos camarões Penaeoidea e fauna
acompanhante pescados no litoral de Ubatuba, São Paulo /
Giovanna Mielli Galli. - Botucatu, 2020

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista
"Júlio de Mesquita Filho", Instituto de Biociências de
Botucatu

Orientador: Antonio Leão Castilho
Capes: 20502001

1. Camarão - Pesca. 2. Biodiversidade marinha. 3. Valor
nutritivo. 4. Pesca de arrastão. 5. Ubatuba (SP).

Palavras-chave: Biodiversidade marinha; Posição trófica;
Preferência alimentar; Relações interespecíficas; Variação
isotópica.

AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer primeiramente a **Deus** por todas as minhas conquistas e realizações dos meus últimos anos.

Ao meu orientador **Prof. Dr. Antonio Leão Castilho** por todo o auxílio durante a iniciação científica e depois no meu mestrado. Obrigada pelo profissionalismo, e pelos ensinamentos científicos passados durante esses anos.

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (**FAPESP**), agência de fomento que concedeu a bolsa (número processo: 2018/14093-4) durante o meu período de mestrado, sem seu auxílio, esse trabalho não poderia ser realizado.

Ao Ciências do Mar (**CIMAR**) pelo auxílio financeiro para a realização das coletas em Ubatuba/SP (2018-2019).

Gostaria de agradecer aos professores **Prof. Dr. Adilson Fransozo** (UNESP) e **Profa. Dra. Maria Lucia Negreiros-Fransozo** (UNESP), por disponibilizar a infraestrutura do Núcleo de Estudos em Biologia, Ecologia e Cultivo de Crustáceos (NEBECC).

Ao **Prof. Dr. Vladimir Eliodoro Costa**, por todo o apoio e infraestrutura do Centro de Isótopos Estáveis “Carlos Ducatti”, a **Cibele Regina de Souza-Kruliski** (por todas as amostras rodadas e instruções), e a **Mariana Sasso** (pela paciência e atenção), e a todos os presentes no CIE, que sem vocês, não seria possível a realização deste trabalho.

Aos técnicos e funcionários da secretaria e do departamento de Zoologia da UNESP de Botucatu e aos funcionários da seção de Pós-Graduação do Instituto de Biociências de Botucatu **Davi B. O. Muller, Flávio da Silva, Roseli Aguiar de Oliveira, Silvio César de Almeida** por todo o profissionalismo e por todo o auxílio sempre que precisei.

À **Isabel Soares** pela identificação dos peixes marinhos coletados, e por toda a ajuda e profissionalismo durante os anos de mestrado. Além de todos os discentes presentes no departamento de Zoologia que puderam contribuir com o meu cotidiano.

Aos amigos e colegas de trabalho orientandos do Prof. Dr. Antonio Leão Castilho, **Gabriel**, ao **Pedro** (Camaleão), ao **João**, a **Isabela**, a **Mariana** (Magrela), a **Geslaine** (por todo o auxílio e orientação científica e pessoal, serei eternamente grata), a **Milena**, ao **Alexandre** (Dino) (por ter paciência e me ajudar na iniciação científica), a **Rhani**, e a **Ana** (Fogs) (por todo o companheirismo, ajudas e conversas em nosso cotidiano).

Agradeço também as minha amigas **Amanda** (Xubak), **Poliana** (Tapioca), **Júlia** (Magda), **Nivea** (Curinga) e **Ana Cláudia** (Central) por todas as conversas que tivemos e que com certeza me ajudaram tanto no profissional quanto no pessoal, sendo pessoas muito importantes na minha vida.

Além disso, agradeço ao meu noivo, **Lucas**, por todo apoio emocional, todas as conversas (científicas e pessoais), conselhos, e que mesmo nos momentos mais difíceis você acreditou em mim e me deu forças para conseguir seguir em frente, e dessa forma, sem você, certamente, não teria conseguido realizar essa etapa na minha vida.

E por fim, mas muito importante na minha vida, aos meus pais **Renata e Marcelo**, por sempre me apoiarem, por todo amor, carinho e educação que vocês deram a mim. Às minhas queridas irmãs, **Marcella e Isabella**, por sempre estarem comigo não importa o que aconteça. Aos meus avós, **Mércia, Ailton, Rubens e Janete**, por estarem na minha vida tanto no presente quanto em outro plano espiritual.

Obrigada a todos que me ajudaram tanto diretamente quanto indiretamente para a realização deste trabalho.

SUMÁRIO

CONSIDERAÇÕES INICIAIS	6
<i>Análise de Isótopos Estáveis</i>	10
Referências	13
CAPÍTULO 1	21
Variação sazonal da diversidade e da teia trófica de organismos capturados pela pesca de arrasto em Ubatuba, SP	21
Resumo	22
Introdução	23
Material e Métodos	25
<i>Análise de dados</i>	27
<i>Análises estatísticas</i>	27
Resultados	29
<i>Teia trófica e variação isotópica</i>	30
<i>Sobreposição entre guildas tróficas</i>	34
Discussão	36
Anexos	43
Referências	47
CAPÍTULO 2	56
O que comem e quais são os predadores dos camarões que nós comemos? Análise da preferência alimentar de camarões de valor comercial coletados em pesca de arrasto, a partir da análise de isótopos estáveis	56
Resumo	57
Introdução	58
Material e Métodos	61
<i>Região de Ubatuba-SP</i>	61
<i>Análise de isótopos estáveis</i>	61
<i>Análises Estatísticas</i>	64
Resultados	65
<i>Teia trófica e variação isotópica</i>	67
<i>Preferência alimentar</i>	69
Discussão	71
Anexos	76
Referências	78
CONSIDERAÇÕES FINAIS	87

CONSIDERAÇÕES INICIAIS

Ubatuba (estado de São Paulo) é uma região de transição faunística entre a província argentina (sul da América do Sul até limite norte na região de Cabo Frio-Rio, Rio de Janeiro) e a província brasileira (águas costeiras da região do nordeste e do norte brasileiro, além da Guiana Francesa, Suriname, Guiana e uma pequena parte da Venezuela), onde há um processo de mistura e instabilidade das massas de água de origens tropicais e subantárticas em escalas temporais e batimétricas (Boschi 2000, Furlan et al. 2013). A área de estudo faz parte de uma grande plataforma continental do sudeste e sul do Brasil, onde a pesca de arrasto camaroeira é um dos métodos de captura mais utilizados (Valentini et al. 1991, D’Incao et al. 2002, Vianna & Verani 2002).

Esta técnica de coleta de indivíduos é dominante em todo o mundo (NRC 2002), com ela ocorre a pesca de organismos bentônicos tanto os alvos quanto também os demais presentes, gerando uma grande quantidade de descarte, modificando o fundo do oceano e até alterações físico-químicas do local (Martín et al. 2014). Os efeitos no ecossistema são inúmeros, desde mudança da relativa abundância de presas para os predadores bentônicos e demersais (Kaiser et al. 2002, Agnetta et al. 2019), diminuição da saúde e produtividade do ecossistema, levando a um decaimento da biomassa, densidade, diversidade e conectividade dos indivíduos e da teia trófica (Johnson et al. 2015, Pruell et al. 2003, Badalamenti et al. 2008, DeMartini et al. 2008, Fanelli et al. 2010, Zeug et al. 2017).

Como principais recursos marinhos rentáveis coletados pela pesca de arrasto no Brasil, temos os camarões peneídeos, especialmente do gênero *Farfantepenaeus*, que apresentam uma alta importância econômica e uma considerável abundância no estoque pesqueiro em locais de climas tropicais e subtropicais (Vasques 2005), sendo o principal exemplo do gênero os camarões-rosa, *Farfantepenaeus brasiliensis* (Latreille 1817) e

Farfantepenaeus paulensis (Pérez-Farfante 1967) (figura 1). *Farfantepenaeus brasiliensis* é encontrado no Atlântico Ocidental, desde os EUA até o Brasil (Amapá ao Rio Grande do Sul), em profundidades variando desde águas costeiras até 366m de profundidade. O *Farfantepenaeus paulensis* também é encontrado no Atlântico Ocidental, se estendendo do Brasil (Bahia até o Rio Grande do Sul) ao Uruguai e Argentina (até a cidade de Mar del Plata), e habitam regiões costeiras até 150m de profundidade (Costa et al. 2003).

A pesca do camarão-rosa é realizada em diferentes regiões, tais como em estuário e lagoas costeiras, onde ocorre a captura de indivíduos jovens; e em mar aberto, onde são coletados indivíduos adultos (Mello 1973, Lopes 2008). Isso ocorre pelo fato do ciclo de vida da espécie ser estratificado, ou seja, as formas larvais estão presentes na coluna d'água e conforme há o avanço das fases larvais para as pós-larvais, há a entrada em áreas de estuário e lagoas costeiras, onde as temperaturas são mais altas e apresentam uma menor profundidade e uma maior quantidade de nutrientes (Saldaña 1975, Valentini et al. 1991). Uma vez que eles se tornam juvenis, ocorre a sua migração para maiores profundidades, onde ocorrerá o desenvolvimento da fase adulta (Saldaña 1975, Valentini et al. 1991).

Além do camarão-rosa, o camarão sete-barbas *Xiphopenaeus* sp. (Smith 1869) (Carvalho-Batista et al. 2019) (figura 1) ocupa a posição de segundo lugar na produção comercial no sul e no sudeste brasileiro (Iwai 1973). Este gênero apresenta uma distribuição entre a Carolina do Norte (EUA) e o Rio Grande do Sul (D'Incao et al. 2002), e apresenta ciclo de vida não estratificado, dessa forma, ambas as fases, juvenil e adulto, ocupam o mesmo nicho ecológico (Neiva & Wise 1967, Iwai 1973). Os adultos deste gênero habitam regiões de águas rasas perto da costa, caracterizadas pela presença de substrato fino (Freire et al. 2011, Costa et al. 2007). O fato de eles estarem presentes em

locais mais próximos à costa, e apresentarem uma grande abundância, faz com que eles sejam acessíveis as pescas costeiras, sendo assim, uma das espécies alvo da pesca artesanal (Silva et al. 2013, Branco 2005).

Penaeoidea além de apresentar um ciclo de vida diversificado, possuem também um rápido crescimento (Neiva & Wise 1964, Gulland & Rothschild 1981, Da Silva et al. 2018), este processo ocorre de forma descontínua, uma série de mudas (ecdyses) são feitas, e a duração do ciclo depende da espécie, sexo, estágio larval e condições ambientais, tais como temperatura e salinidade (Hartnoll 1982, Bauer 1992, Clarke 1993, Boschi 1997, Castilho et al. 2007a, b, Costa et al. 2010). Tanto o crescimento rápido e os fatores ambientais dificultam a avaliação do impacto da pesca não seletiva de arrasto das espécies alvo e bycatch (= fauna acompanhante explorada acidentalmente pela pesca, com baixo valor comercial ou nulo) especialmente ao que se refere à exploração intencional ou acidental da diversidade marinha regional.

Como as comunidades bentônicas recebem uma grande atenção nos últimos anos, há uma preocupação ecológica com os possíveis impactos que essa pesca pode causar (Bertini et al. 2010). A pesca de camarões Penaeoidea, principalmente do camarão-rosa, teve o seu estoque reduzido nas últimas décadas, devido a sua exploração, fato que provocou uma degradação ambiental das regiões em que ele depende para completar o seu ciclo de vida (Tommasi 1990, Paiva 1997, Reis & D’Incao 2000, D’Incao et al. 2002, Santos et al. 2008). Isto fez com que o interesse pela pesca do camarão sete-barbas aumentasse, causando um aumento considerável da sua retirada mundialmente, em 1990 (11.000 t) e em 2013 (50.000 t), o tornando uma das espécies mais pescadas no mundo (FAO 2014, Silva et al. 2013).

Atualmente, a medida de defeso regulada pelo governo foi adotada no sudeste brasileiro, em que a pesca de camarões é proibida do dia 1 de março até o dia 31 de maio,

neste período ocorre a reestruturação da população e reprodução das espécies. Durante esses meses, a biomassa se recompõe consideravelmente. De acordo com o Instituto de Pesca, em um período de 15 anos (2000 a 2015), o camarão sete-barbas teve um aumento do estoque natural de 643 t para 3250 t, mas ainda assim, está longe da biomassa anteriormente reportada em D´Incao (2002). A importância desta medida é incalculável, visto que a falta desse camarão ou de qualquer espécie no ambiente, tais como a fauna bycatch, pode prejudicar o equilíbrio das relações ecológicas regionais, e consequentemente da sua teia trófica (Nagata et al. 2015, Castilho et al. 2008).

A pesca do camarão-rosa é acompanhada por uma biomassa elevada de espécies da fauna acompanhante, no entanto, também pode ser coletado como bycatch na pesca de arrasto do *Xiphopenaeus* sp. (Severino-Rodrigues et al. 2002). Uma vez que a reprodução do camarão sete-barbas não é estratificada (Iwai 1973), quando há a sua coleta em áreas mais costeiras, há a captura de juvenis do camarão-rosa, prejudicando a reestruturação do estoque pesqueiro ou recrutamento juvenil, o que de forma progressiva reduz o número de reprodutores potenciais nos anos subsequentes (Severino-Rodrigues et al. 2002). Outra espécie de camarão que pode ser capturada como bycatch do *Xiphopenaeus* sp. é o camarão branco *Litopenaeus schmitti* (Burkenroad 1936) (figura 1) (Valentini & Pezzutto 2006).

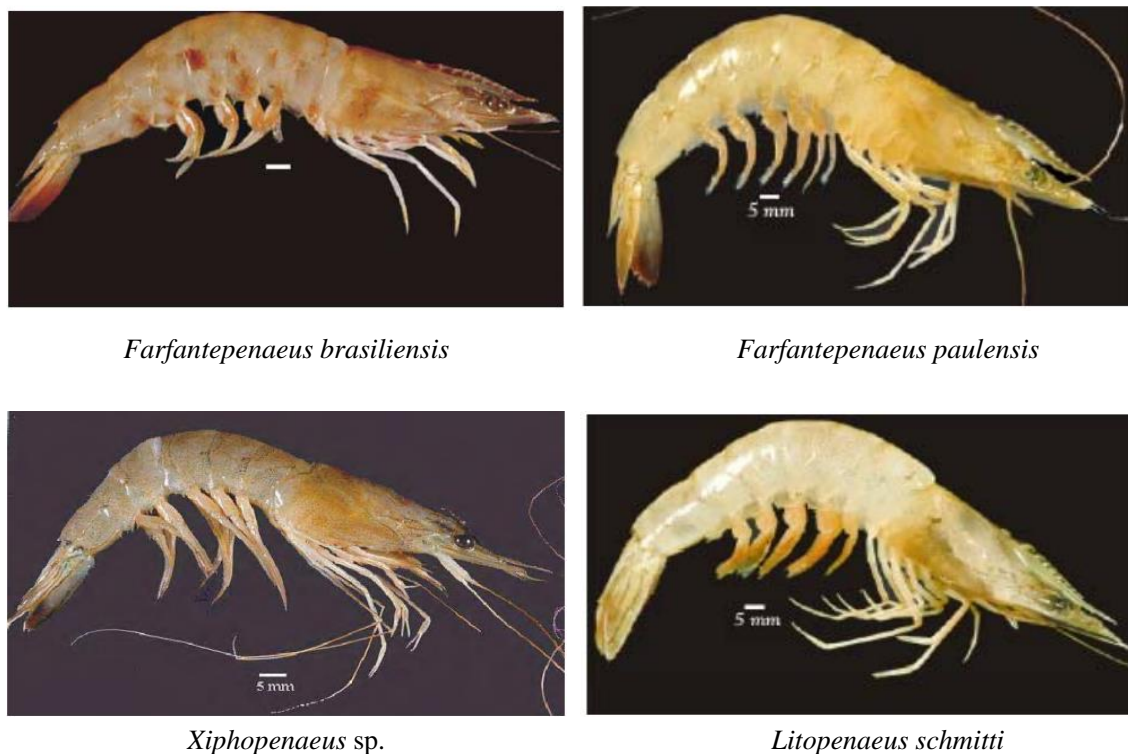


Figura 1: Vista lateral dos camarões peneídeos (Costa et al. 2003).

Análise de Isótopos Estáveis

Os organismos presentes na fauna acompanhante, sejam invertebrados ou vertebrados marinhos, estão envolvidos em uma série de relações, sendo que todos eles possuem um papel no seu habitat, e também podem estar presentes em diversos níveis tróficos para a obtenção de alimento (Nagata et al. 2015). Com isso, é de extrema importância a análise do nível trófico dos animais, a possível identificação de espécies base e topo de teia trófica, e também poder inferir como um ecossistema pode vir a responder com a remoção de consumidores (Nagata et al. 2015).

A maioria das análises de níveis tróficos é feita a partir da identificação do conteúdo estomacal dos animais (Purcell & Grover 1990, Purcell & Sturdevant 2001), no entanto, este tipo de estudo não permite a identificação de presas com um estado avançado de digestão (Fry 2008), o que limita a caracterização de todos os níveis tróficos. No

presente estudo, foi utilizada a análise de isótopos estáveis, uma nova forma de estudar as teias tróficas (Layman et al. 2012). Com uma pequena quantidade de amostras, é possível caracterizar itens alimentares de difícil visualização estrutural macro ou microscópica (Peterson & Fry 1987, Pitt et al. 2009), possibilitando traçar as fontes alimentares e relações interespecíficas diversas (Nagata et al. 2015, Fleming et al. 2014, Riascos et al. 2015). Valores isotópicos são determinados para organismos e a partir disso é possível quantificar aspectos da ecologia trófica, nicho da espécie e a sobreposição de nicho (Newsome et al. 2007).

Dessa forma, a análise de isótopos estáveis é utilizada para estimar o fluxo da matéria orgânica na teia trófica (DeNiro & Epstein 1978, 1981). No entanto, as razões isotópicas entre os recursos e os consumidores podem sofrer previsíveis mudanças. Este processo de variação isotópica entre digestão, incorporação e assimilação é chamado de fator de discriminação trófico (TDF) (Post 2002). Este fracionamento varia dependendo das características do consumidor, da composição da dieta e da taxa de alimentação (Post 2002, McCutchan et al. 2003, Vanderklift & Ponsard 2003), dessa forma, os valores estão de acordo com o tipo de recurso utilizado pelo organismo.

Com isso, análises de performance são feitas de acordo com cada TDF utilizado (Moore & Semmens 2008). Para identificação da preferência alimentar, isto é $\delta^{13}\text{C}$, existem vários TDFs aplicados em estudos (Post 2002, McCutchan et al. 2003, Vanderklift & Ponsard 2003). O TDF é importante tanto para estimar a preferência alimentar quanto para analisar a posição trófica. Nos casos de organismos de vida livre, o enriquecimento de $\delta^{15}\text{N}$ varia entre 3-4 ‰ (Post 2002), sendo $3,4 \pm 1,1$ ‰ (Minagawa & Wada 1984) o valor utilizado independente do: habitat, forma de excreção de nitrogênio, e taxa de crescimento.

Desta forma, a análise de isótopos estáveis está entre as ferramentas mais poderosas para o estudo de relações tróficas em ambientes aquáticos. A partir dela é possível identificar links de assimilação de energia e dinâmica de massa entre os mais diferentes caminhos tróficos levando ao organismo base (Post 2002).

Referências

- Agnetta, D., Badalamenti, F., D'Anna, G., Sinopoli, M., Andaloro, F., Vizzini, S. & Pipitone, C. (2019). Sizing up the role of predators on *Mullus barbatus* populations in Mediterranean trawl and no-trawl areas. *Fisheries Research*, 213, 196-203.
- Badalamenti, F., Sweeting, C. J., Polunin, N. V. C., Pinnegar, J., D'Anna, G. & Pipitone, C. (2008). Limited trophodynamics effects of trawling on three Mediterranean fishes. *Marine Biology*, 154(5), 765-773.
- Bauer, R.T. (1992). Testing generalizations about latitudinal variation in reproduction and recruitment patterns with sicyoniid and caridean shrimp species. *Invertebrate Reproduction and Development*, 22, 139-202.
- Bertini, G., Fransozo, A. & Negreiros-Fransozo, M.L. (2010). Brachyuran soft-bottom assemblage from marine shallow waters in the southeastern Brazilian littoral. *Marine Biodiversity*, 40, 277-291.
- Boschi, E.E. (1997). Las pesquerías de crustáceos decápodos en el litoral de la República Argentina. *Investigaciones Marinas*, 25, 19-40.
- Boschi, E.E. (2000). Species of decapod crustaceans and their distribution in the American marine zoogeographic provinces. *Revista de Investigación y Desarrollo Pesquero*, 13, 7-136.
- Branco, J.O. (2005). Fishery and biology of the sea-bob-shrimp *Xiphopenaeus kroyeri* (heller) (Crustacea, penaeidae), at armacao do Itapocoroy, Penha, Santa Catarina. *Revista Brasileira de Zoologia*, 22, 1050-1062.
- Castilho, A.L., Costa R.C., Fransozo, A. & Boschi, E.E. (2007a). Reproductive pattern of the South American endemic shrimp *Artemesia longinaris* (Decapoda, Penaeidae), off the coast of São Paulo state, Brazil. *Revista Biologia Tropical*, 55, 39-48.

- Castilho, A. L., Costa, R. C., Fransozo, A. & Negreiros-Fransozo, M. L. (2008).
Reproduction and recruitment of the South American red shrimp, *Pleoticus muelleri*
(Crustacea: Solenoceridae), from the southeastern coast of Brazil. *Marine Biology*
Research, 4, 361-368.
- Castilho, A.L., Gavio, M.A., Costa, R.C., Boschi, E.E., Raymond, T.B. & Fransozo, A.
(2007b). Latitudinal variation in population structure and reproductive pattern of the
endemic South American shrimp *Artemesia longinaris* (Decapoda: Penaeoidea).
Journal of Crustacean Biology, 27, 548-552.
- Carvalho-Batista, A., Terossi, M., Zara, F. J., Mantelatto, F. L. & Costa, R. C. (2019). A
multigene and morphological analysis expands the diversity of the seabod shrimp
Xiphopenaeus Smith, 1869 (Decapoda: Penaeidae), with descriptions of two new
species. *Scientific reports*, 9(1), 1-19.
- Clarke, A. (1993). Reproductive trade-offs in caridean shrimp. *Functional Ecology*, 7,
411-419.
- Costa, R.C., Branco, J.O., Machado, I.F., Campos, B.R. & Avila, M.G. (2010).
Population biology of shrimp *Artemesia longinaris* (Crustacea: Decapoda:
Penaeidae) from the southern coast of Brazil. *Journal of the Marine Biological*
Association of the United Kingdom, 90, 663-669.
- Costa, R. C. D., Fransozo, A., Melo, G. A. S. & Freire, F. A. D. M. (2003). Chave ilustrada
para identificação dos camarões Dendrobranchiata do litoral norte do estado de São
Paulo, Brasil. *Biota Neotropica*, 3(1), 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, south-eastern
Brazil. *Gulf and Caribbean Research*, 19, 33-41.

- Da Silva, S. L. R., Santos, R. D. C., Costa, R. C. & Hirose, G. L. (2018). Growth and population structure of the seabob shrimp *Xiphopenaeus kroyeri* (Decapoda: Penaeidae) on the continental shelf of Sergipe, Brazil. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 99(1), 81-92.
- DeMartini, E. E., Friedlander, A. M., Sandin, S. A. & Sala, E. (2008). Differences in fish-assemblage structure between fished and unfished atolls in the northern Line Islands, central Pacific. *Marine Ecology Progress Series*, 365, 199-215.
- DeNiro, M. J. & Epstein, S. (1978). Influence of diet on the distribution of carbon isotopes in animals. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 42,495-506.
- DeNiro, M. J. & Epstein, S. (1981). Influence of diet on the distribution of nitrogen isotopes in animals. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 45, 341-351.
- D’Incao, F., Valentini, H. & Rodrigues, L.F. (2002). Avaliação Da Pesca De Camarões Nas Regiões Sudeste E Sul Do Brasil: 1965- 1999. *Atlântica*, Rio Grande, 24 (2), 103-116.
- FAO (2014). Global Capture Production for *Xiphopenaeus Kroyeri*. *FAO Fishery Statistic*.
- Fanelli, E., Badalamenti, F., D’Anna, G., Pipitone, C. & Romano, C. (2010). Trophodynamic effects of trawling on the feeding ecology of pandora, *Pagellus erythrinus*, off the northern Sicily coast (Mediterranean Sea). *Marine and Freshwater Research*, 61(4), 408-417.
- Fleming, N. E., Harrod, C., Griffin, D. C., Newton, J. & Houghton, J. D. (2014). Scyphozoan jellyfish provide short-term reproductive habitat for hyperiid amphipods in a temperate near-shore environment. *Marine Ecology Progress Series*, 510, 229-240.

- Freire, F.A.M., Luchiari, A.C., Fransozo, V. (2011). Environmental substrate selection and daily habitual activity in *Xiphopenaeus kroyeri* shrimp (Heller, 1862) (Crustacea: penaeoidea). *Indian Journal of Geo-Marine Science*, 40, 325-330.
- Fry, B. (2008). *Stable isotope ecology*. Springer Science Business Media, New York.
- Furlan, M., Castilho, A. L., Fernandes-Goes, L.C., Fransozo, V., Bertini, G. & Costa, R. C. (2013). Effect of environmental factors on the abundance of decapod crustaceans from soft bottoms off southeastern Brazil. *Annals of the Brazilian Academy of Sciences*, 85(4), 1345-1356.
- Gulland, J.A. & Rothschild, B.J. (1981) *Penaeid shrimp: their biology and management*. 1st edition. Farnham: Fishing News Books.
- Hartnoll, R.G. (1982) Growth. In Abele L.G. (ed.) *The biology of Crustacea: embryology, morphology and genetics*. New York, NY: Academic Press, 111-185.
- Iwai, M. (1973). Pesca exploratória e estudo biológico sobre o camarão na costa Centro/Sul do Brasil com o Navio Oceanográfico —Prof. W. Besnard em 1969-1971. São Paulo, Sudelpa, IOUSP, 71p.
- Johnson, A. F., Gorelli, G., Jenkins, S. R., Hiddink, J. G. & Hinz, H. (2015). Effects of bottom trawling on fish foraging and feeding. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 282(1799), 20142336.
- Kaiser, M. J., Collie, J. S., Hall, S. J., Jennings, S. & Poiner, I. R. (2002). Modification of marine habitats by trawling activities: prognosis and solutions. *Fish and Fisheries*, 3(2), 114-136.
- Layman, C. A., Araujo, M. S., Boucek, R., Hammerschlag-Peyer, C. M., Harrison, E., Jud, Z. R., Matich, P., Rosenblatt, A. E., Vaudo, J. J., Yeager, L. A., Post, D. M. & Bearhop, S. (2012). Applying stable isotopes to examine food-web structure: an overview of analytical tools. *Biological Reviews*, 87, 545-562.

- Lopes, M. (2008). Ecologia populacional dos camarões- rosa, *Farfantepenaeus brasiliensis* (Latreille, 1817) e *F. paulensis* (Pérez-Farfante, 1967) (Decapoda: Dendrobranchiata: Penaeidae) em áreas de berçário do litoral norte de São Paulo. 175p. (Dissertação de Mestrado – Universidade Estadual Paulista (UNESP), Instituto de Biociências de Botucatu, São Paulo).
- Martín, J., Puig, P., Palanques, A. & Giamportone, A. (2014). Commercial bottom trawling as a driver of sediment dynamics and deep seascape evolution in the Anthropocene. *Anthropocene*, 7, 1-15.
- McCutchan Jr, J. H., Lewis Jr, W. M., Kendall, C. & McGrath, C. C. (2003). Variation in trophic shift for stable isotope ratios of carbon, nitrogen, and sulfur. *Oikos*, 102(2), 378-390.
- Mello, J.T.C. (1973). Estudo populacional do camarão-rosa, *Penaeus brasiliensis* (Latreille, 1817) e *Penaeus paulensis* (Perez-Farfante,1967). *Boletim do Instituto de Pesca, São Paulo*, 2(2),19-65.
- Minagawa, M. & Wada, E. (1984). Stepwise enrichment of ^{15}N along food chains: further evidence and the relation between ^{15}N and animal age. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 48,1135-1140.
- Moore, J. W. & Semmens, B. X. (2008). Incorporating uncertainty and prior information into stable isotope mixing models. *Ecology Letters*, 11,470-480.
- Nagata, R. M., Moreira, M. Z., Pimentel, C. R. & Morandini, A. C. (2015). Food web 16 characterization based on $\delta^{15}\text{N}$ and $\delta^{13}\text{C}$ reveals isotopic niche partitioning between fish and jellyfish in a relatively pristine ecosystem. *Marine Ecology Progress Series*, 519, 13-27.
- Neiva, G.S. & Wise, J.P. (1964) The biology and fishery of the sea bob shrimp of Santos Bay, Brazil. *Caribbean Fisheries*, 16, 131-139.

- Neiva, G.S. & Wise, J.P. (1967). A biologia e pesca do —camarão sete-barbas da Baía de Santos, Brasil. *Revista Nacional de Pesca, São Paulo*, 1, 12-19.
- Newsome, S. D., Del Rio, C. M., Bearhop, S. & Phillips, D. L. (2007). A niche for isotopic ecology. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 5, 429-436.
- NRC. (2002). *Effects of trawling and dredging on seafloor habitat*. Washington (DC): National Research Council.
- Paiva, M.P. (1997). *Recursos pesqueiros estuarinos marinhos do Brasil*. Edições UFC, Fortaleza, 278 p.
- Peterson, B. J. & Fry, B. (1987). Stable isotopes in ecosystem studies. *Annual review of ecology and systematics*, 18, 293-320.
- Pitt, K. A., Connolly, R. M. & Meziane, T. (2009). Stable isotope and fatty acid tracers in energy and nutrient studies of jellyfish: a review. *Hydrobiologia*, 616, 119-132.
- Post, D. M. (2002). Using stable isotopes to estimate trophic position: models, methods, and assumptions. *Ecology*, 83, 703-718.
- Pruell, R. J., Taplin, B. K. & Cicchelli, K. (2003). Stable isotope ratios in archived striped bass scales suggest changes in trophic structure. *Fisheries Management and Ecology*, 10(5), 329-336.
- Purcell, J. E. & Grover, J. J. (1990). Predation and food limitation as causes of mortality in larval herring at a spawning ground in British Columbia. *Marine Ecology Progress Series*, 59, 55-61.
- Purcell, J. E. & Sturdevant, M. V. (2001). Prey selection and dietary overlap among zooplanktivorous jellyfish and juvenile fishes in Prince William Sound, Alaska. *Marine Ecology Progress Series*, 210, 67-83.

- Reis, E.G. & D'Incao, F. (2000). The present status of artisanal fisheries of extreme Southern Brazil: an effort towards community-based management. *Ocean & Coast Management*, 43, 585-595.
- Riascos, J. M., Docmac, F., Reddin, C. & Harrod, C. (2015). Trophic relationships between the large scyphomedusa *Chrysaora plocamia* and the parasitic amphipod *Hyperia curticephala*. *Marine Biology*, 162, 1841-1848.
- Saldaña, H. C. (1975). Nota sobre el comportamiento de los camarônês del gênero *Penaeus*. Mem. II Simp. Latinoam. Oceanography and Marine Biology, 121-138.
- Santos, J.L., Severino-Rodrigues, E. & Vaz-dos-Santos, A. (2008). Estrutura Populacional do Camarão- Branco *Litopenaeus schmitti* (Burkenroad, 1936) nas regiões estuarina e marinha da Baixada Santista, São Paulo, Brasil. *Boletim do Instituto de Pesca, São Paulo*, 34(3), 375- 389.
- Severino-Rodrigues, E., Guerra, D. S. F. & Graça-Lopes, R. (2002). Carcinofauna acompanhante da pesca dirigida ao camarão sete-barbas (*Xiphopenaeus kroyeri*) desembarcada na Praia do Perequê, Estado de São Paulo, Brasil. *Boletim do Instituto de Pesca, São Paulo*, 28(1), 33- 48.
- Silva, C.N.S., Broadhurst, M.K., Medeiros, R.P. & Dias, J.H. (2013). Resolving environmental issues in the southern Brazilian artisanal penaeid-trawl fishery through adaptive co-management. *Mar. Policy*, 42, 133-141.
- Tommasi, L.R. (1990). Efeitos antrópicos sobre o ecossistema marinho das regiões Sudeste e Sul do Brasil. In II Simpósio de Ecossistemas da Costa Sul e Sudeste Brasileira: Estrutura, Função e Manejo. Águas de Lindóia, *Anais do ACIESP*, 71 (1), 53-54.

- Valentini, H., D’Incao, F., Rodrigues, F. L., Neto, J. E. R. & Rahn, E. (1991). Análise da pesca do camarão-rosa, *Penaeus brasiliensis* e *Penaeus paulensis*, nas regiões Sudeste e Sul do Brasil. *Atlântica*, Rio Grande, 13, 143-157.
- Valentini, H. & Pezzutto, P. R. (2006). Análise das principais pescarias comerciais da Região Sudeste-Sul do Brasil com base na Produção Controlada do período 1986-2004. São Paulo: Instituto Oceanográfico - USP/Série Documentos REVIZEE, 56p.
- Vanderklift, M. A. & Ponsard, S. (2003). Sources of variation in consumer-diet $\delta^{15}\text{N}$ enrichment: a meta-analysis. *Oecologia*, 136(2), 169-182.
- Vasques, R. O. R. (2005). Aspectos da dinâmica populacional do camarão-rosa *Farfantepenaeus paulensis* (Perez-Farfante, 1967) Crustacea, Decapoda, na Região de Ilhéus, BA. Ilhéus, 147p (Dissertação de Mestrado. Departamento de Ciências Biológicas, UESC).
- Vianna, M. & Verani, J.R. (2002). Biologia populacional de *Orthopristis ruber* (Teleostei: Haemulidae) espécie acompanhante da pesca de arrasto do camarão-rosa, no sudeste brasileiro. *Atlantica*, Rio Grande, 23(1), 27-36.
- Zeug, S. C., Feyrer, F. V., Brodsky, A. & Melgo, J. (2017). Piscivore diet response to a collapse in pelagic prey populations. *Environmental Biology of Fishes*, 100(8), 947-958.

CAPÍTULO 1

**Variação sazonal da diversidade e da teia trófica
de organismos capturados pela pesca de arrasto
em Ubatuba, SP**

Variação sazonal da diversidade e da teia trófica de organismos capturados pela pesca de arrasto em Ubatuba, SP

Resumo

Ubatuba é uma cidade costeira do estado de São Paulo caracterizada pelo litoral recortado da Serra do Mar e uma mata Atlântica exuberante, onde se estabelece um hotspot de diversidade marinha ameaçada pela urbanização, pesca de arrasto e turismo não sustentável. É uma região chave para estudos sobre diversidade, conservação, e como as espécies interagem entre si e com o ambiente. O objetivo deste trabalho consiste em caracterizar a teia trófica em duas estações do ano e desvendar as relações interespecíficas, os predadores de topo, bem como o nicho trófico marinho. Os organismos marinhos foram obtidos por pesca camaroeira de arrasto e rede de plâncton, sendo que os isótopos estáveis ($\delta^{13}\text{C}$ e $\delta^{15}\text{N}$) dos tecidos foram analisados. Ubatuba confere a característica de elevada diversidade de espécies marinhas residentes e migrantes, e apresenta diferenças ao longo do ano. Em uma teia trófica complexa, foi obtida uma riqueza de 82 espécies mais o grupo plâncton. No inverno os peixes *Gymnothorax ocellatus* (Agassiz 1831), *Lujtanus synagris* (Linnaeus 1758) e a lula *Dorytheutis sanpaulensis* (Brakoniecki 1984), foram os exemplares predadores de topo, já no verão o peixe *Diapterus rhombeus* (Cuvier 1829), apresentou maior nível trófico dentre os organismos coletados. A teia trófica diferiu durante o inverno e o verão, o plâncton apresentou a maior variação quanto ao $\delta^{15}\text{N}$, enquanto para $\delta^{13}\text{C}$ a maior amplitude ocorreu na guilda invertebrado bentônico-séssil. As guildas de peixes apresentaram os maiores níveis tróficos nas duas estações amostradas, e a guilda peixe bentônico-demersal apresenta um dos maiores compartilhamentos de nichos com a guilda invertebrado bentônico-vágil, tanto no inverno quanto no verão. Há grandes variações sazonais nas posições tróficas, nas espécies de organismos amostrados, e nos nichos isotópicos, resultados de grande importância para investigar quais são os processos causadores de tais variações, ou seja: processos advindos de efeito antrópico, como a pesca de arrasto; ou processos ambientais naturais, como regimes sazonais de massas de água; ou a combinação de ambos.

Palavras-chave: transição faunística, variação isotópica, relações interespecíficas, posição trófica, sobreposição de guildas.

Introdução

Ubatuba, litoral norte do estado de São Paulo, é caracterizada por um relevo que evidencia os esporões terminais da Serra do Mar com um litoral muito recortado (com enseadas e baías), o que propicia o estabelecimento de uma grande diversidade de fauna marinha residente ou migrante (Boschi 2000, Mantelatto et al. 1995). Além disso, o local pode ser caracterizado como uma região de transição faunística visto que ocorre a mistura e instabilidade das massas de água de origens tropicais e subantárticas (Boschi 2000, Furlan et al. 2013).

Pela exuberância litorânea, Ubatuba apresenta um grande aumento na urbanização e em atividades turísticas não sustentáveis, encorajando investimentos em infraestrutura, transporte e indústrias, ações estas que fragilizam o ecossistema costeiro com elevada exploração de recursos naturais (Mantelatto et al. 2016). Além da sua taxa de crescimento populacional ser alta (Seade 2020), o município apresenta uma população flutuante de cerca de 117.900 pessoas (49% da população total) e somente 60,3% de esgotamento sanitário adequado, segundo dados do IBGE (2010).

Além do aumento da urbanização, o litoral de Ubatuba é explorado pela pesca de arrasto de recursos marinhos rentáveis como os camarões *Penaeoidea*, i.e., camarões-rosa *Farfantepenaeus brasiliensis* (Latreille 1817) e *Farfantepenaeus paulensis* (Pérez-Farfante 1967) (Vasques 2005) e o camarão sete-barbas *Xiphopenaeus* sp. (Smith 1869) (Iwai 1973). Uma vez que esta pesca é intensa (D’Incao et al. 2002, Leite-Junior & Petreire-Junior 2006), tanto as espécies alvo, como as espécies bycatch (= fauna acompanhante explorada acidentalmente pela pesca) são exploradas insustentavelmente, o que prejudica o equilíbrio das relações ecológicas regionais e, conseqüentemente, a teia trófica marinha (Nagata et al. 2015). Desta forma, as comunidades bentônicas recebem

uma crescente preocupação ecológica com os possíveis impactos que a pesca de arrasto causa na reprodução e desenvolvimento dos recursos naturais e fauna bycatch, uma vez que é necessário um extenso conhecimento da estrutura trófica do local para a instalação de um manejo de pesca eficiente (Bertini et al. 2010, Funes et al. 2019, Park et al. 2020).

Avaliar se o perfil de uma atividade pesqueira é extrativista ou sustentável, é um dos principais desafios no desenvolvimento e aplicação de modelos de ecossistema, capazes de fornecer previsões robustas para o gerenciamento da biodiversidade marinha (McCormack et al. 2019). Uma das principais estratégias é investigar a teia trófica do ecossistema marinho explorado pelas redes de arrasto, a partir de análises de isótopos estáveis (Layman et al. 2012). Diferente da análise de conteúdo estomacal (Purcell & Grover 1990, Purcell & Sturdevant 2001), que não permite a identificação de presas em um estado avançado de digestão (Fry 2008) (limitando a caracterização de níveis tróficos), os isótopos de carbono e nitrogênio fornecem informações sobre fontes alimentares dos organismos, análises de estrutura e posição trófica de uma teia trófica. Dessa forma, o $\delta^{13}\text{C}$ é utilizado para identificar e rastrear as possíveis fontes alimentares e o $\delta^{15}\text{N}$ é utilizado para a identificação dos níveis tróficos dos organismos (West et al. 2006). Com isso, o objetivo do presente estudo é caracterizar e identificar as possíveis mudanças sazonais da teia trófica de organismos marinhos costeiros da região de Ubatuba/SP, explorados pela pesca não seletiva de arrasto. A partir dos resultados obtidos de $\delta^{13}\text{C}$ e $\delta^{15}\text{N}$ foram testadas as hipóteses: (1) que a teia trófica de Ubatuba possui elevada riqueza de espécies estruturadas em uma teia trófica complexa, e (2) teia trófica com padrões isotópicos distintos em escala temporal, ou seja, mudanças entre estação fria (inverno) e quente (verão).

Material e Métodos

As amostras foram coletadas em Ubatuba, São Paulo (23°26'10"S e 45°01'36"W) (figura 1), em uma estação fria (setembro/2018) e estação quente (março/2019). Para obter um cenário metodológico que abrange a pesca dos principais recursos pesqueiros da região, ou seja, os camarões rosa e sete-barbas, as estações de coleta tiveram profundidades variando de 10 a 45 metros, utilizando-se uma embarcação camaroeira com redes de arrasto “double-rig”. Na embarcação, o plâncton foi coletado com rede de diâmetro igual a 40 cm, e em laboratório peneirado em malha de 60 μm (adaptado de Ingram et al. 2017). Parâmetros ambientais da coluna d'água foram monitorados nas duas estações, a partir de uma sonda de multiparâmetros EUREKA (Manta 2-4.0), sendo amostrados parâmetros de: salinidade, total de sólidos dissolvidos (TDS, mg/L), condutividade elétrica (CE, $\mu\text{s}/\text{cm}$), temperatura ($^{\circ}\text{C}$), oxigênio dissolvido (HDO, mg/L) e concentração de clorofila-a ($\mu\text{g}/\text{L}$).

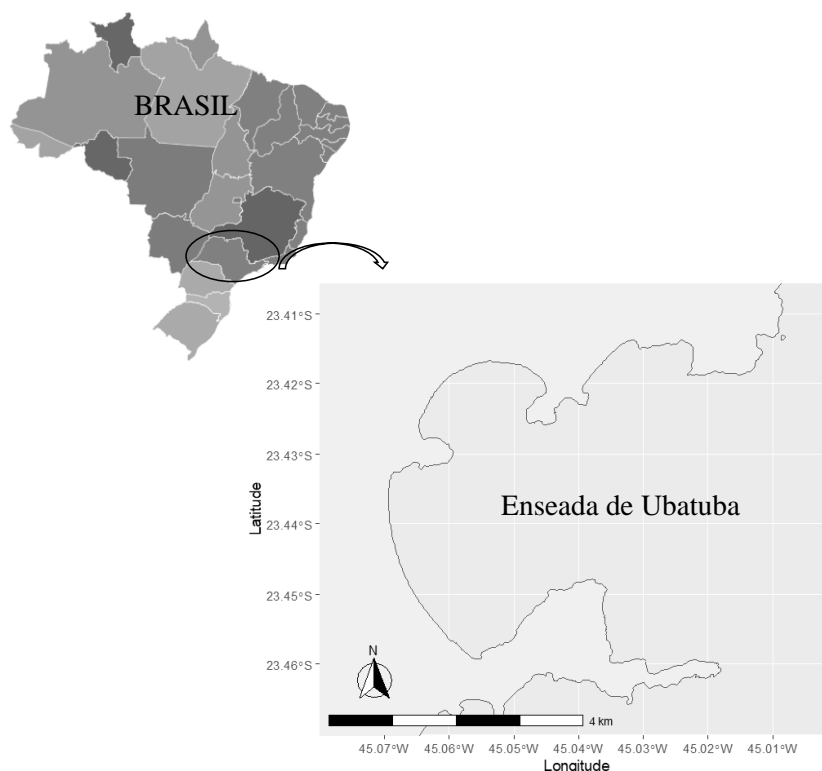


Figura 1: Mapa da área amostrada, Enseada de Ubatuba, Ubatuba/SP.

Em laboratório, os organismos foram identificados com ajuda de especialistas da área e tiveram o tecido muscular retirado para análise de isótopos estáveis. O organismo foi analisado inteiro quando diminuto e, portanto, aplicou-se o método de acidificação para se remover os carbonatos e o exoesqueleto da amostra (maiores detalhes estão descritos em Guerin et al. 2013). As amostras dos organismos foram colocadas em uma estufa a 50°C por 48 horas ou até os tecidos musculares estarem desidratados e apresentarem peso constante e, na sequência, foram moídas e homogenizadas em um moinho criogênico. Para os animais diminutos, a acidificação foi realizada após esta etapa (Guerin et al. 2013).

Para a análise isotópica, todo o material foi pesado em duplicata em cápsulas de estanho (5,0 mm, Sercon) com aproximadamente 0,5 mg por amostra com balança de 0,001 mg de resolução (Carabel et al. 2006). Após a pesagem das cápsulas, elas foram submetidas à espectrometria de massa de razão isotópica em sistema de fluxo contínuo (CF-RMS) para obtenção dos valores das razões isotópicas $R(^{13}\text{C}/^{12}\text{C})$ e $R(^{15}\text{N}/^{14}\text{N})$ das amostras no Centro de Isótopos Estáveis “Prof. Dr. Carlos Ducatti”, Unidade Auxiliar do Instituto de Biociências – IBB, UNESP. O CF-IRMS composto por um Analisador Elementar (Flash 2000, Thermo Scientific, Germany) acoplado a um IRMS (Delta V, Thermo Scientific, Germany) forneceu os valores de $R(^{13}\text{C}/^{12}\text{C})$ e $R(^{15}\text{N}/^{14}\text{N})$ expressos em diferença relativa da razão isotópica com uma razão isotópica padrão $\delta^{13}\text{C}$ e $\delta^{15}\text{N}$ respectivamente conforme as equações:

$$\delta^{13}\text{C} = \frac{R(^{13}\text{C}/^{12}\text{C})_{\text{sample}}}{R(^{13}\text{C}/^{12}\text{C})_{\text{std}}} - 1$$

$$\delta^{15}\text{N} = \frac{R(^{15}\text{N}/^{14}\text{N})_{\text{sample}}}{R(^{15}\text{N}/^{14}\text{N})_{\text{std}}} - 1$$

Onde $R(^{13}\text{C}/^{12}\text{C})_{\text{std}} = 0,011180$ e $R(^{15}\text{N}/^{14}\text{N})_{\text{std}} = 0,0036765$. Os valores isotópicos $\delta^{13}\text{C}$ e $\delta^{15}\text{N}$ adimensionais em por mil (‰) foram calibrados com os padrões internacionais

NBS-22 e IAEA-N-1 respectivamente. A incerteza padrão do CF-IRMS foi estimada em $\pm 0,15\%$ para os dois valores $\delta^{15}\text{N}$ e $\delta^{13}\text{C}$.

Análise de dados

O nível trófico dos organismos foi estimado a partir da fórmula proposta por Post (2002):

$$\text{NT} = \lambda + (\delta^{15}\text{N}_{\text{consumidor}} - \delta^{15}\text{N}_{\text{base}}) / \Delta^{15}\text{N}$$

λ é a posição trófica do organismo utilizado para estimar o $\delta^{15}\text{N}$ base. O $\Delta^{15}\text{N}$ é o fator de discriminação trófico, o qual possui um valor de $3,4 \pm 1,1 \%$, considerando o valor mais utilizado para animais de vida livre (Minagawa & Wada 1984, Nagata et al. 2015). O valor utilizado para o $\delta^{15}\text{N}$ base no verão e no inverno foi o valor isotópico da alga *Sargassum* sp, uma vez que é o produtor primário com menor $\delta^{15}\text{N}$, considerando ambas as estações

Análises estatísticas

As espécies foram separadas em 9 guildas tróficas sendo elas: produtor primário (PRO), plâncton (PLA), zooplâncton gelatinoso (ZGEL), invertebrado bentônico-séssil (IBS), invertebrado bentônico-sedentário (IBSed), invertebrado bentônico-vágil (IBV), invertebrado bentônico-demersal (IBD), peixe bentônico-demersal (PBD) e peixe demersal-pelágico (PDP), separados conforme os grandes grupos zoológicos, habitat e nível trófico (Nagata et al. 2015, Sherwood & Rose 2005).

A MANOVA foi utilizada para mostrar diferenças das assinaturas isotópicas do conjunto $\delta^{13}\text{C}/\delta^{15}\text{N}$, entre as guildas, durante a estação fria e a quente. ANOVA foi realizada a fim de observar se houve variação dos valores isotópicos de carbono e nitrogênio entre as guildas tróficas entre as estações seguido do teste Tukey. Análise de

resíduos foi feita a fim de observar a distribuição dos dados. Todas as análises estatísticas foram feitas no software R (R Development Core Equipe 2011).

Além disso, os valores isotópicos médios juntamente com o desvio padrão das espécies em cada grupo foram agrupados e plotados em biplots $\delta^{13}\text{C}$ e $\delta^{15}\text{N}$, com o objetivo de se obter uma visão geral dos grupos na teia trófica. Análises no pacote SIBER (software R) foram aplicadas para verificar diferenças entre posições tróficas e diversificação de nichos das guildas tróficas em uma mesma estação e entre as diferentes estações (inverno e verão) (Jackson et al. 2011). A análise do SIBER foi aplicada apenas para guildas que possuíam um número mínimo de 10 amostras (Jackson et al. 2011). Elipses bivariadas foram formadas (SIBER), e a média das elipses corrigidas para pequenas amostras (SEAc) foi estimada como medida do nicho isotópico médio do grupo principal, para todas as guildas. A sobreposição de área entre SEAc pareadas, e a respectiva porcentagem de sobreposição de área foi estimada para os grupos. Adicionalmente, a área da elipse padrão baesiana (SEAb) foi também calculada para obtenção de estimativas imparciais das variações dos nichos isotópicos com intervalos de credibilidade (Jackson et al. 2011, Botta et al. 2018).

Resultados

A teia trófica foi representada por 82 espécies distintas mais o grupo plâncton. Destes, as macroalgas, briozoários, esponjas, e isópodos não foram catalogados quanto espécie, embora foram discriminados morfológicamente.

As duas estações apresentaram 55 espécies com composições distintas, com 27 espécies presentes somente no inverno e outras 27 no verão (tabela 1). Quanto as guildas, todas foram encontradas nas duas estações, exceto a guilda PRO, que ocorreu apenas na estação quente (tabela 1).

Quanto ao cenário ambiental, valores de salinidade, temperatura, HDO, TDS, CE e clorofila-a apresentaram as seguintes diferenças: no verão foi possível observar que a salinidade, temperatura, TDS e CE tiveram as maiores médias se comparado com o inverno, o qual apresentou maiores valores médios de HDO e clorofila-a quando comparado com o verão (tabela 2).

Diferenças dos valores isotópicos em conjunto, carbono e nitrogênio, foram observadas dentre as estações do ano (MANOVA: $F=34,18$, $Df= 1$, $p<0,05$), e também entre as guildas tróficas (MANOVA: $F=13$, $Df=9$, $p<0,05$). Quando testados separadamente os valores de nitrogênio foram diferentes significativamente entre as duas estações do ano (ANOVA: $F=51,8$, $Df= 1$, $p<0,05$) e entre as guildas tróficas (ANOVA: $F=38,2$, $Df=9$, $p<0,05$). O mesmo ocorreu para o valor isotópico do carbono, significativamente diferente entre as duas estações do ano (ANOVA: $F=3,99$, $Df=1$, $p<0,05$) e entre as guildas tróficas (ANOVA: $F=4,95$, $Df=9$, $p<0,05$). Em seguida, a partir do teste Tukey, foi possível observar quais foram as diferenças entre as guildas tróficas para carbono e nitrogênio entre as estações do ano (figura 1). As maiores variações de $\delta^{15}N$ aconteceram nas guildas PLA, ZGEL e IBD (figura 1). Quanto ao carbono as guildas

PLA, IBS e IBD não apresentaram diferenças significativas, enquanto que a guilda IBV foi a que apresentou variação significativa de valor isotópico de $\delta^{13}\text{C}$ (figura 1).

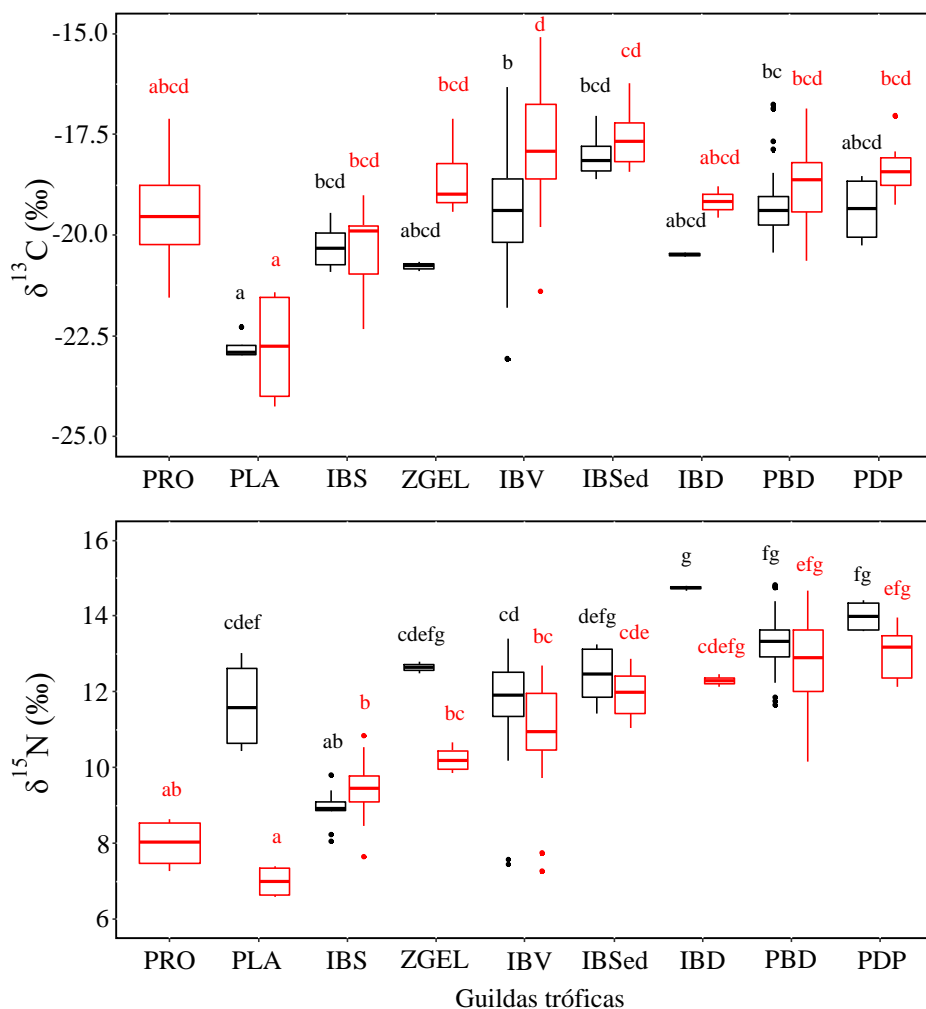


Figura 2: Variação do valor isotópico de $\delta^{13}\text{C}$ e $\delta^{15}\text{N}$ para as guildas tróficas encontradas em Ubatuba (SP), no inverno (setembro 2018, em preto) e verão (março de 2019, em vermelho). Valores médios representados pelas barras centrais entre o primeiro quartil e o terceiro quartil, extremidades representando mínimo e máximo. Letras significam as comparações significativas. Guildas tróficas: PRO=produtor primário, PLA=plâncton, ZGEL=zooplâncton gelatinoso, IBS=invertebrado bentônico-séssil, IBSeD=invertebrado bentônico-sedentário, IBV= invertebrado bentônico-vágil, IBD= invertebrado bentônico-demersal, PBD= peixe bentônico-demersal, PDP= peixe demersal-pelágico.

Teia trófica e variação isotópica

Durante o inverno a variação do valor isotópico de $\delta^{15}\text{N}$ ocorreu de 7,5‰ a 14,77‰, com enriquecimento presente entre os organismos bentônicos e os pelágicos,

sendo que a guilda que apresentou menor média de $\delta^{15}\text{N}$ foi a IBS (8,4‰ a 9,34‰) e a guilda de maior média de $\delta^{15}\text{N}$ foi a IBD (14,74‰ \pm 0,08) (tabela 1, figura 2). O representante de topo do inverno foi o peixe *Gymnothorax ocellatus* (Agassiz 1831) (14,77‰ \pm 0,02) da guilda PBD (tabela 1). Durante o verão, o $\delta^{15}\text{N}$ variou de 6,99‰ a 14,52‰, sendo a guilda de menor média de $\delta^{15}\text{N}$ foi a PLA, e a de maior média foi a PDP (figura 2), sendo possível observar um enriquecimento trófico entre as elas. O predador de topo de cadeia do verão foi o peixe *Diapterus rhombeus* (Cuvier 1829), representante da guilda PBD (tabela 1).

Como produtor primário deste ambiente, foi obtida a guilda PRO, a qual só pode ser amostrada na estação quente (tabela 1), e o seu $\delta^{15}\text{N}$ variando de 7,4‰ a 8,57‰ (figura 2). Já quando é observado os consumidores primários, as guildas PLA e IBS foram as representantes com valores de $\delta^{15}\text{N}$ entre 6,99‰ e 10,12‰. Os valores isotópicos da guilda PLA tiveram uma grande diferença entre as estações, o que pode ser visto na diferença de $\delta^{15}\text{N}$ encontrado (figura 2). Durante a estação fria, o valor de $\delta^{15}\text{N}$ da guilda PLA possui uma média de 11,66 ‰ \pm 1,28 (tabela 1), enquanto que no verão, menores valores médios de $\delta^{15}\text{N}$ (6,9‰ \pm 0,43) foram amostrados.

A guilda ZGEL no inverno teve valor isotópico $\delta^{15}\text{N}$ igual a 12,64‰ \pm 0,22, valor superior aos registrados para a mesma guilda durante o verão ($\delta^{15}\text{N}$ 10‰ a 10,55‰) (figura 2, tabela 1). Já na guilda IBV estão agrupados os mais variados tipos de crustáceos (tabela 1), e $\delta^{15}\text{N}$ destes animais no inverno variaram de 7,5‰ a 13,3‰ (figura 2). Já no verão, o $\delta^{15}\text{N}$ foi de 7,5‰ a 12,7‰ (figura 2). Em ambas as estações, o organismo de menor $\delta^{15}\text{N}$ foi o *Loxopagus loxochelis* (Moreira 1901) (tabela 1), e é possível identificar um enriquecimento do valor isotópico entre as guildas PRO e IBV (figura 2).

A guilda IBSed apresentou $\delta^{15}\text{N}$ semelhantes em ambas as estações variando de 11,1‰ a 13,23‰ (figura 2). Já na guilda representada pelas lulas (IBD), houve uma

grande diferença de valores isotópicos de $\delta^{15}\text{N}$ entre o inverno e o verão, $14,74\text{‰} \pm 0,08$ e $12,30\text{‰} \pm 0,22$, respectivamente (figura 2). Além disso, temos as guildas representadas pelos peixes, PBD e PDP, as quais reúnem os exemplares topo de teia (figura 2), com o maior valor de $\delta^{15}\text{N}$ no inverno de $14,77\text{‰} \pm 0,02$ e no verão, de $14,52\text{‰} \pm 0,2$ (tabela 1). Ademais, na guilda PDP houve uma mudança na composição de espécies quando comparado com os exemplares coletados no inverno e no verão (tabela 1). Por fim, é possível observar que os peixes PBD e PDP tiveram os maiores valores isotópicos de $\delta^{15}\text{N}$ (tabela 1), e conseqüentemente tiveram um maior enriquecimento quando comparado com os exemplares presentes em IBV e IBSed (figura 2).

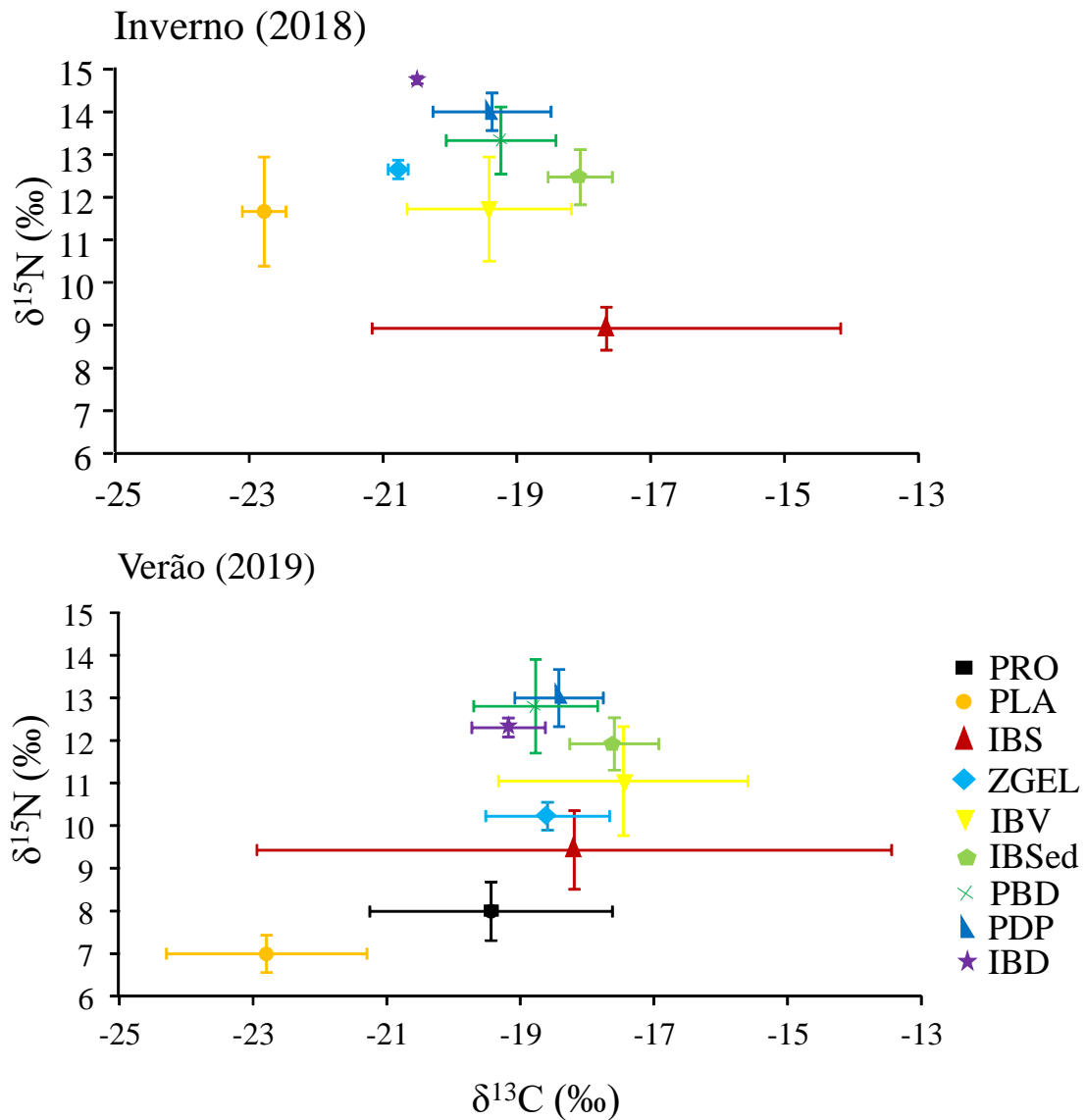


Figura 3: Média e desvio padrão dos valores isotópicos $\delta^{13}\text{C}$ e $\delta^{15}\text{N}$, representando níveis tróficos dos organismos com as suas respectivas guildas tróficas, no inverno de 2018 e verão de 2019 em Ubatuba/SP. Guildas tróficas: PRO=produtor primário, PLA=plâncton, ZGEL=zooplâncton gelatinoso, IBS=invertebrado bentônico-séssil, IBSed=invertebrado bentônico-sedentário, IBV= invertebrado bentônico-vágil, IBD= invertebrado bentônico-demersal, PBD= peixe bentônico-demersal, PDP= peixe demersal-pelágico).

Sobreposição entre guildas tróficas

As guildas analisadas no SIBER foram IBS, IBSeD, IBV, PBD e por fim PDP, esta última somente na estação quente (tabela 3). A guilda que apresentou maior TA no inverno e verão foi a IBV, no entanto, os maiores valores de SEA foram da guilda IBS em ambas as estações (tabela 3). Contudo, os maiores resultados de TA e SEA foram encontrados no verão se comparados com os do inverno (tabela 3). A maior sobreposição das áreas de elipse entre diferentes guildas tróficas durante inverno foi entre IBV com PBD, a menor sobreposição foi entre as guildas IBS com IBSeD e IBS com PBD. Já no verão, a maior sobreposição das áreas de elipse foi PBD com PDP, seguido de IBV com PBD, e a menor sobreposição foi a IBS com PDP (tabela 3).

Além disso, foi testado como a mesma guilda muda a área da elipse isotópica entre o inverno e o verão, e foi possível observar que todas as guildas testadas tem uma mudança quanto aos hábitos alimentares durante as estações, sendo que a guilda PBD teve a maior sobreposição entre a elipses formadas entre as diferentes estações. De forma geral, as elipses do inverno tenderam a ser menores que as do verão (figura 3).

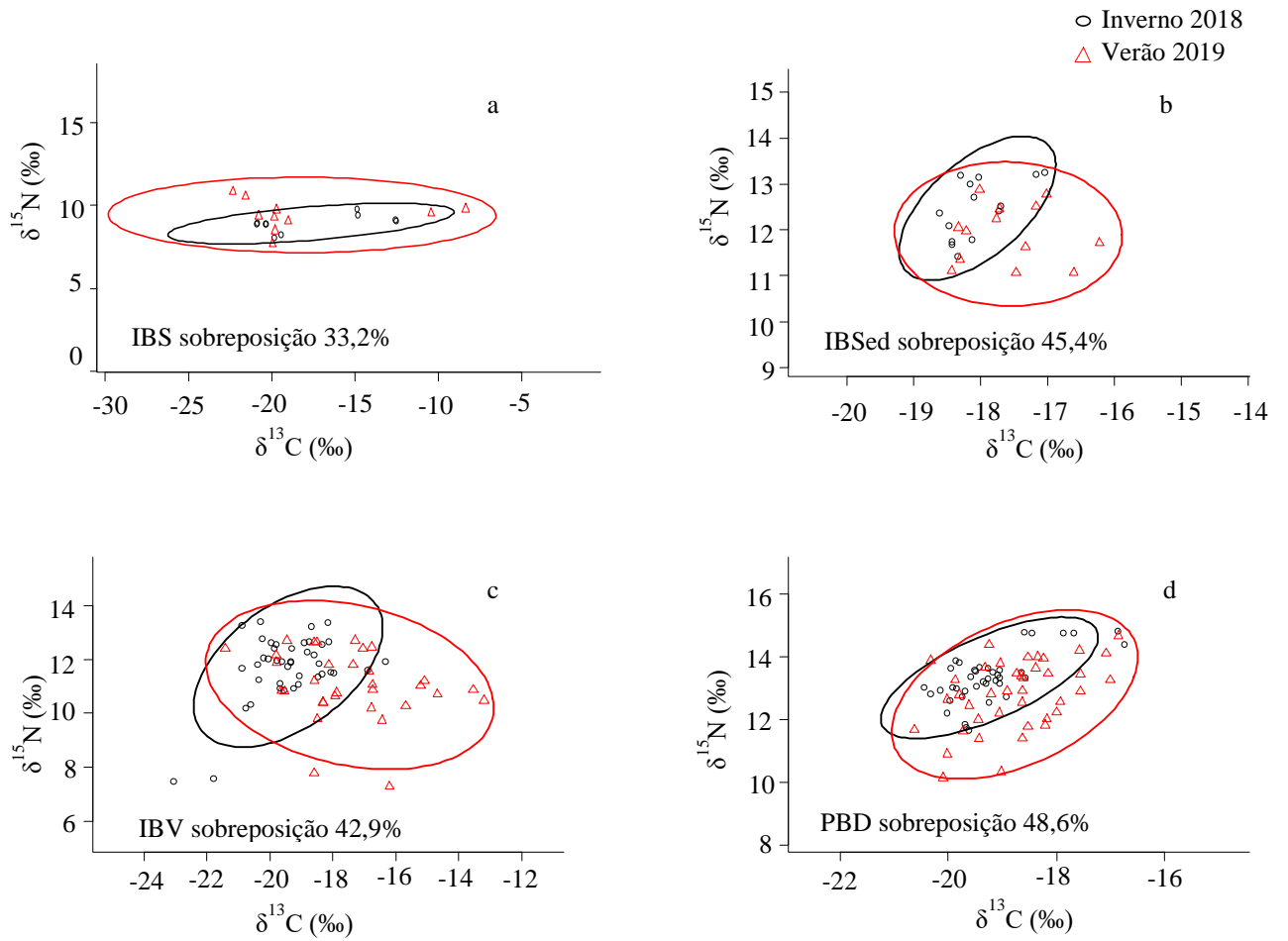


Figura 4: Área da elipse padrão (SEA) das guildas tróficas em duas estações do ano (inverno e verão) e sua respectiva sobreposição. Guildas tróficas: (a) IBS = invertebrado bentônico-séssil, (b) IBSeD = invertebrado bentônico-sedentário, (c) IBV = invertebrado bentônico-vágil e (d) PBD = peixe bentônico demersal.

Discussão

Ubatuba apresentou uma grande riqueza de espécies residentes e migratórias, além de mudanças significativas sobre os valores isotópicos entre as estações fria e quente, entre os organismos e conseqüentemente as guildas tróficas. Além disso, também foi possível constatar competições entre as guildas tróficas pelas sobreposições de guildas, tanto na mesma estação quanto entre as estações do ano.

Quanto a grande riqueza de espécies, este estudo apresentou uma maior quantidade, 82 espécies, quando comparado com o valor obtido por Nagata et al. (2015) em Cananéia (64 espécies), litoral sul do estado de São Paulo, o que corrobora com a primeira hipótese de que a região de estudo é caracterizada por uma transição faunística sob regimes oceanográficos de massas de água com características tropicais e subantárticas (Boschi 2000, Furlan et al. 2013) e um cenário ambiental com um litoral extremamente recortado, o que propicia microhabitats heterogêneos (Mantelatto et al. 1995). Ubatuba, portanto, possui recursos necessários para o seu estabelecimento tanto espécies residentes quanto as espécies migratórias em um hotspot de biodiversidade marinha.

Apesar do número de espécies coletadas no inverno e verão serem similares, os exemplares coletados sofreram grandes variações, isto pode ser visto quando se tem 54 espécies que apareceram somente em uma estação do ano, como exemplo, a guilda trófica PDP que teve uma mudança da composição de espécies coletadas entre o inverno e o verão. A variação de riqueza é acompanhada pela variação dos valores isotópicos encontrados entre a estação fria e a quente, corroborando a segunda hipótese de que há diferenciação dos valores isotópicos dos organismos entre estações fria e quente. PLA foi uma das guildas que apresentaram maiores amplitudes de $\delta^{15}\text{N}$ e, portanto, NT, devido à

própria variação temporal de regimes de massa de águas, principal meio de transporte da comunidade zooplânctônica costeira (Kozak et al. 2020).

Em locais de alta produtividade é possível observar um aumento dos valores isotópicos de $\delta^{15}\text{N}$, uma vez que os valores de base de teia trófica estão enriquecidos com nitratos e nitritos (Kozak et al. 2020). No estudo isto pode ser observado quando os maiores NT são encontrados na estação fria de Ubatuba, onde a produtividade primária e a entrada de detritos orgânicos no fundo do mar dependem dos nutrientes alóctones provindos de escoamento superficial terrestre ou também transportados pelas correntes oceânicas para a costa, por se tratar de uma região oligo-mesotrófica (Longhi 2006, Quintana et al. 2015). Este aumento de recurso estimula sazonalmente a produção de fitoplâncton e enriquece a passagem de energia até o nível trófico da fauna bentônica e pelágica (Aidar et al. 1993, Sumida et al. 2005). Além disso, esta maior variação $\delta^{15}\text{N}$ presente na guilda PLA pode ocorrer devido a estes organismos apresentarem um desenvolvimento rápido e serem diminutos e, com isso, a composição isotópica responderá mais rapidamente as variações $\delta^{15}\text{N}$ do que organismos maiores. Conseqüentemente, os valores isotópicos serão mais semelhantes às variações sazonais dos recursos de origem alóctone do que a produção local (Rolff 2000, Jennings et al. 2008).

ZGEL e IBD também apresentaram variações de $\delta^{15}\text{N}$ por estação, uma vez que estas se alimentam dos recursos presentes no plâncton (Riascos et al. 2014, Nagata et al. 2015, Corbisier et al. 2006), como pequenos crustáceos, ovos de peixes e detritos, o que justifica o enriquecimento trófico destas guildas juntamente com a guilda PLA. Além disso, as lulas (IBD) apresentam plasticidade histórica, uma vez que possuem rápido crescimento e taxa de assimilação de recursos, o que significa que estes organismos podem responder rapidamente as variações do ecossistema (Rodhouse 2005, Pecl &

Jackson 2008, Postuma & Gasalla 2010). Com isso, a variação isotópica de $\delta^{15}\text{N}$ da guilda IBD entre estação fria e quente foi observada em diversas comunidades, visto que podem ocupar tanto posições médias quanto elevadas na teia alimentar, uma vez que apresentam hábitos alimentares generalistas, os quais se modificam conforme a disponibilidade de recursos (Navarro et al. 2013). Desta forma, o aparecimento das lulas como predadores de topo no inverno do presente estudo, juntamente com os peixes (guildas PBD e PDP) está de acordo com a literatura.

Cabe destacar que o presente estudo apresenta valores isotópicos médios de $\delta^{15}\text{N}$ das macroalgas iguais a $7,98\text{‰} \pm 0,68$, maior que o mensurado em um estuário oligotrófico no noroeste dos EUA (McClelland & Valiela 1997) e próximo aos valores encontrados para algas situadas em estuário com entrada de ^{15}N provindo de ações antropogênicas (McClelland & Valiela 1998 a, b). Além dos valores isotópicos dos produtores primários representarem ações antropogênicas, na estação quente (verão), ocorre o aumento do turismo na região elevando a quantidade de dejetos orgânicos (TDS), e conseqüente modificação nos valores de HDO e clorofila-a (Nixon et al. 1984, Kemp et al. 1992, Breitburg et al. 1997). O alto índice de TDS significa elevado descarte de dejetos orgânicos, os quais podem em longo prazo interferir na qualidade da passagem de luz solar na coluna d'água, causando um efeito cascata de diminuição do processo de fotossíntese do fitoplâncton e de outros organismos fotossintetizantes (Adebowale et al. 2008), o que pode resultar em menores valores de HDO e clorofila-a no verão (Hardy 1973). Baixa concentração de oxigênio é comum em ambientes aquáticos, especialmente em regiões costeiras marinhas que apresentam grande aporte de material antropogênico e possuem sazonalidade quanto a estratificação das camadas de água (Tyson & Pearson 1991, Breitburg et al. 1997).

Durante a estação fria (inverno), os valores de clorofila-a e HDO registrados foram superiores que o verão. Os resultados de HDO podem estar correlacionados aos valores de clorofila-a (consequentemente, com o fitoplâncton), ou seja, conforme a biomassa de fitoplâncton aumenta, espera-se a elevação na concentração de clorofila-a e HDO (Hardy 1973). Esta produtividade primária é proveniente de ambiente pelágico, o que resulta numa diferença dos valores isotópicos de $\delta^{13}\text{C}$ base, advindos de organismos pelágicos e daqueles provenientes da costa (macroalgas e detritos). O $\delta^{13}\text{C}$ base proveniente da costa tende a ser mais enriquecido (menos negativo) que o $\delta^{13}\text{C}$ base do ambiente pelágico (France 1995, Post 2002). Como exemplo, a guilda IBV teve mudanças nos valores $\delta^{13}\text{C}$ médios de $-19,41\% \pm 1,22$ (inverno) para $-17,45\% \pm 1,87$ (verão), o que caracteriza no inverno uma maior importância das fontes de ambientes pelágicos e no verão as fontes provindas de ambientes costeiros.

Quando observada a estrutura trófica do local, a guilda IBV (figura 2) é identificada como responsável por fazer a ligação entre os produtores e consumidores primários/secundários, importante conexão entre os organismos pelágicos e os bentônicos de níveis tróficos elevados, corroborando resultados encontrados por Nagata et al. (2015). IBV é representada por crustáceos decápodes, principalmente os camarões de grande interesse comercial como *L. schmitti*, *F. brasiliensis* e *Xiphopenaeus* sp., os quais apresentam uma alimentação onívora a base de poliquetos, crustáceos, moluscos, detritos orgânicos e algas (Tararam et al. 1993; Branco & Moritz 2001). Ademais, o ermitão *L. loxochelis* apresentou o menor nível trófico desta guilda, justificada por ser um animal filtrador, isto é, se alimenta das partículas “suspensas” na coluna da água (Bertini et al. 2004).

Por fim, é possível observar um aumento do NT entre PRO e IBV, por estes invertebrados utilizarem como recursos fontes inacessíveis para outros organismos e,

consequentemente, ocorrer o enriquecimento trófico de uma guilda para outra. A guilda IBV é importante para manter a “harmonia” no fluxo de energia da teia trófica como link do nível trófico inferior (base da teia trófica) e o nível trófico superior (organismos demersais-pelágicos) (Nagata et al. 2015).

As guildas PLA, IBS e IBD não tiveram diferenças significativas entre o inverno e o verão (figura 1) considerando $\delta^{13}\text{C}$, assinatura isotópica usada para identificar e rastrear as possíveis fontes alimentares dos organismos (West et al. 2006), o que significa que os recursos utilizados em ambas as estações foram semelhantes, uma vez que $\delta^{13}\text{C}$ permanece quase sem alterações ao longo da teia trófica (Peterson & Fry 1987, Post 2002). IBS apresentou maior amplitude de valores de $\delta^{13}\text{C}$ (figura 2), visto que poríferos, cnidários e briozoários possuem preferências alimentares distintas mesmo tendo hábito alimentar filtrador ou suspensívoro. As razões isotópicas podem variar de acordo com: a dieta; o consumidor; e o processo de digestão, assimilação e metabolismo (DeNiro & Epstein 1981a, Hobson & Clark 1992, McCutchan et al. 2003).

Quando observadas as guildas PBD e PDP, os peixes atingiram os maiores níveis tróficos em toda a teia alimentar com os predadores de topo *G. ocellatus* (inverno) e *D. rhombeus* (verão), respectivamente, com uma dieta composta por peixes e crustáceos (Santos & Castro 2003) e uma dieta onívora (desde macroalgas até invertebrados) (Denadai et al. 2012). Outro ponto importante observado nestas duas guildas, é que há uma grande mudança de espécies componentes entre a estação quente e a estação fria. Por maior que seja a diferença da composição de espécies de cada guilda, estes podem apresentar dietas e posições tróficas similares, devido aos valores isotópicos semelhantes, o que caracteriza uma possível competição entre as duas guildas, visto que apresentam maiores taxas de sobreposição no verão (tabela 3). Além disso, os seus valores isotópicos diferiram juntamente com o restante dos outros organismos, visto que a base da teia

trófica variou os seus valores de $\delta^{13}\text{C}$ e $\delta^{15}\text{N}$, diferenciando a composição isotópica da teia trófica entre o inverno e o verão (Bearhop et al. 2004).

Quanto a sobreposição de guildas, não foi observado durante o inverno sobreposições entre IBS vs. IBSed e IBS vs. PBD. Os exemplares de IBS se alimentam de organismos suspensos na coluna da água e são sésseis, com isso, os nichos tróficos diferem completamente das demais guildas (Lesser 2006, Lewis & Price 1975, Winston et al. 1977). A maior sobreposição de nicho ocorreu IBV vs. PBD, em cada uma das estações. Alguns dos exemplares de IBV podem utilizar recursos parecidos com o dos peixes como, por exemplo, alimentação a base de invertebrados bentônicos e pequenos peixes (Figueiredo & Menezes 2000, Barbini & Lucifora 2012, Warner 1977, Iwai 1973, Petti 1990).

Ao observar as guildas IBS, IBSed, IBV e PBD, constou-se que ocorre uma menor amplitude de $\delta^{13}\text{C}$ no inverno quando comparado com o verão. No inverno as principais fontes alimentares são os consumidores primários, guildas PLA e IBS. No verão, a guilda PRO foi amostrada com o possível aumento da abundância de macroalgas (Piazzi et al. 2004), o que caracterizaria estes exemplares como fontes alimentares juntamente com os consumidores primários, sendo assim um indício do aumento das fontes de $\delta^{13}\text{C}$ no verão. Esta maior amplitude de $\delta^{13}\text{C}$ pode ser observada em todas as guildas representadas (figura 3), mas na guilda IBV esta mudança pôde ser vista com maior clareza, caracterizando uma mudança de nicho isotópico, uma vez que as médias de $\delta^{13}\text{C}$ sofreram alterações significativas. Desta forma, a distinção dos isótopos entre as guildas nas diferentes estações mostra que os organismos se alimentaram dos recursos mais abundantes no momento, levando a uma diferença dos valores isotópicos de $\delta^{13}\text{C}$ e $\delta^{15}\text{N}$ (Peterson 1999).

O presente estudo demonstrou extrema importância na caracterização da teia trófica de Ubatuba/SP, uma vez que este local apresenta uma intensa pesca na região e também grande urbanização, o que poderia prejudicar o estabelecimento de espécies no local. Apesar destes fatos, Ubatuba é um litoral oligo-mesotrófico, em que recursos advindos de fontes alóctones, como nutrientes transportados por massas de água, são fundamentais para o estabelecimento de uma elevada biodiversidade, considerada um hotspot de espécies marinhas residentes e migrantes.

Além disso, conforme ocorre a mudança de organismos de uma estação para outra, valores isotópicos distintos também podem ser observados entre as estações, uma vez que há a variação de recursos disponíveis no local, e conseqüentemente uma mudança de nível trófico e do comportamento alimentar dos organismos, como a guilda IBV. Esta guilda além de apresentar importâncias ambientais, ela é representada pelas principais espécies alvo da pesca camaroeira, o que demonstra uma grande importância da caracterização da teia trófica do local, uma vez que a partir de estudos como este, é possível identificar como os impactos antrópicos interferem no equilíbrio ecológico marinho.

Anexos

Tabela 1: Média (desvio padrão - DP) das assinaturas isotópicas de $\delta^{13}\text{C}$ e $\delta^{15}\text{N}$ das espécies coletadas, dentro das suas respectivas guildas tróficas (GT) (Nagata et al. 2015, Sherwood & Rose 2005), coletados no litoral de Ubatuba (SP), no inverno (setembro 2018) e no verão (março 2019).

GT/espécie	Estação do ano							
	Inverno (2018)				Verão (2019)			
	N	$\delta^{13}\text{C}$	$\delta^{15}\text{N}$	NT	N	$\delta^{13}\text{C}$	$\delta^{15}\text{N}$	NT
Produtor primário (PRO)								
<i>Sargassum</i> sp	-	-	-	-	2	-20,66 (1,24)	+7,4 (0,20)	1
Macroalga (não identificada)	-	-	-	-	2	-18,21 (1,53)	+8,57 (0,08)	1,34
Plâncton (PLA)								
	4	-22,78 (0,32)	+11,66 (1,28)	2,25	4	-22,79 (1,5)	+6,99 (0,43)	0,88
Zooplâncton gelatinoso (ZGEL)								
<i>Chrysaora lactea</i> (Eschscholtz 1829)	2	-20,77 (0,15)	+12,64 (0,22)	2,54	2	-19,19 (0,21)	+10 (0,17)	1,76
<i>Chiropsalmus quadrumanus</i> (Muller 1859)	-	-	-	-	2	-17,68 (0,79)	+10,55 (0,15)	1,92
Invertebrado bentônico-séssil (IBS)								
<i>Briozoa</i> sp1	-	-	-	-	2	-19,88 (0,12)	+8,06 (0,58)	1,19
<i>Mycale angulosa</i> (Duchassaing & Michelotti, 1864)	-	-	-	-	2	-19,43 (0,58)	+9,17 (0,18)	1,52
<i>Renilla reniformis</i> (Pallas 1766)	-	-	-	-	2	-9,42 (1,45)	+9,65 (0,19)	1,66
<i>Porifera</i> sp	-	-	-	-	4	-21,10 (1,12)	+10,12 (0,69)	1,8
<i>Briozoa</i> sp2	2	-19,88 (0,46)	+8,4 (0,45)	1,29	-	-	-	-
<i>Briozoa</i> sp3	4	-20,7 (0,33)	+8,89 (0,03)	1,44	-	-	-	-
<i>Briozoa</i> sp4	4	-13,72 (1,32)	+9,34 (0,34)	1,57	-	-	-	-
Invertebrado bentônico-sedentário (IBSed)								
<i>Fusinus verrucosus</i> (Gmelin 1791)	-	-	-	-	2	-17,96 (0,68)	+11,1 (0,04)	2,08
<i>Calliactis tricolor</i> (Le Sueur 1817)	2	-18,24 (0,15)	+11,6 (0,25)	2,24	2	-16,42 (0,27)	+11,39 (0,46)	2,17
<i>Olivella deflorei</i> (Klappenbach 1964)	2	-18,44 (0)	+11,71 (0,06)	2,27	-	-	-	-
<i>Olivancillaria urceus</i> (Roding 1798)	2	-17,72 (0,01)	+12,46 (0,08)	2,49	2	-17,82 (0,69)	+11,49 (0,19)	2,2
<i>Siratus tenuivaricosus</i> (Dautzenberg 1927)	-	-	-	-	2	-17,40 (0,31)	+12,26 (0,35)	2,43
<i>Carcinactis dolosa</i> (Riemann-Zürneck 1975)	2	-18,55 (0,1)	+12,23 (0,2)	2,42	2	-17,78 (0,03)	+12,35 (0,16)	2,45
<i>Stichodactyla helianthus</i> (Ellis 1768)	2	-18,2 (0,15)	+12,96 (0,34)	2,63	2	-18,27 (0,08)	+12,0 (0,05)	2,35
<i>Buccinanops cochlidium</i> (Dillwyn 1817)	2	-18,1 (0,09)	+13,08 (0,11)	2,67	2	-17,52 (0,71)	+12,82 (0,07)	2,59
<i>Zidona dufresnei</i> (Donovan 1823)	2	-17,11 (0,09)	+13,23 (0,03)	2,71	-	-	-	-
Invertebrado bentônico-vágil (IBV)								
<i>Loxopagurus loxochelis</i> (Moreira 1901)	2	-22,43 (0,9)	+7,5 (0,08)	1,03	2	-17,39 (1,7)	+7,5 (0,34)	1,03
<i>Pagurus exilis</i> (Benedict 1892)	2	-20,7 (0,11)	+10,26 (0,11)	1,84	2	-16,06 (0,53)	+10 (0,39)	1,77

Estação do ano								
Inverno (2018)					Verão (2019)			
GT/espécie	N	$\delta^{13}\text{C}$	$\delta^{15}\text{N}$	NT	N	$\delta^{13}\text{C}$	$\delta^{15}\text{N}$	NT
<i>Farfantepenaeus brasiliensis</i> (Latreille 1817)	2	-19,62 (0,07)	+10,89 (0,04)	2,03	2	-17,53 (1,12)	+10,64 (0,33)	1,95
<i>Persephona punctata</i> (Linnaeus 1758)	2	-19,17 (0,11)	+11,0 (0,11)	2,06	2	-15,85 (3,73)	+10,14 (0,48)	1,8
<i>Dardanus insignis</i> (De Saussure 1857)	2	-18,77 (0,42)	+11,37 (0,03)	2,17	2	-15,15 (0,09)	+11,1 (0,13)	2,09
<i>Achelous spinicarpus</i> (Stimpson 1871)	2	-20,01 (0,49)	+11,18 (0,08)	2,11	-	-	-	-
<i>Xiphopenaeus</i> sp. (Smith 1869)	2	-19,39 (0,06)	+11,81 (0,11)	2,29	2	-18,76 (1,25)	+10,80 (0,06)	2
<i>Rimapenaeus constrictus</i> (Stimpson 1871)	2	-19,70 (0,11)	+11,94 (0,04)	2,33	2	-17,54 (1,08)	+10,29 (0,14)	1,85
<i>Pleoticus muelleri</i> (Spence Bate 1888)	-	-	-	-	2	-18,73 (1,13)	+10,72 (0,13)	1,97
<i>Persephona mediterranea</i> (Herbst 1794)	2	-20,64 (0,34)	+11,74 (0,08)	2,28	2	-14,1 (0,81)	+10,8 (0,12)	1,99
<i>Sicyonia dorsalis</i> (Kingsley 1878)	2	-16,61 (0,4)	+11,77 (0,22)	2,28	-	-	-	-
<i>Stenocionops furcatus</i> (Olivier 1791)	2	-20,14 (0,11)	+12,05 (0,03)	2,37	-	-	-	-
<i>Sicyonia typica</i> (Boeck 1864)	2	-19,32 (0,01)	+12,16 (0,33)	2,4	-	-	-	-
<i>Nematopalaemon schmitti</i> (Holthuis 1950)	2	-19,84 (0,04)	+12,47 (0,11)	2,49	-	-	-	-
<i>Callinectes ornatus</i> (Ordway 1863)	2	-18,24 (0,16)	+12,62 (0,08)	2,53	2	-17,66 (1,29)	+11,13 (0,09)	2,1
<i>Exhippolysmata oplophoroides</i> (Holthuis 1948)	2	-18,82 (0,11)	+12,65 (0,03)	2,54	-	-	-	-
<i>Litopenaeus schmitti</i> (Burkenroad 1936)	2	-18,39 (0,07)	+11,66 (0,27)	2,25	2	-17,48 (0,9)	+11,67 (0,17)	2,25
<i>Callinectes danae</i> (Smith 1869)	2	-18,03 (0,06)	+11,51 (0,0)	2,21	2	-18,57 (1,72)	+11,84 (0,05)	2,3
<i>Isopoda</i> sp.	2	-20,59 (0,4)	+13,32 (0,1)	2,74	2	-20,61 (1,13)	+12,27 (0,18)	2,43
<i>Hepatus pudibundus</i> (Herbst 1785)	2	-18,7 (0,14)	+12,21 (0,06)	2,42	2	-17,76 (1,03)	+12,52 (0,16)	2,5
<i>Libinia spinosa</i> (Guérin 1832)	2	-20,1 (0,2)	+12,7 (0,08)	2,56	-	-	-	-
<i>Arenaeus cribrarius</i> (Lamarck 1818)	-	-	-	-	2	-17,68 (1,29)	+12,55 (0,13)	2,5
<i>Achelous spinimanus</i> (Latreille 1819)	2	-18,42 (0,37)	+13,3 (0,1)	2,73	2	-18,38 (1,53)	+12,7 (0,00)	2,56
Peixe bentônico-demersal (PBD)								
<i>Priacanthus arenatus</i> (Cuvier 1829)	-	-	-	-	2	-19,55 (0,75)	+10,25 (0,13)	1,84
<i>Upeneus parvus</i> (Poey 1852)	-	-	-	-	2	-19,27 (1,05)	+11,35 (0,61)	2,16
<i>Diplectrum radiale</i> (Quoy & Gaimard 1824)	2	-16,81 (0,08)	+14,61 (3,11)	3,12	2	-19,03 (0,57)	+11,41 (0,02)	2,18
<i>Porichthys porosissimus</i> (Cuvier 1829)	-	-	-	-	2	-20,17 (0,64)	+11,66 (0,03)	2,25
<i>Pseudobatos percellens</i> (Walbaum 1792)	-	-	-	-	2	-18,82 (0,87)	+11,9 (0,12)	2,32
<i>Conodon nobilis</i> (Linnaeus 1758)	-	-	-	-	2	-18,62 (0,62)	+12,12 (0,13)	2,39
<i>Synodus foetens</i> (Linnaeus 1766)	-	-	-	-	2	-18,8 (1,14)	+12,35 (0,16)	2,45
<i>Citharichthys macrops</i> (Dressel 1885)	-	-	-	-	2	-19,21 (0,82)	+12,67 (0,17)	2,55
<i>Prionotus punctatus</i> (Bloch 1793)	2	-20,38 (0,08)	+12,92 (0,15)	2,62	2	-17,74 (0,27)	+12,73 (0,24)	2,57
<i>Dactylopterus volitans</i> (Linnaeus 1758)	2	-19,76 (0,11)	+12,95 (0,08)	2,63	2	-19,32 (0,98)	+12,78 (0,20)	2,58

Estação do ano								
Inverno (2018)					Verão (2019)			
GT/espécie	N	$\delta^{13}\text{C}$	$\delta^{15}\text{N}$	NT	N	$\delta^{13}\text{C}$	$\delta^{15}\text{N}$	NT
<i>Cynoscion jamaicensis</i> (Vaillant & Bocourt 1883)	-	-	-	-	2	-19,06 (0,21)	+12,86 (0,07)	2,6
<i>Narcine brasiliensis</i> (Olfers 1831)	-	-	-	-	2	-17,28 (0,38)	+13,35 (0,14)	2,75
<i>Menticirrhus americanus</i> (Linnaeus 1758)	2	-19,87 (0,11)	+13,72 (0,13)	2,86	2	-18,67 (0,09)	+13,4 (0,12)	2,76
<i>Micropogonias furnieri</i> (Desmarest 1823)	2	-19,54 (0,05)	+13,46 (0,14)	2,78	2	-18,4 (0,34)	+13,43 (0,05)	2,77
<i>Paralanchurus brasiliensis</i> (Steindachner 1875)	2	-19,06 (0,02)	+13,05 (0,11)	2,8	2	-19,45 (0,58)	+13,53 (0,37)	2,8
<i>Gymnothorax ocellatus</i> (Agassiz 1831)	2	-18,52 (0,09)	+14,77 (0,02)	3,17	2	-18,78 (0,76)	+13,80 (0,22)	2,88
<i>Larimus breviceps</i> (Cuvier 1830)	-	-	-	-	2	-18,45 (0,1)	+13,81 (0,25)	2,88
<i>Cathorops spixii</i> (Agassiz 1829)	-	-	-	-	2	-19,33 (1,4)	+13,94 (0,09)	2,92
<i>Eucinostomus argenteus</i> (Baird & Girard 1855)	-	-	-	-	2	-17,32 (0,35)	+14,16 (0,08)	2,98
<i>Diapterus rhombeus</i> (Cuvier 1829)	-	-	-	-	2	-18,05 (1,69)	+14,52 (0,2)	3,09
<i>Bothus ocellatus</i> (Agassiz 1831)	2	-19,64 (0,04)	+11,71 (0,07)	2,27	-	-	-	-
<i>Symphurus diomedeanus</i> (Goode & Bean 1885)	2	-19,71 (0,03)	+12,3 (0,62)	2,44	-	-	-	-
<i>Sphoeroides cf. tyleri</i> (Shipp 1972)	2	-19,9 (0,03)	+12,41 (0,27)	2,47	-	-	-	-
<i>Chilomycterus antillarum</i> (Jordan & Rutter 1897)	2	-19,08 (0,23)	+12,64 (0,13)	2,54	-	-	-	-
<i>Trachinocephalus myops</i> (Forster 1801)	2	-20,03 (0,16)	+12,98 (0,05)	2,64	-	-	-	-
<i>Symphurus plagusia</i> (Bloch & Schneider 1801)	2	-19,41 (0,09)	+13,12 (0,1)	2,68	-	-	-	-
<i>Zapteryx brevirostris</i> (Muller & Henle 1841)	2	-19,09 (0,06)	+13,2 (0,07)	2,7	-	-	-	-
<i>Ogcocephalus vespertilio</i> (Linnaeus 1758)	2	-19,28 (0,01)	+13,23 (0,11)	2,72	-	-	-	-
<i>Rioraja agassizii</i> (Muller & Henle 1841)	2	-18,82 (0,33)	+13,33 (0,01)	2,74	-	-	-	-
<i>Atlantoraja castelnaui</i> (Miranda Ribeiro 1907)	2	-18,9 (0,37)	+13,51 (0,01)	2,8	-	-	-	-
<i>Orthopristis ruber</i> (Cuvier 1830)	2	-19,46 (0,06)	+13,6 (0,11)	2,82	-	-	-	-
<i>Isopisthus parvipinnis</i> (Cuvier 1830)	2	-19,56 (0,42)	+13,76 (0,16)	2,87	-	-	-	-
<i>Lutjanus synagris</i> (Linnaeus 1758)	2	-17,77 (0,15)	+14,76 (0,01)	3,16	-	-	-	-
Peixe demersal-pelágico (PDP)								
<i>Chloroscombrus chrysurus</i> (Linnaeus 1766)	-	-	-	-	2	-18,81 (0,57)	+12,24 (0,15)	2,42
<i>Stellifer rastrifer</i> (Jordan 1889)	-	-	-	-	2	-18,38 (0,57)	+13,33 (0,21)	2,74
<i>Pellona harroweri</i> (Fowler 1917)	2	-20,12 (0,18)	+13,63 (0,03)	2,83	-	-	-	-
<i>Lagocephalus laevigatus</i> (Linnaeus 1766)	-	-	-	-	2	-17,72 (0,98)	+13,8 (0,24)	2,88
<i>Chaetodipterus faber</i> (Broussonet 1782)	2	-18,61 (0,12)	+14,38 (0,07)	3,05	-	-	-	-
Invertebrado bentônico-demersal (IBD)								
<i>Dorytheutis sanpaulensis</i> (Brakoniecki 1984)	2	-20,49 (0,07)	+14,74 (0,08)	3,16	2	-19,18 (0,55)	+12,3 (0,22)	2,44

Tabela 2: Fatores abióticos coletados em Ubatuba/SP, no inverno (setembro de 2018) e no verão (março de 2019). Salin= salinidade, Temp= temperatura, TDS= total de sólidos dissolvidos, CE= condutividade elétrica, OD= oxigênio dissolvido, cloro-a= clorofila-a. Valores entre parênteses representam o desvio padrão dos valores coletados.

Fatores abióticos						
Estação	Salin (PSS)	Temp (°C)	TDS (mg/L)	CE (uS/cm)	OD (mg/l)	Cloro-a (ug/l)
Inverno	33,64 (0,07)	20,69 (0,09)	32723,75 (62,06)	51134,37 (97,36)	7,60 (0,12)	2,96 (0,36)
Verão	35,98 (0,07)	27,30 (0,21)	34860 (63,0)	54472 (98,57)	6,84 (0,12)	2,17 (0,38)

Tabela 3: A variação de nicho trófico dos exemplares na área total (TA), Área da elipse padrão (SEA), Área da elipse padrão com correção (SEAc) e intervalos de credibilidade de (95%), das guildas tróficas em duas estações inverno (2018) e verão de (2019). Possível observar competidores potenciais, a sobreposição de duas elipses baseada em intervalos de confiança de 95%. Invertebrado bentônico-séssil (IBS), invertebrado bentônico-sedentário (IBSed), invertebrado bentônico-vágil (IBV), peixe bentônico-demersal (PBD), peixe demersal-pelágico (PDP).

Inverno (2018)										
Guildas	N	TA	SEAc	SEAb	CI 95%	Sobreposição SEAc (δ unidade²)				
						IBS	IBSed	IBV	PDB	
IBS	10	6,92	5,16	4,59	2,27					
IBSed	14	1,38	0,85	0,78	0,45	0				
IBV	42	19,35	4,21	4,10	2,99	5,4	20,1			
PBD	40	5,77	1,53	1,49	1,08	0	9,6	30,6		

Verão (2019)										
Guildas	N	TA	SEAc	SEAb	CI 95%	Sobreposição SEAc (δ unidade²)				
						IBS	IBSed	IBV	PBD	PDP
IBS	10	21,06	15,56	13,83	6,23					
IBSed	14	3,05	1,41	1,30	0,73	3,9				
IBV	32	26,9	7,49	7,25	5,04	26,5	18,8			
PBD	40	11,1	2,95	2,88	2,08	4,6	24,5	29,1		
PDP	10	1,96	1,33	1,18	0,59	0,87	25,4	15,5	45,1	

Referências

- Adebowale, K. O., Agunbiade, F. O. & Olu-Owolabi, B. I. (2008). Impacts of natural and anthropogenic multiple sources of pollution on the environmental conditions of Ondo State coastal water, Nigeria. *Electronic Journal of Environmental, Agriculture and Food Chemistry*, 7(4), 2797-2881.
- Aidar, E., Gaeta, S.A., Giancesella-Galvão, S.M.F., Kutner, M.B.B. & Teixeira, C., (1993). Ecosystema costeiro tropical: nutrientes dissolvidos, fitoplâncton e clorofila-a, e suas relações com as condições oceanográficas na região de Ubatuba. *Publ. Esp.Instituto Oceanográfico*, 10, 9-43.
- Barbini, S. A. & Lucifora, L. O. (2012). Feeding habits of a large endangered skate from the south-west Atlantic: the spotback skate, *Atlantoraja castelnaui*. *Marine and Freshwater Research*, 63(2), 180-188.
- Bearhop, S., Adams, C. E., Waldron, S., Fuller, R. A. & MacLeod, H. (2004). Determining trophic niche width: a novel approach using stable isotope analysis. *Journal of animal ecology*, 73(5), 1007-1012.
- Bertini, G., Fransozo, A. & Negreiros-Fransozo, M.L. (2010). Brachyuran soft-bottom assemblage from marine shallow waters in the southeastern Brazilian littoral. *Marine Biodiversity*, 40, 277-291.
- Bertini G., A. Fransozo, A. & A. A. Braga. (2004). Ecological distribution and reproductive period of the hermit crab *Loxopagurus loxochelis* (Anomura, Diogenidae) on the northern coast of São Paulo State, Brazil, *Journal of Natural History*, 38, 18, 2331-2344.
- Boschi, E.E. (2000). Species of decapod crustaceans and their distribution in the American marine zoogeographic provinces. *Revista de Investigación y Desarrollo Pesquero*, 13, 7-136.

- Botta, S., Secchi, E. R., Rogers, T. L., Prado, J. H., de Lima, R. C., Carlini, P. & Negrete, J. (2018). Isotopic niche overlap and partition among three Antarctic seals from the Western Antarctic Peninsula. *Deep Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography*, 149, 240-249.
- Branco, J. O. & Moritz, Jr H. C. (2001). Alimentação natural do camarão sete-barbas (*Xiphopenaeus kroyeri*), na Armação do Itapocoroy, Penha, SC. *Revista Brasileira de Zoologia*, 18(1), 53-61.
- Breitburg, D. L., Loher, T., Pacey, C. A. & Gerstein, A. (1997). Varying effects of low dissolved oxygen on trophic interactions in an estuarine food web. *Ecological Monographs*, 67(4), 489-507.
- Carabel, S., Godínez-Domínguez, E., Verísimo, P., Fernández, L. & Freire, J. (2006). An assessment of sample processing methods for stable isotope analyses of marine food webs. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 336 (2), 254-261.
- Castro-Filho, B. M. D., Miranda, L. B. D. & Miyao, S. Y. (1987). Condições hidrográficas na plataforma continental ao largo de Ubatuba: variações sazonais e em média escala. *Boletim do Instituto Oceanográfico*, 35(2), 135-151.
- Corbisier, T. N., Soares, L. S. H., Petti, M. A. V., Muto, E. Y., Silva, M. H. C., McClelland, J. & Valiela, I. J. A. E. (2006). Use of isotopic signatures to assess the food web in a tropical shallow marine ecosystem of Southeastern Brazil. *Aquatic Ecology*, 40(3), 381-390.
- D’Incao, F., Valentini H. & Rodrigues, L.F. (2002). Avaliação Da Pesca De Camarões Nas Regiões Sudeste E Sul Do Brasil: 1965- 1999. *Atlântica*, Rio Grande, 24 (2), 103-116.
- Denadai, M. R., Santos, F. B., Bessa, E., Fernandez, W. S., Paschoal, C. C. & Turra, A. (2012). Diets of *Eucinostomus argenteus* (Baird & Girard, 1855) and *Diapterus*

- rhombeus* (Cuvier, 1829) (Perciformes: Gerreidae) in Caraguatatuba Bay, southeastern Brazil. *Pan-American Journal of Aquatic Sciences*, 7(3), 143-155.
- DeNiro, M. J. & Epstein, S. (1981a). Influence of diet on the distribution of nitrogen isotopes in animals. *Geochimica Cosmochimica Acta*, 45, 341-351.
- Figueiredo, J. D. & Menezes, N. A. (2000). Manual de peixes marinhos do sudeste do Brasil. VI. Teleostei, (5).
- France, R. L. (1995). Differentiation between littoral and pelagic food webs in lakes using carbon isotopes. *Limnology and Oceanography*, 40, 1310-1313.
- Fry, B. (2008). *Stable isotope ecology*. Springer Science Business Media, New York.
- Funes, M., Marinao, C. & Galván, D. E. (2019). Does trawl fisheries affect the diet of fishes? A stable isotope analysis approach. *Isotopes in environmental and health studies*, 55(4), 327-343.
- Furlan, M., Castilho, A. L., Fernandes-Goes, L.C., Fransozo, V., Bertini, G. & Costa, R. C. (2013). Effect of environmental factors on the abundance of decapod crustaceans from soft bottoms off southeastern Brazil. *Annals of the Brazilian Academy of Sciences*, 85(4), 1345-1356.
- Guerin, A. J., Jensen, A. C. & McGill, R. A. (2013). Effects of distilled water rinsing on stable isotope ratios of acid-treated marine invertebrate (Paguridae) samples. *Rapid Communications in Mass Spectrometry*, 27(18), 2051-2056.
- Hardy, J. T. (1973). Phytoneston ecology of a temperate marine lagoon. *Limnology and oceanography*, 18(4), 525-533.
- Hobson, K. A. & Clark, R. G. (1992). Assessing avian diets using stable isotopes II: factors influencing diet-tissue fractionation. *The Condor*, 94, 189-197.
- IBGE. Panorama de Ubatuba/SP. (2010). Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/sp/ubatuba/panorama>. Acesso m março de 2020.

- Ingram, B. A., Pitt, K. A. & Barnes, P. (2017). Stable isotopes reveal a potential kleptoparasitic relationship between an ophiuroid (*Ophiocnemis marmorata*) and the semaeostome jellyfish, *Aurelia aurita*. *Journal of Plankton Research*, 39(1), 138-146.
- Iwai, M. (1973). Pesca exploratória e estudo biológico sobre o camarão na costa Centro/Sul do Brasil com o Navio Oceanográfico —Prof. W. Besnardl em 1969-1971. São Paulo, Sudelpa, IOUSP, 71p.
- 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(3), 595-602.
- Jennings, S., Maxwell, T. A., Schratzberger, M. & Milligan, S. P. (2008). Body-size dependent temporal variations in nitrogen stable isotope ratios in food webs. *Marine Ecology Progress Series*, 370, 199-206.
- Kemp, W. M., Sampou, P. A., Garber, J., Tuttle, J. & Boynton, W. R. (1992). Seasonal depletion of oxygen from bottom waters of Chesapeake Bay: roles of benthic and planktonic respiration and physical exchange processes. *Marine Ecology Progress Series*, 85, 137-152.
- Kozak, E. R., Franco-Gordo, C., Godínez-Domínguez, E., Suárez-Morales, E. & Ambriz-Arreola, I. (2020). Seasonal variability of stable isotope values and niche size in tropical calanoid copepods and zooplankton size fractions. *Marine Biology*, 167(3), 37.
- Layman, C. A., Araujo, M. S., Boucek, R., Hammerschlag-Peyer, C. M., Harrison, E., Jud, Z. R., Matich, P., Rosenblatt, A.E., Vaudo, J.J., Yeager, L.A., Post, D. M & Bearhop, S. (2012). Applying stable isotopes to examine food-web structure: an overview of analytical tools. *Biological Reviews*, 87(3), 545-562.

- Leite-Junior, N. O. & Petrere-Junior, M. (2006). Stock assessment and fishery management of the pink shrimp *Farfantepenaeus brasiliensis* Latreille, 1970 and *F. pauliensis* Pérez-Farfante, 1967 in Southeastern Brazil (23° to 28°S). *Brazilian Journal of Biology*, 66 (1), 263-277.
- Lesser, M. P. (2006). Benthic–pelagic coupling on coral reefs: feeding and growth of Caribbean sponges. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 328(2), 277-288.
- Lewis, J. B. & Price, W. S. (1975). Feeding mechanisms and feeding strategies of Atlantic reef corals. *Journal of Zoology*, 176(4), 527-544.
- Longhi, M. L., Ferreyra, G., Schloss, I. & Roy, S. (2006). Variable phytoplankton response to enhanced UV-B and nitrate addition in mesocosm experiments at three latitudes (Canada, Brazil and Argentina). *Marine Ecology Progress Series*, 313, 57-72.
- Mantelatto, F. L. M.; Fransozo, A. & Negreiros-Fransozo, M. L. (1995). Distribuição do caranguejo *Hepatus pudibundus* (Herbst, 1785) (Crustacea, Decapoda, Brachyura) na Enseada da Fortaleza, Ubatuba (SP), Brasil. *Boletim do Instituto Oceanográfico*, 59-69.
- Mantelatto, F. L., Bernardo, C. H., Silva, T. E., Bernardes, V. P. & Fransozo, A. (2016). Composição e distribuição de crustáceos decápodes associados à pesca do camarão-sete-barbas *Xiphopenaeus kroyeri* (Heller, 1862) no litoral norte do estado de São Paulo. *Boletim do Instituto de Pesca*, 42(2), 307-326.
- McClelland, J.W. & Valiela I. (1998a). Changes in food web structure under the influence of increased anthropogenic nitrogen inputs to estuaries. *Marine Ecology Progress Series*, 168, 259- 271.

- McClelland, J.W. & Valiela I. (1998b). Linking nitrogen in estuarine producers to land-derived sources. *Limnology. Oceanography*, 43, 577-585.
- McClelland, J.W. & Valiela, I. (1997). Nitrogen-stable isotope signatures in estuarine food webs: A record of increasing urbanization in coastal watersheds. *Limnology. Oceanography*, 42, 930-937.
- McCormack, S. A., Trebilco, R., Melbourne-Thomas, J., Blanchard, J. L., Fulton, E. A. & Constable, A. (2019). Using stable isotope data to advance marine food web modelling. *Reviews in Fish Biology and Fisheries*, 1-20.
- McCutchan Jr, J. H., Lewis Jr, W. M., Kendall, C. & McGrath, C. C. (2003). Variation in trophic shift for stable isotope ratios of carbon, nitrogen, and sulfur. *Oikos*, 102(2), 378-390.
- Minagawa, M. & Wada, E. (1984). Stepwise enrichment of ^{15}N along food chains: further evidence and the relation between $\delta^{15}\text{N}$ and animal age. *Geochimica et cosmochimica acta*, 48(5), 1135-1140.
- Nagata, R. M., Moreira, M. Z., Pimentel C. R. & Morandini A. C. (2015). Food web characterization based on $\delta^{15}\text{N}$ and $\delta^{13}\text{C}$ reveals isotopic niche partitioning between fish and jellyfish in a relatively pristine ecosystem. *Marine Ecology Progress Series*, 519, 13-27.
- Navarro, J., Coll, M., Somes, C. J. & Olson, R. J. (2013). Trophic niche of squids: Insights from isotopic data in marine systems worldwide. *Deep Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography*, 95, 93-102.
- Nixon, S. W., Pilson, M. E. Q., Oviatt, C. A., Donaghay, P., Sullivan, B., Seitzinger, S. & Frithsen, J. (1984). Eutrophication of a coastal marine ecosystem—an experimental study using the MERL microcosms. In *Flows of energy and materials in marine ecosystems*, 105-135.

- Park, T. H., Lee, C. I., Kang, C. K., Kwak, J. H., Lee, S. H. & Park, H. J. (2019). Seasonal variation in food web structure and fish community composition in the East/Japan sea. *Estuaries and Coasts*, 1-15.
- Pecl, G. T. & Jackson, G. D. (2008). The potential impacts of climate change on inshore squid: biology, ecology and fisheries. *Reviews in Fish Biology and Fisheries*, 18, 373-385.
- Peterson, B. J. & Fry, B. (1987). Stable isotopes in ecosystem studies. *Annual review of ecology and systematics*, 18, 293-320.
- Peterson, B.J. (1999). Stable isotopes as tracers of organic matter input and transfer in benthic food webs: a review. *Acta Oecologica* 20, 479-487.
- Petti, M. A. V. (1990). Hábitos alimentares dos crustáceos decápodos braquiúros e seu papel na rede trófica do infralitoral de Ubatuba (litoral norte do Estado de São Paulo, Brasil). 150p. Dissertação de mestrado. Universidade de São Paulo, Instituto Oceanográfico.
- Piazzzi, L., Balata, D., Pertusati, M. & Cinelli, F. (2004). Spatial and temporal variability of Mediterranean macroalgal coralligenous assemblages in relation to habitat and substratum inclination. *Botanica Marina*, 47, 105-115
- Post, D. M. (2002). Using stable isotopes to estimate trophic position: models, methods, and assumptions. *Ecology*, 83(3), 703-718.
- Postuma, F. A. & Gasalla, M. A. (2010). On the relationship between squid and the environment: artisanal jigging for *Loligo plei* at São Sebastião Island (24 S), southeastern Brazil. *ICES Journal of Marine Science*, 67(7), 1353-1362.
- Purcell, J. E. & Grover, J. J. (1990). Predation and food limitation as causes of mortality in larval herring at a spawning ground in British Columbia. *Marine Ecology Progress Series*, 59, 55-61.

- Purcell, J. E. & Sturdevant, M. V. (2001). Prey selection and dietary overlap among zooplanktivorous jellyfish and juvenile fishes in Prince William Sound, Alaska. *Marine Ecology Progress Series*, 210, 67-83.
- Quintana, C. O., Bernardino, A. F., de Moraes, P. C., Valdemarsen, T. & Sumida, P. Y. (2015). Effects of coastal upwelling on the structure of macrofaunal communities in SE Brazil. *Journal of Marine Systems*, 143, 120-129.
- Rodhouse, P. G. (2005). World squid resources. In *Review of the State of World Marine Fishery Resources*, pp. 175–187. Ed. by the FAO Marine Resources Service. FAO Fisheries Technical Paper, 457, 214 p.
- Riascos, J. M., Villegas, V. & Pacheco, A.S. (2014). Diet composition of the large scyphozoan jellyfish *Chrysaora plocamia* in a highly productive upwelling centre off northern Chile, *Marine Biology Research*, 10, 8, 791-798.
- Rolf, C. (2000). Seasonal variation in $\delta^{13}\text{C}$ and $\delta^{15}\text{N}$ of size fractionated plankton at a coastal station in the northern Baltic proper. *Marine Ecology Progress Series*, 203, 47-65.
- Santos, F. B. & Castro, R. M. (2003). Activity, habitat utilization, feeding behaviour, and diet of the sand moray *Gymnothorax ocellatus* (Anguilliformes, Muraenidae) in the Southwestern Atlantic. *Biota Neotropica*, 3(1), 1-7.
- Seade. Perfil dos municípios paulistas: Ubatuba, (2020). Disponível em: <http://perfil.seade.gov.br/>. Acesso em março de 2020.
- Sherwood, G. D. & Rose, G. A. (2005). Stable isotope analysis of some representative fish and invertebrates of the Newfoundland and Labrador continental shelf food web. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 63(4), 537-549.

- Sumida, P.Y.G., Yoshinaga, M.Y., Ciotti, A.M. & Gaeta, S.A. (2005). Benthic response to upwelling events off the SE Brazilian coast. *Marine Ecology Progress Series*, 291, 35-42.
- Tararam, A.S., Wakabara, Y. & Equi, M.B. (1993). Hábitos alimentares de onze espécies da megafauna bêmica da plataforma continental de Ubatuba, SP. Publicação esp. Instituto oceanográfico, São Paulo, 10, 159-167.
- Tyson, R. V. & T. H. Pearson. (1991). Modern and ancient continental shelf anoxia. *Geological Society Special Publication*, 58p.
- Vasques, R.O.R. (2005). Aspectos da dinâmica populacional do camarão-rosa *Farfantepenaeus paulensis* (Perez-Farfante, 1967) Crustacea, Decapoda, na Região de Ilhéus, BA. Ilhéus, 147p. (Dissertação de Mestrado. Departamento de Ciências Biológicas, UESC).
- Warner, G.F. (1977). *The biology of crabs*. New York, Elek Science London, 202p.
- West, J. B., Bowen, G. J., Cerling, T. E. & Ehleringer, J. R. (2006). Stable isotopes as one of nature's ecological recorders. *Trends in Ecology & Evolution*, 21(7), 408-414.
- Winston, J. E., Woollacott, R. M. & Zimmer, R. L. (1977). Feeding in marine bryozoans. *Biology of bryozoans*, 233, 271.

CAPÍTULO 2

O que comem e quais são os predadores dos camarões que nós comemos? Análise da preferência alimentar de camarões de valor comercial coletados em pesca de arrasto, a partir da análise de isótopos estáveis

O que comem e quais são os predadores dos camarões que nós comemos? Análise da preferência alimentar de camarões de valor comercial coletados em pesca de arrasto, a partir da análise de isótopos estáveis

Resumo

A atividade pesqueira de Ubatuba tem como principal recurso rentável os camarões rosa (*Farfantepenaeus paulensis* e *F. brasiliensis*), camarão branco (*Litopenaeus schmitti*), e o camarão sete-barbas (*Xiphopenaeus* sp.). Devido à grande exploração pesqueira, estas comunidades bentônicas começaram a receber crescente preocupação ecológica, visto que, estes organismos fazem parte do elo trófico entre produtores primários e consumidores secundários. Desta forma, o objetivo do estudo foi caracterizar a teia trófica ($\delta^{15}\text{N}$ e $\delta^{13}\text{C}$) que os camarões de valor comercial estão inseridos e os prováveis recursos alimentares presentes na região de Ubatuba. Totais de 26 e 23 espécies foram coletadas durante as estações fria (inverno) e quente (verão), respectivamente. Os hábitos alimentares dos camarões diferiram, uma vez que os recursos disponíveis no ambiente foram distintos por estação. No verão, a guilda produtor primário apresentou os maiores valores de preferência alimentar, enquanto que no inverno, a guilda plâncton, juntamente com invertebrado bentônico-séssil apresentaram as maiores preferências, uma mudança de hábito alimentar de uma estação para a outra foi encontrada. Camarões de alto valor comercial são onívoros, oportunistas e se alimentam tanto de fontes vegetais quanto de fontes animais presentes no ambiente, ou seja, são de extrema importância para a passagem de energia desde a base da teia até demais níveis tróficos, uma vez que conseguem retirar a energia de produtores primários e ainda passá-la para predadores pelágicos, como os peixes comerciais importantes *Diplectrum radiale*, *Menticirrhus americanus* e *Prionotus punctatus*. Com a pesca não seletiva de arrasto, os camarões e fauna bycatch são altamente explorados, o que prejudica as relações ecológicas interespecíficas e, conseqüentemente, a teia trófica do ambiente. Conhecer a teia, a posição trófica, e a preferência alimentar dos camarões é fundamental para o manejo de recursos pesqueiros desenvolvidos através de previsão do status da biodiversidade marinha num futuro próximo.

Palavras-chave: hábito alimentar, variação sazonal, Ubatuba/SP, crustáceos decápodes, teia trófica.

Introdução

A superfamília Penaeoidea compõem os camarões com maiores valores comerciais, como o camarão rosa *Farfantepenaeus brasiliensis* (Latreille 1817) e *Farfantepenaeus paulensis* (Pérez-Farfante 1967) (Vasques 2005), o camarão sete-barbas do gênero *Xiphopenaeus* sp. (Smith 1869) (Iwai 1973, Carvalho-Batista et al. 2019), e o camarão branco *Litopenaeus schmitti* (Burkenroad 1936). Estes crustáceos decápodes são considerados organismos onívoros (Tararam et al. 1993, Branco & Moritz 2001, Willems et al. 2016), que se alimentam principalmente de pequenos animais bentônicos, moluscos, detritos orgânicos e algas (Dall et al. 1990), ou seja, são organismos que tendem a compor os baixos níveis tróficos. Em consequência, o fluxo de energia entre os organismos bentônicos e os organismos pelágicos acontecem devido a passagem de energia que estes indivíduos proporcionam (Willems et al. 2016), visto que são intensamente predados por peixes demersais (Salini et al. 1994), principalmente peixes comercialmente rentáveis (Manickchand-Heileman et al. 1998).

Além disso, os Penaeoidea apresentam ciclos de vida diversificados desde regiões estuarinas até mar aberto, com desenvolvimento larval e pós-larval planctônico, juvenil e adulto bentônico, portanto, com mudanças de nicho ecológico ao longo da vida (Stoner & Zimmerman 1988, Castilho et al. 2015). No litoral norte do estado de São Paulo (Ubatuba), os camarões rosa e branco utilizam as regiões estuarinas para o desenvolvimento pós-larval e juvenil, e o ambiente marinho durante a fase adulta e larval (Castilho et al. 2008). Em outros casos, como o camarão sete-barbas, todo desenvolvimento ontogenético ocorre no ambiente marinho (Castilho et al. 2008, Castilho et al. 2015). O fato dos camarões estarem presentes em grandes densidades e riquezas próximos à costa, faz com que estes crustáceos sejam acessíveis as pescas costeiras, desde a pesca artesanal até a industrial (Silva et al. 2013, Branco 2005).

Com isso, estes camarões de interesse comercial são pescados ao longo da costa do estado de São Paulo e algumas mudanças já podem ser observadas quanto a abundância de camarões retirados pela pesca, apesar de medidas de defeso estarem presentes em todo litoral sudeste do Brasil. Em D´Incao (2002), foi observado um declínio da pesca de camarão sete-barbas em 89% de 1981 (8900 t) a 1999 (1000 t). De acordo com o Instituto de Pesca, dos anos 2000 a 2015, a quantidade de camarão sete-barbas coletado foi de 643 t (2000) a 3250 t (2012), mostrando que o ecossistema ainda está se recuperando da grande quantidade de pesca de arrasto feita nas últimas décadas.

Desta forma, as comunidades bentônicas começaram a receber uma grande atenção nos últimos anos, visto que aumentou a crescente preocupação ecológica com os possíveis impactos que essa pesca de arrasto pode causar (Bertini et al. 2010, Funes et al. 2019). Este tipo de pesca pode mudar a abundância relativa de presas e de predadores (Kaiser et al. 2002, Agnetta et al. 2019), o que afeta a saúde e a produtividade das populações marinhas (Pruell et al. 2003), levando a uma diminuição da biomassa, densidade, diversidade, tamanho de indivíduos e diminuição da conectividade da teia trófica (Johnson et al. 2015, Badalamenti et al. 2008, DeMartini et al. 2008, Fanelli et al. 2010, Zeug et al. 2017).

A intensa remoção de qualquer espécie pode prejudicar o equilíbrio das relações ecológicas regionais e conseqüentemente da sua teia trófica (Nagata et al. 2015). A avaliação do impacto da pesca não seletiva de arrasto sob as espécies alvo e bycatch (= fauna acompanhante explorada acidentalmente pela pesca) é extremamente difícil especialmente ao que se refere à exploração intencional ou acidental da diversidade marinha regional. Dessa forma, o entendimento das interações ecológicas são de extrema importância para a pesca (Cury et al. 2005), visto que o aumento do conhecimento sobre

a ecologia trófica destes organismos pode ajudar a prever quais serão as possíveis mudanças que a pesca de arrasto pode causar no futuro (Willems et al. 2016).

A identificação de interações ecológicas pode ocorrer a partir da análise de isótopos estáveis, a qual identifica a origem e o tipo de material orgânico consumido pelos organismos, sendo diferente da análise de conteúdo estomacal que apresenta em seu resultado uma visão imediata da dieta (Peterson & Fry 1987, Fry 2008, Lin et al. 2007). A partir do valor isotópico do carbono ($\delta^{13}\text{C}$) é possível obter informações sobre possíveis fontes alimentares (Bearhop et al. 2004, Nagata et al. 2015) e com os valores isotópicos de nitrogênio ($\delta^{15}\text{N}$) se descreve as relações interespecíficas e nível trófico dos organismos (Fleming et al. 2014, Riascos et al. 2015). Identificar a estrutura trófica e quais são os múltiplos recursos utilizados como fontes alimentares a partir de $\delta^{15}\text{N}$ e $\delta^{13}\text{C}$ é geralmente uma das maiores questões na aplicação de isótopos estáveis, pois é a partir disso que é proposto o fluxo de energia e posição trófica de organismos em teias alimentares complexas (Fry & Sherr 1984, Peterson et al. 1986, Peterson & Fry 1987).

Tendo em vista a grande importância dos camarões de alto valor comercial da superfamília Penaeoidea nas conexões tróficas, o objetivo do estudo foi caracterizar as relações tróficas e identificar os prováveis recursos alimentares dos camarões comercializados na região de Ubatuba. Foram testadas as hipóteses que: (1) estes camarões são o importantes na transferência de energia, e para a manutenção da teia trófica marinha, (2) recursos alimentares presentes na região diferem entre as estações quente e fria.

Material e Métodos

Região de Ubatuba-SP

As amostras foram coletadas em uma estação fria (setembro/2018) e quente (março/2019), com uma embarcação camaroeira portando redes “double-rig”, em Ubatuba, São Paulo (23°26'10”S e 45°01'36”O). As estações de coleta tiveram batimetrias variando de 10 metros a 45 metros de profundidade, locais de pesca dos camarões deste estudo com alto valor comercial (*L. schmitti*, *Xiphopenaeus* sp., *F. brasiliensis*) e seus prováveis recursos alimentares, como macroalgas, esponjas, corais e briozoários, bem como os prováveis predadores desses camarões como os peixes. Na embarcação, o plâncton foi coletado com uma rede de fitoplâncton (diâmetro= 40 cm, e peneirado em malhas de tamanho igual a 60 µm) (adaptado de Ingram et al. 2017). Parâmetros ambientais da coluna d’água foram monitorados nas duas estações, a partir de uma sonda de multiparâmetros EUREKA (Manta 2-4.0), sendo amostrado parâmetro de temperatura (°C).

Análise de isótopos estáveis

Em laboratório, os organismos foram identificados com ajuda de especialistas da área, e amostras de tecido muscular foram usadas para análises, utilizando preferencialmente músculo abdominal de camarões e em peixes a musculatura entre as nadadeiras dorsais e caudais. Para os exemplares de tamanho diminuto, os organismos foram utilizados inteiros (como esponjas, corais, briozoários). Logo após, os organismos foram colocados em uma estufa a 50°C, por 48 horas ou até os músculos retirados estarem desidratados e ficarem com peso constante. Quando secas, as amostras foram moídas em um moinho criogênico para que fosse feita a homogeneização. Logo após foi feita a

acidificação, quando necessária, para que fossem removidos os carbonatos inorgânicos e o exoesqueleto das amostras (Guerin et al. 2013). Para a análise do valor de $\delta^{13}\text{C}$ e $\delta^{15}\text{N}$ foram feitas duplicatas do material, e estes colocados em cápsulas de estanho (5mm, Sercon) com aproximadamente 0,5 mg por amostra com balança de 0,001 mg de resolução (Carabel et al. 2006). Após a pesagem das cápsulas, elas foram submetidas à espectrometria de massa de razão isotópica em sistema de fluxo contínuo (CF-RMS) para obtenção dos valores das razões isotópicas $R(^{13}\text{C}/^{12}\text{C})$ e $R(^{15}\text{N}/^{14}\text{N})$ das amostras no Centro de Isótopos Estáveis “Prof. Dr. Carlos Ducatti”, Unidade Auxiliar do Instituto de Biociências – IBB, UNESP. O CF-IRMS composto por um Analisador Elementar (Flash 2000, Thermo Scientific, Germany) acoplado a um IRMS (Delta V, Thermo Scientific, Germany) forneceu os valores de $R(^{13}\text{C}/^{12}\text{C})$ e $R(^{15}\text{N}/^{14}\text{N})$ expressos em diferença relativa da razão isotópica com uma razão isotópica padrão $\delta^{13}\text{C}$ e $\delta^{15}\text{N}$ respectivamente conforme as equações:

$$\delta^{13}\text{C} = \frac{R(^{13}\text{C}/^{12}\text{C})_{sample}}{R(^{13}\text{C}/^{12}\text{C})_{std}} - 1$$

$$\delta^{15}\text{N} = \frac{R(^{15}\text{N}/^{14}\text{N})_{sample}}{R(^{15}\text{N}/^{14}\text{N})_{std}} - 1$$

onde $R(^{13}\text{C}/^{12}\text{C})_{std} = 0,011180$ e $R(^{15}\text{N}/^{14}\text{N})_{std} = 0,0036765$. Os valores isotópicos $\delta^{13}\text{C}$ e $\delta^{15}\text{N}$ adimensionais em por mil (‰) foram calibrados com os padrões internacionais NBS-22 e IAEA-N-1 respectivamente. A incerteza padrão do CF-IRMS foi estimada em $\pm 0,15\%$ para os dois valores $\delta^{15}\text{N}$ e $\delta^{13}\text{C}$.

A partir desses dados a definição dos níveis tróficos foi estimada a partir da fórmula proposta por Post (2002):

$$\text{NT} = \lambda + (\delta^{15}\text{N}_{consumidor} - \delta^{15}\text{N}_{base}) / \Delta^{15}\text{N},$$

em que λ é a posição do nível trófico do nitrogênio base. O $\Delta^{15}\text{N}$ é o fator de discriminação trófico constante, o qual possui um valor de $3,4 \pm 1,1 \%$, considerando o valor mais

utilizado para animais de vida livre (Minagawa & Wada 1984, Nagata et al. 2015). O valor utilizado para o $\delta^{15}\text{N}$ base no verão e no inverno foi o valor isotópico da alga *Sargassum* sp, uma vez que é o produtor primário com menor $\delta^{15}\text{N}$ em ambas as estações.

As espécies coletadas na pesca de arrasto foram separadas em 7 guildas tróficas, sendo elas produtor primário (PRO), invertebrado bentônico-séssil (IBS), invertebrado bentônico-sedentário (IBSed), invertebrado bentônico-vágil (IBV), camarão de valor comercial (CVC), plâncton (PLA) e peixe demersal (PD). Esta classificação está de acordo com os grandes grupos zoológicos, habitat e nível trófico (Nagata et al. 2015, Sherwood & Rose 2005).

Os valores isotópicos médios dos exemplares juntamente com o desvio padrão foram agrupados e plotados em biplots $\delta^{13}\text{C}$ e $\delta^{15}\text{N}$, utilizando o pacote de modelo de mistura para isótopos estáveis (SIMMr), do software R (R Development Core Equipe 2011), com o objetivo de se obter uma visão geral da teia trófica em que os camarões de alto valor comercial estão envolvidos, uma vez que o $\delta^{13}\text{C}$ é aplicado para a identificação da possível base da teia trófica e o $\delta^{15}\text{N}$ utilizado para identificação do nível trófico dos organismos (West et al. 2006).

O SIMMr se adapta ao modelo Bayesiano de mistura, o qual determina as contribuições estimadas para cada uma das fontes alimentares dos camarões de alto valor comercial, utilizando os valores isotópicos (Parnell & Inger 2016). Como valores específicos de discriminação trófica (TDFs) não estão disponíveis pra estas espécies de camarões, o estudo foi baseado em diferentes estimativas propostas por: McCutchan et al. (2003) e seus 3 TDFs propostos ($\delta^{13}\text{C}$ $0,5 \pm 1,3$, $\delta^{15}\text{N}$ $2,3 \pm 1,5\%$; $\delta^{13}\text{C}$ $1,3 \pm 0,3$, $\delta^{15}\text{N}$ $2,2 \pm 0,3\%$ e $\delta^{13}\text{C}$ $1,3 \pm 0,3$, $\delta^{15}\text{N}$ $3,3 \pm 0,26\%$), e por Post (2002) ($\delta^{13}\text{C}$ $0,4 \pm 1,3$, $\delta^{15}\text{N}$ $3,4 \pm 1,1$).

Análises Estatísticas

A MANOVA foi utilizada para identificarmos as diferenças sazonais das assinaturas isotópicas do conjunto $\delta^{13}\text{C}/\delta^{15}\text{N}$, entre guildas durante a estação fria e a quente. A ANOVA foi realizada a fim de observar se houve variação dos valores isotópicos de carbono e nitrogênio entre as guildas tróficas e as estações, seguido do teste post-hoc de Tukey. As amostras foram testadas quanto a análise de resíduos. Todas as análises estatísticas foram feitas no software R (R Development Core Equipe 2011).

Resultados

No presente estudo foi coletado em ambas as estações 36 espécies mais o grupo plâncton, no entanto, 26 espécies foram encontradas no inverno e 23 espécies no verão (tabela 1). Além disso, foi possível observar que algumas espécies ocorreram somente em uma estação do ano, 13 espécies no inverno, e no verão 10 espécies distintas foram encontradas (tabela 1). Dentre as 7 guildas listadas, a guilda PRO foi coletada somente na estação quente, como descrito na tabela 1. A temperatura da água no inverno apresentou a média de $20,69^{\circ}\text{C} \pm 0,09$, enquanto que no verão os valores foram $27,30^{\circ}\text{C} \pm 0,20$.

Os valores de $\delta^{13}\text{C}/\delta^{15}\text{N}$ diferiram entre as estações do ano (MANOVA $F=34,34$, $Df= 1$, $p<0,05$) e também entre as guildas tróficas (MANOVA $F=17,37$, $Df=6$, $p<0,05$). Além disso, a ANOVA obteve resultados os quais os valores de carbono foram diferentes entre as duas estações do ano (ANOVA $F=3,95$, $Df=1$, $p<0,05$) e entre as guildas tróficas (ANOVA $F=6,05$, $Df=6$, $p<0,05$). O mesmo ocorreu para $\delta^{15}\text{N}$, em que diferiram por estações do ano (ANOVA $F=51,33$, $Df= 1$, $p<0,05$) e entre as guildas tróficas (ANOVA $F=48,94$, $Df=6$, $p<0,05$). A partir do teste post-hoc de Tukey (figura 1), as guildas IBV, CVC e PD quando comparadas não apresentaram variações significativas entre os seus valores $\delta^{13}\text{C}$ nas duas estações, porém, quando cada uma das guildas é analisada separadamente, elas obtiveram mudanças de seus valores entre as estações do ano (figura 1). Quanto ao $\delta^{15}\text{N}$, a maior variação aconteceu na guilda PLA, e na guilda IBSeD, os valores isotópicos de $\delta^{15}\text{N}$ permaneceram semelhantes (figura 1).

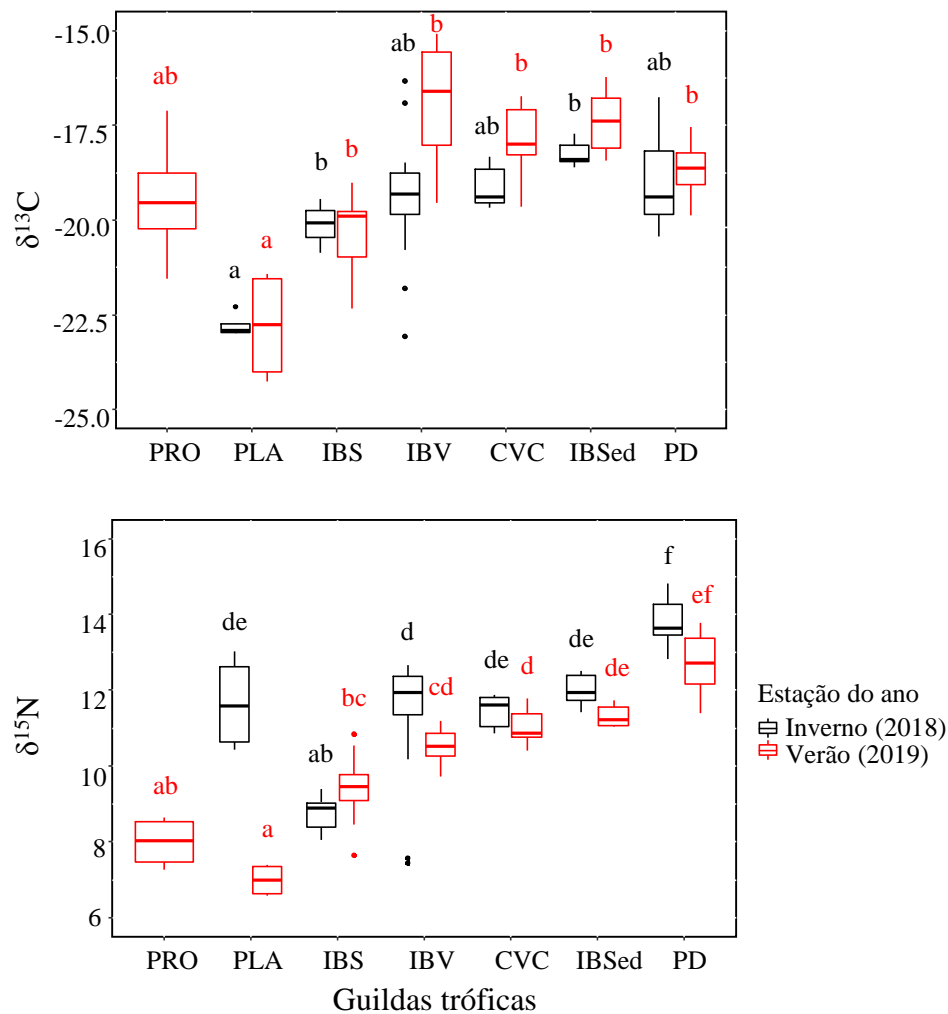


Figura 1: Variação do valor isotópico de $\delta^{13}\text{C}$ e $\delta^{15}\text{N}$ para as guildas tróficas encontradas em Ubatuba (SP), no inverno (setembro 2018) e verão (março de 2019). Valores médios representados pelas barras centrais entre o primeiro quartil e o terceiro quartil, extremidades representando mínimo e máximo. Letras significam as comparações significativas. Guildas tróficas: CVC= camarão de valor comercial, PRO=produtor primário, PLA= plâncton, IBS=invertebrado bentônico-séssil, IBSed=invertebrado bentônico-sedentário, IBV= invertebrado bentônico-vágil, PD= peixe demersal.

Teia trófica e variação isotópica

Os valores de $\delta^{15}\text{N}$ durante o inverno variaram de 7,5‰ a 14,76‰, sendo que a guilda que apresentou menores valores de $\delta^{15}\text{N}$ foi a IBS (8,4‰ a 9,34‰) e os maiores foi a PD (12,92‰ a 14,76‰) (tabela 1). Quando observada a figura 2, o enriquecimento trófico é mais visível da guilda IBS para a guilda IBV e também da IBV para a PD. *Lutjanus synagris* (Linneaus 1758) da guilda PD, é considerado o predador de topo de cadeia da estação fria (tabela 1). Já no verão, os valores de $\delta^{15}\text{N}$ variaram de 7,4‰ a 13,53‰, sendo que o menor valor de $\delta^{15}\text{N}$ foi da guilda PLA (6,99‰ \pm 0,88) e o maior $\delta^{15}\text{N}$ foi referente a guilda PD (12,12‰ a 13,53‰), e também é possível observar o enriquecimento entre as diferentes guildas tróficas, conforme a figura 2. Como predador de topo de cadeia da estação quente, o peixe *Paralichthys brasiliensis* (Steindachner 1875) foi o que teve o maior valor isotópico de $\delta^{15}\text{N}$ (tabela 1).

A guilda PRO foi a representante dos produtores primários presentes no ambiente, e esta só foi amostrada durante o verão (tabela 1), o $\delta^{15}\text{N}$ variou de 7,4‰ a 8,57‰ (figura 2). Já como consumidores primários, as guildas PLA e IBS foram as encontradas (figura 2), com $\delta^{15}\text{N}$ variando de 6,99‰ a 10,12‰ (tabela 1). Como consumidores secundários, as guildas IBV, IBSed e PD podem ser observadas (figura 2), em que apresentam maiores níveis tróficos que as demais guildas (tabela 1).

Os camarões de alto valor comercial (CVC) amostrados em ambas as estações do ano foram *F. brasiliensis*, *L. schmitti* e *Xiphopenaeus* sp., e com média de seus valores isotópicos no inverno de $\delta^{13}\text{C}$ -19,13‰ \pm 0,59 e $\delta^{15}\text{N}$ 11,45‰ \pm 0,46; e no verão, de $\delta^{13}\text{C}$ -17,92‰ \pm 1,07 e $\delta^{15}\text{N}$ 11,04‰ \pm 0,52 (tabela 1).

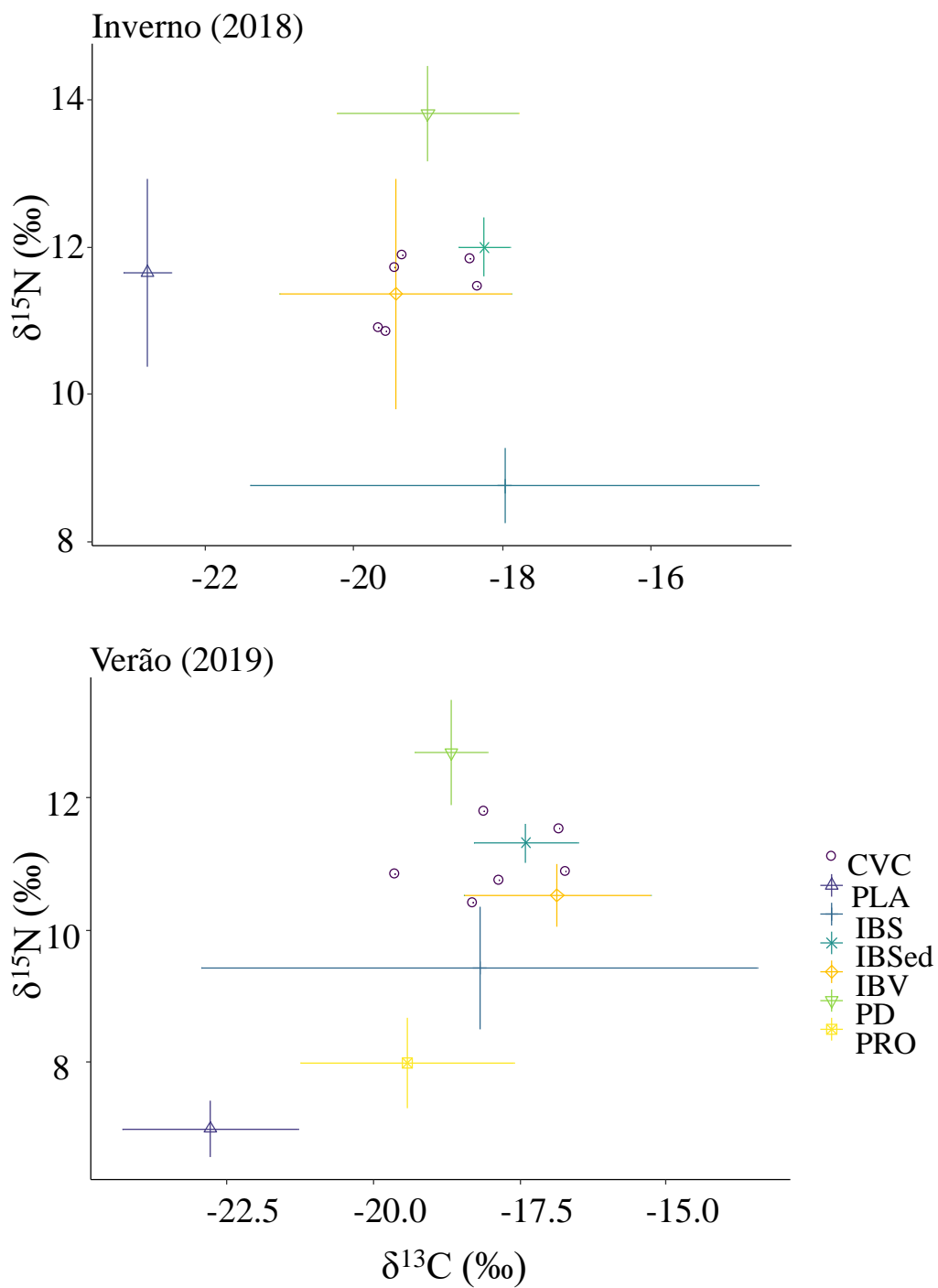


Figura 2: Média e desvio padrão dos valores isotópicos $\delta^{13}\text{C}$ e $\delta^{15}\text{N}$, representando níveis tróficos dos organismos com as suas respectivas guildas tróficas, no inverno de 2018 e verão de 2019 em Ubatuba/SP. Guildas tróficas: CVC= camarão de valor comercial, PRO=produtor primário, PLA= plâncton, IBS=invertebrado bentônico-séssil, IBSed=invertebrado bentônico-sedentário, IBV= invertebrado bentônico-vágil, PD= peixe demersal.

Preferência alimentar

As fontes alimentares propostas para os CVC foram as guildas PLA, IBS, IBSeD, IBV e PRO, sendo que a última está presente somente no verão. A partir destas fontes, foram elencadas as duas guildas com maiores diferenças de valores isotópicos de $\delta^{13}\text{C}$. Durante o inverno a guilda PLA apresentou os valores $\delta^{13}\text{C}$ com média igual a $-22,8\text{‰} \pm 0,32$, enquanto que a guilda IBS apresentou uma média de $-17,97\text{‰} \pm 3,4$. Já durante o verão, a guilda PLA apresentou os valores $\delta^{13}\text{C}$ com média igual a $-22,8\text{‰} \pm 1,5$ e a guilda IBV com $-16,9\text{‰} \pm 1,6$.

A partir destes valores os testes foram realizados no SIMMr, em que foi possível aferir que a principal fonte alimentar no inverno elencada pelos TDFs, propostos por McCutchan et al. (2003) e para herbívoros, foi a guilda IBS (figura 3). O TDF de Post (2002) foi o que apresentou uma maior similaridade da preferência alimentar, não possuindo maiores mudanças entre as fontes (figura 3). Já a guilda PLA, apesar de não ter sido a de maior preferência de acordo com o TDFs acima propostos, ela ainda é de extrema importância alimentar, visto que pelo TDF de McCutchan et al. (2003) para carnívoros, ela apresentou uma maior probabilidade de preferência alimentar (figura 3).

Na estação quente é possível observar uma diferença de hábito alimentar destes organismos estudados, visto que a guilda PRO foi a que apresentou a maior proporção de preferência alimentar independente do TDF utilizado (figura 3). Outras guildas que apresentaram importância na alimentação dos camarões foram a guilda IBV, a partir de resultados de Post (2002) e McCutchan et al. (2003), juntamente com a guilda PLA, a partir dos TDFs propostos de McCutchan et al. (2003) para herbívoros e para carnívoros. Em seguida é possível observar a guilda IBS e a IBSeD, como as que possuem a menor preferência pelos CVC, no verão.

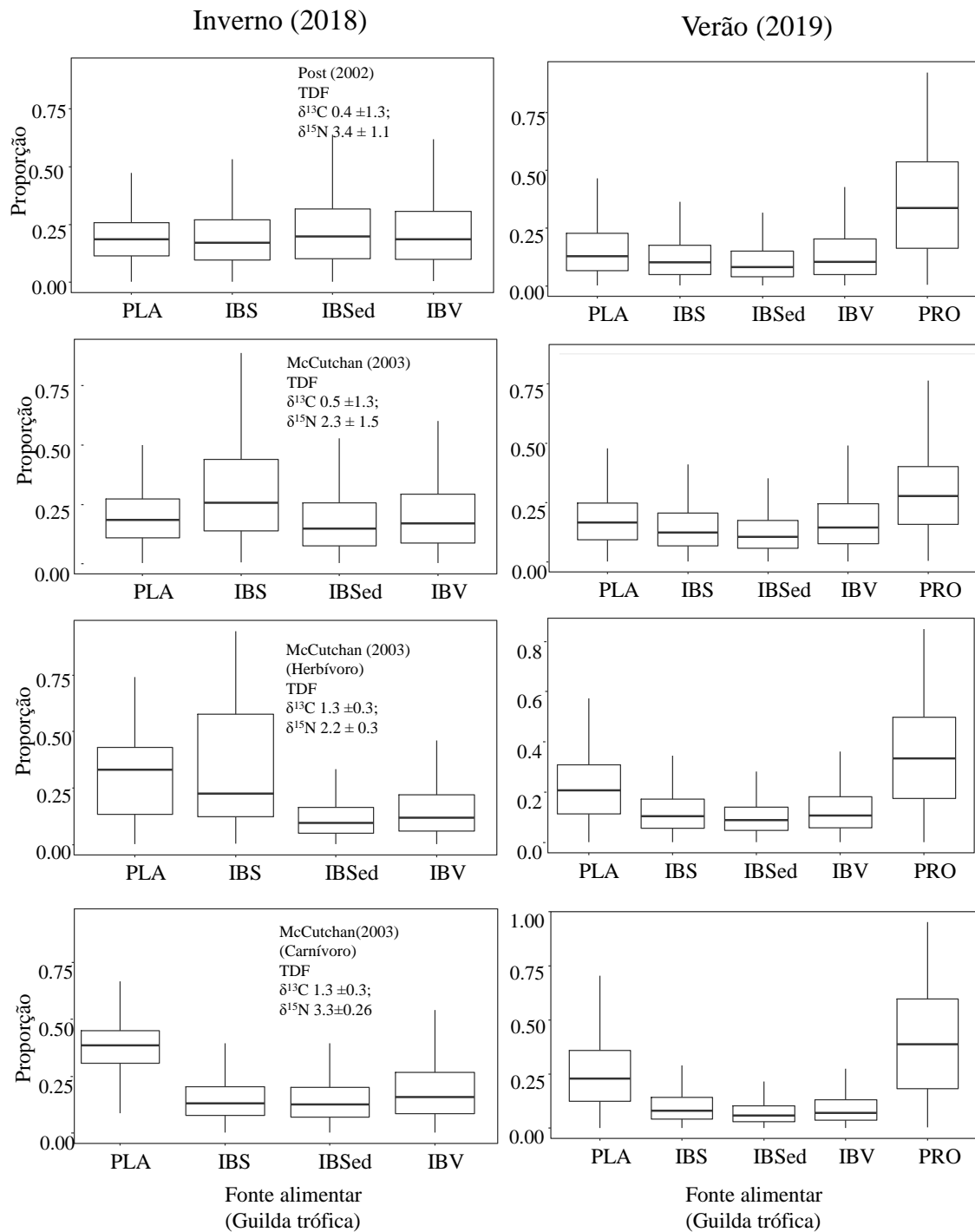


Figura 3: Preferência alimentar dos camarões *Penaeoidea* coletados em Ubatuba/SP no inverno (2018) e verão (2019) e os diferentes TDFs utilizados para a proporção. Guildas tróficas (recursos): PRO=produtor primário, PLA= plâncton, IBS=invertebrado bentônico-séssil, IBSeD=invertebrado bentônico-sedentário, IBV= invertebrado bentônico-vágil.

Discussão

No presente estudo foi possível observar a teia trófica, as relações interespecíficas, e a preferência alimentar dos camarões de alto valor comercial, sendo elencados os produtores primários, os consumidores primários/secundários, e também os principais predadores destes camarões em seu ambiente natural. Além disso, foram descritas as fontes alimentares com maiores probabilidades de serem exploradas pelos camarões, sendo no inverno as guildas IBS e PLA, e no verão, a guilda PRO. Com isso, a análise de isótopos estáveis pode fornecer medidas contínuas de posições tróficas que integram a assimilação de energia e fluxo de massa pelos diferentes caminhos tróficos até chegar aos organismos (Post 2002).

Dentro dos indivíduos amostrados da teia trófica de Ubatuba, uma grande diversidade de espécies foi encontrada, visto que ocorreram diferenças entre as estações do ano, como por exemplo na guilda IBV (tabela 1). A variação dos organismos coletados foi observada, com o aparecimento de espécies sazonais *Nematopalaemon schmitti* (Holthuis 1950), *Sicyonia dorsalis* (Kingsley 1878), *Pleoticus muelleri* (Spence Bate 1888) (Almeida et al. 2012, Costa et al. 2005, Mantelatto et al. 2016). Essas variações de espécies são oriundas desta área ser considerada de transição faunística, isto é, tanto a fauna marinha residente e a fauna migratória podem residir no local, além de que, Ubatuba apresenta uma diversidade de habitats, visto que o seu litoral é extremamente recortado, devido a sua proximidade com a Serra do Mar, o que pode justificar a diferença de amostragem de espécies entre as estações (Boschi 2000, Mantelatto et al. 1995).

Tendo em vista que entre as estações do ano o ambiente estudado sofreu modificações, de acordo com os resultados de preferência alimentar, a guilda PRO foi a que apresentou a maior a proporção da dieta dos CVC durante o verão em todos os TDFs utilizados no presente estudo. A dieta dos camarões peneídeos pode ser de 3 tipos de

fontes, detritívora e microbial, vegetal, e animal (Primavera 1996, Loneragan et al. 1997, Macia et al. 2004). Desta forma, a utilização de recursos vegetais pelos camarões *Penaeoidea* já pode ser exemplificada em estudos como Stoner & Ziemmerman (1988), em que algas verdes e azuis são as principais fontes de carbono, e em Loneragan et al. (1997) e Zieman et al. (1984), os quais registraram uma grande importância de macroalgas marinhas para a dieta destes organismos estudados, corroborando portanto com os nossos resultados de grande influência de material vegetal na preferência alimentar dos CVC.

PRO teve a sua maior influência no verão de Ubatuba, nas estações uma grande variação de temperatura da água foi observada, cerca de 7°C entre o inverno e o verão, o que pode caracterizar uma resposta diferente da distribuição das espécies de macroalgas durante o inverno. De acordo com Fortes & Luning (1980), mudanças na temperatura da água modificam a taxa de crescimento ideal de algas. Piazzzi et al. (2004) descreveram mudanças sazonais quanto ao desaparecimento de espécies e também diminuição de cobertura em estação fria, visto que a produtividade de macroalgas está relacionada com a luz, nutrientes e temperatura (Pingree et al. 1976).

Dessa forma no inverno, guildas como PLA e IBS tiveram as maiores preferências alimentares dos CVC. Primavera (1966) e Macia et al. (2004) propuseram o plâncton como maior fonte alimentar de camarões peneídeos, segundo Rubright et al. (1981), a entrada do plâncton em forma de detrito na teia alimentar, permite com que estes crustáceos se alimentem e permaneçam com valores isotópicos similares ao plâncton. Enquanto que Roux et al. (2009) e Willems et al. (2016) encontraram briozoários em estômagos de espécies como *P. muelleri* e camarão sete-barbas. Como descrito em Willems et al. (2016) e Roux et al. (2009), estes camarões apresentam hábito alimentar onívoro e oportunista generalista, uma vez que mudanças na dieta destes organismos

ocorrem conforme acontecem variações no ambiente, visto que alguns recursos podem estar mais abundantes que outros.

É importante destacar também que os camarões peneídeos mudam o seu habitat conforme ocorre mudanças em seu ciclo de vida (Dall et al.1990). Com isso, a variação na dieta entre juvenis e adultos pode ser observada, uma vez que os juvenis estão presentes em áreas costeiras, enquanto que os adultos, em muitos casos, podem ser observados em águas mais profundas ou em mar aberto (Dall et al.1990). Desta forma, a mudança de hábito alimentar destes camarões está de acordo com a espécie, o desenvolvimento ontogenético, hábito de vida, aparato bucal e da disponibilidade de recursos presentes no ambiente (Stoner & Zimmerman 1988).

Quando analisado o valor isotópico de $\delta^{13}\text{C}$ é possível identificar as fontes de energias disponíveis em ambientes aquáticos (Post 2002), as quais podem ser tanto provindas de região costeira (principais recursos são as macroalgas e detritos) e também de ambiente pelágico (mar aberto, sendo caracterizado pela produção do plâncton). Esta diferenciação ocorre porque o $\delta^{13}\text{C}$ base provindo da costa, tende a ser mais enriquecido (menos negativo) que o $\delta^{13}\text{C}$ base do ambiente pelágico (France 1995, Post 2002). Portanto, propõe-se que no verão há uma maior influência de carbono provindo de ambientes costeiros, via alimentação com maior proporção de macroalgas (guilda PRO), enquanto que no inverno, ocorre a influência de ambiente pelágico, cuja alimentação a base de guilda PLA. Desta forma, os valores isotópicos refletem os recursos assimilados através da alimentação, confirmando a hipótese proposta no presente estudo de que conforme ocorre a diferença de recursos, também há uma variação da dieta destes animais (Haines & Montague 1979, DeNiro & Epstein 1978, 1981).

Esta mudança de influência dos ambientes também pode ser observada quando analisado o valor isotópico dos camarões coletados, a média de $\delta^{13}\text{C}$ ficou entre -17,83‰

a -19,28‰, e quando comparado com a média de locais próximos, como Cananéia (Nagata et al. 2015) (média entre -16,46‰ a -15,98‰), o resultado do presente estudo é mais negativo, sendo uma característica de local com possível influência de ambientes pelágicos (plâncton) na dieta destes camarões (France 1995, Post 2002). Por Ubatuba ser considerado um local oligo-mesotrófico, a produtividade primária e a entrada de detritos orgânicos no fundo do mar dependem dos nutrientes provindos da regeneração da água, transportados pelas correntes oceânicas para a costa durante os eventos de ressurgência (Longhi 2006, Quintana et al. 2015), o que possibilitaria uma maior influência dos ambientes pelágicos na dieta destes animais. Além disso, em Cananéia há a influência do manguezal (ambiente costeiro) nos valores isotópicos, visto que seus detritos são dispersos nas águas costeiras (Hatcher et al. 1989, Fleming et al. 1990) e, desta forma, os valores de $\delta^{13}\text{C}$ ficam mais próximos dos valores obtidos no manguezal, isto é, mais positivos.

Como observado no presente estudo, estes camarões de alto valor comercial podem ser considerados onívoros, se alimentando tanto de organismos bentônicos e também de recursos primários (Tararam et al. 1993, Dall et al. 1990). Desta forma, os CVC apresentam um papel importante na transferência de energia do menor nível trófico para os níveis tróficos maiores, fazendo a ligação entre os organismos bentônicos e os organismos pelágicos da teia trófica em questão. A partir disso, estes animais transferem energia, confirmando a hipótese do presente estudo sobre a sua importância no fluxo de energia.

Desse modo, estes camarões altamente explorados pela pesca de arrasto também são importantes fontes de energia para diversos peixes. Alguns peixes são coletados como bycatch da pesca camaroeira, como exemplo *Diplectrum radiale* (Quoy & Gaimard 1824) e *Menticirrhus americanus* (Linneaus 1758), os quais são predadores naturais de

camarões Penaeoidea, sendo desta forma importantes para a manutenção da teia trófica do local (Meurer & Andreatta 2002). Além disso, os camarões são alimento para algumas das espécies que nós, seres humanos, utilizamos para a alimentação, como exemplo *Prionotus punctatus* (Bloch 1793), a qual está sendo sobre-explorada pelas pescas de arrasto ao longo dos últimos anos, este peixe possui uma alimentação a base de camarões Dendrobranchiata (Penaeoidea, Sergestoidea) e de caranguejos Brachyura (São Clemente et al. 2014). Ademais, *Paralichthys brasiliensis* (Steindachner 1875) e *Micropogonias furnieri* (Desmarest 1823) são importantes para a pesca artesanal e industrial, os quais também possuem camarões Penaeoidea como fontes de energia (Soares & Vazzoler 2001). Portanto, a pesca em grande intensidade destes camarões afeta o ecossistema aquático e também indiretamente os hábitos alimentares humanos.

Por fim, os camarões *L. schmitti*, *F. brasiliensis*, e *Xiphopenaeus* sp. são indivíduos com grande importância econômica (pesca camaroeira de arrasto) e ecológica, visto que eles apresentam uma série de relações tróficas no ecossistema aquático, sendo responsáveis pelo fluxo de energia entre os animais bentônicos e pelágicos, acessando fontes alimentares que não são possíveis para outros organismos. Além disso, variações de hábitos alimentares entre as estações do ano foram amostradas, o que pode caracterizar estes animais onívoros e também sendo oportunistas generalistas. Conforme ocorre mudança em seu habitat, também há uma variação da dieta destes camarões de alto valor comercial. Análise de preferência alimentar é de extrema importância, pois é a partir dela que é possível entender como é o fluxo de energia no ecossistema estudado e, assim, ajudar na conservação de espécies e de áreas importantes para a manutenção do ambiente.

Anexos

Tabela 1: Média e desvio padrão (valor entre parênteses) das assinaturas isotópicas de $\delta^{13}\text{C}$ e $\delta^{15}\text{N}$ das espécies coletadas, juntamente com o número de amostras (n) e as suas respectivas guildas tróficas (GT) coletados no litoral de Ubatuba (SP), no inverno (setembro 2018) e no verão (março 2019).

Estação do ano								
Inverno (2018)					Verão (2019)			
GT/ Espécie	n	$\delta^{13}\text{C}$	$\delta^{15}\text{N}$	NT	n	$\delta^{13}\text{C}$	$\delta^{15}\text{N}$	NT
Camarões de valor comercial (CVC)								
<i>Farfantepenaeus brasiliensis</i> (Latreille 1817)	2	-19,62 (0,07)	+10,89 (0,04)	2,03	2	-17,53 (1,12)	+10,64 (0,33)	1,95
<i>Xiphopenaeus</i> sp. (Smith 1869)	2	-19,39 (0,06)	+11,81 (0,11)	2,29	2	-18,76 (1,25)	+10,8 (0,06)	1,99
<i>Litopenaeus schmitti</i> (Burkenroad 1936)	2	-18,39 (0,07)	+11,66 (0,27)	2,25	2	-17,48 (0,9)	+11,67 (0,17)	2,25
Produtor primário (PRO)								
<i>Sargassum</i> sp	-	-	-	-	2	-20,66 (1,24)	+7,4 (0,20)	1
Macroalga (não identificada)	-	-	-	-	2	-18,21 (1,53)	+8,57 (0,08)	1,34
Plâncton (PLA)								
	4	-22,77 (0,32)	+11,66 (1,28)	2,25	4	-22,79 (1,5)	+6,99 (0,43)	0,88
Invertebrado bentônico-séssil (IBS)								
<i>Briozoa</i> sp.1	-	-	-	-	2	-19,88 (0,12)	+8,06 (0,58)	1,19
<i>Briozoa</i> sp.2	2	-19,88 (0,46)	+8,4 (0,45)	1,29	-	-	-	-
<i>Briozoa</i> sp.3	4	-20,7 (0,33)	+8,89 (0,03)	1,44	-	-	-	-
<i>Mycale angulosa</i> (Duchassaing & Michelotti, 1864)	-	-	-	-	2	-19,43 (0,58)	+9,17(0,18)	1,52
<i>Briozoa</i> sp.4	4	-13,72 (1,32)	+9,34 (0,34)	1,57	-	-	-	-
<i>Renilla reniformis</i> (Pallas 1766)	-	-	-	-	2	-9,42 (1,45)	+9,65 (0,19)	1,66
<i>Porifera</i> sp.	-	-	-	-	4	-21,10 (1,12)	+10,12 (0,69)	1,8
Invertebrado bentônico-sedentário (IBSed)								
<i>Fusinus verrucosus</i> (Gmelin 1791)	-	-	-	-	2	-17,96 (0,68)	+11,1 (0,04)	2,08
<i>Calliactis tricolor</i> (Le Sueur 1817)	2	-18,24 (0,15)	+11,6 (0,25)	2,24	2	-16,42 (0,27)	+11,39 (0,46)	2,17
<i>Olivella defiorei</i> (Klappenbach 1964)	2	-18,44 (0)	+11,71 (0,06)	2,27	-	-	-	-
<i>Carcinactis dolosa</i> (Riemann-Zürneck 1975)	2	-18,55 (0,1)	+12,23 (0,2)	2,42	-	-	-	-
<i>Olivancillaria urceus</i> (Roding 1798)	2	-17,72 (0,01)	+12,46 (0,08)	2,49	2	-17,82 (0,69)	+11,49 (0,19)	2,2
Invertebrado bentônico-vágil (IBV)								
<i>Loxopagurus loxochelis</i> (Moreira 1901)	2	-22,43 (0,9)	+7,5 (0,08)	1,03	-	-	-	-
<i>Pagurus exilis</i> (Benedict 1892)	2	-20,7 (0,11)	+10,26 (0,11)	1,84	2	-16,06 (0,53)	+10 (0,39)	1,77
<i>Dardanus insignis</i> (De Saussure 1857)	2	-18,77 (0,42)	+11,37 (0,03)	2,17	2	-15,15 (0,09)	+11,1 (0,13)	2,09
<i>Rimapenaeus constrictus</i> (Stimpson 1871)	2	-19,70 (0,07)	+11,94 (0,04)	2,33	2	-17,54 (1,1)	+10,29 (0,14)	1,85
<i>Pleoticus muelleri</i> (Spence Bate 1888)	-	-	-	-	2	-18,73 (1,13)	+10,72 (0,13)	1,97

Estação do ano								
Inverno (2018)					Verão (2019)			
GT/ Espécie	n	$\delta^{13}\text{C}$	$\delta^{15}\text{N}$	NT	n	$\delta^{13}\text{C}$	$\delta^{15}\text{N}$	NT
<i>Sicyonia dorsalis</i> (Kingsley 1878)	2	-16,61 (0,4)	+11,77 (0,22)	2,28	-	-	-	-
<i>Sicyonia typica</i> (Boeck 1864)	2	-19,32 (0,01)	+12,16 (0,33)	2,4	-	-	-	-
<i>Hepatus pudibundus</i> (Herbst 1785)	2	-18,7 (0,14)	+12,21 (0,06)	2,42	-	-	-	-
<i>Nematopalaemon schmitti</i> (Holthuis 1950)	2	-19,84 (0,04)	+12,47 (0,11)	2,49	-	-	-	-
<i>Exhippolysmata oplophoroides</i> (Holthuis 1948)	2	-18,82 (0,11)	+12,65 (0,03)	2,54	-	-	-	-
Peixe demersal (PD)								
<i>Conodon nobilis</i> (Linnaeus 1758)	-	-	-	-	2	-18,62 (0,62)	+12,12 (0,13)	2,39
<i>Chloroscombrus chrysurus</i> (Linnaeus 1766)	-	-	-	-	2	-18,81 (0,57)	+12,24 (0,15)	2,42
<i>Prionotus punctatus</i> (Bloch 1793)	2	-20,38 (0,08)	+12,92 (0,15)	2,62	2	-17,74 (0,27)	+12,73 (0,24)	2,57
<i>Micropogonias furnieri</i> (Desmarest 1823)	2	-19,54 (0,05)	+13,46 (0,14)	2,78	2	-18,4 (0,34)	+13,43 (0,05)	2,77
<i>Paralonchurus brasiliensis</i> (Steindachner 1875)	2	-19,06 (0,02)	+13,05 (0,11)	2,8	2	-19,45 (0,58)	+13,53 (0,37)	2,8
<i>Menticirrhus americanus</i> (Linnaeus 1758)	2	-19,87 (0,11)	+13,72 (0,13)	2,86	2	-18,67 (0,09)	+13,4 (0,12)	2,76
<i>Isopisthus parv ipinnis</i> (Cuvier 1830)	2	-19,56 (0,42)	+13,76 (0,16)	2,87	-	-	-	-
<i>Diplectrum radiale</i> (Quoy & Gaimard 1824)	2	-16,81 (0,08)	+14,61 (3,11)	3,12	2	-19,03 (0,57)	+11,41 (0,02)	2,18
<i>Lutjanus synagris</i> (Linnaeus 1758)	2	-17,77 (0,15)	+14,76 (0,01)	3,16	-	-	-	-

Referências

- Agnetta, D., Badalamenti, F., D'Anna, G., Sinopoli, M., Andaloro, F., Vizzini, S. & Pipitone, C. (2019). Sizing up the role of predators on *Mullus barbatus* populations in Mediterranean trawl and no-trawl areas. *Fisheries Research*, 213, 196-203.
- Almeida, A. C., Fransozo, A., Teixeira, G. M., Hiroki, K. A. N., Furlan, M. & Bertini, G. (2012). Ecological distribution of the shrimp *Nematopalaemon schmitti* (Crustacea: Decapoda: Caridea) in three bays on the south-eastern coast of Brazil. *African Journal of Marine Science*, 34(1), 93-102.
- Badalamenti, F., Sweeting, C. J., Polunin, N. V. C., Pinnegar, J., D'Anna, G. & Pipitone, C. (2008). Limited trophodynamics effects of trawling on three Mediterranean fishes. *Marine Biology*, 154(5), 765-773.
- Bearhop, S., Adams, C. E., Waldron, S., Fuller, R. A. & MacLeod, H. (2004). Determining trophic niche width: a novel approach using stable isotope analysis. *Journal of animal ecology*, 73(5), 1007-1012.
- Bertini, G., Fransozo, A. & Negreiros-Fransozo, M.L. (2010). Brachyuran soft-bottom assemblage from marine shallow waters in the southeastern Brazilian littoral. *Marine Biodiversity*, 40, 277-291.
- Boschi, E.E. (2000). Species of decapod crustaceans and their distribution in the American marine zoogeographic provinces. *Revista de Investigación y Desarrollo Pesquero*, 13, 7-136.
- 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 Brasileiro de Zoologia*, 22, 1050-1062.

- Branco, J. O. & Moritz, Jr H. C. (2001). Alimentação natural do camarão sete-barbas (*Xiphopenaeus kroyeri*), na Armação do Itapocoroy, Penha, SC. *Revista Brasileira de Zoologia*, 18(1), 53-61.
- Carabel, S., Godínez-Domínguez, E., Verísimo, P., Fernández, L. & Freire, J. (2006). An assessment of sample processing methods for stable isotope analyses of marine food webs. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 336, 254-261.
- Carvalho-Batista, A., Terossi, M., Zara, F. J., Mantelatto, F. L. & Costa, R. C. (2019). A multigene and morphological analysis expands the diversity of the seabod shrimp *Xiphopenaeus* Smith, 1869 (Decapoda: Penaeidae), with descriptions of two new species. *Scientific reports*, 9(1), 1-19.
- Castilho, A. L., Bauer, R. T., Freire, F. A., Fransozo, V., Costa, R. C., Grabowski, R. C. & Fransozo, A. (2015). Lifespan and reproductive dynamics of the commercially important sea bob shrimp *Xiphopenaeus kroyeri* (Penaeoidea): synthesis of a 5-year study. *Journal of Crustacean Biology*, 35(1), 30-40.
- Castilho, A. L., Pie, M. R., Fransozo, A., Pinheiro, A. P. & Costa, R. C. (2008). The relationship between environmental variation and species abundance in shrimp community (Crustacea: Decapoda: Penaeoidea) in south-eastern Brazil. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 88(1), 119-123.
- Castro-Filho, B. M. D., Miranda, L. B. D. & Miyao, S. Y. (1987). Condições hidrográficas na plataforma continental ao largo de Ubatuba: variações sazonais e em média escala. *Boletim do Instituto Oceanográfico*, 35(2), 135-151.
- Costa, R. C., Fransozo, A. & Negreiros-Fransozo, M. L. (2005). Ecology of the rock shrimp *Sicyonia dorsalis* Kingsley, 1878 (Crustacea: Sicyoniidae) in a subtropical region of Brazil. *Gulf and Caribbean Research*, 17(1), 49-56.

- Cury, P. M., Shannon, L. J., Roux, J. P., Daskalov, G. M., Jarre, A., Moloney, C. L. & Pauly, D. (2005). Trophodynamic indicators for an ecosystem approach to fisheries. *ICES Journal of Marine Science*, 62(3), 430-442.
- Dall, W. H. B. J., Hill, B. J., Rothlisberg, P. C. & Sharples, D. J. (1990). The biology of the Penaeidae. *The biology of the Penaeidae*, 27.
- DeMartini, E. E., Friedlander, A. M., Sandin, S. A. & Sala, E. (2008). Differences in fish-assemblage structure between fished and unfished atolls in the northern Line Islands, central Pacific. *Marine Ecology Progress Series*, 365, 199-215.
- DeNiro, M. J. & Epstein, S. (1978). Influence of diet on the distribution of carbon isotopes in animals. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 42, 495-506.
- DeNiro, M. J. & Epstein, S. (1981). Influence of diet on the distribution of nitrogen isotopes in animals. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 45, 341-351.
- D’Incao, F., Valentini, H. & Rodrigues, L.F. (2002). Avaliação Da Pesca De Camarões Nas Regiões Sudeste E Sul Do Brasil: 1965- 1999. *Atlântica*, Rio Grande, 24 (2), 103-116.
- Fanelli, E., Badalamenti, F., D’Anna, G., Pipitone, C. & Romano, C. (2010). Trophodynamic effects of trawling on the feeding ecology of pandora, *Pagellus erythrinus*, off the northern Sicily coast (Mediterranean Sea). *Marine and Freshwater Research*, 61(4), 408-417.
- Fortes, M. D. & Lüning, K. (1980). Growth rates of North Sea macroalgae in relation to temperature, irradiance and photoperiod. *Helgoländer Meeresuntersuchungen*, 34(1), 15-29.
- Fleming, N. E., Harrod, C., Griffin, D. C., Newton, J. & Houghton, J. D. (2014). Scyphozoan jellyfish provide short-term reproductive habitat for hyperiid amphipods

- in a temperate near-shore environment. *Marine Ecology Progress Series*, 510, 229-240.
- Fleming, M., Lin, G. & Sternberg, L. D. S. L. (1990). Influence of mangrove detritus in an estuarine ecosystem. *Bulletin of Marine Science*, 47(3), 663-669.
- Funes, M., Marinao, C. & Galván, D. E. (2019). Does trawl fisheries affect the diet of fishes? A stable isotope analysis approach. *Isotopes in environmental and health studies*, 55(4), 327-343.
- France, R. L. (1995). Differentiation between littoral and pelagic food webs in lakes using carbon isotopes. *Limnology and Oceanography*, 40, 1310-1313.
- Fry, B. (2008). *Stable isotope ecology*. Springer Science Business Media, New York.
- Ibama. 2004. Relatório do Projeto de monitoramento da Atividade Pesqueira no Litoral do Brasil. Brasília. 328p.
- Fry, B. & Sherr, E.B. (1984). $\delta^{13}\text{C}$ measurements as indicators of carbon flow in marine and freshwater ecosystems. *Contributions in Marine Sciences*, 27, 13-47.
- Guerin, A. J., Jensen, A. C. & McGill, R. A. (2013). Effects of distilled water rinsing on stable isotope ratios of acid-treated marine invertebrate (Paguridae) samples. *Rapid Communications in Mass Spectrometry*, 27(18), 2051-2056.
- Hatcher, B., Johannes, R. & Robinson, A. (1989). Review of the research relevant to the conservation of shallow tropical marine ecosystems. *Oceanography and Marine Biology*, 27, 337-414.
- Ingram, B. A., Pitt, K. A. & Barnes, P. (2017). Stable isotopes reveal a potential kleptoparasitic relationship between an ophiuroid (*Ophiocnemis marmorata*) and the sennaeostome jellyfish, *Aurelia aurita*. *Journal of Plankton Research*, 39(1), 138-146.

- Iwai, M. (1973). Pesca exploratória e estudo biológico sobre o camarão na costa Centro/Sul do Brasil com o Navio Oceanográfico —Prof. W. Besnardl em 1969-1971. São Paulo, Sudelpa, IOUSP, 71p.
- Johnson, A. F., Gorelli, G., Jenkins, S. R., Hiddink, J. G. & Hinz, H. (2015). Effects of bottom trawling on fish foraging and feeding. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 282(1799), 20142336.
- Haines, E. B. & Montague, C. L. (1979). Food sources of estuarine invertebrates analyzed using $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ ratios. *Ecology*, 60, 48-56.
- Kaiser, M. J., Collie, J. S., Hall, S. J., Jennings, S. & Poiner, I. R. (2002). Modification of marine habitats by trawling activities: prognosis and solutions. *Fish and Fisheries*, 3(2), 114-136.
- Lin, H. J., Kao, W. Y. & Wang, Y. T. (2007). Analyses of stomach contents and stable isotopes reveal food sources of estuarine detritivorous fish in tropical/subtropical Taiwan. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 73(3-4), 527-537.
- Longhi, M. L., Ferreyra, G., Schloss, I. & Roy, S. (2006). Variable phytoplankton response to enhanced UV-B and nitrate addition in mesocosm experiments at three latitudes (Canada, Brazil and Argentina). *Marine Ecology Progress Series*, 313, 57-72.
- Loneragan, N. R., Bunn, S. E. & Kellaway, D. M. (1997). Are mangroves and seagrasses sources of organic carbon for penaeid prawns in a tropical Australian estuary? A multiple stable-isotope study. *Marine Biology*, 130(2), 289-300.
- Macia, A. (2004 a). Primary carbon sources for juvenile penaeid shrimps in a mangrove-fringed bay of Inhaca island, Mozambique. *Western Indian Ocean Journal of Marine Science*, 3(2), 151-162.

- Manickchand-Heileman, S., Soto, L. A. & Escobar, E. (1998). A preliminary trophic model of the continental shelf, south-western Gulf of Mexico. *Estuarine, coastal and shelf Science*, 46(6), 885-899.
- Mantelatto, F. L. M.; Fransozo, A. & Negreiros-Fransozo, M. L. (1995). Distribuição do caranguejo *Hepatus pudibundus* (Herbst, 1785) (Crustacea, Decapoda, Brachyura) na Enseada da Fortaleza, Ubatuba (SP), Brasil. *Boletim do Instituto Oceanográfico*, 59-69.
- Mantelatto, F. L. M., Bernardo, C.H., Silva, T. E., Bernardes, V.P., Cobo, V.J. & Fransozo, A. (2016). Composição e distribuição de crustáceos decápodes associados à pesca do camarão sete-barbas *Xiphopenaeus kroyeri* (Heller 1862) no litoral norte do estado de São Paulo. *Boletim Instituto da Pesca, São Paulo*, 42(2), 307-326.
- McCutchan Jr, J. H., Lewis Jr, W. M., Kendall, C. & McGrath, C. C. (2003). Variation in trophic shift for stable isotope ratios of carbon, nitrogen, and sulfur. *Oikos*, 102(2), 378-390.
- Meurer, B. C. & Andreatta, J. V. (2002). Hábito alimentar de *Diplectrum radiale* (Quoy & Gaimard, 1824) (Teleostei, Perciformes, Serranidae) na Baía da Ribeira, Angra dos Reis, Rio de Janeiro, Brasil. *Arquivos do Museu Nacional, Rio de Janeiro*, 60(4), 315-320.
- Minagawa, M. & Wada E. (1984). Stepwise enrichment of ^{15}N along food chains: further evidence and the relation between $\delta^{15}\text{N}$ and animal age. *Geochimica et cosmochimica acta*, 48(5), 1135-1140.
- Nagata, R. M., Moreira, M. Z., Pimentel, C. R. & Morandini, A. C. (2015). Food web 16 characterization based on $\delta^{15}\text{N}$ and $\delta^{13}\text{C}$ reveals isotopic niche partitioning between fish and jellyfish in a relatively pristine ecosystem. *Marine Ecology Progress Series*, 519, 13-27.

- Parnell, A. & Inger, R. (2016). Simmr: a stable isotope mixing model. R package version 0.3. R.
- Peterson, B. J. & Fry, B. (1987). Stable isotopes in ecosystem studies. *Annual review of ecology and systematics*, 18, 293-320.
- Peterson, B. J., Howarth, R. W. & Garrett, R. H. (1986). Sulfur and carbon isotopes as tracers of salt-marsh organic matter flow. *Ecology*, 67, 865-874.
- Piazzzi, L., Balata, D., Pertusati, M. & Cinelli, F. (2004) Spatial and temporal variability of Mediterranean macroalgal coralligenous assemblages in relation to habitat and substratum inclination. *Botanica Marina*, 47, 105-115.
- Pingree, R.D., Holligan, P.M., Mardell, G.T. & Head, R.N. (1976). The influence of physical stability on spring, summer and autumn phytoplankton blooms in the Celtic Sea. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 56, 845-873.
- Post, D. M. (2002). Using stable isotopes to estimate trophic position: models, methods, and assumptions. *Ecology*, 83(3), 703-718.
- Primavera, H. J. (1996). Stable carbon and nitrogen isotope ratios of penaeid juveniles and primary producers in a riverine mangrove in Guimaras, Philippines. *Bulletin of Marine Science*, 58(3), 675-683.
- Pruell, R. J., Taplin, B. K. & Cicchelli, K. (2003). Stable isotope ratios in archived striped bass scales suggest changes in trophic structure. *Fisheries Management and Ecology*, 10(5), 329-336.
- Quintana, C. O., Bernardino, A. F., de Moraes, P. C., Valdemarsen, T. & Sumida, P. Y. (2015). Effects of coastal upwelling on the structure of macrofaunal communities in SE Brazil. *Journal of Marine Systems*, 143, 120-129.

- Riascos, J. M., Docmac, F., Reddin, C. & Harrod, C. (2015). Trophic relationships between the large scyphomedusa *Chrysaora plocamia* and the parasitic amphipod *Hyperia curticephala*. *Marine Biology*, 162, 1841-1848.
- Roux, A., Piñero, R., Moriondo, P. & Fernández, M. (2009). Diet of the red shrimp *Pleoticus muelleri* (Bate, 1888) in Patagonian fishing grounds, Argentine. *Revista de Biología Marina y Oceanografía*, 44(3), 775-781.
- Rubright, J. S., Harrell, J. L., Holcomb, H. W. & Parker, J. C. (1981). Responses of planktonic and benthic communities to fertilizer and feed applications in shrimp mariculture ponds. *Journal of the World Mariculture Society*, 12(1), 281-299.
- Salini, J. P., Blaber, S. J. M. & Brewer, D. T. (1994). Diets of trawled predatory fish of the Gulf of Carpentaria, Australia, with particular reference to predation on prawns. *Marine and Freshwater Research*, 45(3), 397-411.
- de São Clemente, R. R., Costa, P. A. & Martins, A. S. (2014). Distribution and feeding habits of three sea robin species (*Bellator brachyichir*, *Prionotus nudigula* and *Prionotus punctatus*) in the Campos Basin, southeastern Brazil. *Latin American Journal of Aquatic Research*, 42(3), 488-496.
- Sherwood, G. D. & Rose G. A. (2005). Stable isotope analysis of some representative fish and invertebrates of the Newfoundland and Labrador continental shelf food web. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 63(4), 537-549.
- Silva, C. N. S., M. K. Broadhurst, R. P. Medeiros & J. H. Dias. (2013). Resolving environmental issues in the southern Brazilian artisanal penaeid-trawl fishery through adaptive co-management. *Marine Policy*, 42, 133-141.
- Soares, L. S. H. & Vazzoler, A. D. M. (2001). Diel changes in food and feeding activity of sciaenid fishes from the South-western Atlantic, Brazil. *Revista Brasileira de Biologia*, 61(2), 197-216.

- Stoner, A. W. & Zimmerman, R. J. (1988). Food pathways associated with penaeid shrimps in a mangrove-fringed estuary. *Fishery Bulletin*, 86(3), 543-552.
- Tararam, A. S., Wakabara, Y. & Equi, M. B. (1993). Hábitos alimentares de onze espécies da megafauna bêntica da plataforma continental de Ubatuba, SP. *Publicacao Especial do Instituto Oceanografico. Universidade de São Paulo*, (10), 159-67.
- Vasques, R.O.R. (2005). Aspectos da dinâmica populacional do camarão-rosa *Farfantepenaeus paulensis* (Perez-Farfante, 1967) Crustacea, Decapoda, na Região de Ilhéus, BA. Ilhéus. 147p. (Dissertação de Mestrado. Departamento de Ciências Biológicas, UESC).
- West, J. B., Bowen, G. J., Cerling, T. E. & Ehleringer, J. R. (2006). Stable isotopes as one of nature's ecological recorders. *Trends in Ecology & Evolution*, 21(7), 408-414.
- Willems, T., De Backer, A., Kerkhove, T., Dakriet, N. N., De Troch, M., Vincx, M. & Hostens, K. (2016). Trophic ecology of Atlantic seabob shrimp *Xiphopenaeus kroyeri*: Intertidal benthic microalgae support the subtidal food web off Suriname. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 182, 146-157.
- Zeug, S. C., Feyrer, F. V., Brodsky, A. & Melgo, J. (2017). Piscivore diet response to a collapse in pelagic prey populations. *Environmental Biology of Fishes*, 100(8), 947-958.
- Zieman, J. C., Macko, S. A. & Mills, A. L. (1984). Role of seagrasses and mangroves in estuarine food webs: temporal and spatial changes in stable isotope composition and amino acid content during decomposition. *Bulletin of Marine Science*, 35(3), 380-392.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente estudo foi realizado em uma área de atividade pesqueira intensa e de crescente urbanização, e apesar destes maiores índices, o local apresentou uma complexa teia trófica, com uma grande diversidade de espécies e de relações tróficas estabelecidas. Com as análises realizadas em duas estações distintas, conseguimos obter diferentes formações de teia trófica, com variados predadores de topo, com diferenciação da base da teia e mudança de nichos isotópicos das guildas.

Pela pesca de arrasto possuir como camarões alvo as espécies *Farfantepenaeus brasiliensis*, *Litopenaeus schmitti* e *Xiphopenaeus* sp., estudos sobre preferência alimentar são de extrema importância pois, são a partir deles que conseguimos obter as principais relações tróficas destes organismos de altos valores comerciais, e onde eles estão inseridos na teia alimentar, sendo uma forma de evitar possíveis colapsos no ecossistema. Com o hábito alimentar onívoro oportunista, estes crustáceos foram caracterizados como consumidores primários, e capazes de se alimentarem de fontes inacessíveis para os demais indivíduos. Dessa forma, muitos destes camarões são utilizados como recursos pelos consumidores secundários, como os peixes, o que possibilita a passagem de energia de organismos bentônicos para os organismos pelágicos.

Estudos isotópicos a partir da pesca de arrasto no litoral norte de São Paulo são inéditos o que caracteriza estes resultados obtidos serem de grande importância para a sociedade. Avanços dos nossos conhecimentos sobre os ecossistemas costeiros explorados podem ajudar a prever futuras mudanças ou serem a base para novos estudos na região. Desta forma, este estudo apesar de ser um dos primeiros realizados, não deve ser o último, visto que a atividade humana em Ubatuba está presente e crescente na região, podendo causar variações na estrutura trófica do local.