
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS
(ZOOLOGIA)**

**INTERAÇÕES TRÓFICAS ENTRE ESPÉCIES PELÁGICAS DO
ATLÂNTICO SUDOESTE: UTILIZANDO ISÓTOPOS ESTÁVEIS E
INFERÊNCIA BAYESIANA**

GUILHERME ROSSI GORNI

Tese apresentada ao Instituto de
Biociências do Campus de Rio
Claro, Universidade Estadual
Paulista, como parte dos requisitos
para obtenção do título de Doutor
em Ciências Biológicas (Zoologia).

Dezembro - 2010

GUILHERME ROSSI GORNI

**INTERAÇÕES TRÓFICAS ENTRE ESPÉCIES PELÁGICAS DO
ATLÂNTICO SUDOESTE: UTILIZANDO ISÓTOPOS ESTÁVEIS E
INFERÊNCIA BAYESIANA**

Tese apresentada ao Instituto de
Biociências do Campus de Rio Claro,
Universidade Estadual Paulista Julio de
Mesquita Filho, como parte dos requisitos
para obtenção do Título de Doutor em
Ciências Biológicas (Zoologia).

Orientador: Prof. Dr. Roberto Goitein

Rio Claro

2010



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

CAMPUS DE RIO CLARO

INSTITUTO DE BIOCIÊNCIAS DE RIO CLARO

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO: Estudo da alimentação das principais espécies pelágicas capturadas no Atlântico Sudoeste.

AUTOR: GUILHERME ROSSI GORNI

ORIENTADOR: Prof. Dr. ROBERTO GOITEIN

Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de DOUTOR EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS (ZOOLOGIA), pela Comissão Examinadora:

Prof. Dr. ROBERTO GOITEIN

Departamento de Zoologia / Instituto de Biociências de Rio Claro

Prof. Dr. ALBERTO FERREIRA DE AMORIM

Instituto de Pesca / Santos

Profa. Dra. SELENE MARIA COELHO LOIBEL

Departamento de Estatística, Matemática Aplicada e Computacional / Instituto de Geociências e Ciências Exatas

Prof. Dr. LEANDRO MULLER GOMIERO

Escola Puríssimo Coração de Maria / Rio Claro

Profa. Dra. LUCY SATIKO HASHIMOTO SOARES

Instituto Oceanográfico / Universidade de São Paulo

Data da realização: 20 de dezembro de 2010.

... "Aos meus pais Walter e Gilda, meus irmãos Gustavo e Gregório e minha noiva Patrícia".

AGRADECIMENTOS

Agradeço a DEUS por todas as graças concedidas, pela luz e amparo nos momentos de dificuldades.

Aos meus pais e irmãos, Walter, Gilda, Gustavo e Gregório pelo constante apoio e carinho.

À Patrícia, por seu amor, compreensão, paciência, apoio e principalmente por estar sempre ao meu lado.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Roberto Goitein, pelo apoio, amizade, ensinamentos, e pela oportunidade de realizar este doutoramento.

Ao Prof. Dr. Alberto Ferreira de Amorim, pela amizade, ajuda, ensinamentos, infra-estrutura, e por acreditar em meu potencial.

À Profa. Dra. Selene Loibel, pelos ensinamentos e ajuda no desenvolvimento da proposta de tratamento Bayesiano dos dados.

À, Profa. Dra. Lucy Satiko Hashimoto Soares, e ao Prof. Dr. Leandro Muller Gomiero, pelas críticas e sugestões que contribuíram muito para o trabalho.

Ao Prof. Dr. Plinio Barbosa de Camargo, pela realização da análise isotópica.

Ao Prof. Dr. José Lima Figueiredo, pelo auxílio na identificação da ictiofauna.

Ao amigo Drd. Douglas Fenando Peiró, pela ajuda na identificação dos crustáceos.

Aos estagiários do Instituto de Pesca de Santos: Natalia Della Fina, Natalia Piva Silva, Caio dos Santos Fernandes, Bruna Rodrigues Bernardes, etc., por toda ajuda na coleta, transporte e triagem das amostras.

À Ms. Daniele Bueno dos Santos, e a todo pessoal do Departamento de Química Geral e Inorgânica (Instituto de Química - Unesp/Araraquara), pelo auxílio na preparação das amostras.

Aos professores e amigos dos Departamentos de Zoologia e Ecologia (Instituto de Biociências - Unesp/Rio Claro).

Aos mestres de embarcação e pescadores da ItaFish - Transporte e Comércio de Pescados, pela viabilização das coletas.

Aos amigos do G.R.E.B.C. Marmota 2, pelo apoio e momentos de descontração.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa de estudos.

A todos, meu MUITO OBRIGADO!!

SUMÁRIO

	Página
RESUMO	i
ABSTRACT	ii
1. INTRODUÇÃO GERAL.....	01
1.2. Histórico da pesca industrial e sua influência no estado de conservação dos grandes peixes pelágicos	03
1.3. Histórico da pesca de espinhel no Brasil	03
2. ANÁLISE DO CONTEÚDO ESTOMACAL DE PEIXES PELÁGICOS CAPTURADOS NO OCEANO ATLÂNTICO SUDOESTE	07
2.1. Introdução	07
2.2. Material e Métodos	09
2.2.1. Coleta dos dados	10
2.2.2. Análise das dietas.....	10
2.3. Resultados.....	12
2.4. Discussão	14
2.5. Referências Bibliográficas	19
3. INFERÊNCIA BAYESIANA NA ANÁLISE DO CONTEÚDO ESTOMACAL: MÉTODOS E APLICAÇÃO NA DIETA DE PEIXES PELÁGICOS DO ATLÂNTICO SUDOESTE	37
3.1. Introdução	37
3.2. Método da Análise	37
3.2.1. Modelo Multinomial	37
3.2.2. Função de Verossimilhança	38
3.2.3. Priori informativa.....	38

3.2.4. Distribuição conjunta a posteriori	38
3.2.5. Distribuições marginais a posteriori.....	39
3.3. Aplicação do método: alimentação de peixes pelágicos do Atlântico Sudoeste	39
3.3.1. Os dados	39
3.4. Resultados	40
3.5. Discussão	41
3.5.1. Sobre a dieta das espécies estudadas	41
3.5.2. Sobre a abordagem Bayesiana.....	44
3.6. Referências Bibliográficas	45
 4. O USO DE MODELOS DE MISTURA ISOTÓPICA NO ACESSO À REDE TRÓFICA PELÁGICA DAS REGIÕES SUDESTE E SUL DO BRASIL	63
4.1. Introdução	63
4.2. Material e Métodos	64
4.2.1. Coleta dos dados	64
4.2.2. Análise de isótopos estáveis	65
4.2.3. Caracterização da rede trófica	65
4.2.4. Análise da posição trófica	66
4.3. Resultados	66
4.4. Discussão	67
4.5. Referências Bibliográficas	72
 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS	82
5.1. Composição alimentar das espécies estudadas	82
5.2. O advento de estratégias alternativas de conservação para espécies pelágicas capturadas no Atlântico Sudoeste.....	83
 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	84

RESUMO

Visando contribuir para o conhecimento da dieta de peixes que habitam o ambiente pelágico do Oceano Atlântico Sudoeste, e por consequência compreender a rede trófica na qual estas espécies estão inseridas, foi elaborado um estudo envolvendo três aspectos apresentados nesta tese em forma de capítulos: (1) análise do conteúdo estomacal de *Thunnus albacares*, *T. obesus*, *T. alalunga*, *Xiphias gladius*, *Isurus oxyrinchus* e *Alopias superciliosus*; (2) uso da inferência bayesiana na análise da dieta dos predadores em questão; (3) caracterização da rede trófica pelágica considerando as assinaturas isotópicas dos consumidores e suas presas. A coleta dos peixes foi realizada em parceria com a frota atuneira de Santos – SP, cuja área de operação compreende o mar aberto frente às regiões Sudeste e Sul do Brasil. De maneira geral, os resultados indicam que: (1) A dieta de *T. albacares* e *T. obesus* é composta primariamente por peixes teleósteos (Bramidae, Gempylidae, Trichiuridae, entre outros), e secundariamente por moluscos Teuthida (lulas em geral); (2) *Thunnus alalunga* apresentou um padrão inverso aos demais atuns analisados, alimentando-se preferencialmente de moluscos Teuthida, deixando os peixes teleósteos em segundo plano; (3) O espadarte (*Xiphias gladius*) alimenta-se primariamente de lulas Ommastrephidae; (4) a alimentação de *I. oxyrinchus* e *A. superciliosus* foi dominada por cefalópodes da ordem Teuthida. Entre os peixes, destaque para as famílias Scombridae e Trichiuridae; (5) A análise da assinatura isotópica dos predadores corroborou os padrões descritos pela análise do conteúdo estomacal; (6) as espécies de Scombridae são presas importantes para os predadores de topo, como *X. gladius* e *A. superciliosus*. Os achados remontam a importância de pesquisas que analisem a alimentação de peixes explorados comercialmente, visto que estes estudos podem tornar-se ferramentas essenciais na elaboração de estratégias alternativas de conservação destas espécies.

Palavras-chave: peixes pelágicos, análise do conteúdo estomacal, pesca de espínel, inferência Bayesiana, rede trófica pelágica, isótopos estáveis.

ABSTRACT

In order to contribute to the diet knowledge of fish that inhabit the pelagic environment of the southwest Atlantic Ocean, and in consequence be aware about this species insertion in the trophic web, a study involving four distinct aspects was made up in chapters: (1) stomach content analyses of *Thunnus albacares*, *T. obesus*, *T. alalunga*, *Xiphias gladius*, *Isurus oxyrinchus* e *Alopias superciliosus*; (2) use of Bayesian inference in analyzing the diet of these predators; (3) by using the isotopic signatures of the predators, as well as their prey, to assume their trophic role in the system. Fish collections were made by collaboration of the Santos-SP tuna fishery fleet, which operates in an area comprising the open sea off the southern and southeastern Brazilian coast. In general results indicate that: (1) The *T. albacares* and *T. obesus* diet consists primarily of teleost fishes (Bramidae, Gempylidae, Trichiuridae, among others), and secondarily of Teuthida squids; (2) *Thunnus alalunga* showed an opposite food composition when compared to the other tunas, feeding mainly on Teuthida squids, and teleost fish comprised a second food in importance; (3) the swordfish (*Xiphias gladius*) feeds mainly on the Ommastrephidae squids; (4) the food of *I. oxyrinchus* and *A. superciliosus* was dominated by cephalopods Teuthida. Among fishes, the emphasis is represented by the representatives of families Scombridae and Trichiuridae; (5) (5) The predators isotopic signature analysis corroborated the described patterns shown by the stomach contents analyses; (6) The Scombridae species are important prey species for the top predators, such as *X. gladius* and *A. superciliosus*. The findings should help one to remember the importance of investigations related to fish species, which use to be important for commercial purposes, as such studies may become essential tools to be used by alternative conservation strategies to protect these species.

Keywords: pelagic fish, stomach contents analysis, longline fishery, Bayesian inference, pelagic trophic web, stable isotopes.

1. INTRODUÇÃO GERAL

Estudos sobre aspectos ecológicos de peixes que vivem na zona pelágica, onde habitam espécies de atuns e afins (agulhões e tubarões), são importantes para o conhecimento do hábitat das mesmas, fornecendo informações sobre aspectos de sua biologia e dinâmica populacional (ZAVALA-CAMIN, 1982).

Assim, o entendimento do hábito alimentar das espécies contribui para o esclarecimento da estrutura trófica de comunidades, auxiliando na compreensão de sua ecologia (HAHN et al., 1992). Segundo Schoener (1974), através dos resultados destas pesquisas, podemos avaliar qual a posição da espécie na teia alimentar, supondo desta maneira, quais são seus possíveis competidores, predadores e presas. Embora pesquisas dessa natureza possam servir apenas para o início de tal compreensão, essas são fundamentais para a compreensão do papel trófico das espécies.

Gasalla & Soares (2001) afirmam que os estudos tróficos de peixes são necessários, se não uma exigência, para aconselhar medidas de uso sustentado dos ecossistemas marinhos. Nessa mesma linha de pensamento, autores como Longhurst & Pauly (1987) e Mann (1993) reconhecem que o conhecimento da organização trófica dos ecossistemas pelágicos é parte importante na avaliação e produção pesqueira dos oceanos.

Essas relações tróficas podem ser compreendidas diretamente, através de estudos que avaliem o conteúdo estomacal desses organismos. Contudo, estudos dessa natureza ou que visam aspectos relacionados à alimentação de peixes pelágicos são escassos em águas brasileiras, devido principalmente às dificuldades de acesso à coleta dos estômagos.

Entretanto, autores como Zavala-Camin & Seckendorff (1980), Zavala-Camin (1981; 1987), Mello (1992), Hazin et al. (1991; 1994), Vaske-Júnior (1992), Vaske-Júnior & Rincón-Filho (1998), Vaske-Júnior & Castello (1998), Vaske-Júnior (2000), Pimenta et al. (2001; 2005), vêm direcionando esforços na tentativa de diminuir a lacuna no conhecimento da ecologia trófica do nécton pelágico em águas brasileiras.

Neste âmbito, a avaliação da ocorrência natural de isótopos estáveis nos predadores e suas presas apresentam-se como alternativa ao método tradicional de análise do conteúdo estomacal, além de prover informações complementares sobre as relações ecológicas nos ecossistemas. O princípio que sustenta esta abordagem consiste nas diferenças da proporção de isótopos estáveis de nitrogênio, carbono e enxofre entre consumidores (SCHINDLER & LUBETKIN, 2004), fornecendo desta forma, informações valiosas que permitem a comparação do nível trófico destes animais.

De acordo com Schindler & Lubetkin (op. cit.), a utilização de isótopos estáveis permite rastrear os destinos de diferentes fontes de energia e materiais através das redes tróficas, tornando-se poderosos complementos à análise do conteúdo estomacal, devido à provisão de estimativas diretas da assimilação da presa pelo consumidor. Na mesma linha, Estrada et al. (2005) e Kojadinovic et al. (2008) salientam que os dados de isótopos estáveis apresentam a vantagem de oferecer informações sobre os hábitos alimentares em uma escala temporal maior do que a análise do conteúdo gástrico, visto que, estes, apesar de serem mais precisos na determinação das espécies predadas, fornecem uma visão muito estreita do hábito alimentar global destes predadores.

Para os grandes peixes pelágicos são registrados estudos sobre a concentração de isótopos estáveis dos tubarões *Prionace glauca*, *Isurus oxyrinchus* e *Alopias vulpinus* no Atlântico Norte (ESTRADA et al., 2003; MACNEIL et al., 2005), e do *Carcharodon carcharias* (ESTRADA et al., 2006) no Atlântico Norte e (KERR et al., 2006) no Pacífico Norte. Para os atuns há registros de estudos sobre as espécies *Thunnus albacares* e *Katsuwonus pelamis* (MÉNARD et al., 2007; KOJADINOVIC et al., 2008), ambos realizados no Oceano Índico, e *Thunnus thynnus* (ESTRADA et al., 2005), no Atlântico Norte. O estudo Ménard et al. (op. cit.), aparece como a única pesquisa envolvendo a análise de isótopos estáveis em tecidos de *Xiphias gladius*.

Apesar de relevância do tema, não foram encontrados estudos dessa natureza em águas brasileiras, demonstrando mais uma vez a carência de

informações sobre os aspectos tróficos dos grandes predadores pelágicos do Atlântico Sul.

1.2. Histórico da pesca industrial e sua influência no estado de conservação dos grandes peixes pelágicos

Como resultado do aumento da demanda pelo atum, a pesca industrial iniciou suas atividades entre os anos de 1940 e 1950. A princípio, essa frota era composta de traineiras e espinheleiros japoneses e norte americanos, cuja área de operação restringia-se ao Oceano Pacífico. Após a Segunda Guerra Mundial, principalmente a pesca de espinhel expandiu-se rapidamente, alcançando o Oceano Atlântico no final da década de 50 (MIYAKE et al., 2004).

Durante a expansão global da pescaria de espinhel (entre as décadas de 50 e 60) alta abundância de atuns e peixes de bico sempre foram registradas nas cercanias das áreas exploradas, entretanto, as altas taxas de captura declinaram rapidamente após alguns anos (MYERS & WORM, 2003). Segundo os referidos autores, em comunidades de mar aberto foi observado um declínio surpreendentemente rápido, passando de 6-12 a 0,5-2 indivíduos por 100 anzóis, durante os primeiros 10 anos de exploração.

Em sua pesquisa, Myers & Worm (op. cit.) sugerem que, atualmente, os oceanos do planeta perderam mais de 90% dos grandes peixes predadores em decorrência da pesca, comprometendo assim, sua sustentabilidade. Uma análise mais detalhada sobre o papel da pesca na redução de predadores de topo em ecossistemas marinhos pode ser observada nas pesquisas de Schindler et al. (2002), Baum et al. (2003) e Hinke et al. (2004).

1.3. Histórico da pesca de espinhel no Brasil

A pesca de atuns no Brasil iniciou-se em 1956 na cidade de Recife (Pernambuco), com uma frota japonesa. Esta companhia operou até 1964 quando interrompeu suas atividades devido a razões econômicas (PAIVA, 1975; HAZIN et al., 1990).

No ano de 1958, barcos espinheleiros de bandeira japonesa começaram a operar na cidade de Santos (São Paulo), cujas atividades foram registradas até 1961 (LIMA & WISE, 1962; MORAES, 1962; BARROS & FONSECA, 1965; MORAIS, 1963; PAIVA & LE GALL, 1975). Aproximadamente quatro anos mais tarde (1965/66), a frota pesqueira espinheleira nacional iniciou suas atividades com apenas dois barcos (ARFELLI & AMORIM, 1988), aumentando sua frota gradativamente até atingir o número máximo de 20 barcos nos anos de 1998 e 1999 (AMORIM et al., 2002; ARFELLI & AMORIM, 2000).

Em estudo realizado no período de 1971 a 1999, Amorim et al. (2002), verificaram que a frota de Santos apresentou grande variação em seus alvos de pesca. Na primeira década estudada, o alvo principal destes espinheleiros eram três espécies de atuns (*Thunnus albacares*, *Thunnus obesus* e *Thunnus alalunga*), sendo responsáveis por 55% do total capturado.

Em meados dos anos 80 houve um aumento no valor comercial das espécies de tubarões, e muito por conta disso sua captura começou a demonstrar um crescimento em relação ao peso total capturado, atingindo valores superiores a 50% durante a década de 90 (MENESES DE LIMA et al., 2000). Ademais, na mesma década (precisamente no ano de 1994) houve uma importante mudança na técnica empregada pela frota espinheleira. Esta alteração consistiu na introdução do espinhel constituído de um único filamento de náilon contendo iscas luminosas direcionado à captura de *Xiphias gladius* (ARFELLI, 1996), fato que aumentou drasticamente a captura desta espécie em áreas do Atlântico Sul.

Estas variações no alvo da pesca estão associadas a mudanças nas estratégias adotadas, resultado da modernização da técnica do espinhel, juntamente às mudanças das áreas de pesca. O fato é que desde então os peixes de bico (Istiophoridae) e os grandes tubarões pelágicos/costeiros são freqüentemente capturados pela frota espinheleira que visa à pesca principalmente dos atuns e do espadarte (CRAMER, 2000).

Nesse contexto, o principal objetivo no desenvolvimento deste estudo foi contribuir para o conhecimento da rede trófica envolvendo espécies de peixes pelágicos capturados na pesca de espinhel pela frota atuneira de Santos - SP.

As abordagens apresentadas aqui podem ser consideradas exploratórias e descritivas, e visam a identificação de possíveis padrões alimentares e comportamentais das espécies estudadas.

Ao longo da tese são apresentadas três abordagens do tema, sendo a primeira relacionada à análise do conteúdo estomacal dos atuns *Thunnus albacares* (Bonnaterre, 1788), *Thunnus obesus* (Lowe, 1839) e *Thunnus alalunga* (Bonnaterre, 1788), do espadarte (*Xiphias gladius*) (Linnaeus 1758), e dos tubarões *Isurus oxyrinchus* (Rafinesque, 1810) e *Alopias superciliosus* (Lowe, 1840). Esta primeira abordagem utiliza como metodologia de análise, a técnica considerada convencional (vide detalhes em PINKAS et al., 1971; HYSLOP, 1980; CORTÉS, 1997). A abordagem convencional tem como intuito atualizar os conhecimentos para a área de estudo e, desta forma, funcionar como referência para as abordagens seguintes, de maneira a mostrar a relevância das mesmas para (agora entre nós) demonstrar como elas acrescentam novidade à forma tradicional, por denotarem que a inferência Bayesiana e o tratamento do tema com o estudo dos isótopos estáveis lhes da uma configuração inédita até o momento.

Com uma abordagem diferenciada, a segunda seção propõe a utilização de nova metodologia na análise do conteúdo gástrico. Esta metodologia consiste na inferência Bayesiana sobre a importância de cada categoria alimentar na dieta dos predadores em questão, que como vantagem, permite incorporar, aos dados originais, dados extraídos da literatura (*Priori informativa* - PAULINO et al., 2003), completando, dessa forma, a informação sobre a alimentação destes peixes.

A terceira e última abordagem, tem por objetivo caracterizar a assinatura dos isótopos estáveis ^{13}C e ^{15}N em tecidos dos predadores supracitados e de suas principais presas, permitindo assim, acessar a rede trófica na qual estas espécies estão inseridas, bem como quantificar suas ligações.

Os temas foram organizados em capítulos independentes para facilitar a leitura e cópia isolada dos mesmos.

2. CAPÍTULO I

ANÁLISE DO CONTEÚDO ESTOMACAL DE PEIXES PELÁGICOS CAPTURADOS NO OCEANO ATLÂNTICO SUDOESTE.

2.1. INTRODUÇÃO

Estudos sobre aspectos ecológicos de peixes que vivem na zona pelágica são importantes para o conhecimento do hábitat das mesmas, fornecendo informações sobre aspectos de sua biologia e dinâmica populacional (ZAVALA-CAMIN, 1982). Os resultados destas pesquisas permitem avaliar qual a posição da espécie na teia alimentar, supondo desta maneira, quais são seus possíveis competidores, predadores e presas (SCHOENER, 1974). Embora pesquisas dessa natureza possam servir apenas para o início de tal compreensão, essas são fundamentais para a compreensão do papel trófico das espécies.

Dentre as espécies capturadas no Oceano Atlântico Sudoeste, o espadarte, *Xiphias gladius* (Linnaeus 1758), é um peixe cosmopolita de hábito epi e mesopelágico, freqüentemente registrado entre as latitudes 45°N e 45°S. Sua distribuição compreende mares tropicais a temperados, tolerando ampla variação de temperatura (PALKO et al., 1981; ZAVALA-CAMIN, 1981; NAKAMURA, 1985). Segundo Carey & Robison (1981) esta espécie pode atingir profundidades maiores de 600 metros, habitando águas mais profundas durante o dia, e migrando para superfície à noite. Considerado um predador oportunista, o espadarte apresenta um amplo espectro trófico, alimentando-se de cefalópodes, peixes e crustáceos (CLARKE et al., 1995; FIGUEIREDO & MENEZES, 2000). Estudos sobre a composição da dieta deste predador têm sido observados no Mar Mediterrâneo (BELLO, 1991), no Oceano Pacífico (IBÁÑEZ et al., 2004; CASTILLO et al., 2007; LETELIER et al., 2009), no Oceano Índico (POTIER et al., 2007), e no Oceano Atlântico (STILLWELL & KOHLER, 1985; SIMÕES & ANDRADE, 2000; SATOH et al., 2004; CHANCOLLON et al., 2006).

Especificamente em águas brasileiras, são poucas as pesquisas registradas, salvo exceções como os trabalhos de Zavala-Camin (1981), Mello (1992) e Vaske-Júnior (2000).

Pertencentes à família Scombridae, as espécies do gênero *Thunnus* são peixes de médio a grande porte, reconhecidos mundialmente por seu alto valor comercial (DRAGOVICH, 1971; ZAVALA-CAMIN, 1978). Dentre as cinco espécies registradas no Brasil, a albacora de laje, *Thunnus albacares* (Bonnaterre, 1788), a albacora bandolim, *Thunnus obesus* (Lowe, 1839) e a albacora branca, *Thunnus alalunga* (Bonnaterre, 1788), caracterizam-se por serem peixes oceânicos, epi e mesopelágicos, de distribuição circunglobal (ZAVALA-CAMIN, 1981; AZTI, 2004; IEO 2006a; IEO 2006b). *T. albacares* pode atingir 200 centímetros de comprimento, e mergulhar a até 350 metros de profundidade (BARD et al., 1999). Porém, tanto os adultos quanto os juvenis vivem na camada mais superior da coluna d'água, freqüentando a profundidade de até 100 metros (ZAVALA-CAMIN, 1978; BRILL et al. 1999). De porte ligeiramente mais avantajado, *T. obesus* pode medir até 236 centímetros de comprimento. Este atum exibe um comportamento migratório vertical diário, permanecendo na camada superficial durante a noite, e descendo a mais de 500 metros de profundidade ao nascer do dia (DAGORN et al., 2000; BRILL et al., 2005). *T. alalunga*, por sua vez, é um peixe de menor porte, comparado às duas espécies anteriores, atingindo até 130 centímetros de comprimento. De acordo com informações de Bard et al. (1999) e Azti (2004), este escombrídeo vive em águas temperadas e profundas, sendo freqüentemente observado a 450 metros de profundidade.

Essas três espécies de atuns são consideradas predadores oportunistas, cuja alimentação é regida pela disponibilidade local das presas. Suas dietas são caracterizadas por uma grande diversidade, sendo composta principalmente de peixes, moluscos cefalópodes e crustáceos. Estudos sobre a composição alimentar de *T. albacares*, *T. obesus* e *T. alalunga* no Atlântico Sul foram analisados de 1981 a 2004 (ZAVALA-CAMIN, 1981; ZAVALA-CAMIN, 1982; ZAVALA-CAMIN, 1987; VASKE-JÚNIOR & CASTELLO, 1998; VASKE-

JÚNIOR, 2000; VASKE-JÚNIOR et al., 2003; SABATIE et al., 2003; SATOH et al., 2004). Recentemente não foram encontrados estudos sobre a alimentação destas espécies na região citada.

Os tubarões anequim (*Isurus oxyrinchus*) (Rafinesque, 1810) e raposa (*Alopias supersiliosus*) (Lowe, 1840) são considerados peixes ativos e de hábito epipelágico, podendo atingir a profundidade de aproximadamente 500 metros (CERVIGÓN, 1992; COMPAGNO, 2001). Segundo Amorim et al. (2002), *I. oxyrinchus* e *A. superciliosus* são capturados pela frota espinheleira de Santos – SP o ano todo, registrando altas taxas de captura, durante os meses de abril a novembro. Apesar da evidente importância econômica destas duas espécies de tubarões, são raros os estudos sobre a alimentação e ecologia trófica destes animais em águas brasileiras, salvo exceções de pesquisas conduzidas por Zavala-Camin (1981) e Vaske-Junior & Rincón-Filho (1998).

A proposta do presente capítulo foi analisar o conteúdo estomacal de *X. gladius*, *T. albacares*, *T. obesus*, *T. alalunga*, *I. oxyrinchus* e *A. superciliosus* capturados no Oceano Atlântico Sudoeste.

2.2. MATERIAL E MÉTODOS

Os espécimes de *X. gladius*, *T. albacares*, *T. obesus*, *T. alalunga*, *I. oxyrinchus* e *A. superciliosus* foram coletados mensalmente durante o período de julho de 2007 a junho de 2009 durante cruzeiros de pesca realizados pela frota atuneira de Santos – SP. Estas embarcações operam na costa Sudeste e Sul do Brasil, abrangendo a área compreendida entre 17 - 35° S e 27 - 52° O, além da plataforma continental (Figura 1).

De acordo com Arfelli et al. (1997) e Arfelli & Amorim (2000) estes barcos operam utilizando o espinhel de superfície (monofilamento com atração por isca luminosa), direcionado à pesca do espadarte (*Xiphias gladius*), podendo pescar continuamente durante 15 a 20 dias.

2.2.1. Coleta dos dados

A coleta dos estômagos foi feita durante a evisceração, logo após o embarque do peixe. Uma etiqueta de identificação foi introduzida, após o preenchimento do estômago com solução neutra de formalina 10%, que em seguida, foi fechado com linha de náilon e depositado em um recipiente de 50 litros contendo a referida solução.

Já em laboratório, o grau de repleção estomacal foi registrado em uma escala de 0 a 4, julgada subjetivamente, com o 0 sendo o estômago vazio, 1: <25% preenchido; 2: de 25 a 50% preenchido; 3: de 51 a 75% preenchido e 4: >75% preenchido. Os conteúdos estomacais foram lavados e peneirados em malha de um mm e recolocados em frascos de vidro com álcool 70%. Todo material retido na peneira passou por identificação até o menor táxon possível, de acordo com critérios taxonômicos adotados por Figueiredo & Menezes (1980), Menezes & Figueiredo (1980), Zavala-Camin (1981), Menezes & Figueiredo (1985), Clarke (1986), Nesis (1987), Figueiredo & Menezes (2000) e Figueiredo et al. (2002).

2.2.2. Análise das dietas

O índice de importância relativa expresso em porcentagem (%IIR) das presas (PINKAS et al., 1971; CORTÉS, 1997) foi utilizado para averiguar o padrão da alimentação dos tubarões em questão. Este índice é calculado pela porcentagem em número (%N), porcentagem em massa (%M) e pela porcentagem da frequência de ocorrência (%FO) dos itens alimentares identificados do conteúdo estomacal de cada predador (HYSLOP, 1980). A porcentagem em massa foi baseada no peso úmido das presas encontradas no estômago, e não no método da massa reconstituída.

Porcentagem em massa:

$$\%M_i = \frac{M_i}{\sum_{i=1}^n M_i} \times 100 \quad (1)$$

Porcentagem em número:

$$\%N_i = \frac{N_i}{\sum_{i=1}^n N_i} \times 100 \quad (2)$$

Porcentagem de frequência de ocorrência:

$$\%FO_i = FO_i / S \times 100 \quad (3);$$

onde S = ao número de estômagos com conteúdo alimentar.

Porcentagem do Índice de Importância Relativa:

$$\%IRI_i = \frac{(\%N_i + \%M_i) \times \%FO_i}{\sum_{i=1}^n (\%N_i + \%M_i \times \%FO_i)} \times 100 \quad (4)$$

O índice de sobreposição de Schoener (α) (SCHOENER, 1970) foi utilizado para quantificar a sobreposição alimentar entre as duas espécies mencionadas anteriormente, sendo que:

$$\alpha = 1 - 0,5 \left(\sum_{i=1}^n |p_{ij} - p_{ik}| \right) \quad (5)$$

onde p_{ij} é a proporção do grupo funcional j que consome a categoria alimentar i ; p_{ik} é a proporção do grupo funcional k que utiliza a categoria alimentar i como presa.

Para testar a partilha de recursos foi utilizado a %IRI. Um valor de α acima de 0,60 é considerado como evidência de dietas com alta similaridade, e assim, biologicamente significativas (PIANKA, 1976; SCRIMGEOR & WINTERBOURN, 1987).

2.3. RESULTADOS

Nos 333 estômagos analisados, foram registrados 2328 itens alimentares, totalizando 43223 gramas de restos alimentares (vide Tabela 1). O conteúdo estomacal revelou a ocorrência de 56 táxons de presas, incluindo 23 famílias de peixes (28 gêneros), três ordens de cefalópodes, crustáceos e outros quatro grupos (detalhes na Tabela 2). A maior e a menor riqueza de itens alimentares foi registrada para *T. alalunga* (32 táxons) e *A. superciliosus* (7 táxons) respectivamente.

De acordo com o cálculo da %IIR, o principal item alimentar de *T. albacares*, *T. obesus* e *T. alalunga* foi constituído por cefalópodes pertencentes à ordem Teuthida. Em termos de porcentagem numérica, as presas mais importantes para *T. albacares* foram os moluscos Teuthida, crustáceos e peixes teleósteos, nesta ordem. *Thunnus alalunga* apresentou um padrão similar, tendo os cefalópodes como recurso primário, no entanto, os peixes teleósteos assumem o segundo posto na dieta, seguidos pelos crustáceos. Já na alimentação da *T. obesus*, os peixes apresentam-se como recursos primários, seguidos de cefalópodes e crustáceos (Tabela 2).

O item alimentar mais importante para *X. gladius* foi composto por moluscos cefalópodes, sendo a família Ommastrephidae responsável por 63,7 % do IIR. O grupo composto por peixes apresentou-se mais diverso, entretanto as espécies identificadas não ultrapassaram 1% do IIR (exceção feita ao grupo formado por peixes teleósteos não identificados, que contabilizou 33,5%). Com baixa importância na alimentação de *X. gladius*, os crustáceos pertencentes à ordem Decapoda foram responsáveis por 1,3% do IIR (Tabela 2).

A alimentação de *I. oxyrinchus* foi dominada por moluscos cefalópodes, sendo a Ordem Teuthida (principalmente a Família Ommastrephidae) responsável por 30,4% do IIR. O grupo composto por peixes apresentou-se mais diverso, com a dominância de teleósteos não identificados seguidos por Scombridae. *Alopias superciliosus*, por sua vez, consumiu principalmente cefalópodes da Ordem Teuthida (49,6 %IIR), seguido de peixes teleósteos não identificados e peixes da

família Trichiuridae (26,9 %IIR e 21,3 %IIR respectivamente). Os crustáceos estiveram presentes na alimentação de ambas as espécies, entretanto, foi observada nítida diferença na importância deste item na alimentação de cada tubarão (3,4 %IIR para *I. oxyrinchus* e 0,6 %IIR para *A. superciliosus*) (Tabela 2). Além dos itens alimentares descritos anteriormente, nos estômagos de *I. oxyrinchus* e *A. superciliosus*, também foram encontrados materiais de origem antrópica como, sacos plásticos, fragmentos de caixas e linhas de nylon.

A tabela 3 traz sobreposição alimentar entre as espécies analisadas no presente estudo, quantificada pelo índice de Schoener (α). Os valores obtidos indicam alta similaridade entre a dieta *T. albacares*, *T. obesus*, *T. alalunga* e *X. gladius*. *Isurus oxyrinchus* apresentou a dieta menos similar às demais espécies, diferentemente de *A. superciliosus* que apresentou dieta significativamente similar ($\alpha > 0,60$) à *X. gladius*.

A proporção do grau de repleção estomacal das espécies em questão é apresentada na Figura 2. Em *T. albacares*, *T. obesus*, *I. oxyrinchus* e *A. superciliosus* prevalecerem estômagos com preenchimento inferior a 25%. Os estômagos vazios computaram 13,7% para *T. albacares*, 20,6% para *T. obesus*, 29,7% para *I. oxyrinchus* e 25% para *A. superciliosus*. Com um padrão diferenciado, *T. alalunga*, apresentou a prevalência de estômagos vazios (48% do total), seguidos por estômagos com grau de repleção entre 25 a 50%. *Xiphias gladius* apresentou a prevalência de estômagos com grau de repleção entre 25 a 50%. Os estômagos vazios computaram aproximadamente 16% do total analisado.

No conteúdo estomacal de *X. gladius* e *A. superciliosus* foi registrado o acúmulo de presas (cefalópodes ou peixes teleósteos) apresentando o mesmo estágio de digestão.

2.4. DISCUSSÃO

O amplo espectro trófico apresentado por *X. gladius*, *T. albacares*, *T. obesus* e principalmente *T. alalunga*, corrobora o hábito alimentar generalista destes peixes. Potier et al. (2007) ressaltam que a predação realizada por atuns e afins pode ser descrita como um processo oportunista, visto que estes peixes vivem em ambientes com baixa concentração de organismos, como é o caso das regiões pelágicas oceânicas. Apesar da homogeneidade do ambiente, as espécies pelágicas apresentam nichos ecológicos bem definidos, minimizando a competição por recursos, devido a distribuições verticais e estacionais distintas (ZAVALA-CAMIN, 1982).

A presença de cefalópodes Teuthida no conteúdo gástrico de *T. albacares*, *T. obesus* e *T. alalunga* é um fator comum em estudos desta natureza. Autores como Dragovich (1971), Perrin et al. (1973), Pelczarski (1988) e Potier et al. (2007) salientam que as lulas da família Ommastrephidae constituem o grupo de cefalópodes mais significativo na dieta *T. albacares*. Outros grupos como o Octopoda, também são registrados na alimentação deste atum, entretanto, com uma parcela de contribuição diminuta (DRAGOVICH, op. cit.; PELCZARSKI, op. cit.). De forma similar as lulas Ommastrephidae também são referendadas como os cefalópodes mais freqüentes na alimentação de *T. obesus* (principalmente os gêneros *Illex* e *Ommastrephes*) (ZAVALA-CAMIN, 1981; VASKE-JÚNIOR, 2000). Aparentemente o pequeno porte de *T. alalunga* limita a ingestão de grandes cefalópodes, o que justifica a ocorrência de moluscos de menor tamanho, como é o caso das espécies pertencentes à ordem Octopoda.

O registro de espécimes pertencentes às famílias Bramidae, Monachantidae e Trichiuridae reforça a tese de que *T. albacares* alimenta-se principalmente em concentrações monoespecíficas de presas que habitam os estratos mais superficiais da coluna d'água (DRAGOVICH & POTTHOFF, 1972; BARD et al., 2002). No entanto, a identificação de famílias consideradas mesopelágicas, como Chiasmodontidae e Gempylidae (FIGUEIREDO & MENEZES, 2000; FIGUEIREDO et al., 2002), é indício de que *T. albacares* realiza incursões

esporádicas a camadas mais profundas em busca de alimento. Graham et al. (2007), em pesquisa sobre o reflexo das mudanças ontogenéticas na amplitude trófica de *T. albacares*, descrevem uma alteração significativa na dieta quando este atinge o comprimento furcal de mais ou menos 45 centímetros. Ainda segundo estes autores, após ultrapassar este comprimento crítico, *T. albacares* adquire uma capacidade endotérmica suficiente que permite seu acesso a presas de águas mais frias e profundas.

A alimentação primariamente teutófaga apresentada por *Thunnus obesus* corrobora os resultados obtidos por Zavala-Camin (1981), onde os moluscos cefalópodes compreendem aproximadamente 83% da dieta. Entretanto esses dados discordam de Vaske-Júnior (2000) e Liming et al. (2005), onde é observado, em ambas pesquisas, o domínio do item peixes teleósteos na alimentação deste atum. Visto que a dieta de *T. obesus* é a menos afetada pela latitude ou pela distância da costa que outros atuns (DAGORN et al., 2000; BERTRAND et al. 2002), pode-se inferir que estas divergências na composição alimentar observadas estão relacionadas principalmente à disponibilidade local das presas.

Similarmente, *T. alalunga* apresentou alimentação baseada em moluscos cefalópodes seguidos de peixes teleósteos e crustáceos. Em análise à literatura disponível, não foi possível estabelecer um padrão quanto à preferência alimentar deste atum. Zavala-Camin (1981), em análise de 741 estômagos, registrou a preferência pelo item moluscos (59,9%), seguido de peixes e crustáceos. Entretanto, Satoh et al. (2004), sugerem o hábito primariamente piscívoro para *T. alalunga*, visto que este item é responsável por mais de 65% do IIR. Sabatié et al. (2003), registraram o item crustáceos como sendo o mais importante (48% IIR), seguido de peixes e cefalópodes, contradizendo todos os estudos citados anteriormente. O fato é que *T. alalunga* é um predador oportunista, que se alimenta de cardumes de peixes e lulas disponíveis no ambiente (AZTI, 2004).

A contribuição substancial do item crustáceos nas dietas de *T. albacares* e *T. alalunga*, pode estar relacionada à pequena distância entre os rastros

branquiais, que segundo Magnuson & Heitz (1971), possibilita a ingestão de presas de menor tamanho. De acordo com a diagnose realizada por Zavala-Camin (1978), comparada às duas espécies mencionadas acima, *T. obesus* apresenta o menor número de rastros branquiais (variando entre 25 e 30), o que explicaria a baixa ocorrência de crustáceos em sua alimentação.

A dieta de *X. gladius* foi composta principalmente de moluscos cefalópodes e secundariamente de peixes. Esses resultados são similares ao reportado para esta espécie no Atlântico Sul (ZAVALA-CAMIN, 1981), no Atlântico Noroeste (STILLWELL & KOHLER, 1985), e no Pacífico (IBÁÑEZ et al., 2004; CASTILLO et al., 2007; LETELIER et al., 2009). Entretanto, estudos conduzidos no Mar Mediterrâneo (RELINI et al., 1995), no Atlântico Nordeste (CHANCOLLON et al., 2006), e no Oceano Índico (MARSAC & POTIER, 2001; POTIER et al., 2007) apresentam justamente o padrão oposto, classificando o espadarte como um predador primariamente ictiófago. Conforme observações de Abid & Idrissi (2006) a dieta do *X. gladius* varia consideravelmente entre habitats e estações, sendo resultado principalmente de variações na dinâmica populacional das diferentes espécies de presas (LETELIER et al., 2009).

Moluscos pelágicos da família Ommastrephidae são itens comuns no conteúdo estomacal do *X. gladius*. Autores como Zavala-Camin (1981), Stillwell & Kohler (1985), Simões & Andrade (2000) e Vaske-Júnior (2000) registraram as espécies *Illex argentinus* e *Ommastrephes bartramii* como os principais ommastrephidae identificados. Em contrapartida, o conteúdo alimentar de *X. gladius* capturados no Oceano Pacífico registram *Dosidicus gigas* e *Todarodes filippovae* como espécies mais frequentes (IBÁÑEZ et al., 2004; CASTILLO et al., 2007; LETELIER et al., 2009). Outros cefalópodes, como a família Loliginidae, por exemplo, apresentam pequena importância na alimentação do *X. gladius*, sendo registrada em apenas um dos 168 estômagos analisados por Stillwell & Kohler (1985). Simões & Andrade (2000) e Potier et al. (2007) assinalaram a baixa ocorrência de indivíduos pertencentes à ordem Octopoda no conteúdo estomacal deste peixe, concordando com nossos resultados.

De maneira similar, os crustáceos são reportados como itens de baixa importância na dieta, sendo inclusive, considerados presas acidentais (LETELIER et al., 2009). Dentre estes animais, espécimes da ordem Decapoda foram também registrados por Zavala-Camin (1981) e Chancollon et al. (2006).

O grupo composto por peixes teleósteos apresentou-se mais diverso que os demais, sendo representado por 12 táxons. A ocorrência de espécies da família Myctophidae, juntamente a exemplares dos gêneros *Synagrops*, *Brama*, *Cubiceps* e *Gempylus* corroboram os registros de Zavala-Camin (1981), Stillwell & Kohler (1985), Vaske-Júnior (2000), Chancollon et al. (2006), Potier et al. (2007) e Letelier et al. (2009). Por conta da ampla variedade de presas, os estudos prévios caracterizam o *X. gladius* como um predador generalista e oportunista, entretanto, entendemos que tais rotulações devem ser aplicadas de maneira cautelosa. Segundo Cortés (1997), um predador pode ser especializado em categorias alimentares maiores, não discriminando suas presas por espécies, sobretudo se este comportamento influi na taxa de consumo do alimento.

A fauna identificada na alimentação do *X. gladius* corrobora o padrão de deslocamento vertical diário deste predador, descrito por Carey & Robison (1981) e Takahashi et al. (2003). Isto pôde ser observado devido à presença de espécies tanto meso-pelágicas (Myctophidae em geral e Ommastrephidae) quanto epi-pelágicas, como é o caso de *Brama* sp., *Auxis* sp. e *Euthynnus alleteratus* (NESIS, 1987; FIGUEIREDO et al., 2002). A ocorrência de espécies que habitam ambos os estratos (epi e meso-pelágico), como *Thunnus alalunga* e *Gempylus serpens*, comprovam a referida movimentação empreendida por este peixe. Outra característica observada na estratégia alimentar do *X. gladius* é o ato de predação sobre peixes e cefalópodes que formam cardumes. Este fato é amplamente discutido nos trabalhos de Simões & Andrade (2000), Ibáñez et al. (2004) e Chancollon et al. (2006), sendo relacionado à um aumento na taxa de captura das presas em relação à unidade de esforço empregado.

A importância de cefalópodes Teuthida na alimentação de *I. oxyrinchus* e *A. superciliosus* é relatada na literatura. Segundo dados de Vaske-Júnior & Rincón-Filho (1998), Polo-Silva (2007), Preti et al. (2008) e Valeiras & Abad

(2009), as lulas *Illex argentinus* (Ommastrephidae), *Dosidicus gigas* (Ommastrephidae), *Histioteuthis sp.* (Histioteuthidae), *Loligo sp.* (Loliginidae) e *Gonatus sp.* (Gonatidae) são as espécies mais predadas por esses tubarões.

Exemplares de Scombridae e o *Lepidocybium flavobrunneum* (Gempylidae) aparecem como itens importantes (principalmente em peso) na dieta de *I. oxyrinchus*. O peixe-prego (*L. flavobrunneum*) é um peixe de grande porte, freqüentemente capturado pelo espinhel de superfície. De acordo com Vaske-Junior & Rincón-Filho (1998) é comum este peixe chegar ao convés dos barcos com marcas de mordidas de tubarões, indicando possível ação oportunista do *I. oxyrinchus* de predação sobre estes espécimes fígados no espinhel. A ausência de elasmobrânquios na dieta de *I. oxyrinchus* corrobora os resultados obtidos por Maia et al. (2006). Segundo Pikitch et al. (2005), esta ausência pode ser creditada às baixas densidades de elasmobrânquios no ambiente oceânico, em relação à habitats mais complexos. Outros predadores de grande porte como o *X. gladius*, também são considerados presas potenciais do *I. oxyrinchus* (STILWELL & KOHLER, 1982; MAIA et al., 2006), fato não observado no presente estudo.

De acordo com Polo-Silva (2007) e Preti et al (2008), *Alopias superciliosus*, por sua vez, também se alimenta da ictiofauna, sendo as famílias Paralepididae, Merluccidae e Sciaenidae as mais representativas na dieta deste tubarão. Essas informações discordam dos nossos achados, uma vez que tais famílias não foram identificadas no presente estudo. Vale ressaltar que as discordâncias entre as informações da literatura e o conteúdo estomacal analisado, relatadas anteriormente, podem estar relacionados ao grande registro de peixes teleósteos apresentando grau avançado de digestão, fato relativamente comum em estudos envolvendo a análise do conteúdo gástrico de tubarões.

A baixa incidência de crustáceos na alimentação de *I. oxyrinchus* revela uma possível ingestão acidental deste tipo de presa. Segundo Maia et al. (2006) a ingestão regular de crustáceos está relacionada à estágios juvenis deste elasmobrânquio. Com IIR de 0,6%, o item crustáceos apresentam-se ainda menos importante na alimentação *A. superciliosus*, corroborando dados de Preti et al.

(2008), onde esta presa foi registrada em somente um estômago. Observada a recorrente presença de objetos de origem antrópica, relatada em estudos prévios sobre a alimentação de tubarões pelágicos na costa brasileira (VASKE-JUNIOR & RINCÓN-FILHO, 1998; HAZIN et al., 1994).

O detalhamento da ecologia alimentar de predadores de topo, como as espécies analisadas no presente estudo, são requisitos necessários para modelar as relações tróficas e suas implicações na dinâmica do estrato pelagial do Oceano Atlântico Sudoeste. Portanto, fica evidente a necessidade da realização de novos estudos envolvendo grandes predadores que habitam esta região, pois dessa forma, o aumento de informações disponíveis sobre os aspectos alimentares destes animais permitirá a confecção de modelos multi-específicos, essenciais para uma abordagem ecossistêmica de manejo e conservação.

2.5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABID, N.; IDRISSE, M. Swordfish. In: **ICCAT 2006 - 2009 Manual**. International Commission for the Conservation of Atlantic Tuna publications. p. 181-198, 2006.

AMORIM, A. F.; ARFELLI, C. A.; ANTERO-SILVA, J. N.; FAGUNDES, L.; COSTA, F. E. S.; ASSUMPÇÃO, R. Blue Marlin (*Makaira nigricans*) and White Marlin (*Tetrapturus albidus*) caught off the Brazilian Coast. **ICCAT Col. Vol. Sci. Pap.**, v. 47, p. 163-184, 1998.

AMORIM, A. F.; ARFELLI, C. A.; BACILIERI, S. Shark data from Santos longliners fishery off Southern Brazil (1971-2000). **ICCAT Col. Vol. Sci. Pap.**, v. 54, n. 4, p. 1341-1348, 2002.

ARFELLI, C. A.; AMORIM, A. F. Analylis of Santos (SP) longliners from soulthern Brazil (1997-99). **ICCAT Col. Vol. Sci. Pap.**, v. 51, n. 4, p. 1359-1366, 2000.

ARFELLI, C. A.; AMORIM, A. F.; FAGUNDES, L. **Sharks and other species composition in the yield of regular and shallow longliners from Santos, São Paulo (1971-95)**. Resumo: I Reunião da Sociedade Brasileira para o Estudo de Elasmobrânquios (SBEEL). Ilhéus, BA. p. 53-56, 1997.

AZTI. Albacore. In: *ICCAT 2006 - 2009 Manual. International Commission for the Conservation of Atlantic Tuna* publications. p. 75-92, 2004.

BARD, F. X.; YEN, S.; STEIN, A. Habitat of deep swimming tuna (*Thunnus obesus*, *T. albacares*, *T. alalunga*) in Central South Pacific. **ICCAT Col. Vol. Sci. Pap.**, v. 49, n. 3, p. 309-317, 1999.

BARD, F. X.; KOUAMÉ, B.; HERVÉ, A. Schools of large yellowfin (*Thunnus albacares*) concentrated by foraging on a monospecific layer of *Cubiceps pauciradiatus*, observed in the eastern tropical Atlantic. **ICCAT Col. Vol. Sci. Pap.**, v. 54, p. 33-41, 2002.

BELLO, G. Role of cephalopods in the diet of the swordfish, *Xiphias gladius*, from the eastern Mediterranean sea. **Bull. Mar. Sci.**, v. 49, n. 1-2, p. 312-324, 1991.

BERTRAND, A.; BARD, F. X.; JOSSE, E. Tuna food habits related to the micronekton distribution in French Polynesia. **Mar. Biol.**, v. 140, p. 1023-1037, 2002.

BRILL R. W.; BLOCK, B. A.; BOGGS, C. H.; BIGELOW, K. A.; FREUND, E. V.; MARCINEK, D. J. Horizontal movements, depth distribution of large, adult

yellowfin tuna (*Thunnus albacares*) near the Hawaiian Islands, recorded using ultrasonic telemetry: implications for the physiological ecology of pelagic fishes. **Mar. Biol.**, v. 133, p. 395-408, 1999.

BRILL, R. W.; BIGELOW K. A.; MUSYL, M. K.; FRITSCHES, K. A.; WARRANT, E. J. Bigeye tuna (*Thunnus obesus*) behaviour and physiology and their relevance to stock assessments and fishery biology. **ICCAT Col. Vol. Sci. Pap.**, v. 57, n. 2, p. 142-161, 2005.

CAREY, F. G.; ROBISON, B. H. Daily patterns in the activities of swordfish, *Xiphias gladius*, observed by acoustic telemetry. **Fish. Bull.**, v. 79, n. 2, p. 277-292, 1981.

CASTILLO, K.; IBÁÑEZ, C. M.; GONZÁLEZ, C.; CHONG, J. Dieta del pez espada *Xiphias gladius* Linnaeus, 1758 en distintas zonas de pesca frente a Chile central durante el otoño de 2004. **Rev. Biol. Mar. Oceanogr.**, v. 42, n. 2, p. 149-156, 2007.

CERVIGÓN, F.; CIPRIANI, R.; FISCHER, W.; GARIBALDI, L.; HENDRICKX, M.; LEMUS, A. J.; MÁRQUEZ, R.; POUTIERS, J. M.; ROBAINA, G.; RODRIGUEZ, B. **Guía de campo de las especies comerciales marinas y de aguas salobres de la costa septentrional de Sur América**. Roma: Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. 1992. 513 p.

CHANCOLLON, O.; PUSINERI, C.; RIDOUX, V. Food and feeding ecology of northeast Atlantic swordfish (*Xiphias gladius*) off the Bay of Biscay. **ICES J. Mar. Sci.**, v. 63, p. 1075-1085, 2006.

CLARKE, M. R. **A handbook for the identification of cephalopod beaks**. Oxford: Clarendon Press, 1986. 273 p.

CLARKE, M. R.; CLARKE, D. C.; MARTINS, H.R.; SILVA, H. M. The diet of swordfish (*Xiphias gladius*) in Azorean waters. Arquipélago. **Life Mar. Sci.**, v. 13A, p. 53-69, 1995.

COMPAGNO, L. J. V. Species catalogue the shark of the world. An annotated and illustrated catalogue of shark species known to date. **FAO Species Catalogue for Fishery Purposes**, v. 1, n. 2, p. 1-269, 2001.

CORTÉS, E. A critical review of methods of studying fish feeding based on analysis of stomach contents: application to elasmobranch fishes. **Can. J. Fish. Aquat. Sci.**, v. 54, p. 726-738, 1997.

DAGORN, L.; BACH, P.; JOSSE, E. Movement patterns of large bigeye tuna (*Thunnus obesus*) in the open ocean, determined using ultrasonic telemetry. **Mar. Biol.**, v. 136, n. 2, p. 361-371, 2000.

DRAGOVICH, A. The food of skipjack and yellowfin tunas in the Atlantic Ocean. **Fish. Bull.**, v. 68, n. 3, p. 445-460, 1971.

DRAGOVICH, A.; POTTHOFF, T. Comparative study of food of skipjack and yellowfin tuna off the coast of West Africa. **Fish. Bull.**, v. 70, p. 1087-1110, 1972.

FIGUEIREDO, J. L.; MENEZES, N. A. **Manual de peixes marinhos do Sudeste do Brasil. III. Teleostei (2)**. São Paulo: Museu de Zoologia da Universidade de São Paulo, 1980. 90 p.

FIGUEIREDO, J. L.; MENEZES, N. A. **Manual de peixes marinhos do Sudeste do Brasil. VI. Teleostei (5)**. São Paulo: Museu de Zoologia da Universidade de São Paulo, 2000. 116 p.

FIGUEIREDO, J. L.; SANTOS, A. P.; YAMAGUTI, N.; BERNARES, R. A.; WONGTSCHOWSKI, C. L. B. **Peixes da Zona Econômica Exclusiva do Sudeste e Sul do Brasil; levantamento com rede de meia água**. São Paulo: EDUSP, 2002. 242 p.

GRAHAM, B. S.; GRUBBS, D.; HOLLAND, K.; POPP, B. N. A rapid ontogenetic shift in the diet of juvenile yellowfin tuna from Hawaii. **Mar. Biol.**, v. 150, p. 647-658, 2007.

HAZIN, F. H. N.; LESSA, R. P. T.; CHAMMAS, M. First observations on stomach contents of the blue shark, *Prinace glauca*, from southwestern equatorial Atlantic. **Rev. Brasil. Biol.**, v. 54, n. 2, p. 195-198, 1994.

HYSLOP, E. J. Stomach contents analysis: a review of methods and their application. **J. Fish. Biol.**, v. 17, p. 411-429, 1980.

IBAÑEZ, C. M.; GONZÁLEZ, C.; CUBILLOS, L. Dieta del pez espada *Xiphias gladius* Linnaeus, 1758, em águas oceánicas de Chile central en invierno de 2003. **Invest. Mar.**, v. 32, n. 2, p. 113-120, 2004.

IEO. Yellowfin tuna. In: *ICCAT 2006 - 2009 Manual. International Commission for the Conservation of Atlantic Tuna* publications. p. 1-26, 2006a.

IEO. Bigeye tuna. In: *ICCAT 2006 - 2009 Manual. International Commission for the Conservation of Atlantic Tuna* publications. p. 27-51, 2006b.

LETELIER, S.; MELÉNDEZ, R.; CARREÑO, S.; LOPEZ, S.; BARRIA, P. Alimentación y relaciones tróficas del pez espada (*Xiphias gladius* Linnaeus, 1758), frente a Chile centro-norte durante 2005. **Lat. Am. J. Aquat. Res.**, v. 37, n. 1, p. 107-119, 2009.

LIMING, S.; LIUXIONG, X.; XINJUN, C. Preliminary analysis of the biological characteristics of bigeye tuna (*Thunnus obesus*) sampled from china tuna longlining fleet in Central Atlantic Ocean. **ICCAT Col. Vol. Sci. Pap.**, v. 58, n. 1, p. 292-296, 2005.

MAGNUSON, J. J.; HEITZ, J. G. Gill raker apparatus and food selectivity among mackerels, tunas, and dolphins. **Fish. Bull.**, v. 69, n. 2, p. 361-370, 1971.

MAIA, A.; QUEIROZ, N.; CORREIRA, J.; CABRAL, H. Food habits of the shortfin mako, *Isurus oxyrinchus*, off the southern coast of Portugal. **Environ. Biol. Fish.**, v. 77, p. 157-167, 2006.

MARSAC, F.; POTIER, M. On-going research activities on trophic ecology of swordfish (*Xiphias gladius*) in the Western Indian Ocean. **IOTC Proceedings**, n. 4, p. 155-163, 2001.

MELLO, R. M. **Análise dos conteúdos estomacais, intensidade de alimentação, idade e crescimento do espadarte *Xiphias gladius* (Xiphiidae), no Sul do Brasil.** 1992. Dissertação (Mestrado em Oceanografia Biológica) – Fundação Universidade Federal do Rio Grande, Rio Grande, 1992. 105p.

MENEZES, N. A.; FIGUEIREDO, J. L. **Manual de peixes marinhos do Sudeste do Brasil. IV. Teleostei (3).** São Paulo: Museu de Zoologia da Universidade de São Paulo, 1980. 96 p.

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

NAKAMURA, I. Billfishes of the world: an annotated and illustrated catalogue of marlins, sailfishes, spearfishes and swordfishes known to date. **FAO Fish. Synop.**, v. 125, n. 5, p. 1-65, 1985.

NESIS, K. **Cephalopods of the world. Squids, cuttlefishes, and allies.** T.F.H. Publications Inc. Ltd., 1987. 351 p.

PALCO B. J.; BEARDSLEY, G. L.; RICHARDS, W. J. Synopsis of the biology of the swordfish, *Xiphias gladius* Linnaeus. **FAO Fish. Synop.**, v. 127, p. 1-21, 1981.

PELCZARSKI, W. Examination of food of yellowfin tuna (*Thunnus albacores*) and bigeye tuna (*T. obesus*) from open waters of the Central Atlantic. **ICCAT Col. Vol. Sci. Pap.**, v. 28, p. 58-73, 1988.

PERRIN, W. F.; WARNER, R. R.; FISCUS, C. H.; HOLTS, D. B. Stomach contents of porpoise, *Stenella* spp., and yellowfin tuna, *Thunnus albacares*, in mixed-species aggregations. **Fish. Bull.**, v. 71, n. 4, p. 1077-1092, 1973.

PRETI, A.; KOHIN, S.; DEWAR, H.; RAMON, D. A. Feeding habits of the bigeye thresher shark (*Alopias superciliosus*) sampled from the California based drift gillnet fishery. **Calif. Coop. Oceanic. Fish. Invest. Rep.**, v. 49, p. 202-211, 2008.

PIANKA, E. R. Competition and niche theory. In: **Theoretical ecology: principles and applications.** (R.M. May. Ed.). Philadelphia: WD Saunders, p. 114-141, 1976.

PIKITCH E. K.; CHAPMAN, D. D.; BABCOCK, E. A.; SHIVJI, M. S. Habitat use and demographic population structure of elasmobranchs at a Caribbean atoll (Glover's Reef, Belize). **Mar. Ecol. Prog. Ser.**, v. 302, p. 187-197, 2005.

PINKAS, L.; OLIPHANT, M. S.; IVERSON, I. L. K. Food habitats of albacore, bluefin tuna, and bonito in California waters. **Fish. Bull.**, v. 152, p. 1-139, 1971.

POLO-SILVA, C.; BAIGORRÍ-SANTACRUZ, Á.; GALVAN-MAGAÑA, F.; GRIJALBA-BENDECK, M.; SANJUAN-MUÑOZ, A. Hábitos alimentarios del tiburón zorro *Alopias superciliosus* (Lowe, 1839), en el Pacífico ecuatorial. **Rev. Biol. Mar. Oceanogr.**, v. 42, n. 1, p. 59-69, 2007.

POTIER, M.; MARSAC, F.; CHEREL, Y.; LUCAS, V.; SABATIÉ, R.; MAURY, O.; MÉNARD, F. Forage fauna in the diet of three large pelagic fishes (lancetfish, swordfish and yellowfin tuna) in the western equatorial Indian Ocean. **Fish. Res.**, v. 83, p. 60-72, 2007.

RELINI, O.; GARIBALDI, L. F.; CIMA, C.; PALANDRI, G. Feeding of the swordfish, the bluefin and another pelagic nekton in the western Liguria Sea. **ICCAT Col. Vol. Sci. Pap.**, v. 44, n. 1, p. 283-286, 1995.

SABATIÉ, R.; POTIER, M.; BROUDIN, C.; SERET, B.; MÉNARD, F.; MARSAC, F. Preliminary analysis of some pelagic fish diet in the Eastern Central Atlantic. **ICCAT Col. Vol. Sci. Pap.**, v. 55, n. 1, p. 292-302, 2003.

SATOH, K.; YOKAWA, K.; SAITO, H.; MATSUNAGA, H.; OKAMOTO, H.; UOZUMI, Y. Preliminary stomach contents analysis of pelagic fish collected by Shoyo-Marui 2002 research cruise in the Atlantic Ocean. **ICCAT Col. Vol. Sci. Pap.**, v. 53, n. 3, p. 1096-1114, 2004.

SCHOENER, T. W. Nonsynchronous spatial overlap of lizards in patchy habitats. **Ecology**, v. 51, p. 408-418, 1970.

SCHOENER, T. W. Resource partitioning in ecological communities. **Science**, v. 185, p. 27-39, 1974.

SCRIMGEOUR, G. L.; WINTERBOURN, M. J. Diet, food resource portioning and feeding periodicity of two-dwelling fish species in a New Zealand river. **J. Fish. Biol.**, v. 31, p. 309-324, 1987.

SIMÕES, P. R.; ANDRADE, J. P. Feeding dynamics of swordfish (*Xiphias gladius*) in Azores area. **ICCAT Col. Vol. Sci. Pap.**, v. 51, n. 5, p. 1642-1656, 2000.

STILLWELL, C. E.; KOHLER, N. Food, feeding habits, and estimates of daily ration of the shortfin mako (*Isurus oxyrinchus*) in the Northwest Atlantic. **Can. J. Fish. Aquat. Sci.**, v. 39, p. 407-414, 1982.

STILLWELL, C. E.; KOHLER, N. E. Food and feeding ecology of the swordfish *Xiphias gladius* in the western North Atlantic Ocean with estimates of daily ration. **Mar. Ecol. Prog. Ser.**, v. 22, p. 239-247, 1985.

TAKAHASHI M.; OKAMURA, H.; YOKAWA, K.; OKAZAKI, M. Swimming behaviour and migration of a swordfish recorded by an archival tag. **Marine and Freshwater Research**, v. 54, n. 4, p. 527-534, 2003.

VALEIRAS, J.; ABAD, E. Shortfin Mako. In: **ICCAT 2006 - 2009 Manual**. International Commission for the Conservation of Atlantic Tuna publications. p. 261-271, 2009.

VASKE-JÚNIOR, T. **Relações tróficas dos grandes peixes pelágicos da região Equatorial Sudoeste do Oceano Atlântico**. 2000. Tese (Doutorado em Oceanografia Biológica) – Fundação Universidade Federal do Rio Grande, Rio Grande, 2000. 145 p.

VASKE-JÚNIOR, T.; VOOREN, C. M.; LESSA, R. P. Feeding strategy of yellowfin tuna (*Thunnus albacares*), and wahoo (*Acanthocybium solandri*) in Saint Peter and Saint Paul Archipelago, Brazil. **B. Inst. Pesca**, vol. 29, n. 2, p. 173-181, 2003.

VASKE-JÚNIOR, T.; CASTELLO, J. P. Conteúdo estomacal da albacora de laje, *Thunnus albacares*, durante o inverno e primavera no Sul do Brasil. **Rev. Brasil. Biol.**, vol. 58, n. 4, p. 639-647, 1998.

VASKE-JÚNIOR, T.; RINCÓN-FILHO, G. Conteúdo estomacal dos tubarões azul (*Prionace glauca*) e anequim (*Isurus oxyrinchus*) em águas oceânicas no Sul do Brasil. **Rev. Brasil. Biol.**, v. 58, n. 3, p. 443-450, 1998.

ZAVALA-CAMIN, L. A. **Contribuição para o conhecimento das espécies brasileiras da família Scombridae (Osteichthyes, Perciformes)**. 1978. Dissertação (Mestrado em Zoologia) – Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo, Brasil, 1978. 73 p.

ZAVALA-CAMIN, L. A. **Hábitos alimentares e distribuição dos atuns e afins (Osteichthyes – Teleostei) e suas relações ecológicas com outras espécies pelágicas das regiões Sudeste e Sul do Brasil**. 1981. Tese (Doutorado em Zoologia) – Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo, Brasil, 1981. 237 p.

ZAVALA-CAMIN, L. A. Distribución vertical e estacional de tunidos y otras espécies pelágicas en el Sudeste y Sur del Brasil, obtenida por medio de analysis de contenido estomacal. **ICCAT Col. Vol. Sci. Pap.**, vol. 17, n. 2, p. 439-443, 1982.

ZAVALA-CAMIN, L. A. Ocorrência de peixes, cefalópodes e crustáceos em estômagos de atuns e espécies afins, capturados com espinhel no Brasil (23°S - 34°S) 1972-1985. **Bol. Inst. Pesca**, vol. 14, p. 93-102, 1987.

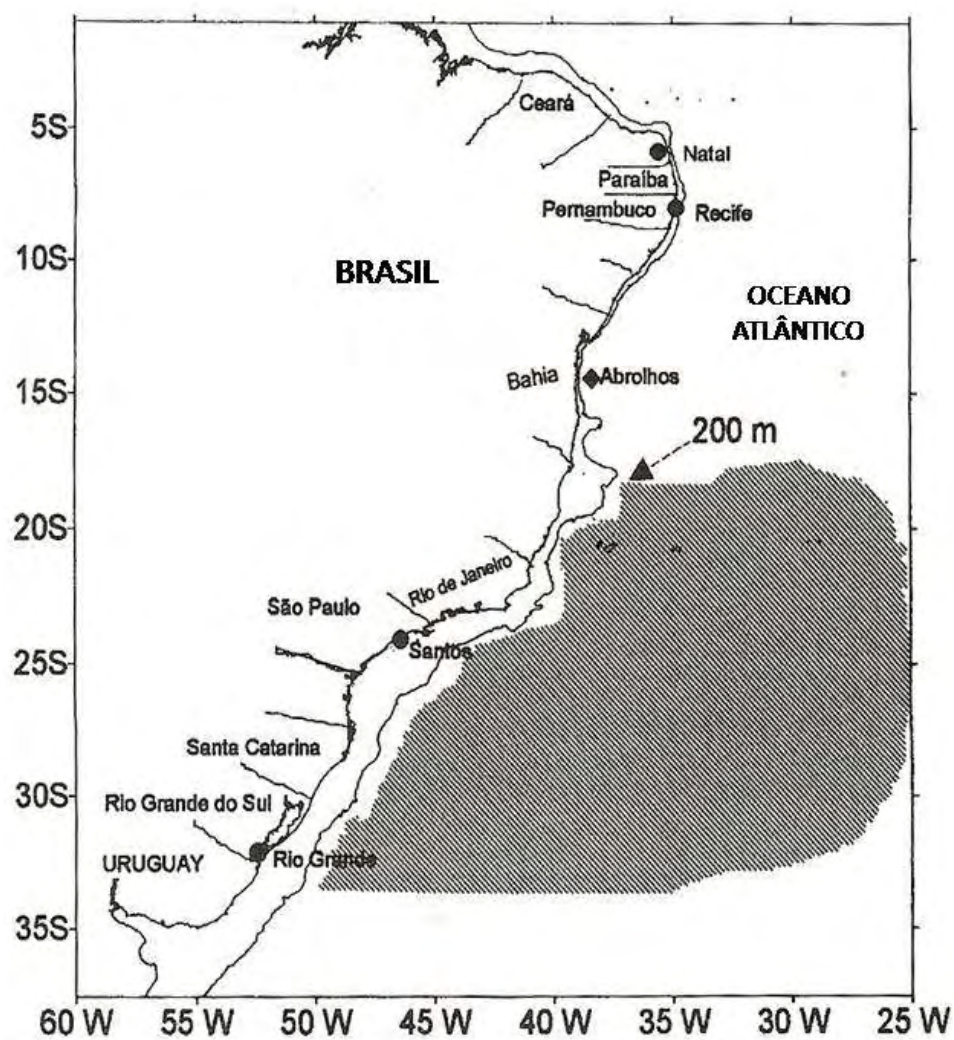


Figura 1. Área de pesca da Frota espinheleira de Santos – SP (adaptado de AMORIM et al., 1998).

Tabela 1. Número de estômagos analisados de separados por espécie. **N**: número de estômagos; **CF**: variação do comprimento furcal (cm).

Espécie	N	CF
<i>Thunnus albacares</i>	29	30 - 114
<i>Thunnus obesus</i>	63	60 - 182
<i>Thunnus alalunga</i>	77	74 - 122
<i>Xiphias gladius</i>	101	*60 - 275
<i>Isurus oxyrinchus</i>	47	82 - 281
<i>Alopias superciliosus</i>	16	204 - 409

* No caso do *X. gladius* a medida utilizada foi o comprimento da mandíbula inferior à forquilha (LJFL).

Tabela 2. Presas registradas nos estômagos de *Thunnus albacares*, *Thunnus obesus*, *Thunnus alalunga*, *Xiphias gladius*, *Isurus oxyrinchus* e *Alopias superciliosus* e seus respectivos índices: porcentagem em número (%N); porcentagem em peso (%P); porcentagem de ocorrência (%FO); índice de importância relativa em porcentagem (%IIR).

Presas	<i>T. albacares</i>				<i>T. obesus</i>				<i>T. alalunga</i>				<i>X. gladius</i>				<i>I. oxyrinchus</i>				<i>A. superciliosus</i>			
	%N°	%P (g)	%FO	%IIR	%N°	%P (g)	%FO	%IIR	%N°	%P (g)	%FO	%IIR	%N°	%P (g)	%FO	%IIR	%N°	%P (g)	%FO	%IIR	%N°	%P (g)	%FO	%IIR
Chordata Teleostei																								
Acanthuridae																								
<i>Acanthurus chirurgus</i>									0,2	< 0,1	2,5	< 0,1												
Acropomatidae																								
<i>Synagrops bellus</i>													0,5	0,4	1,2	< 0,1								
<i>Synagrops sp.</i>													0,2	0,3	1,2	< 0,1								
Anoplogastridae																								
<i>Anoplogaster cornuta</i>									0,3	< 0,1	2,5	< 0,1												
Bramidae									0,2	0,5	2,5	< 0,1												
<i>Brama brama</i>	2,1	0,8	8,0	0,2					0,8	0,9	10,0	0,2	0,2	4,3	1,2	< 0,1								
<i>Brama caribea</i>									0,2	0,5	2,5	< 0,1												
<i>Brama sp.</i>													0,7	3,9	4,6	0,2								
<i>Pterycombus petersii</i>									0,2	< 0,1	2,5	< 0,1												
Caproidae																								
<i>Antigonia cepros</i>									1,3	0,3	7,5	0,1												
Chiasmodontidae																								
<i>Pseudocopelus altipinnis</i>	0,2	0,3	4,0	< 0,1																				
Ephippidae																								
<i>Chaetodipterus faber</i>	1,3	< 0,1	4,0	< 0,1					0,2	< 0,1	2,5	< 0,1												
Gempylidae	0,2	< 0,1	4,0	< 0,1	1,1	1,9	2,0	0,1																
<i>Gempylus serpens</i>					2,4	6,1	14,0	1,4					2,5	1,6	6,0	0,2								
<i>Lepidocibium flavobrunneum</i>																	0,7	26,8	3,0	1,9				

<i>Thyrsitops lepidopoides</i>					6,7	0,1	2,0	0,2																
Lutjanidae	0,2	0,2	4,0	< 0,1																				
Merlucidae									9,9	0,8	2,5	0,3												
Monacanthidae																								
<i>Stephanolepis hispidus</i>	0,2	< 0,1	4,0	< 0,1					0,2	< 0,1	2,5	< 0,1												
Myctophidae													0,2	< 0,1	1,2	< 0,1								
Nomeidae																								
<i>Cubiceps sp.</i>													0,2	1,1	1,2	< 0,1								
Peristediidae																								
<i>Peristedion altipinnis</i>									0,2	< 0,1	2,5	< 0,1												
Phosichthyidae									0,2	< 0,1	2,5	< 0,1												
<i>Pollichthys sp.</i>	0,2	< 0,1	4,0	< 0,1																				
Scianidae																								
<i>Cynoscion sp.</i>									0,3	0,9	2,5	< 0,1												
Scombridae																	0,7	50,7	3,0	3,5				
<i>Auxis sp.</i>													0,4	0,3	1,2	< 0,1								
<i>Euthynnus alleteratus</i>													0,2	0,8	1,2	< 0,1								
<i>Scomber colias</i>									0,8	13,7	10,0	1,8					1,4	1,5	6,1	0,4				
<i>Thunnus alalunga</i>													0,2	2,2	1,2	< 0,1								
Serranidae																								
<i>Anthias menezesi</i>									0,2	< 0,1	2,5	< 0,1												
Sparidae																								
<i>Pagrus pagrus</i>									0,2	< 0,1	2,5	< 0,1												
Sternoptychidae	0,4	0,1	4,0	< 0,1																				
Tetraodontidae																								
<i>Sphoeroides tyleri</i>	0,6	< 0,1	4,0	< 0,1																				
Trichiuridae	1,7	0,8	12,0	0,3					0,8	< 0,1	5,0	0,1					0,7	1,4	3,0	0,1	4,8	37,8	16,7	21,3
<i>Evoxymetopon sp.</i>	0,2	0,2	4,0	< 0,1																				
<i>Lepidopus altifrons</i>	0,2	< 0,1	4,0	< 0,1					0,2	0,6	2,5	< 0,1												

<i>Trichiurus lepturus</i>									0,3	0,8	2,5	< 0,1	1,3	2,3	2,4	< 0,1								
Triglidae																								
<i>Prionotus</i> sp.									0,6	0,8	2,5	< 0,1												
Teleósteo ñ identificado	15,3	5,2	44,0	7,9	35,4	2,4	16,0	6,9	9,2	5,5	30,0	5,6	48,4	9,7	60,7	33,5	10,4	16,2	45,5	26,9	18,7	35,0	58,3	26,9
Chordata Urochordata									1,3	0,2	5,0	0,1					6,9	< 0,1	6,1	0,9				
Mollusca Cephalopoda																								
Ord. Teuthida	38,2	80,2	80,0	83,1	35,1	56,9	84,0	87,7	42,6	52,6	65,0	78,9	27,8	69,2	69,0	63,7	27,1	3,0	45,5	30,4	73,5	25,6	75,0	49,6
Loliginidae	2,9	6,0	24,0	1,9	0,8	0,8	4,0	0,1	0,3	5,0	5,0	0,3	1,1	1,7	7,1	0,2								
Ommastrephidae					0,8	29,9	4,0	1,4	1,0	12,4	12,5	2,1												
Enoploteuthidae									0,2	< 0,1	2,5	< 0,1												
Ord. Octopoda	2,5	< 0,1	12,0	0,3	5,1	< 0,1	10,0	0,6	4,7	< 0,1	22,5	1,3	2,7	< 0,1	8,3	0,2	2,1	< 0,1	9,1	0,4				
Ord. Sepiida	0,2	< 0,1	4,0	< 0,1	0,5	< 0,1	2,0	< 0,1	5,0	0,5	7,5	0,5	0,2	< 0,1	1,2	< 0,1								
Cephalopoda ñ. identificado					0,5	0,4	4,0	< 0,1					0,7	0,2	4,8	< 0,1	32,6	0,3	42,4	31,1				
Mollusca Gastropoda	4,4	< 0,1	16,0	0,6	0,5	< 0,1	4,0	< 0,1	0,2	< 0,1	2,5	< 0,1												
Mollusca Bivalve					0,3	< 0,1	2,0	< 0,1													0,6	< 0,1	8,3	0,3
Arthropoda Crustacea																	12,5	< 0,1	12,1	3,4	1,2	< 0,1	8,3	0,6
Ord. Decapoda	4,8	1,3	16,0	0,9	4,3	0,3	6,0	0,3					7,5	0,4	17,9	1,3								
Ord. Isopoda	0,2	< 0,1	4,0	< 0,1																				
Crustacea ñ identificado	20,6	0,2	16,0	2,9	2,1	0,7	14,0	0,5	17,3	1,0	32,5	7,6	0,2	< 0,1	1,2	< 0,1								
Vegetal	0,4	< 0,1	8,0	< 0,1					0,5	< 0,1	7,5	< 0,1	0,9	< 0,1	3,6	< 0,1	2,1	< 0,1	9,1	0,4	0,6	< 0,1	8,3	0,3
Outros	2,7	4,4	28,0	1,8	4,3	0,5	18,0	1,0	0,8	2,7	12,5	0,6	3,1	0,5	9,5	0,3	2,8	< 0,1	9,1	0,6	0,6	1,5	8,3	1,0

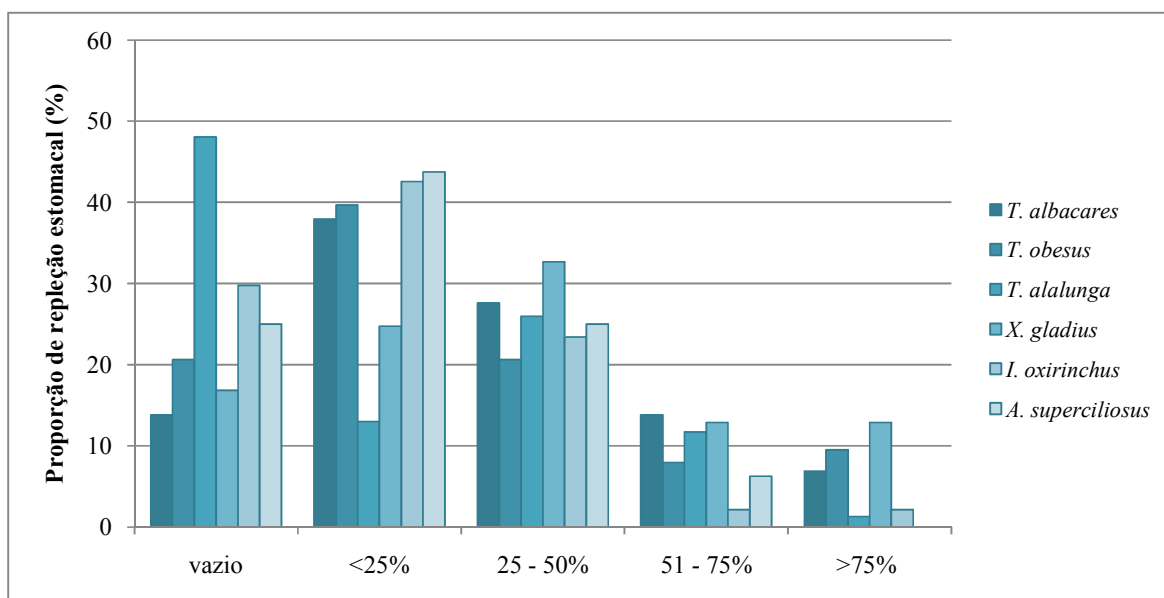


Figura 2. Porcentagem do grau de repleção estomacal de *Thunnus albacares*, *Thunnus obesus*, *Thunnus alalunga*, *Xiphias gladius*, *Isurus oxyrinchus* e *Alopias superciliosus* capturados no Oceano Atlântico Sudoeste, durante julho de 2007 a junho de 2009.

Tabela 3. Índice de sobreposição alimentar de Schoener (α) calculado entre de *Thunnus albacares*, *Thunnus obesus*, *Thunnus alalunga*, *Xiphias gladius*, *Isurus oxyrinchus* e *Alopias superciliosus*. Valores de α superiores a 0,60 são considerados evidências de dietas com alta similaridade.

	<i>T.</i> <i>albacares</i>	<i>T.</i> <i>obesus</i>	<i>T.</i> <i>alalunga</i>	<i>X.</i> <i>gladius</i>	<i>I.</i> <i>oxyrinchus</i>	<i>A.</i> <i>superciliosus</i>
<i>T. albacares</i>	1	0,96	0,90	0,72	0,39	0,59
<i>T. obesus</i>		1	0,89	0,71	0,38	0,58
<i>T. alalunga</i>			1	0,70	0,37	0,56
<i>X. gladius</i>				1	0,60	0,77
<i>I. oxyrinchus</i>					1	0,59
<i>A. superciliosus</i>						1

3. CAPÍTULO II

INFERÊNCIA BAYESIANA NA ANÁLISE DO CONTEÚDO ESTOMACAL: MÉTODOS E APLICAÇÃO NA DIETA DE PEIXES PELÁGICOS DO ATLÂNTICO SUDOESTE.

3.1. INTRODUÇÃO

O entendimento do hábito alimentar das espécies contribui para o esclarecimento da estrutura trófica de comunidades, auxiliando na compreensão de sua ecologia (HAHN et al., 1992). A análise da alimentação permite avaliar qual a posição da espécie na teia alimentar, supondo desta maneira, quais são seus potenciais competidores, predadores e presas (SCHOENER, 1974; RICE, 1988).

Essas relações podem ser compreendidas diretamente, através da análise do conteúdo estomacal desses organismos. Contudo, estudos dessa natureza ou que visam aspectos relacionados à alimentação do nécton pelágico são escassos em águas brasileiras. A dificuldade de acesso à coleta dos estômagos, e por conseqüência a um número satisfatório de amostras, dificulta a formulação de conclusões sobre os padrões alimentares destes animais. Uma resposta a esta situação é a utilização da abordagem bayesiana na análise dos dados, visto que tal análise proporciona, entre outras vantagens, a incorporação de dados extraídos da literatura (PAULINO et al., 2003), resultando em uma informação com maior credibilidade.

O presente capítulo propõe a utilização da inferência bayesiana no tratamento de dados do conteúdo estomacal de peixes pelágicos capturados no Atlântico Sudoeste.

3.2. MÉTODO DA ANÁLISE

3.2.1. Modelo Multinomial

Definimos $Y = (y_1, y_2, y_3, y_4)$ como o vetor do número de itens de cada categoria alimentar nos estômagos, sendo peixes (1), moluscos cefalópodes (2), crustáceos (3) e outros (4), e assumimos o modelo multinomial com parâmetros $\theta = (\theta_1, \theta_2, \theta_3, \theta_4)$ dado por:

$$f(Y|\theta) = \frac{n!}{y_1! y_2! y_3! y_4!} \theta_1^{y_1} \theta_2^{y_2} \theta_3^{y_3} \theta_4^{y_4} \text{ onde } \sum_{j=1}^4 \theta_j = 1, \sum_{j=1}^4 y_j = n \quad (1)$$

3.2.2. Função de Verossimilhança

A função de verossimilhança com este modelo pode ser escrita como:

$$L(Y|\theta) \propto \prod_{j=1}^4 \theta_j^{y_j} \quad (2)$$

3.2.3. Priori informativa

Nos casos em que há informações a priori disponíveis, adotamos a distribuição a priori conjugada *Dirichlet* $(\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4)$ para $\theta = (\theta_1, \theta_2, \theta_3, \theta_4)$ (BOX & TIAO, 1973; O'HAGAN, 1994; PAULINO et al., 2003):

$$\pi_0(\theta_1, \theta_2, \theta_3, \theta_4) \propto \prod_{j=1}^4 \theta_j^{\alpha_j - 1}, \theta_j \geq 0 \quad e \quad \sum_{j=1}^4 \theta_j = 1 \quad (3)$$

Os hiperparâmetros $(\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4)$ são dados por $\alpha_j = \alpha E(\theta_j)$ com $\alpha = \sum_{j=1}^4 \alpha_j$. Sendo α o número de itens alimentares observados a priori, juntamente com informações extraídas de especialistas determinamos as médias das proporções a priori. As médias a priori utilizadas no presente capítulo, bem como suas respectivas bibliografias são apresentadas na Tabela 1.

3.2.4. Distribuição conjunta a posteriori

Combinando a função de verossimilhança multinomial (2) com a distribuição a priori *Dirichlet* (3) obtemos a distribuição conjunta a posteriori para θ :

$$\pi(\theta|Y) \propto \prod_{j=1}^4 \frac{n!}{y_j!} \theta_j^{(\alpha_j+y_j)-1}, \theta_j \geq 0, \quad \sum_{j=1}^4 \theta_j = 1 \quad e \quad n = \sum_{j=1}^4 y_j \quad (4)$$

3.2.5. Distribuições marginais a posteriori

As distribuições marginais a posteriori para cada θ_j , $j = 1, \dots, 4$ são *Beta* ($\alpha_j + y_j$, $a + n - \alpha_j - y_j$), com $\alpha = \sum_j \alpha_j$:

$$\pi(\theta_j) = \frac{\Gamma(\alpha + n)}{\Gamma(\alpha_j + y_j)\Gamma(\alpha + n - \alpha_j - y_j)} \theta_j^{\alpha_j+y_j-1} (1 - \theta_j)^{\alpha+n-\alpha_j-y_j-1}, \quad 0 \leq \theta_j \leq 1 \quad (5)$$

Conhecendo as distribuições a posteriori marginais (5), temos todas as informações sobre cada uma das proporções calculando média e moda a posteriori, intervalos de credibilidade e observando a forma no gráfico da distribuição.

3.3. APLICAÇÃO DO MÉTODO: ALIMENTAÇÃO DE PEIXES PELÁGICOS DO ATLANTICO SUDOESTE

3.3.1. Os dados

Espécimes de *Thunnus. albacares*, *T. obesus*, *T. alalunga*, *Xiphias gladius* e *Isurus oxyrinchus* foram coletados mensalmente durante o período de julho de 2007 a junho de 2009 durante cruzeiros de pesca realizados pela frota atuneira de Santos – SP.

Estas embarcações operam na costa Sudeste e Sul do Brasil, abrangendo a área compreendida entre 17 - 35° S e 27 - 52° O, além da plataforma continental (Figura 1). De acordo com Arfelli et al. (1997) e Arfelli & Amorim (2000) estes barcos operam utilizando o espinhel de superfície (monofilamento com atração por isca luminosa), direcionado à pesca do

espadarte (*Xiphias gladius*), podendo pescar continuamente durante 15 a 20 dias.

A coleta dos estômagos foi feita durante a evisceração, logo após o embarque dos peixes. Uma etiqueta de identificação foi introduzida, após o preenchimento do estômago com solução neutra de formalina 10%, que em seguida, foi fechado com linha de náilon e depositado em um recipiente de 50 litros contendo a referida solução. Os conteúdos estomacais foram lavados e peneirados em malha de um mm e recolocados em frascos de vidro com álcool 70%. O material identificado foi classificado em quatro categorias alimentares (peixes, moluscos cefalópodes, crustáceos e outros) visando adequação ao modelo empregado.

3.4. RESULTADOS

Nas Tabelas 2, 3, 4, 5 e 6 são apresentados os resultados bayesianos para as estimativas das proporções de cada categoria alimentar (θ) na composição da dieta de *T. albacares*, *T. obesus*, *T. alalunga*, *X. gladius* e *I. oxyrinchus* respectivamente. As referidas tabelas são compostas pelas modas a posteriori (MP) e seus respectivos intervalos de credibilidade ($\gamma = 95\%$). As Figuras 2, 3, 4, 5 e 6 demonstram a simetria das distribuições a posteriori marginais $\pi(\theta)$ de *T. albacares*, *T. obesus*, *T. alalunga*, *X. gladius* e *I. oxyrinchus* respectivamente.

De acordo com a estimativa bayesiana, a categoria mais importante na alimentação de *T. albacares* é constituída por peixes teleósteos (MP = 0,41), seguida por moluscos cefalópodes, com moda a posteriori igual a 0,36. Crustáceos e outros itens constituem as categorias alimentares de menor importância, sendo responsáveis por 0,19 e 0,04 respectivamente (vide Tabela 2). De maneira similar, foi observado que a alimentação de *T. obesus* também é composta primariamente por peixes teleósteos (MP = 0,54), seguidos de moluscos cefalópodes (MP = 0,37). No entanto, a categoria alimentar formada por crustáceos apresenta-se menos importante em *T. obesus* (MP = 0,06), quando comparada à composição alimentar de *T. albacares* (Tabelas 2 e 3). Comparada às duas espécies anteriores, *T. alalunga*

demonstrou uma proporção diferente entre as categorias alimentares. Os moluscos cefalópodes foram responsáveis por 0,42 da dieta, indicando os peixes teleósteos como recursos secundários (MP = 0,33). A categoria crustáceos aparenta ter importante contribuição na alimentação de *T. alalunga*, uma vez que este item exibiu uma moda a posteriori superior a 0,2 (Tabela 4).

A categoria mais importante na alimentação do *X. gladius* é constituída por moluscos cefalópodes (MP = 0,50) seguida de perto por peixes teleósteos com moda a posteriori igual a 0,43. Crustáceos e Outros itens são as categorias alimentares de menor importância, sendo responsáveis por 0,06 e 0,02 da dieta, respectivamente (vide Tabela 5). Similar à *X. gladius*, a categoria mais importante na alimentação do *I. oxyrinchus* é constituída por peixes teleósteos (MP = 0,68) seguida por moluscos cefalópodes com moda a posteriori igual a 0,12. Tanto crustáceos como outros itens, foram responsáveis por modas a posteriori inferiores a 0,1, indicando baixa importância na alimentação deste tubarão (vide Tabela 6).

3.5. DISCUSSÃO

3.5.1. Sobre a dieta das espécies estudadas

Observando os resultados correspondentes à moda a posteriori, constatou-se que a alimentação *T. albacares* é composta primariamente por peixes teleósteos seguidos de moluscos cefalópodes, concordando com o padrão apresentado por Zavala-Camin (1981), Vaske-Júnior (2000), Vaske-Júnior et al. (2003) e Satoh et al. (2004).

Thunnus obesus apresentou um padrão de proporção das categorias alimentares similar a *T. albacares*, alimentando-se preferencialmente de peixes, deixando os cefalópodes como presas secundárias. Corroborando nossos resultados, Vaske-Júnior (2000), registrou que a categoria peixes corresponde a mais de 86% da porcentagem numérica de todas as presas ingeridas por *T. obesus*. Liming et al. (2005), analisando estômagos de 272 espécimes capturados no Atlântico Central, observaram o domínio do item peixes, seguido de moluscos cefalópodes e depois crustáceos (principalmente

Decapoda). No entanto, este padrão de composição da dieta descrito anteriormente discorda dos resultados obtidos por Zavala-Camin (1981), onde os moluscos cefalópodes compreendem a presa preferencial de *T. obesus*. Visto que a dieta de *T. obesus* é a menos afetada pela latitude ou pela distância da costa que outros atuns (DAGORN et al., 2000; BERTRAND et al. 2002), pode-se inferir que estas divergências na composição alimentar estão relacionadas principalmente à disponibilidade local das presas.

A alimentação de *T. alalunga*, por sua vez, apresentou um padrão discrepante em relação às duas espécies de atum citadas anteriormente. No presente estudo os moluscos cefalópodes foram caracterizados com presas preferenciais seguidos de peixes teleósteos e crustáceos. Analisando as informações disponíveis na literatura não foi possível estabelecer uma tendência quanto à preferência alimentar deste peixe. Zavala-Camin (1981), em análise de 741 estômagos, registrou a preferência pelo item moluscos (59,9%), seguido de peixes e crustáceos. Entretanto, Satoh et al. (2004), sugerem o hábito primariamente piscívoro para *T. alalunga*, visto que este item é responsável por mais de 65% do IRI. Sabatié et al. (2003), registraram o item crustáceos como sendo o mais importante (48% IRI), seguido de peixes e cefalópodes, contradizendo todos os estudos citados anteriormente.

A contribuição substancial do item crustáceos nas dietas de *T. albacares* e *T. alalunga*, pode estar relacionada à pequena distância entre os rastros branquiais, que segundo Magnuson & Heitz (1971), possibilita a ingestão de presas de menor tamanho. De acordo com a diagnose realizada por Zavala-Camin (1978), comparada às duas espécies mencionadas anteriormente, *T. obesus* apresenta o menor número de rastros branquiais (variando entre 25 e 30), o que explicaria a baixa ocorrência de crustáceos em sua alimentação.

A dieta de *X. gladius*, no local e durante o período do estudo, é composta principalmente de moluscos cefalópodes e secundariamente de peixes. Esses resultados são similares ao reportado para esta espécie no Atlântico Sul (ZAVALA-CAMIN, 1981), no Atlântico Noroeste (STILLWELL & KOHLER, 1985), e no Pacífico (IBÁÑEZ et al., 2004; CASTILLO et al., 2007; LETELIER et al., 2009). Entretanto, estudos conduzidos no Mar Mediterrâneo (RELINI et al., 1995), no Atlântico Nordeste (CHANCOLLON et al., 2006), e no Oceano Índico (MARSAC & POTIER, 2001; POTIER et al.,

2007) apresentam justamente o padrão oposto, classificando *X. gladius* como um predador primariamente ictiófago. Crustáceos são reportados como itens de baixa importância na dieta, sendo inclusive, considerados presas acidentais (LETELIER et al., 2009). Dentre estes animais, espécimes da ordem Decapoda foram também registrados por Zavala-Camin (1981) e Chancollon et al. (2006).

Conforme observações de Abid & Idrissi (2006) a dieta do *X. gladius* varia consideravelmente entre habitats e estações, sendo resultado principalmente de variações na dinâmica populacional das diferentes espécies de presas (LETELIER et al., 2009). Assim, visando minimizar os efeitos destas variações ambientais na análise da composição dieta do espadarte, a informação a priori foi composta por dados extraídos apenas da pesquisa de Zavala-Camin (1981), visto que esta foi realizada exatamente na mesma região abordada no presente estudo (Atlântico Sudoeste).

Isurus oxyrinchus apresenta um hábito notadamente ictiófago, concordando com os resultados obtidos por Stillwell & Kohler (1982), Vaske-Junior & Rincón-Filho (1998) e Cortés (1999). A análise da composição de isótopos estáveis em tecidos de tubarões capturados no Atlântico Noroeste também confirma a preferência ictiófaga por este Lamnidae (ESTRADA et al., 2003).

Caracterizados no presente estudo como presas secundárias, os moluscos cefalópodes pertencentes principalmente à Ordem Teuthida, correspondem a importantes presas para *I. oxyrinchus*, sendo *Illex argentinus* (Ommastrephidae), *Histioteuthis* sp. (Histioteuthidae), *Loligo* sp. (Loliginidae), as espécies comumente registradas no conteúdo estomacal deste tubarão (VASKE-JÚNIOR & RINCÓN-FILHO, 1998; VALEIRAS & ABAD, 2009). A baixa incidência de crustáceos na alimentação do *I. oxyrinchus* (< 0,1) revela uma possível ingestão acidental desta presa. Segundo Maia et al. (2006) a ingestão regular de crustáceos está relacionada à estágios juvenis deste elasmobrânquio.

A remoção de predadores de topo pode acarretar repercussões na estrutura da rede trófica marinha, através do efeito de cascata trófica (*top-down*) (KITCHELL et al. 1999; ESSINGTON et al. 2002). Assim, estudos sobre a composição alimentar destes predadores são de suma importância,

pois provêm elementos básicos para uma abordagem ecossistêmica de manejo desta pesca e principalmente de conservação das espécies alvo.

3.5.2. Sobre a abordagem Bayesiana

Segundo Wootton (1990), a compreensão das relações entre predadores e suas presas é especialmente valiosa quando o objeto de estudo são espécies de interesse comercial. Entretanto, como já mencionado, os estudos que envolvem grandes predadores enfrentam grandes problemas, entre eles, a dificuldade de obtenção de um tamanho amostral satisfatório, que permita caracterizar as dietas destes animais de maneira conclusiva. Assim, a proposta de se utilizar a inferência bayesiana na análise de conteúdos estomacais de predadores de topo como as espécies analisadas no presente estudo, surgiu como uma tentativa de, ao menos, minimizar esse problema.

Em comparação ao emprego do IIR (PINKAS et al., 1971; CORTÉS, 1997), que utiliza em seus cálculos somente os dados coletados na pesquisa vigente, a inferência bayesiana permite incorporar, aos resultados originais, dados extraídos de estudos já realizados, gerando informações mais completas sobre o tema em questão. Além da estimativa pontual (moda a posteriori) sobre a proporção de cada categoria alimentar, a referida abordagem gera como um de seus produtos, a estimativa por intervalos (intervalo de credibilidade), permitindo a comparação entre pesquisas distintas.

Vale destacar que a formulação empregada no presente artigo leva em conta, como métrica de quantificação dos itens alimentares, somente a porcentagem numérica (%N°), visto que estes dados são compatíveis à distribuição multinomial empregada no modelo. Entretanto, embora possa ser considerado prematuro, pois tem base em trabalho em fase de preparação (GORNI & LOIBEL, *in prep.*) poder-se-á verificar, em um momento posterior, a utilização de forma conjunta, tanto da referida métrica numérica, quanto da porcentagem do peso (%P) de cada item alimentar registrado, tornando assim, a análise mais completa do ponto de vista biológico.

Outro ponto a ser abordado, é o número de categorias analisadas. A escolha de agrupar os itens alimentares em somente quatro categorias seguiu os seguintes critérios: (1) facilitar a obtenção da informação extraída da

literatura, formatando as categorias em níveis taxonômicos superiores; e (2) viabilizar a realização dos procedimentos matemáticos, visto que o aumento do número de categorias alimentares acarretaria o aumento da complexidade do modelo.

O presente artigo não tem a pretensão de julgar qual das técnicas (IIR ou inferência bayesiana) é mais correta, mesmo porque, consideramos que este tipo de rótulo não se aplica às metodologias em questão, uma vez que ambas têm seu valor científico; e sim, trazer mais uma alternativa de análise para pesquisas dessa natureza.

3.6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABID, N.; IDRISSE, M. Swordfish. In: **ICCAT 2006 - 2009 Manual**. *International Commission for the Conservation of Atlantic Tuna* publications. p. 181-198, 2006.

AMORIM, A. F.; ARFELLI, C. A.; ANTERO-SILVA, J. N.; FAGUNDES, L.; COSTA, F. E. S.; ASSUMPÇÃO, R. Blue Marlin (*Makaira nigricans*) and White Marlin (*Tetrapturus albidus*) caught off the Brazilian Coast. **ICCAT Col. Vol. Sci. Pap.**, v. 47, p. 163-184, 1998.

ARFELLI, C. A.; AMORIM, A. F. Analysis of Santos (SP) longliners from southern Brazil (1997-99). **ICCAT Col. Vol. Sci. Pap.**, v. 51, n. 4, p. 1359-1366, 2000.

ARFELLI, C. A.; AMORIM, A. F.; FAGUNDES, L. **Sharks and other species composition in the yield of regular and shallow longliners from Santos, São Paulo (1971-95)**. Resumo: I Reunião da Sociedade Brasileira para o Estudo de Elasmobrânquios (SBEEL). Ilhéus, BA. p. 53-56, 1997.

BERTRAND, A.; BARD, F. X.; JOSSE, E. Tuna food habits related to the micronekton distribution in French Polynesia. **Mar. Biol.**, v. 140, p. 1023-1037, 2002.

BOX, G. E.; TIAO, G. C. **Bayesian Inference in Statistical Analysis**. New York: Addison-Wesley. 1973. 360 p.

CASTILLO, K.; IBÁÑEZ, C. M.; GONZÁLEZ, C.; CHONG, J. Dieta del pez espada *Xiphias gladius* Linnaeus, 1758 en distintas zonas de pesca frente a Chile central durante el otoño de 2004. **Rev. Biol. Mar. Oceanogr.**, v. 42, n. 2, p. 149-156, 2007.

CHANCOLLON, O.; PUSINERI, C.; RIDOUX, V. Food and feeding ecology of northeast Atlantic swordfish (*Xiphias gladius*) off the Bay of Biscay. **ICES J. Mar. Sci.**, v. 63, p. 1075-1085, 2006.

CORTÉS, E. A critical review of methods of studying fish feeding based on analysis of stomach contents: application to elasmobranch fishes. **Can. J. Fish. Aquat. Sci.**, v. 54, p. 726-738, 1997.

CORTÉS, E. Standardized diet compositions and trophic levels of sharks. **ICES J. Mar. Sci.**, v. 56, p. 707-717, 1999.

DAGORN, L.; BACH, P.; JOSSE, E. Movement patterns of large bigeye tuna (*Thunnus obesus*) in the open ocean, determined using ultrasonic telemetry. **Mar. Biol.**, v. 136, n. 2, p. 361-371, 2000.

ESSINGTON, T. E.; SCHINDLER, D. E.; OLSON, R. J.; KITCHELL, J. F.; BOGGS, C.; HILBORN, R. Alternative fisheries and the predation rate of yellowfin tuna in the eastern Pacific Ocean. **Ecol. Appl.**, v. 12, p. 724-734, 2002.

ESTRADA, J. A.; RICE, A. N.; LUTCAVAGE, M. E.; SKOMAL, G. B. Predicting trophic position in sharks of the north-west Atlantic Ocean using stable isotope analysis. **J. Mar. Biol. Assoc. U.K.**, vol. 83, p. 1347-1350, 2003.

GORNI, G. R.; LOIBEL, S. Use of Bayesian inference in analysis of fish stomach content: a new proposal. *In prep.*

HAHN, N. S.; JUNIOR, A. M.; FUGI, R.; AGOSTINHO, A. A. Aspectos da alimentação do armado, *Pterodoras granulosus* (Ostariophysi, Doradidae) em ambientes distintos do alto do Rio Paraná. **Rev. Unimar**, vol. 14, p. 163-176, 1992.

IBAÑEZ, C. M.; GONZÁLEZ, C.; CUBILLOS, L. Dieta del pez espada *Xiphias gladius* Linnaeus, 1758, em aguas oceánicas de Chile central en invierno de 2003. **Invest. Mar.**, v. 32, n. 2, p. 113-120, 2004.

KITCHELL, J. F.; BOGGS, C. H.; HE, X.; WALTERS, C. Keystone Predators in the Central Pacific. **Ecosystem Approaches for Fisheries Management**. University of Alaska Sea Grant, Fairbanks, p. 665-683, 1999.

LETELIER, S.; MELÉNDEZ, R.; CARREÑO, S.; LOPEZ, S.; BARRIA, P. Alimentación y relaciones tróficas del pez espada (*Xiphias gladius* Linnaeus, 1758), frente a Chile centro-norte durante 2005. **Lat. Am. J. Aquat. Res.**, v. 37, n. 1, p. 107-119, 2009.

LIMING, S.; LIUXIONG, X.; XINJUN, C. Preliminary analysis of the biological characteristics of bigeye tuna (*Thunnus obesus*) sampled from china tuna longlining fleet in Central Atlantic Ocean. **ICCAT Col. Vol. Sci. Pap.**, v. 58, n. 1, p. 292-296, 2005.

MAGNUSON, J. J.; HEITZ, J. G. Gill raker apparatus and food selectivity among mackerels, tunas, and dolphins. **Fish. Bull.**, v. 69, n. 2, p. 361-370, 1971.

MAIA, A.; QUEIROZ, N.; CORREIRA, J.; CABRAL, H. Food habits of the shortfin mako, *Isurus oxyrinchus*, off the southern coast of Portugal. **Environ. Biol. Fish.**, v. 77, p. 157-167, 2006.

MARSAC, F.; POTIER, M. On-going research activities on trophic ecology of swordfish (*Xiphias gladius*) in the Western Indian Ocean. **IOTC Proceedings**, n. 4, p. 155-163, 2001.

O'HAGAN, A. **Advanced Theory of Statistics: Bayesian Inference**. v. 2. New York: Wiley & Sons, 1994. 352 p.

PAULINO, C. D.; TURKMAN, M. A. A.; MURTEIRA, B. **Estatística Bayesiana**. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 2003. 446 p.

PINKAS, L.; OLIPHANT, M. S.; IVERSON, I. L. K. Food habitats of albacore, bluefin tuna, and bonito in California waters. **Fish. Bull.**, v. 152, p. 1-139, 1971.

POTIER, M.; MARSAC, F.; CHEREL, Y.; LUCAS, V.; SABATIÉ, R.; MAURY, O.; MÉNARD, F. Forage fauna in the diet of three large pelagic fishes (lancetfish, swordfish and yellowfin tuna) in the western equatorial Indian Ocean. **Fish. Res.**, v. 83, p. 60-72, 2007.

RELINI, O.; GARIBALDI, L. F.; CIMA, C.; PALANDRI, G. Feeding of the swordfish, the bluefin and another pelagic nekton in the western Liguria Sea. **ICCAT Col. Vol. Sci. Pap.**, v. 44, n. 1, p. 283-286, 1995.

RICE, J. C. Repeated cluster analysis of stomach contents data: method and application to diet of cod in NAFO division 3L. **Environ. Biol. Fish.**, v. 21, n. 4, p. 263-277, 1988.

SABATIÉ, R.; POTIER, M.; BROUDIN, C.; SERET, B.; MÉNARD, F.; MARSAC, F. Preliminary analysis of some pelagic fish diet in the Eastern Central Atlantic. **ICCAT Col. Vol. Sci. Pap.**, v. 55, n. 1, p. 292-302, 2003.

SATOH, K.; YOKAWA, K.; SAITO, H.; MATSUNAGA, H.; OKAMOTO, H.; UOZUMI, Y. Preliminary stomach contents analysis of pelagic fish collected

by Shoyo-Maru 2002 research cruise in the Atlantic Ocean. **ICCAT Col. Vol. Sci. Pap.**, v. 53, n. 3, p. 1096-1114, 2004.

SCHOENER, T. W. Resource partitioning in ecological communities. **Science**, v. 185, p. 27-39, 1974.

STILLWELL, C. E.; KOHLER, N. Food, feeding habits, and estimates of daily ration of the shortfin mako (*Isurus oxyrinchus*) in the Northwest Atlantic. **Can. J. Fish. Aquat. Sci.**, v. 39, p. 407-414, 1982.

STILLWELL, C. E.; KOHLER, N. E. Food and feeding ecology of the swordfish *Xiphias gladius* in the western North Atlantic Ocean with estimates of daily ration. **Mar. Ecol. Prog. Ser.**, v. 22, p. 239-247, 1985.

VALEIRAS, J.; ABAD, E. Shortfin Mako. In: **ICCAT 2006 - 2009 Manual**. International Commission for the Conservation of Atlantic Tuna publications. p. 261-271, 2009.

VASKE-JÚNIOR, T. **Relações tróficas dos grandes peixes pelágicos da região Equatorial Sudoeste do Oceano Atlântico**. 2000. Tese (Doutorado em Oceanografia Biológica) – Fundação Universidade Federal do Rio Grande, Rio Grande, 2000. 145 p.

VASKE-JÚNIOR, T.; RINCÓN-FILHO, G. Conteúdo estomacal dos tubarões azul (*Prionace glauca*) e anequim (*Isurus oxyrinchus*) em águas oceânicas no Sul do Brasil. **Rev. Brasil. Biol.**, v. 58, n. 3, p. 443-450, 1998.

VASKE-JÚNIOR, T.; VOOREN, C. M.; LESSA, R. P. Feeding strategy of yellowfin tuna (*Thunnus albacares*), and wahoo (*Acanthocybium solandri*) in Saint Peter and Saint Paul Archipelago, Brazil. **B. Inst. Pesca**, vol. 29, n. 2, p. 173-181, 2003.

WOOTTON R. J. **Ecology of teleost fishes**. London: Chapman and Hall, 1990. 404 p.

ZAVALA-CAMIN, L. A. **Contribuição para o conhecimento das espécies brasileiras da família Scombridae (Osteichthyes, Perciformes).** 1978. Dissertação (Mestrado em Zoologia) – Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo, Brasil, 1978. 73 p.

ZAVALA-CAMIN, L. A. **Hábitos alimentares e distribuição dos atuns e afins (Osteichthyes – Teleostei) e suas relações ecológicas com outras espécies pelágicas das regiões Sudeste e Sul do Brasil.** 1981. Tese (Doutorado em Zoologia) – Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo, Brasil, 1981. 237 p.

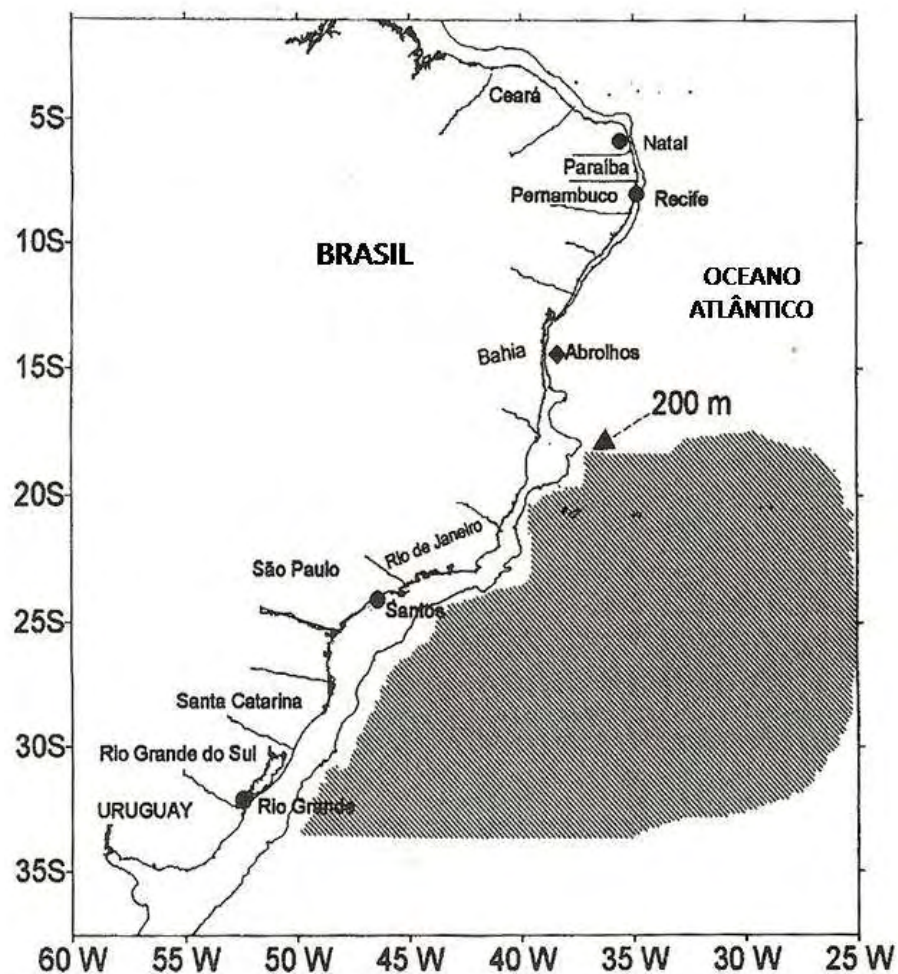


Figura 1. Área de pesca utilizada pela frota atuneira de Santos – SP (adaptado de AMORIM et al., 1998).

Tabela 1. Valores referentes a médias a priori de cada categoria alimentar utilizada no modelo de inferência bayesiana, juntamente às bibliografias consultadas.

	Categorias alimentares				Bibliografia
	Peixes	Cefalópodes	Crustáceos	Outros	
<i>Thunnus albacares</i>	0,66	0,28	0,13	0,01	Zavala-Camin (1981) Vaske-Júnior (2000) Sabatié et al. (2003) Vaske-Júnior et al. (2003) Satoh et al. (2004)
<i>Thunnus obesus</i>	0,61	0,32	0,07	-	Zavala-Camin (1981) Vaske-Júnior (2000) Sabatié et al. (2003) Liming et al. (2004) Satoh et al. (2004)
<i>Thunnus alalunga</i>	0,40	0,31	0,24	0,01	Zavala-Camin (1981) Vaske-Júnior (2000) Sabatié et al. (2003) Satoh et al. (2004)
<i>Xiphias gladius</i>	0,32	0,68	0,06	-	Zavala-Camin (1981)
<i>Isurus oxyrinchus</i>	0,75	0,06	0,09	0,09	Cortés (1999) Maia et al. (2006)

Tabela 2. Estimadores Bayesianos da proporção de cada categoria alimentar (θ) na composição da dieta de *Thunnus albacares*. **MP**: moda a posteriori; **Icred. (95%)**: intervalo de credibilidade bayesiano ($\gamma = 95\%$).

Categorias alimentares	MP	Icred. (95%)
θ_1 (Peixes Teleósteos)	0,4437	(0,4113 ; 0,4771)
θ_2 (Mol. Cefalópodes)	0,3646	(0,3309 ; 0,3928)
θ_3 (Crustáceos)	0,1912	(0,1671 ; 0,2193)
θ_4 (Outros)	0,0409	(0,0309 ; 0,0566)

Tabela 3. Estimadores Bayesianos da proporção de cada categoria alimentar (θ) na composição da dieta de *Thunnus obesus*. **MP:** moda a posteriori; **Icred. (95%):** intervalo de credibilidade bayesiano ($\gamma = 95\%$).

Categorias alimentares	MP	Icred. (95%)
θ_1 (Peixes Teleósteos)	0,5440	(0,5080 ; 0,5762)
θ_2 (Mol. Cefalópodes)	0,3701	(0,3346 ; 0,3994)
θ_3 (Crustáceos)	0,0640	(0,0530 ; 0,0871)
θ_4 (Outros)	0,0217	(0,0136 ; 0,0327)

Tabela 4. Estimadores Bayesianos da proporção de cada categoria alimentar (θ) na composição da dieta de *Thunnus alalunga*. **MP:** moda a posteriori; **Icred. (95%):** intervalo de credibilidade bayesiano ($\gamma = 95\%$).

Categorias alimentares	MP	Icred. (95%)
θ_1 (Peixes Teleósteos)	0,3317	(0,3033 ; 0,3552)
θ_2 (Mol. Cefalópodes)	0,4276	(0,3980 ; 0,4529)
θ_3 (Crustáceos)	0,2024	(0,1811 ; 0,2281)
θ_4 (Outros)	0,0191	(0,0120 ; 0,0273)

Tabela 5. Estimadores Bayesianos da proporção de cada categoria alimentar (θ) na composição da dieta de *Xiphias gladius*. **MP**: moda a posteriori; **Icred. (95%)**: intervalo de credibilidade bayesiano ($\gamma = 95\%$).

Categorias alimentares	MP	Icred. (95%)
θ_1 (Peixes Teleósteos)	0,4362	(0,4081 ; 0,4672)
θ_2 (Mol. Cefalópodes)	0,5051	(0,4744 ; 0,5338)
θ_3 (Crustáceos)	0,0634	(0,0538 ; 0,0840)
θ_4 (Outros)	0,0204	(0,0127 ; 0,0294)

Tabela 6. Estimadores Bayesianos da proporção de cada categoria alimentar (θ) na composição da dieta de *Isurus oxyrinchus*. **MP:** moda a posteriori; **Icred. (95%):** intervalo de credibilidade bayesiano ($\gamma = 95\%$).

Categorias alimentares	MP	Icred. (95%)
θ_1 (Peixes Teleósteos)	0,6885	(0,6653 ; 0,7141)
θ_2 (Mol. Cefalópodes)	0,1206	(0,1018 ; 0,1357)
θ_3 (Crustáceos)	0,095	(0,0816 ; 0,1128)
θ_4 (Outros)	0,0908	(0,0793 ; 0,1090)

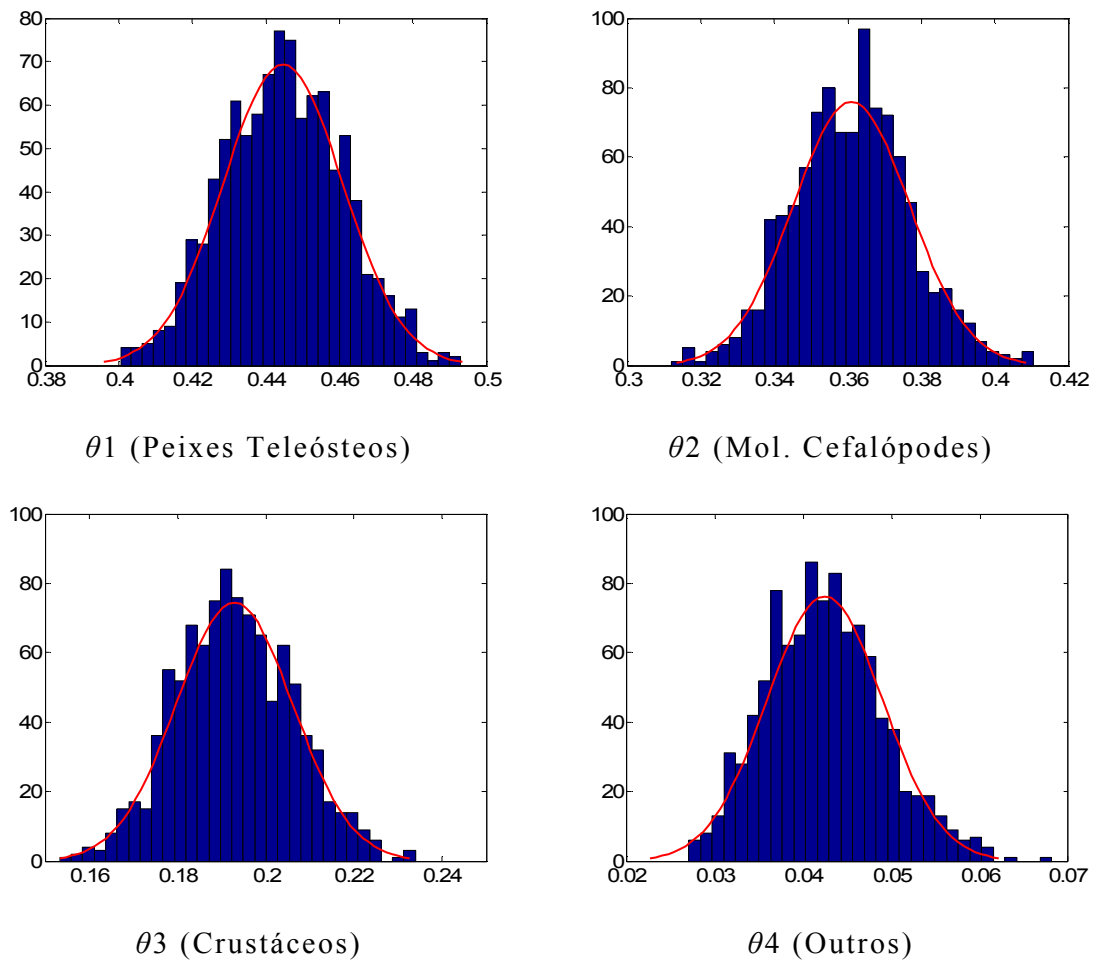


Figura 2. Distribuição a posteriori marginais $\pi(\theta)$ (*Thunnus albacares*).

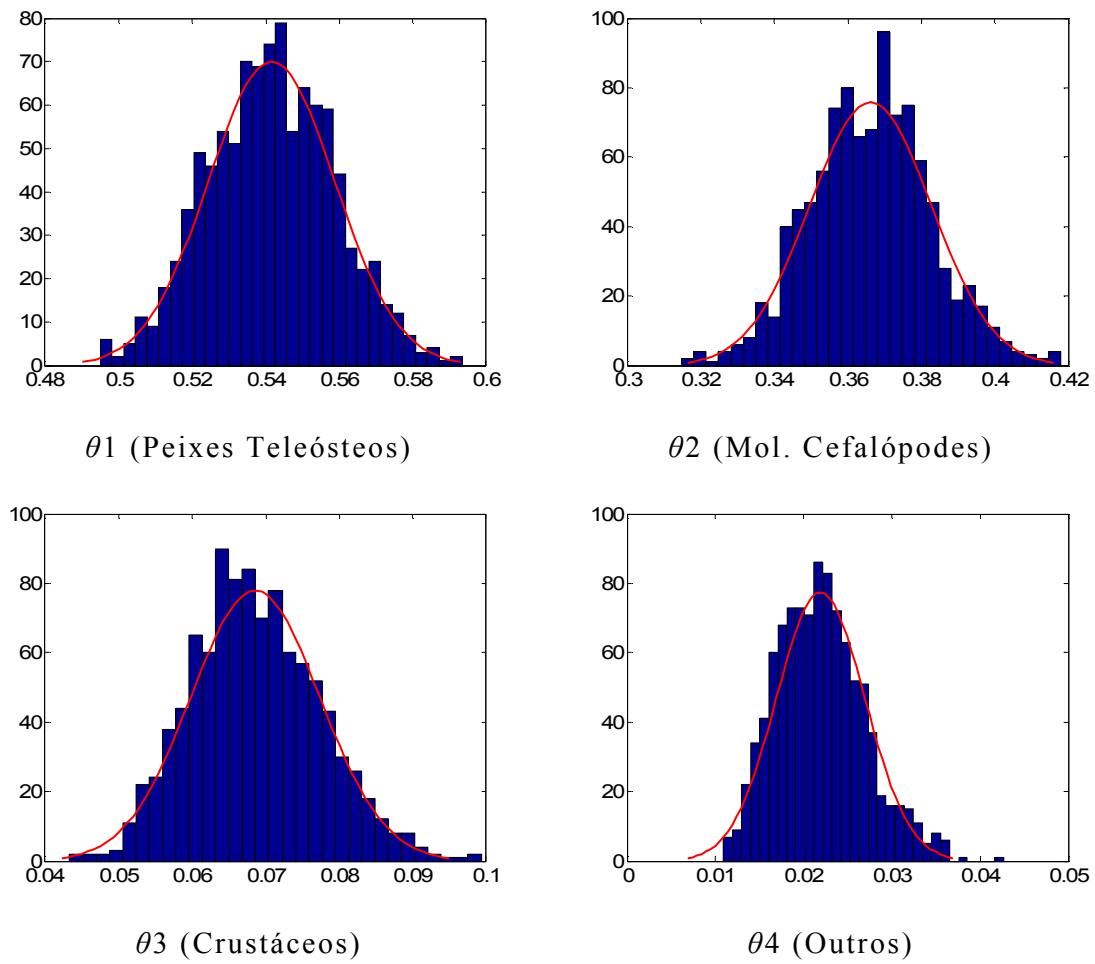


Figura 3. Distribuição a posteriori marginais $\pi(\theta)$ (*Thunnus obesus*).

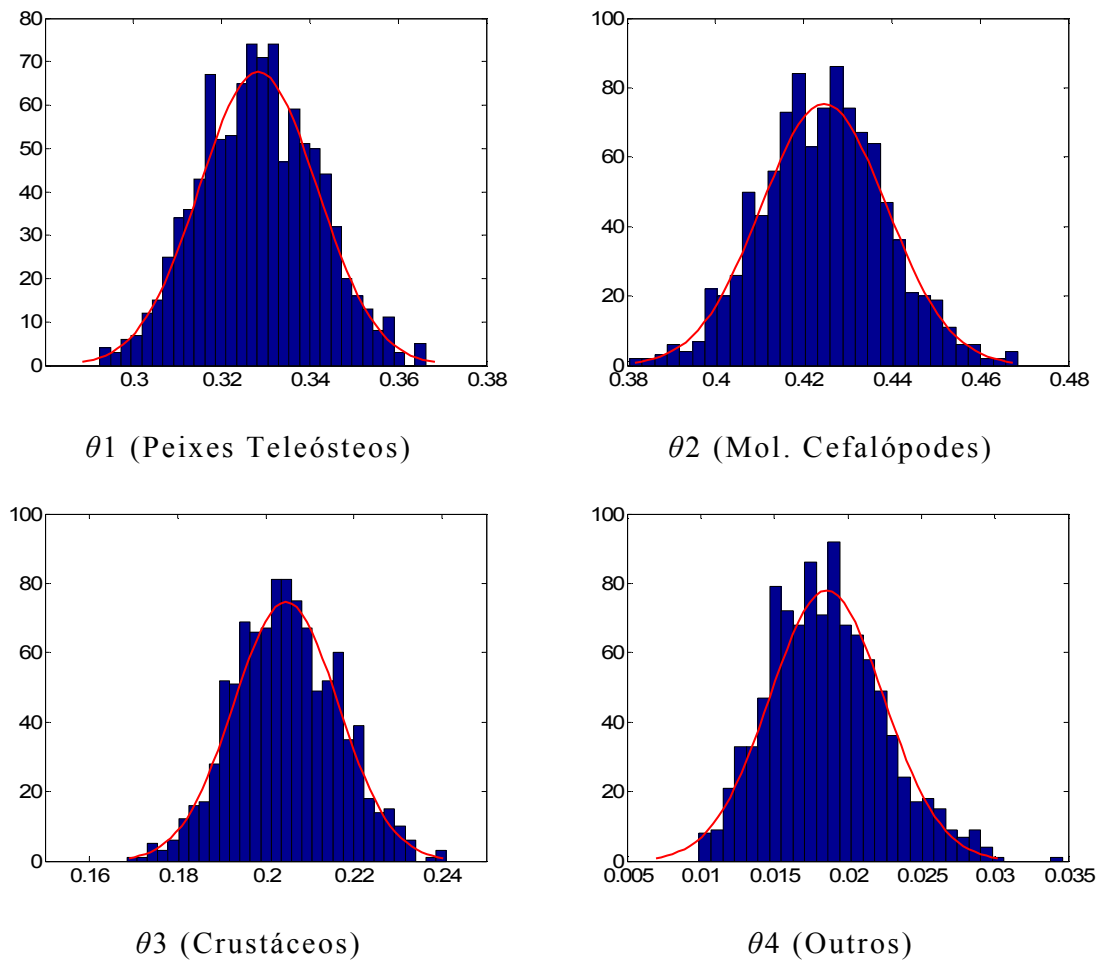


Figura 4. Distribuição a posteriori marginais $\pi(\theta)$ (*Thunnus alalunga*).

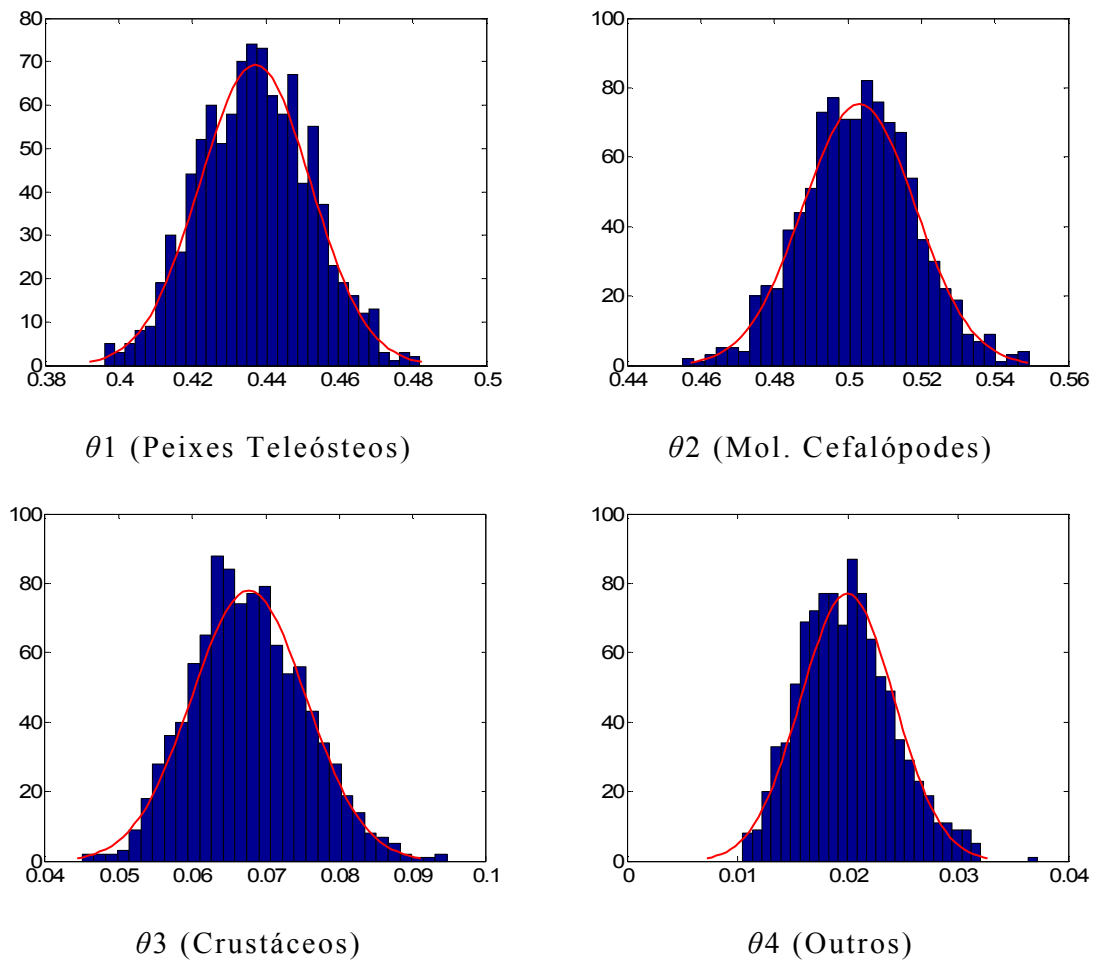


Figura 5. Distribuição a posteriori marginais $\pi(\theta)$ (*Xiphias gladius*).

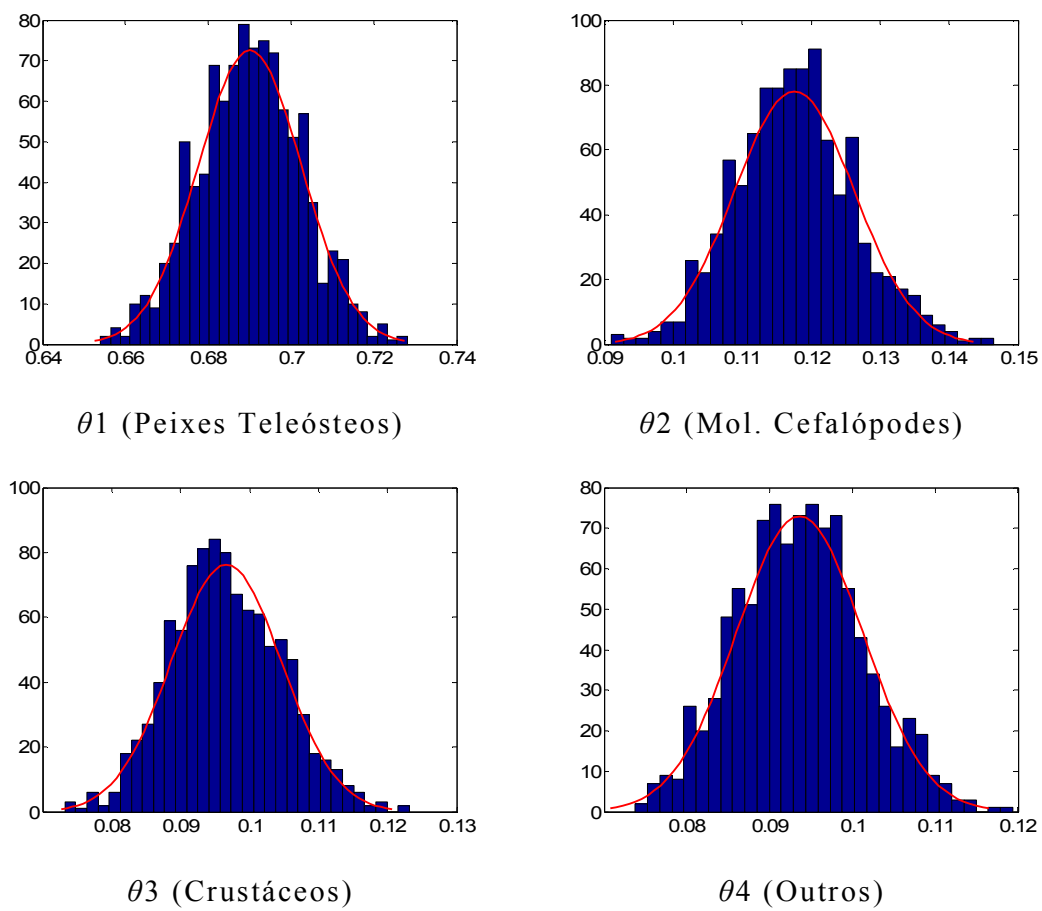


Figura 6. Distribuição a posteriori marginais $\pi(\theta)$ (*Isurus oxyrinchus*).

4. CAPÍTULO III

O USO DE MODELOS DE MISTURA ISOTÓPICA NO ACESSO À REDE TRÓFICA PELÁGICA DAS REGIÕES SUDESTE E SUL DO BRASIL

4.1. INTRODUÇÃO

Uma rede trófica consiste na representação das relações alimentares entre predadores e presas em uma comunidade ecológica, onde suas interações podem indicar o fluxo energético de cada população em um ecossistema (PIMM, 1982).

Dentre as interações diretas em uma rede trófica, a competição e a predação podem ser acessadas usando abordagens tradicionais (como a análise do conteúdo estomacal ou fecal) ou através de técnicas relativamente recentes, incluindo os isótopos estáveis (CAUT et al., 2006). Segundo Hildebrand et al. (1996), estudos baseados somente no conteúdo estomacal podem conter algumas limitações, pois devido ao grau de digestão dos restos alimentares, torna-se difícil estimar o volume consumido e principalmente a quantidade assimilada da presa. Neste âmbito, o uso de isótopos estáveis (principalmente ^{13}C , ^{15}N e ^{34}S) apresenta-se como uma ferramenta complementar útil na reconstrução da dieta de consumidores, visto que estes dados fornecem uma medida contínua da posição trófica, integrando a assimilação da energia ou o fluxo de massa através de todos os diferentes compartimentos tróficos conduzidos a um organismo (PETERSON & FRY, 1987; POST, 2002).

De acordo com Phillips (2001), a assinatura isotópica de um consumidor pode ser compreendida como uma mistura ponderada que reflete a relativa contribuição de diferentes itens da dieta, cuja proporção pode ser determinada por meio de modelos matemáticos de mistura. Esses modelos consistem uma série de equações lineares que conservam o balanço de massa para estimar a contribuição potencial das fontes em uma mistura (detalhes em PHILLIPS op. cit. e PHILLIPS & GREGG, 2003). Na literatura são registrados estudos que utilizaram, com êxito, os modelos de mistura

isotópica na descrição da composição da dieta de consumidores, como é o caso das pesquisas de Ben-David et al. (1997 a; b), Melville & Connolly (2003) e Caut et al. (2006).

A proposta do presente capítulo foi quantificar a composição dos isótopos ^{13}C e ^{15}N de espécies de peixes, consideradas de topo de cadeia alimentar, que habitam o ambiente pelágico localizado à frente das regiões Sudeste e Sul do Brasil, bem como, caracterizar, através de modelos de mistura isotópica, a rede trófica na qual essas espécies estão inseridas.

4.2. MATERIAL E MÉTODOS

4.2.1. Coleta dos dados

As amostras foram coletas em parceria com frota atuneira de Santos – SP. Estes barcos operam na costa Sudeste e Sul do Brasil, abrangendo a área compreendida entre 17 - 35° S e 27 - 52° O, além da plataforma continental (Figura 1). Segundo Arfelli et al. (1997) e Arfelli & Amorim (2000) esta frota utiliza o espinhel de superfície (monofilamento com atração por isca luminosa), direcionado à pesca do espadarte (*Xiphias gladius*), podendo pescar continuamente durante 15 a 20 dias.

Amostras do tecido muscular de *Xiphias gladius* (N = 5), *Thunnus obesus* (N = 2), *Thunnus alalunga* (N = 3), *Thunnus albacares* (N = 1), *Prionace glauca* (N = 2), *Alopias superciliosus* (N = 2) e *Isurus oxyrinchus* (N = 4) foram coletadas durante os meses de fevereiro a outubro de 2009, logo após o desembarque do pescado no Terminal Pesqueiro de Santos (TPS). Visando complementar a análise, amostras de presas representativas como: lulas Ommastrephidae, *Gempylus serpens*, *Trichiurus lepturus*, *Brama brama*, *Cubiceps* sp., e crustáceos Decapoda (Infraordem Caridea) foram obtidas diretamente do conteúdo estomacal dos peixes capturados.

Os fragmentos de tecido foram removidos da região caudal dos peixes (ou do manto, no caso das lulas) com auxílio de uma lâmina de bisturi, e em seguida etiquetados e congelados. Em laboratório, as amostras foram lavadas em água destilada e posteriormente liofilizadas por 48 horas em um

Liofilizador L101 – Liotop®. Os crustáceos foram liofilizados inteiros em grupos de aproximadamente cinco indivíduos.

4.2.2. Análise de isótopos estáveis

A análise de isótopos estáveis foi conduzida no Laboratório de Ecologia Isotópica vinculado ao Centro de Energia Nuclear na Agricultura (CENA) da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” (ESALQ – USP). Os valores de $\delta^{13}\text{C}$ e $\delta^{15}\text{N}$ de cada amostra foram determinados através da combustão de aproximadamente 1 ($\pm 0,04$) mg de tecido, realizada por um Analisador Elementar Carlo Erba NA 1500 conectado ao Espectrômetro de massas Finnigan Mat.

A abundância dos isótopos estáveis foi mensurada pela comparação da relação entre os dois isótopos ($^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ e $^{15}\text{N}/^{14}\text{N}$) com o padrão de referência internacional. O fracionamento é expresso de acordo com a notação convencional delta (δ) em partes por mil (‰), segundo a equação:

$$\delta X = \left[\frac{R_{amostra}}{R_{padrão}} - 1 \right] \times 10^3 \quad (1)$$

onde X é ^{13}C ou ^{15}N e R é a relação isotópica $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ ou $^{15}\text{N}/^{14}\text{N}$ (PETERSON & FRY, 1987). O padrão utilizado foi o *Pee Dee Belemnite* (PDB) para o carbono, e o nitrogênio atmosférico (N_2) para o nitrogênio.

4.2.3. Caracterização da rede trófica

A assinatura isotópica ($\delta^{13}\text{C}$ e $\delta^{15}\text{N}$) de cada espécie amostrada foi utilizada para a caracterização da rede trófica. A contribuição potencial das fontes na dieta de cada consumidor foi estimada por meio da resolução do sistema de equações lineares abaixo:

$$\begin{cases} f_a\delta_a + f_b\delta_b + f_c\delta_c + \dots + f_m\delta_m = \delta_M \\ f_a + f_b + f_c + \dots + f_m = 1 \end{cases} \quad (2)$$

onde f_a a f_m são as proporções de cada m item alimentar potencial na dieta do consumidor M . Os traços isotópicos de cada fonte são representados por δ_a , δ_b , δ_c e δ_m ; e δ_M corresponde à assinatura isotópica (mistura) do consumidor.

Os cálculos foram realizados com auxílio do software IsoSource (PHILLIPS & GREGG, 2003), seguindo os métodos de agregação indicados por Phillips et al. (2005).

4.2.4. Análise da Posição trófica

A posição trófica relativa das espécies em questão foi estimada usando a equação:

$$Posição\ trófica = \lambda + \frac{(\delta^{15}N_{consumidor} - \delta^{15}N_{base})}{\Delta_n} \quad (3)$$

onde λ é a posição trófica do organismo usado para estimar $\delta^{15}N_{base}$, Δ_n é o enriquecimento em ^{15}N por nível trófico, e $\delta^{15}N_{consumidor}$ é a medida direta da $\delta^{15}N$ para as espécies selecionadas no presente estudo (POST, 2002).

Ainda segundo o referido autor, a espécie usada como uma estimativa para $\delta^{15}N_{base}$ deve compartilhar do mesmo hábitat das espécies alvo, integrando a assinatura isotópica da rede trófica em um período suficientemente grande para minimizar os efeitos de pequenas variações temporais. Assim, a assinatura isotópica do peixe *Cubiceps* sp. foi usada para $\delta^{15}N$ base, tendo seu nível trófico assinalado como 3,0. Para todas as estimativas tróficas foi assumida a taxa de enriquecimento de $\delta^{15}N = 3,4$ (POST, 2002).

4.3. RESULTADOS

As médias e as faixas de variação dos valores isotópicos ($\delta^{13}C$ e $\delta^{15}N$) das espécies analisadas no presente estudo são exibidas na Tabela 1. Na figura 2 são apresentados os gráficos correspondentes à proporção das presas na dieta de *X. gladius*, *A. superciliosus*, *P. glauca*, *T. albacares*, *T. obesus* e *T. alalunga*. Os referidos gráficos são compostos pela média e desvio padrão de cada item alimentar potencial, inferidas através dos modelos de mistura isotópica. A resolução do sistema de equações correspondente a *I. oxyrinchus*

não obteve solução viável, impossibilitando assim, o acesso às fontes potenciais da dieta deste peixe.

Os cálculos indicam que a dieta de *X. gladius* é composta primariamente de cefalópodes mesopelágicos (lulas Ommastrephidae), seguidos de scombrídeos (principalmente *T. albacares*) e de outros peixes pelágicos de menor porte. Dentre os tubarões analisados, *A. superciliosus* compõe sua dieta principalmente de espécies de Scombridae (*T. albacares* e *T. alalunga*), diferentemente de *P. glauca*, cuja dieta é composta primariamente de peixes pelágicos de menor porte, seguidos das lulas Ommastrephidae.

Thunnus albacares e *T. obesus* apresentam padrões similares de composição da dieta. Ambas espécies de atum alimentam-se primariamente de pequenos peixes pelágicos, deixando outros grupos de presas em segundo plano. Importante destacar que crustáceos Decapoda (Caridea) apresentam importante contribuição na dieta de *T. albacares*, sendo responsáveis por aproximadamente 20% do total assimilado. *T. alalunga*, por sua vez, apresenta uma dieta baseada principalmente em lulas Ommastrephidae, seguida por pequenos organismos pelágicos (peixes e crustáceos).

A Figura 3 traz a representação gráfica da rede trófica envolvendo as espécies que habitam o ambiente pelágico localizado à frente das regiões Sudeste e Sul do Brasil (*X. gladius*, *A. superciliosus*, *P. glauca*, *T. albacares*, *T. obesus* e *T. alalunga*), bem como, os táxons correspondentes às presas mais representativas.

4.4. DISCUSSÃO

De acordo com os dados dos isótopos estáveis ^{13}C e ^{15}N registrados nos tecidos musculares de *X. gladius*, pode-se inferir que sua dieta é composta em grande parte por cefalópodes mesopelágicos (Ommastrephidae). A presença destes cefalópodes constitui-se em um fator comum entre pesquisas cujo objetivo é a análise do conteúdo estomacal deste peixe. Autores como Zavala-Camin (1981), Stillwell & Kohler (1985), Simões & Andrade (2000), Vaske-Júnior (2000), Ibáñez et al. (2004), Castillo et al. (2007) e Letelier et al.

(2009) registraram, no conteúdo gástrico do *X. gladius*, principalmente espécies pertencentes aos gêneros *Illex*, *Ommastrephes*, *Dosidicus* e *Todarodes* como táxons mais frequentes. Em análise a trabalhos desta natureza não foi encontrada menção alguma sobre a aparente importância de *Thunnus albacares* na alimentação de *X. gladius*, salvo a exceção de Letelier et al. (op. cit.), que em pesquisa sobre a alimentação do *X. gladius* capturado na costa chilena, cita a ocorrência de restos de peixes pertencentes ao gênero *Thunnus*.

A detecção da assimilação de presas mesopelágicas (lulas Ommastrephidae) (NESIS, 1987) e epipelágicas (*Thunnus albacares*) (FIGUEIREDO & MENEZES, 2000) corrobora o padrão de deslocamento vertical diário empreendido pelo *X. gladius* (CAREY & ROBISON, 1981; TAKAHASHI et al., 2003).

A concentração isotópica dos tecidos de *A. superciliosus* revelaram uma clara dominância alimentar por peixes teleósteos, concordando com estudos de Polo-Silva (2007) e Preti et al (2008), ambos realizados no Oceano Pacífico. Ainda segundo os referidos autores, as famílias mais representativas na dieta deste tubarão são: Paralepididae, Merluccidae e Sciaenidae. A preferência por estas famílias discorda dos resultados obtidos pelos modelos de mistura isotópica apresentados no presente estudo, onde os escombrídeos são responsáveis por mais de 80% das presas assimiladas. Assim, devido à ausência de um referencial sobre a composição alimentar e isotópica de *A. superciliosus* no Atlântico Sul, qualquer descrição conclusiva sobre este tema pode ser considerada, no mínimo, precoce.

Prionace glauca, por sua vez, alimenta-se principalmente de peixes teleósteos, completando sua dieta com cefalópodes Ommastrephidae. Este padrão corrobora os resultados obtidos por Bornatowski & Schwingel (2008) e Vaske-Junior et al. (2009). No entanto, o resultado da análise de 68 estômagos de *P. glauca* capturados em águas oceânicas no Sul do Brasil (VASKE-JUNIOR & RINCÓN-FILHO, 1998) indica uma dieta primariamente teutófaga, sendo a lula batipelágica *Chiroteuthis veranyi* o item alimentar mais frequente.

Segundo a análise isotópica, *T. albacares* é assinalada como item alimentar de todos os predadores de topo observados no presente estudo. Seus

tecidos revelam que o atum em questão alimenta-se principalmente de teleósteos pelágicos de menor porte, concordando com informações de Zavala-Camin (1981), Vaske-Júnior (2000), Vaske-Júnior et al. (2003) e Satoh et al. (2004). A assimilação destes peixes, principalmente de espécimes de Bramidae e Trichiuridae, reforça a tese de que *T. albacares* preda em concentrações monoespecíficas de presas que habitam os estratos mais superficiais da coluna d'água (DRAGOVICH & POTTHOFF, 1972, BARD et al., 2002). De forma similar, a assinatura isotópica indicou que *T. obesus* alimenta-se primariamente de peixes pelágicos, deixando os cefalópodes como presas secundárias. Em análise de 44 estômagos de *T. obesus*, Vaske-Júnior (2000), registraram que os teleósteos em geral são responsáveis por mais de 86% do total das presas ingeridas por este atum. Liming et al. (2005), após análise de 272 estômagos de *T. obesus* capturados no Atlântico Central, caracterizam os peixes pelágicos como suas presas principais, sendo responsáveis por aproximadamente 50% do total ingerido. Ainda, segundo os referidos autores, os moluscos cefalópodes apresentam um caráter secundário na dieta de *T. obesus*, correspondendo a aproximadamente 30% das presas.

Dentre os atuns analisados, *T. alalunga* apresentou composição alimentar diferenciada, sendo os cefalópodes mesopelágicos responsáveis por mais de 80% do total incorporado à biomassa. Esta tendência à teutofagia corrobora os resultados de Zavala-Camin (1981), que em análise de 741 estômagos de *T. alalunga*, registrou a preferência pelo item moluscos (59,9%), seguido de peixes e crustáceos. Entretanto, os dados de Sabatié et al. (2003) e Satoh et al. (2004) discordam deste padrão, onde, segundo estes autores, *T. alalunga* alimenta-se principalmente de crustáceos e peixes teleósteos respectivamente.

As divergências entre os resultados dos modelos de mistura isotópica e da análise do conteúdo estomacal podem ser relacionadas às particularidades de cada metodologia. Segundo Schindler & Lubetkin (2004), a utilização de isótopos estáveis permite rastrear os destinos de diferentes fontes de energia e materiais através das redes tróficas, tornando-se poderosos complementos à análise dos restos alimentares. Apesar de ser mais precisa na determinação das espécies predadas, a avaliação do conteúdo gástrico fornece uma visão estreita do hábito alimentar dos consumidores, uma vez que esta metodologia

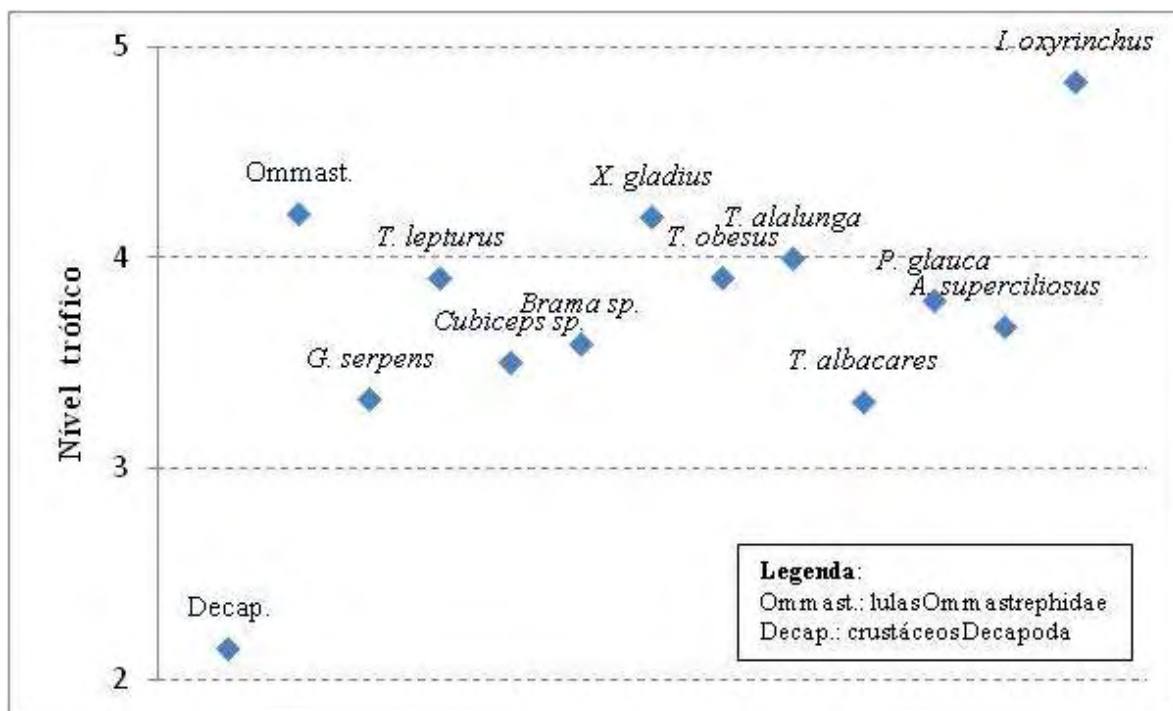
analisa informações acumuladas em pequenas escalas temporais (ESTRADA et al., 2005; KOJADINOVIC et al., 2008). De acordo com Ménard et al. (2007), pesquisas que pretendem utilizar isótopos estáveis para avaliar as relações tróficas em comunidades naturais, devem considerar variações intra-específicas na concentração destes átomos, principalmente relacionadas ao tamanho corporal dos organismos, e à região onde estes habitam.

Assim, a utilização, de forma conjunta, das informações extraídas tanto do conteúdo estomacal dos predadores, quanto das análises isotópicas de seus tecidos, apresenta-se como um importante passo em direção ao completo conhecimento das relações ecológicas que compõem a rede trófica pelágica das regiões Sudeste e Sul do Brasil.

Outro aspecto importante a ser abordado foi a dificuldade de definir ou estimar a posição trófica dos peixes pelágicos em questão. Como se pode prever, o método utilizado para caracterizar a assinatura isotópica de diversas espécies estudadas tem como objetivo situá-las nesse aspecto e, como consequência, estimar a relação que apresentam umas em relação às outras.

Esse propósito, entretanto, nem sempre é possível de ser alcançado quando os dados obtidos não são completos ou plenamente confiáveis. O quadro abaixo traz o posicionamento de diversas espécies estudadas neste trabalho. Pode-se verificar que o mesmo pode gerar dúvidas e que por essa razão não foi apresentado em resultados. Pode-se observar que o peixe *Brama brama*, por exemplo, ocupa um nível superior em relação a um provável predador seu que é o *T. albacares*. Diversos motivos podem causar tal situação. No caso específico dos dados obtidos, a espécie *Thunnus albacares* foi analisada com material proveniente de apenas um exemplar, devido à deterioração de outras amostras antes da análise. Isto impedia o uso de ao menos uma réplica. Sua assinatura em termos $\delta^{15}\text{N}$, a colocou em um nível abaixo de diversas espécies que teoricamente constituiriam sua dieta.

A espécie de cefalópode Ommastrephidae posicionou-se em um nível acima de diversos peixes, que teoricamente a consomem como alimento (vide capítulos anteriores). Entretanto, exemplares dessa lula pelágica eram de grande porte, e isso pode também influenciar em seu posicionamento, pois dependendo da classe de tamanho em que estejam podem assumir posições distintas na rede trófica.



Uma possibilidade importante para um estudo desse tipo deveria ser baseada também em organismos que ocupassem níveis mais básicos nessa rede trófica. Como exemplo de complemento, poderia ser o caso de analisar algumas sardinhas, que são considerados peixes pelágicos que ocupam níveis bastante básicos nessa rede, visto que são consumidoras de plâncton.

Como pode ser observado, diversos dados estão ausentes de uma possível fonte para estabelecer os níveis tróficos esperados, devido ao fato de não terem sido objeto do estudo até o momento e algumas informações, deste modo, podem faltar para o estabelecimento mais definitivo das posições destes peixes nessa teia que poderá ser mais definida quando diversos elos forem estabelecidos.

Na falta desses dados, a contribuição que pode ser fornecida até o momento foi mais oportuna baseando características de organismos encontrados no conteúdo estomacal dos peixes estudados, assim como as características obtidas com base na análise dos tecidos dos próprios exemplares dessas espécies.

4.5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMORIM, A. F.; ARFELLI, C. A.; ANTERO-SILVA, J. N.; FAGUNDES, L.; COSTA, F. E. S.; ASSUMPÇÃO, R. Blue Marlin (*Makaira nigricans*) and White Marlin (*Tetrapturus albidus*) caught off the Brazilian Coast. **ICCAT Col. Vol. Sci. Pap.**, v. 47, p. 163-184, 1998.

ARFELLI, C. A.; AMORIM, A. F. Analylis of Santos (SP) longliners from soulthern Brazil (1997-99). **ICCAT Col. Vol. Sci. Pap.**, v. 51, n. 4, p. 1359-1366, 2000.

ARFELLI, C. A.; AMORIM, A. F.; FAGUNDES, L. **Sharks and other species composition in the yield of regular and shallow longliners from Santos, São Paulo (1971-95)**. Resumo: I Reunião da Sociedade Brasileira para o Estudo de Elasmobrânquios (SBEEL). Ilhéus, BA. p. 53-56, 1997.

BARD, F. X.; KOUAMÉ, B.; HERVÉ, A. Schools of large yellowfin (*Thunnus albacares*) concentrated by foraging on a monospecific layer of *Cubiceps pauciradiatus*, observed in the eastern tropical Atlantic. **ICCAT Col. Vol. Sci. Pap.**, v. 54, p. 33-41, 2002.

BEN-DAVID, M.; FLYNN, R. W.; SCHELL, D. M. Annual and seasonal changes in diets of martens: evidence from stable isotope analysis. **Oecologia**, v. 111, p. 280-291, 1997 a.

BEN-DAVID, M.; HANLEY, T. A.; KLEIN, D. R.; SCHELL, D. M. Seasonal changes in diets of coastal and riverine mink: the role of spawning Pacific salmon. **Can. J. Zool.**, v. 75, p. 803-811, 1997 b.

BORNATOWSKI, H.; SCHWINGEL, P. R. Alimentação e reprodução do tubarão-azul, *Prionace glauca* (Linnaeus, 1758), capturado na costa Sudeste e Sul do Brasil. **Arq. Ciên. Mar**, v. 41, n. 1, p. 98-103, 2008.

CAREY, F. G.; ROBISON, B. H. Daily patterns in the activities of swordfish, *Xiphias gladius*, observed by acoustic telemetry. **Fish. Bull.**, v. 79, n. 2, p. 277-292, 1981.

CASTILLO, K.; IBÁÑEZ, C. M.; GONZÁLEZ, C.; CHONG, J. Dieta del pez espada *Xiphias gladius* Linnaeus, 1758 en distintas zonas de pesca frente a Chile central durante el otoño de 2004. **Rev. Biol. Mar. Oceanogr.**, v. 42, n. 2, p. 149-156, 2007.

CAUT, S.; ROEMER, G. W.; DONLAN, C. J.; COURCHAMP, F. Coupling stable isotopes with bioenergetics to estimate interspecific interactions. **Ecol. Appl.**, v. 16, n. 5, p. 1893-1900, 2006.

DRAGOVICH, A.; POTTHOFF, T. Comparative study of food of skipjack and yellowfin tuna off the coast of West Africa. **Fish. Bull.**, v. 70, p. 1087-1110, 1972.

ESTRADA, J. A.; LUTCAVAGE, M. E.; THORROLD, S. R. Diet and trophic position of Atlantic bluefin tuna (*Thunnus thynnus*) inferred from stable carbon and nitrogen isotope analysis. **Mar. Biol.**, vol. 147, p. 37-45, 2005.

FIGUEIREDO, J. L.; MENEZES, N. A. **Manual de peixes marinhos do Sudeste do Brasil. VI. Teleostei (5)**. São Paulo: Museu de Zoologia da Universidade de São Paulo, 2000. 116 p.

HILDERBRAND, G. V.; FARLEY, S. D.; ROBBINS, C. T.; HANLEY, T. A.; TITUS, K.; SERVHEEN, C. Use of stable isotopes to determine diets of living and extinct bears. **Can. J. Zool.**, v. 74, p. 2080-2088, 1996.

IBAÑEZ, C. M.; GONZÁLEZ, C.; CUBILLOS, L. Dieta del pez espada *Xiphias gladius* Linnaeus, 1758, em águas oceánicas de Chile central en invierno de 2003. **Invest. Mar.**, v. 32, n. 2, p. 113-120, 2004.

KOJADINOVIC, J.; MÉNARD, F.; BUSTAMANTE, P.; COSSON, R. P.; LE CORRE, M. Trophic ecology of marine birds and pelagic fishes from Reunion Island as determined by stable isotope analysis. **Mar. Ecol. Prog. Ser.**, vol. 361, p. 239-251, 2008.

LETELIER, S.; MELÉNDEZ, R.; CARREÑO, S.; LOPEZ, S.; BARRIA, P. Alimentación y relaciones tróficas del pez espada (*Xiphias gladius* Linnaeus, 1758), frente a Chile centro-norte durante 2005. **Lat. Am. J. Aquat. Res.**, v. 37, n. 1, p. 107-119, 2009.

LIMING, S.; LIUXIONG, X.; XINJUN, C. Preliminary analysis of the biological characteristics of bigeye tuna (*Thunnus obesus*) sampled from china tuna longlining fleet in Central Atlantic Ocean. **ICCAT Col. Vol. Sci. Pap.**, v. 58, n. 1, p. 292-296, 2005.

MELVILLE, A. J.; CONNOLLY, R. M. Spatial analysis of stable isotope data determine primary sources of nutrition for fish. **Oecologia**, v. 136, p. 499-507, 2003.

MÉNARD, F.; LORRAIN, A.; POTIER, M.; MARSAC, F. Isotopic evidence of distinct feeding ecologies and movement patterns in two migratory predators (yellowfin tuna and swordfish) of the western Indian Ocean. **Mar. Biol.**, vol. 153, p. 141-152, 2007.

NESIS, K. **Cephalopods of the world. Squids, cuttlefishes, and allies.** T.F.H. Publications Inc. Ltd., 1987. 351 p.

PETERSON, B. J.; FRY, B. Stable isotopes in ecosystem studies. **Annu. Rev. Ecol. Syst.**, v. 18, p. 293-320, 1987.

POST, D. M. Using stable isotopes to estimate trophic position: models, methods, and assumptions. **Ecology**, v. 83, n. 3, p. 703-718, 2002.

PRETI, A.; KOHIN, S.; DEWAR, H.; RAMON, D. A. Feeding habits of the bigeye thresher shark (*Alopias superciliosus*) sampled from the California based drift gillnet fishery. **Calif. Coop. Oceanic. Fish. Invest. Rep.**, v. 49, p. 202-211, 2008.

PHILLIPS, D. L. Mixing models in analyses of diet using multiple stable isotopes: a critique. **Oecologia**, v. 127, p. 166-170, 2001.

PHILLIPS, D. L.; GREGG, J. W. Source partitioning using stable isotopes: coping with too many sources. **Oecologia**, v. 136, p. 261-269, 2003.

PHILLIPS, D. L.; NEWSOME, S. D.; GREGG, J. W. Combining sources in stable isotope mixing models: alternative methods. **Oecologia**, v. 144, p. 520-527, 2005.

PIMM, S. L. **Food webs**. Chapman and Hall, London, 1982. 219 p.

POLO-SILVA, C.; BAIGORRÍ-SANTACRUZ, Á.; GALVAN-MAGAÑA, F.; GRIJALBA-BENDECK, M.; SANJUAN-MUÑOZ, A. Hábitos alimentarios del tiburón zorro *Alopias superciliosus* (Lowe, 1839), en el Pacífico ecuatoriano. **Rev. Biol. Mar. Oceanogr.**, v. 42, n. 1, p. 59-69, 2007.

POST, D. M. Using stable isotopes to estimate trophic position: models, methods, and assumptions. **Ecology**, v. 83, p. 703-718, 2002.

SABATIÉ, R.; POTIER, M.; BROUDIN, C.; SERET, B.; MÉNARD, F.; MARSAC, F. Preliminary analysis of some pelagic fish diet in the Eastern Central Atlantic. **ICCAT Col. Vol. Sci. Pap.**, v. 55, n. 1, p. 292-302, 2003.

SATOH, K.; YOKAWA, K.; SAITO, H.; MATSUNAGA, H.; OKAMOTO, H.; UOZUMI, Y. Preliminary stomach contents analysis of pelagic fish collected by Shoyo-Maru 2002 research cruise in the Atlantic Ocean. **ICCAT Col. Vol. Sci. Pap.**, v. 53, n. 3, p. 1096-1114, 2004.

SCHINDLER, D. E.; LUBETKIN, S. C. Using Stable Isotopes to quantify material transport in food webs. In: **Food webs at the landscape level**. (G. A. Polis; M. E. Power; G. R. Huxel. Eds.). Chicago and London: The University of Chicago Press, p. 25-42, 2004.

SIMÕES, P. R.; ANDRADE, J. P. Feeding dynamics of swordfish (*Xiphias gladius*) in Azores area. **ICCAT Col. Vol. Sci. Pap.**, v. 51, n. 5, p. 1642-1656, 2000.

STILLWELL, C. E.; KOHLER, N. E. Food and feeding ecology of the swordfish *Xiphias gladius* in the western North Atlantic Ocean with estimates of daily ration. **Mar. Ecol. Prog. Ser.**, v. 22, p. 239-247, 1985.

TAKAHASHI M.; OKAMURA, H.; YOKAWA, K.; OKAZAKI, M. Swimming behaviour and migration of a swordfish recorded by an archival tag. **Marine and Freshwater Research**, v. 54, n. 4, p. 527-534, 2003.

VASKE-JÚNIOR, T.; RINCÓN-FILHO, G. Conteúdo estomacal dos tubarões azul (*Prionace glauca*) e anequim (*Isurus oxyrinchus*) em águas oceânicas no Sul do Brasil. **Rev. Brasil. Biol.**, v. 58, n. 3, p. 443-450, 1998.

VASKE-JÚNIOR, T. **Relações tróficas dos grandes peixes pelágicos da região Equatorial Sudoeste do Oceano Atlântico**. 2000. Tese (Doutorado em Oceanografia Biológica) – Fundação Universidade Federal do Rio Grande, Rio Grande, 2000. 145 p.

VASKE-JÚNIOR, T.; VOOREN, C. M.; LESSA, R. P. Feeding strategy of yellowfin tuna (*Thunnus albacares*), and wahoo (*Acanthocybium solandri*) in Saint Peter and Saint Paul Archipelago, Brazil. **B. Inst. Pesca**, vol. 29, n. 2, p. 173-181, 2003.

VASKE-JUNIOR, T.; LESSA, R. P.; GADIG, O. B. F. Feeding habitats of the blue shark (*Prionace glauca*) off the coast of Brazil. **Biota Neotrop.**, v. 9, n. 3, p. 55-60, 2009.

ZAVALA-CAMIN, L. A. Hábitos alimentares e distribuição dos atuns e afins (Osteichthyes – Teleostei) e suas relações ecológicas com outras espécies pelágicas das regiões Sudeste e Sul do Brasil. 1981. Tese (Doutorado em Zoologia) – Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1981. 237 p.

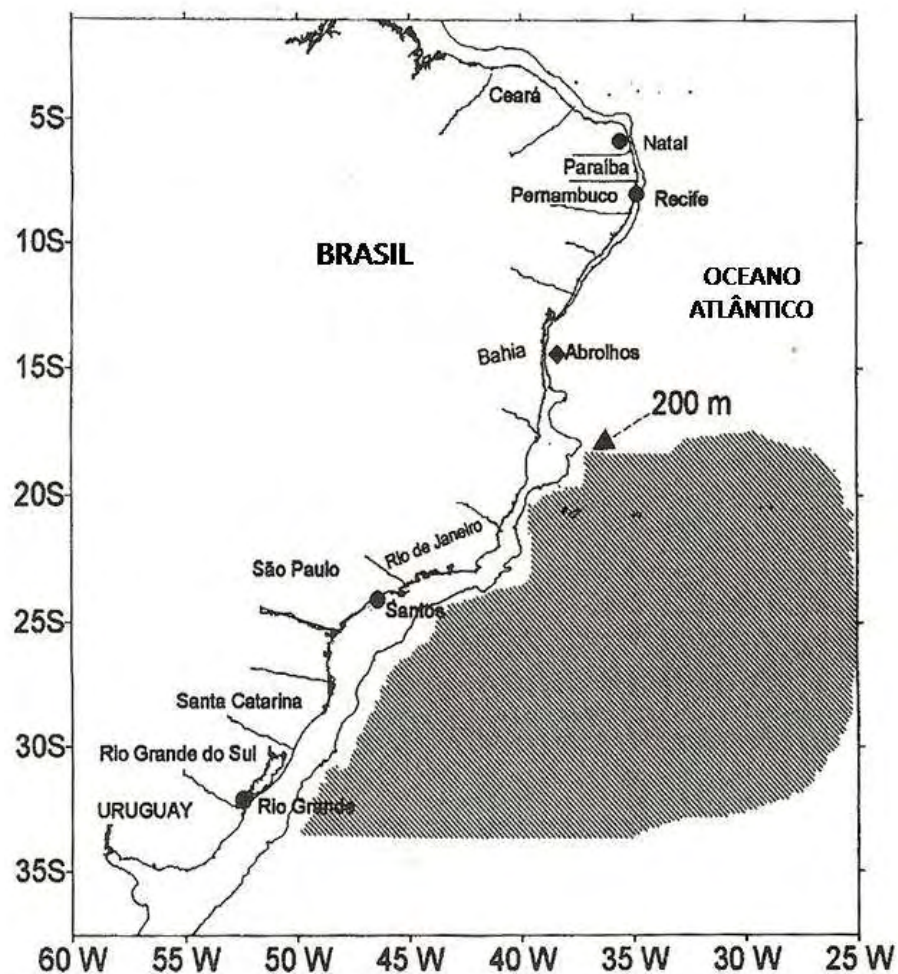


Figura 1. Área de pesca da frota atuneira de Santos – SP (adaptado de AMORIM et al., 1998).

Tabela 1. Média e desvio padrão dos valores isotópicos de $\delta^{13}\text{C}$ e $\delta^{15}\text{N}$ das espécies selecionadas. **N**: número de amostras; **DP**: desvio padrão.

Amostras	N	$\delta^{13}\text{C}$ (‰)		$\delta^{15}\text{N}$ (‰)	
		Média (DP)	Variação	Média	Variação
<i>Xiphias gladius</i>	4	-18,8 (0,6)	-19,4 a -18,0	12,8 (1,1)	12,1 a 14,4
<i>Thunnus obesus</i>	2	-18,6 (1,7)	-19,8 a -17,4	11,9 (1,2)	11,0 a 12,7
<i>Thunnus alalunga</i>	3	-18,2 (0,3)	-18,4 a -17,9	12,2 (0,8)	11,4 a 13,0
<i>Thunnus albacares</i>	1	-16,7	-	9,9	-
<i>Isurus oxyrinchus</i>	4	-16,7 (0,2)	-16,9 a -16,4	15,0 (1,1)	13,7 a 16,1
<i>Alopias superciliosus</i>	2	-16,8 (0,1)	-16,9 a -16,7	11,1 (2,3)	9,5 a 12,7
<i>Prionace glauca</i>	2	-18,4 (0,2)	-18,5 a -18,2	11,5 (1,4)	10,5 a 12,5
<i>Gempylus serpens</i>	1	-19,3	-	9,9	-
<i>Trichiurus lepturus</i>	1	-18,5	-	11,9	-
<i>Brama brama</i>	2	-19,4 (0,01)	-	10,8 (2,8)	8,8 a 12,8
<i>Cubiceps</i> sp.	1	-19,4	-	10,5	-
Lula Ommastrephidae	4	-19,7 (1,4)	-20,8 a -18,1	12,9 (1,1)	12,1 a 14,5
Crustáceo Decapoda	*	-20,7	-	5,9	-

*, Os crustáceos foram analisados em grupos de cinco indivíduos.

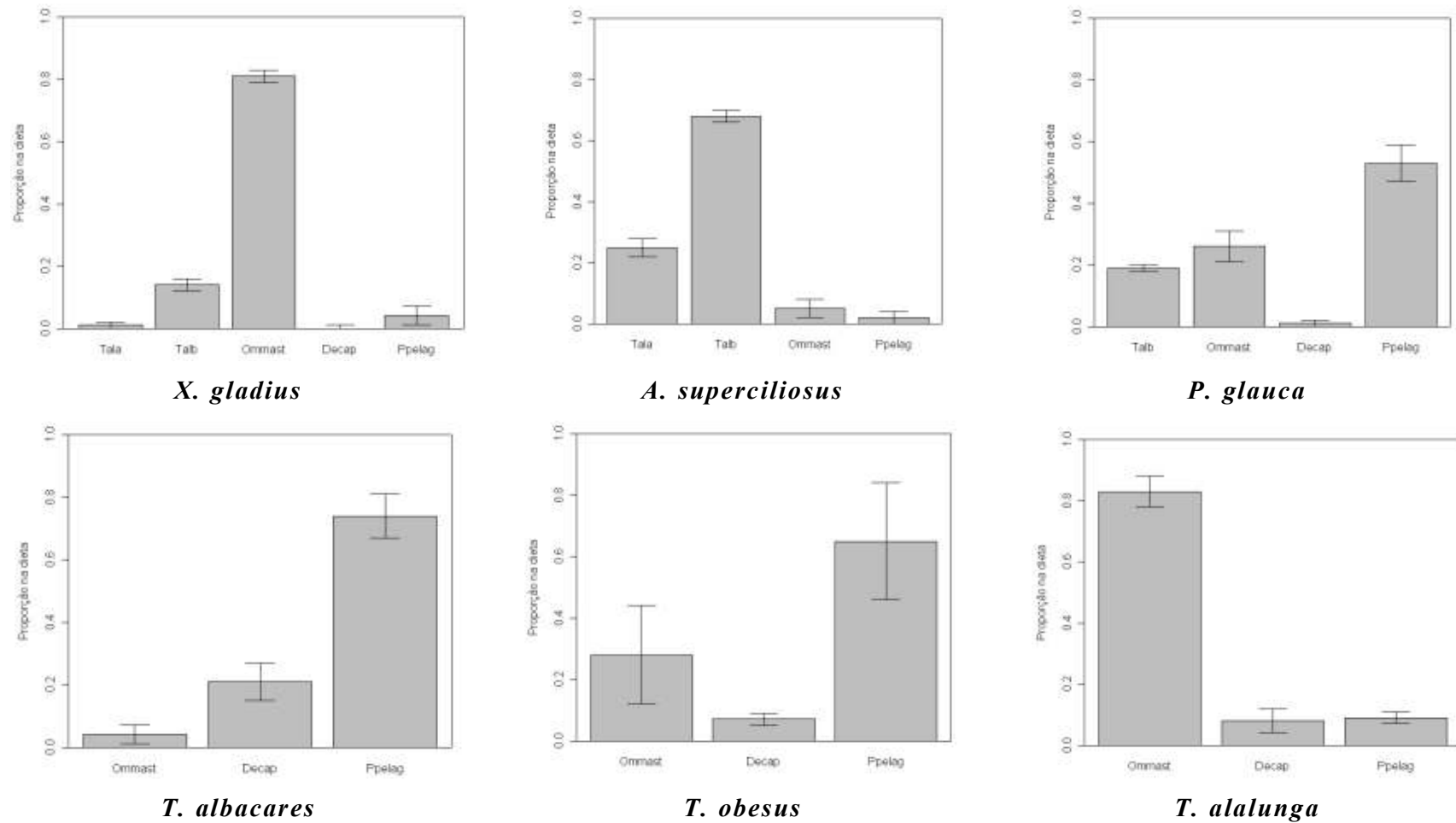


Figura 2. Média e desvio padrão da proporção das presas na dieta de *Xiphias gladius*, *Alopias superciliosus*, *Prionace glauca*, *Thunnus albacares*, *Thunnus obesus* e *Thunnus alalunga* inferidas segundo modelos de mistura isotópica ($\delta^{13}\text{C}$ e $\delta^{15}\text{N}$). **Tala:** *T. alalunga*, **Talb:** *T. albacares*, **Ommast:** lulas Ommastrephidae, **Decap:** crustáceos Decapoda, **Ppela:** peixes pelágicos.

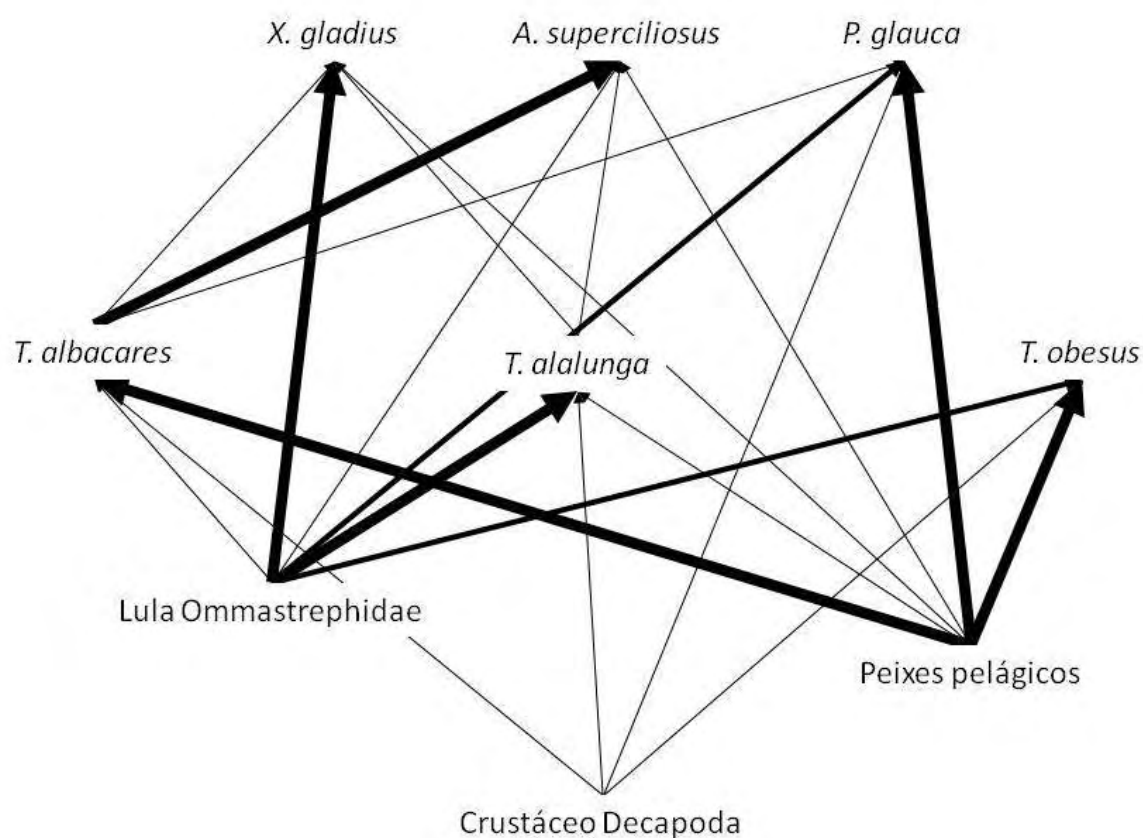


Figura 3. Representação gráfica da rede trófica envolvendo espécies que vivem no ambiente pelágico localizado à frente das regiões Sudeste e Sul do Brasil. A linha mais fina representa uma contribuição inferior a 25% na fonte alimentar dos consumidores; linhas de espessura média indicam contribuição de 25 a 50% da dieta; e as linhas mais grossas representam mais que 50% da dieta.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Nesta seção são apresentadas algumas reflexões consideradas importantes para a discussão sobre o conhecimento das relações tróficas das espécies de peixes pelágicos que habitam o Oceano Atlântico Sudoeste, bem como, para a consolidação de novas estratégias de conservação e manejo das mesmas. Esta tese não será finalizada com conclusões gerais, uma vez que cada capítulo apresenta suas discussões e os contingenciamentos de cada tema abordado.

5.1. Composição alimentar das espécies estudadas

Os resultados obtidos por meio das análises do conteúdo estomacal e da concentração de isótopos estáveis (^{13}C e ^{15}N) permitem elaborar as seguintes proposições:

(1) *Isurus oxyrinchus* concentra sua alimentação primariamente em peixes teleósteos (sobretudo em espécies de Gempylidae, Scombridae e Trichiuridae), e secundariamente em moluscos cefalópodes da ordem Teuthida (principalmente lulas pelágicas);

(2) Similarmente, *Alopias superciliosus* concentra sua alimentação em peixes teleósteos (principalmente Scombridae e Trichiuridae), predando secundariamente moluscos cefalópodes em geral;

(3) *Xiphias gladius* alimenta-se primariamente de lulas Ommastrephidae, deixando peixes teleósteos (principalmente Bramidae, Gempylidae e Scombridae) como presas secundárias;

(4) O grupo formado por crustáceos (Decapoda) pode ser considerado um item alimentar acidental para as três espécies de predador citadas anteriormente;

(5) *Thunnus albacares* alimenta-se primariamente de peixes teleósteos seguidos de moluscos Teuthida. Dentre os peixes, destaque para as espécies *Brama brama*, *Chaetodipterus faber*, *Sphoeroides tyleri*, e para a família Trichiuridae em geral;

(6) *Thunnus obesus* caracteriza-se por apresentar uma dieta menos diversa que os demais atuns, predando primariamente teleósteos (Gempylidae), deixando em segundo plano as lulas pelágicas;

(7) *Thunnus alalunga*, por sua vez, compõe sua dieta primariamente de moluscos Teuthida e secundariamente de peixes teleósteos. Dentre os peixes, destaque para *Brama brama*, *Antigonia cepros*, *Scomber colias*, *Prionotus* sp., Merlucidae e Trichiuridae de maneira geral;

(8) A análise isotópica revelou que tanto *T. albacares* quanto *T. alalunga* são presas importantes para os predadores de topo, *X. gladius*, *A. superciliosus* e *P. glauca*.

5.2. O advento de estratégias alternativas de conservação para espécies pelágicas capturadas no Atlântico Sudoeste

O conhecimento da dieta de peixes pelágicos explorados comercialmente, como é o caso dos atuns, dos grandes tubarões, e dos peixes de bico em geral, podem tornar-se ferramentas essenciais na elaboração de estratégias alternativas de conservação destas espécies. Estas informações permitem a elaboração de táticas de conservação baseadas nos níveis tróficos inferiores, que, devido ao papel fundamental que desempenham na rede trófica do ambiente em questão, podem trazer resultados positivos para a manutenção das espécies de topo.

Portanto, o desenvolvimento de novas pesquisas envolvendo os diversos níveis da rede trófica do ecossistema pelágico brasileiro é essencial para o embasamento de processos decisórios relacionados à conservação das espécies que ali vivem, como por exemplo, nas avaliações e monitoramento dos estoques pesqueiros, bem como, nas tomadas de decisão sobre o manejo das pescarias que as exploram.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMORIM, A. F.; ARFELLI, C. A.; BACILIERI, S. Shark data from Santos longliners fishery off Southern Brazil (1971-2000). **ICCAT Col. Vol. Sci. Pap.**, vol. 54, n. 4, p. 1341-1348, 2002.

ARFELLI, C. A. **Estudo da Pesca e Aspectos da Dinâmica Populacional de Espadarte, *Xiphias gladius* L. 1758, no Atlântico Sul**. 1996. Tese (Doutorado em Zoologia) – Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 1996. 175 p.

ARFELLI, C. A.; AMORIM, A. F. Description of the Brazilian swordfish fishery, in Santos. **ICCAT Col. Vol. Sci. Pap.**, vol. 27, p. 315-317, 1988.

ARFELLI, C. A.; AMORIM, A. F. Analylis of Santos (SP) longliners from souldthern Brazil (1997-99). **ICCAT Col. Vol. Sci. Pap.**, vol. 51, n. 4, p. 1359-1366, 2000.

BARROS, A. C.; FONSECA, J. B. C. Análise das pescarias de atuns e espécies correlatas no Atlântico tropical no ano de 1963. **Bol. Inst. Pesca**, vol. 5, n. 2, p. 23-32, 1965.

BAUM, J. K.; MYERS, R. A.; KEHLER, D. G.; WORK, B.; HARLEY, S. J.; DOHERTY, P. A. Collapse and conservation of shark populations in the Northwest Atlantic. **Science**, vol. 299, p. 89-392, 2003.

CORTÉS, E. A critical review of methods of studying fish feeding based on analysis of stomach contents: application to elasmobranch fishes. **Can. J. Fish. Aquat. Sci.**, vol. 54, p. 726-738, 1997.

CRAMER, J. Pelagic Longline Bycatch. **ICCAT Col. Vol. Sci. Pap.**, vol. 51, n. 6, p. 1895-1929, 2000.

ESTRADA, J. A.; RICE, A. N.; LUTCAVAGE, M. E.; SKOMAL, G. B. Predicting trophic position in sharks of the north-west Atlantic Ocean using stable isotope analysis. **J. Mar. Biol. Assoc. U.K.**, vol. 83, p. 1347-1350, 2003.

ESTRADA, J. A.; LUTCAVAGE, M. E.; THORROLD, S. R. Diet and trophic position of Atlantic bluefin tuna (*Thunnus thynnus*) inferred from stable carbon and nitrogen isotope analysis. **Mar. Biol.**, vol. 147, p. 37-45, 2005.

ESTRADA, J. A.; RICE, A. N.; NATANSON, L. J.; SKOMAL, G. B. Use of isotopic analysis of vertebrae in reconstructing ontogenetic feeding ecology in white sharks. **Ecology**, vol. 87, n. 4, p. 829-834, 2006.

GASALLA, M. A.; SOARES, L. S. H. Comentários sobre os estudos tróficos de peixes marinhos no processo histórico da ciência pesqueira e modelagem ecológica. **Bol. Inst. Pesca**, vol. 27, n. 2, p. 243-259, 2001.

HAHN, N. S.; JUNIOR, A. M.; FUGI, R.; AGOSTINHO, A. A. Aspectos da alimentação do armado, *Pterodoras granulosus* (Ostariophysi, Doradidae) em ambientes distintos do alto do Rio Paraná. **Rev. Unimar**, vol. 14, p. 163-176, 1992.

HAZIN, F. H. V.; COUTO, A. A.; KIHARA, K.; OTSUKA, K.; ISHINO, M. Distribution and relative abundance of pelagic sharks in the southwestern equatorial Atlantic Ocean. **J. Tokyo Univ. Fish.**, vol. 77, n. 1, p. 51-64, 1990.

HAZIN, F. H. N.; CHAMMAS, M. A.; KIHARA, K.; OTSUKA, K.; ISHINO, M. Stomach contents of the blue shark, *Prionace glauca*, in the southwestern equatorial Atlantic. In: **V Reunião do grupo de Trabalho sobre Pesca e Pesquisa Pesqueira de Tubarões e Raias no Brasil**, Santos, 1991.

HAZIN, F. H. N.; LESSA, R. P. T.; CHAMMAS, M. First observations on stomach contents of the blue shark, *Prinace glauca*, from southwestern equatorial Atlantic. **Rev. Brasil. Biol.**, vol. 54, n. 2, p. 195-198, 1994.

HINKE, J. T.; KAPLAN, I. C.; AYDIN, K.; WATTERS, G. M.; OLSON, R. J.; KITCHELL, J. F. Visualizing the food-web effects of fishing for tunas in the Pacific Ocean. **Ecology and Society**, vol. 9, n. 1, 10 p., 2004.

HYSLOP, E. J. Stomach contents analysis: a review of methods and their application. **J. Fish. Biol.**, v. 17, p. 411-429, 1980.

KERR, L. A.; ANDREWS, A. H.; CAILLIET, G. M.; BROWN, T. A.; COALE, K. H. Investigations of $\Delta^{14}\text{C}$, $\delta^{13}\text{C}$, and $\delta^{15}\text{N}$ in vertebrae of white shark (*Carcharodon carcharias*) from the eastern North Pacific Ocean. **Environ. Biol. Fish.**, vol. 77, p. 337-353, 2006.

KOJADINOVIC, J.; MÉNARD, F.; BUSTAMANTE, P.; COSSON, R. P.; LE CORRE, M. Trophic ecology of marine birds and pelagic fishes from Reunion Island as determined by stable isotope analysis. **Mar. Ecol. Prog. Ser.**, vol. 361, p. 239-251, 2008.

LIMA, F. R.; WISE, J. P. Primeiro estudo da abundância e distribuição da albacora laje e albacora branca na região ocidental do Oceano Atlântico Tropical (1957-1961). **Bol. Inst. Pesca**, vol. 2, n. 10, p. 12-17, 1962.

LONGHURST, A. R.; PAULY, D. **Ecology of tropical oceans**. ICLARM, Academic Press Inc. N. 389, 1987. 407 p.

MACNEIL, M. A.; SKOMAL, G. B.; FISK, A. T. Stable isotopes from multiple tissues reveal diet switching in sharks. **Mar. Ecol. Prog. Ser.**, vol. 302, p. 199-206, 2005.

MANN, K. H. Physical oceanography, food chains, and fish stocks: a review. **ICES J. Mar. Sci.**, vol. 50, p. 105-119, 1993.

MELLO, R. M. **Análise dos conteúdos estomacais, intensidade de alimentação, idade e crescimento do espadarte *Xiphias gladius* (Xiphiidae), no Sul do Brasil.** 1992. Dissertação (Mestrado em Oceanografia Biológica) – Fundação Universidade Federal do Rio Grande, Rio Grande, 1992. 105p.

MÉNARD, F.; LORRAIN, A.; POTIER, M.; MARSAC, F. Isotopic evidence of distinct feeding ecologies and movement patterns in two migratory predators (yellowfin tuna and swordfish) of the western Indian Ocean. **Mar. Biol.**, vol. 153, p. 141-152, 2007.

MENESES DE LIMA, J. H.; KOTAS, J. E.; LIN, C. F. A historical review of the brazilian logline fishery and catch of swordfish (1972-1997). **ICCAT Col. Vol. Sci. Pap.**, vol. 51, n. 4, p. 1329-1357, 2000.

MORAES, M. N. Development of the tuna fishery of Brazil and preliminary analysis of the first three years data. **Arq. Est. Biol. Mar. Univ. Ceará**, vol. 2, n. 2, p. 35-57, 1962.

MIYAKE, M. P.; MIYABE, N.; NAKANO, H. Historical trends of tuna catches in the world. **FAO Fisheries Technical Paper**, n. 467, p. 1-74, 2004.

MORAIS, S. B. Uma pescaria do atuneiro “Kaiko Maru 12”. **Bol. Inst. Pesca**, vol. 3, n. 5, p. 15-18, 1963.

MYERS, R. A.; WORM, B. Rapid worldwide depletion of predatory fish communities. **Nature**, vol. 423, p. 280-283, 2003.

PAIVA, M. P. Datos recientes sobre la investigación y la pesquería de tunídeos y especies afines en Brasil. **ICCAT Biennial Reports (1974-1975)**, p. 167-171, 1975.

PAIVA, M. P.; LE GALL, J. Y. Catches of tunas and tuna-like fishes in the longline fishery areas off the coast of Brazil. **Arq. Ciên. Mar**, vol. 15, n. 1, p. 1-18, 1975.

PAULINO, C. D.; TURKMAN, M. A. A.; MURTEIRA, B. **Estatística Bayesiana**. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 2003. 446 p.

PIMENTA, E. G.; LIMA, G.; CORDEIRO, C. J.; TARDELLI, M.; AMORIM, A. F. Reproduction and stomach content analysis of sailfish, *Istiophorus platypterus*, off Rio de Janeiro State, RJ, Brazil. **ICCAT Col. Vol. Sci. Pap.**, vol. 58, n. 5, p. 1589-1596, 2005.

PIMENTA, E. G.; MARQUES, F. R.; LIMA, G. S.; AMORIM, A. F. Marlin project: tag & release, biometrics and stomach content of billfish in Cabo Frio City, Rio de Janeiro, Brazil. **ICCAT Col. Vol. Sci. Pap.**, vol. 53, p. 371-375, 2001.

PINKAS, L.; OLIPHANT, M. S.; IVERSON, I. L. K. Food habitats of albacore, bluefin tuna, and bonito in California waters. **Fish. Bull.**, vol. 152, p. 1-139, 1971.

SCHINDLER, D. E.; ESSINGTON, T. E.; KITCHELL, J. F.; BOGGS, C.; HILBORN, R. Sharks and tunas: fisheries impacts on predators with contrasting life histories. **Ecological Applications**, vol. 12, p.735-748, 2002.

SCHINDLER, D. E.; LUBETKIN, S. C. Using Stable Isotopes to quantify material transport in food webs. In: **Food webs at the landscape level**. (G. A. Polis; M. E. Power; G. R. Huxel. Eds.). Chicago and London: The University of Chicago Press, p. 25-42, 2004.

SCHOENER, T. W. 1974. Resource partitioning in ecological communities. **Science**, vol. 185, p. 27-39.

VASKE-JÚNIOR, T. **Idade, crescimento e alimentação da albacora de laje, *Thunnus albacares* (Bonaterre, 1788) (Perciformes: Scombridae) explorada no sul do Brasil**. 1992. Dissertação (Mestrado em Oceanografia Biológica) – Fundação Universidade Federal do Rio Grande, Rio Grande, 1992. 66p.

VASKE-JÚNIOR, T.; CASTELLO, J. P. Conteúdo estomacal da albacora de laje, *Thunnus albacares*, durante o inverno e primavera no Sul do Brasil. **Rev. Brasil. Biol.**, vol. 58, n. 4, p. 639-647, 1998.

VASKE-JÚNIOR, T.; RINCÓN-FILHO, G. Conteúdo estomacal dos tubarões azul (*Prionace glauca*) e anequim (*Isurus oxyrinchus*) em águas oceânicas do Sul do Brasil. **Rev. Brasil. Biol.**, vol. 58, n. 3, p. 443-450, 1998.

VASKE-JÚNIOR, T. **Relações tróficas dos grandes peixes pelágicos da região equatorial sudoeste do oceano atlântico**. 2000. Tese (Doutorado em Oceanografia Biológica) – Fundação Universidade Federal do Rio Grande, Rio Grande, 2000. 145 p.

ZAVALA-CAMIN, L. A. **Hábitos alimentares e distribuição dos atuns e afins (Osteichthyes – Teleostei) e suas relações ecológicas com outras espécies pelágicas das regiões Sudeste e Sul do Brasil**. 1981. Tese (Doutorado em Zoologia) – Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1981. 237 p.

ZAVALA-CAMIN, L. A. Distribución vertical e estacional de tunidos y otras especies pelágicas en el Sudeste y Sur del Brasil, obtenida por medio de análisis de contenido estomacal. **ICCAT Col. Vol. Sci. Pap.**, vol. 17, n. 2, p. 439-443, 1982.

ZAVALA-CAMIN, L. A. Ocorrência de peixes, cefalópodes e crustáceos em estômagos de atuns e espécies afins, capturados com espinhel no Brasil (23°S - 34°S) 1972-1985. **Bol. Inst. Pesca**, vol. 14, p. 93-102, 1987.