



**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO  
DEPARTAMENTO DE PESCA E AQUICULTURA  
PROGRAMA DE POS-GRADUACAO EM RECURSOS PESQUEIROS E  
AQUICULTURA**

**ESTUDO COMPARATIVO DA EFICIÊNCIA DE TRÊS TIPOS DE ISCA  
UTILIZADOS NA PESCA COMERCIAL DE ATUNS NA ZONA ECONOMICA  
EXCLUSIVA DO BRASIL.**

**TIAGO HILÁRIO PEDROSA CAMPELLO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Recursos Pesqueiros e Aquicultura da Universidade Federal Rural de Pernambuco, para obtenção do título de Mestre em Recursos Pesqueiros.

**Prof. Dr. Fabio H. V. Hazin**  
Orientador

**RECIFE**  
**Fevereiro 2019**

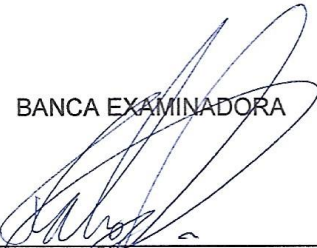
**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO  
DEPARTAMENTO DE PESCA E AQUICULTURA  
PROGRAMA DE POS-GRADUACAO EM RECURSOS PESQUEIROS E  
AQUICULTURA**

**ESTUDO COMPARATIVO DA EFICIÊNCIA DE TRÊS TIPOS DE ISCA  
UTILIZADOS NA PESCA COMERCIAL DE ATUNS.**

**TIAGO HILÁRIO PEDROSA CAMPELLO**

Dissertação julgada adequada para obtenção do título de mestre em Recursos Pesqueiros e Aquicultura da Universidade Federal Rural de Pernambuco, defendida e aprovada no dia 06/02/2019 pela seguinte banca examinadora.

BANCA EXAMINADORA



---

Prof. Dr. Fábio H. V. Hazin

Orientador  
Departamento de Pesca e Aquicultura /UFRPE.



---

Prof. Dr. Paulo Guilherme V. Oliveira

Membro interno, Departamento de Pesca e Aquicultura /UFRPE.



---

Prof. Dr. Drausio P. Vêras

Membro externo, Unidade Acadêmica de Serra Talhada, UFRPE.

Pesco, logo existo  
(Fish tv)

## **DEDICATÓRIA**

Dedico este trabalho a minha família, que sempre esteve ao meu lado em todos os momentos da minha vida.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço primeiramente a Deus por ter me dado saúde e força para superar as dificuldades encontradas e discernimento para realizar as escolhas que colaboraram nas minhas decisões até esse momento da minha vida acadêmica.

Agradeço aos meus pais, minha esposa e filho pelo amor incentivo e apoio incondicional nas minhas decisões que culminam na realização de uma conquista sempre baseada nos princípios da unidade familiar.

Aos meus amigos que me apoiaram por toda minha jornada acadêmica, em relação aos quais hoje cultivo um sentimento de amizade e afeto familiar.

Aos amigos professores José Carlos Pacheco, Humberto Hazin e Drausio Veras que pacientemente souberam me aconselhar durante todo esse processo de engrandecimento acadêmico e pessoal.

Agradeço a Universidade Federal Rural de Pernambuco, pelos princípios éticos e morais que me guiaram durante minha vida acadêmica, período no qual pude desenvolver um enorme apreço por seu corpo docente, direção e administração, que propiciaram as oportunidades que hoje se descortinam para o meu futuro.

Agradeço ao Governo Federal, em nome da CAPES, por ter oportunizado estudos que foram além da obrigação constitucional ofertando-me um ensino de qualidade em centros de estudo e pesquisas internacionais.

Ao meu orientador Dr. Prof. Fábio Hissa V. Hazin, pelo suporte, orientação, paciência e incentivos, nos quais me espelho na minha formação ético-profissional.

E a todos aqueles que contribuíram na minha formação, o meu mais sincero obrigado, além daqueles que nesse momento não me recordo, pois covardemente minha memória me trai, o meu muito obrigado por fazer parte dessa etapa de vida acadêmica.

## **RESUMO**

Entre as táticas utilizadas para o aumento da seletividade e taxa de captura das espécies-alvo na pesca de atuns e afins com espinhel pelágico oceânico, a escolha da isca vem demonstrando bons resultados. No presente trabalho foram avaliadas as três principais iscas (cavalinha, lula e sardinha) utilizadas em embarcações espinheleiras japonesas que operaram no Brasil na pesca comercial de atuns no ano de 2012. A embarcação utilizou um espinhel pelágico profundo, atuando na região mesopelágica. O efeito dos diferentes fatores e covariáveis sobre a CPUE das espécies alvo capturadas foi avaliado por meio de Modelos Lineares Generalizados (GLM). Dentre os meses de janeiro a maio de 2012 foram realizados 121 lances de pesca utilizando as três iscas, foram capturados 2.385 peixes das espécies-alvo, sendo 1.166 albacoras-laje e 1.219 albacoras-bandolim. Os resultados demonstraram uma tendência de preferência diferenciada para cada espécie-alvo, com a albacora-laje sendo mais capturada com iscas de lula (527 com lula, 330 com cavalinha, e 309 com sardinha), e a albacora bandolim com iscas de peixes (461 capturas com cavalinha, 433 com a sardinha e 325 com lula). Dessa forma, no momento de preparação de uma embarcação a escolha da isca é certamente um fator relevante para o sucesso ou fracasso da pescaria, dependendo da espécie que se deseja capturar.

**Palavras-chaves:** Isca, Espinhel pelágico, Albacora laje, Albacora bandolim, GLM.

## **ABSTRACT**

Among the tactics used to increase selectivity and the catch rate of the target species in the fishing for tunas and tuna-like fish with pelagic oceanic longline, the choice of bait has shown good results. In the present work three main baits (mackerel, squid and sardine) used in Japanese longline vessels that operated in Brazil in the commercial tuna fishery were evaluated in 2012. The vessel used a deep pelagic longline, acting in the mesopelagic region. The effect of the different factors and covariates on the CPUE of the target species was evaluated through Generalized Linear Models (GLM). During the months January to May of 2012, in 121 fishing trips using the three baits, 2,385 fish of the target species were captured, 1,166 being yellowfin tuna and 1,219 bigeye tuna. The results showed a different preference for each target species, with the yellowfin tuna being mostly caught by the hooks using squid (527 with squid, 330 with mackerel, and 309 with sardines), and bigeye tuna with fish baits (461 catches with mackerel, 433 with sardines and 325 with squid). Therefore, during the preparation of a fishing vessel to fish, the choice of bait to be used is certainly a relevant factor for the success or failure of the fishing operation, depending on the species wanted.

**Keywords:** Bait, Pelagic longline, yellowfin tuna, bigeye tuna, GLM.

## LISTA DE FIGURAS

Dissertação	Página
Figura 01- Desenho esquemático do espinhel pelágico (Fonte: ZAGAGLIA et al., 2004).	15
Figura 02- Desenho esquemático do processo de captura da isca pela espécie-alvo Fonte: (Adaptado de WOOTON, 1991).	16
Figura 03: Desenho da albacora bandolim, <i>Thunnus obesus</i> (ICCAT, 2017).	19
Figura 04: Mapa de distribuição geográfica da albacora bandolim ( <i>Thunnus obesus</i> ). Fonte: Fishbase, acessado em janeiro de 2019	20
Figura 05: Desenho da albacora-laje, <i>Thunnus albacares</i> (ICCAT, 2017).	20
Figura 06: Mapas de distribuição geográfica da albacora laje ( <i>Thunnus albacares</i> ). Fonte: Fishbase, acessado em janeiro de 2019.	21



## LISTA DE FIGURAS

### Artigo

	página
Figure 01: Side view of Japanese longline vessel, <i>Taiwa Maru n°88</i> , which operated in the Brazilian coast in 2012	30
Figure 02- Spatial distribution of the fishing sets by the Japanese vessel <i>Taiwa Maru n°88</i> , which operated in the Brazil in 2012.	31
Figure 03: Baits used, left-to-right order, mackerel, squid and sardines used by the Japanese vessel <i>Taiwa Maru n°88</i> , which operated in Brazil in the year of 2012.	31
Figure 04: Effect of catch probability per bait to Yellowfin tuna by the Japanese vessel <i>Taiwa Maru n°88</i> , which operated in Brazil in the year of 2012.	32
Figure 05: Effect of catch probability per bait to Bigeye tuna by the Japanese vessel <i>Taiwa Maru n°88</i> , which operated in Brazil in the year of 2012	32

## **LISTA DE TABELAS**

### **Artigo**

	Página
Table 01: Summary of the yellowfin tuna binomial model	33
Table 02: Summary of the bigeye tuna binomial model	33

## SÚMARIO

	Página
Dedicatória	
Agradecimento	
Resumo	
Abstract	
Lista de Figuras	
Lista de Tabelas	
Introdução	12
Revisão de Literatura	13
Referências bibliográfica	17
Artigo Científico	20
ANEXO (Normas da Revista Fisheries Research)	35

## 1. INTRODUÇÃO

A partir da década de 60, várias políticas de incentivo ao desenvolvimento da pesca industrial, entre as quais o arrendamento de embarcações estrangeiras, passaram a ser implementadas, com vistas à expansão e ao aperfeiçoamento da frota pesqueira nacional. Apesar de importantes avanços na tecnologia de pesca empregada por embarcações brasileiras, o alcance e a efetividade dos arrendamentos como instrumento de desenvolvimento do setor pesqueiro ficaram aquém do esperado, particularmente em razão da política do arrendamento não haver sido amparada por outros instrumentos para a consolidação de uma frota pesqueira genuinamente nacional, como uma facilitação para a importação de embarcações arrendadas (HAZIN, 2007), por exemplo. A partir de 2013, não houve mais operação de pesca realizadas por embarcações arrendadas ao Brasil.

Nas últimas duas décadas em que atuaram no País, as embarcações arrendadas sempre estiveram majoritariamente engajadas na captura de atuns e afins, como a albacora-laje (*Thunnus albacares*; Bonnaterre, 1788), a albacora-bandolim (*Thunnus obeusus*, Lowe, 1839), a albacora-branca (*Thunnus alalunga*; Bonnaterre, 1788) e o espadarte (*Xiphias gladius*, Lineu 1758), através do espinhel. Por serem espécies altamente migratórias e capturadas por diversos países, o ordenamento pesqueiro desses recursos está sob a regulamentação da Comissão Internacional para a Conservação do Atum Atlântico- ICCAT (*International Commission for the Conservation of Atlantic Tunas*), que realiza avaliações periódicas sobre seus estoques e suas taxas de capturas. Entre as diferentes modalidades de pesca oceânica, a pesca com espinhel pelágico se destaca pela sua importância socioeconômica para o setor pesqueiro nacional. O êxito dessa arte de pesca, porém, depende de diversos componentes inerentes ao método e ao aparelho de pesca, os quais determinam a sua seletividade e conseqüente eficiência de captura da espécie-alvo.

Estudos vêm demonstrando que a seletividade do aparelho de pesca é fundamental não apenas para maximizar a eficiência da pesca da espécie-alvo, mas para diminuir o impacto ecológico negativo das operações pesqueiras. A eficiência do espinhel pelágico é determinada por vários fatores inter-relacionados incluindo tipo e tamanho de anzol, espaçamento dos anzóis, configuração e direção do aparelho, etc. Entre as diversas táticas utilizadas para se elevar a seletividade do aparelho, porém, a escolha da isca tem demonstrado ser uma das que alcançam melhores resultados (LØKKEBORG et al., 2013), incluindo tanto o tamanho como o tipo da isca utilizada (BJORDAL, 1989; LØKKEBORG e BJORDAL, 1992; LØKKEBORG e PINA, 1997; HAZIN, 2000), de forma que a escolha da isca correta é muitas vezes o fator determinante para o sucesso ou o fracasso de uma pescaria.

No presente trabalho foram testados diferentes tipos de iscas comumente utilizadas na pesca comercial de atuns, no intuito de se identificar o tipo de isca mais atrativo para diferentes espécies, contribuindo, assim, para o aumento da eficiência da pesca de atuns e afins com espinhel no país.

## **2. REVISÃO DE LITERATURA**

De acordo com a FAO (2018), a pesca e a aquicultura são importantes fontes de alimento, nutrição e meio de subsistência para centenas de milhões de pessoas em todo o mundo. Entre as diversas modalidades de pesca existentes, as capturas dos grandes peixes pelágicos, como os atuns e espécies afins, que possuem um alto valor socioeconômico, com espinhel, estão entre as mais importantes (OLAVO et al., 2005). De acordo com Løkkeberg e Pina (1996), porém, as capturas dos espinheis são afetadas diretamente por fatores técnicos dos aparelhos, biológicos e ambientais.

No Brasil, embora existam vários trabalhos sobre as espécies capturadas na pesca de atuns com espinhel, estudos específicos sobre a tecnologia de pesca são ainda muito raros. O

entendimento sobre os fatores que determinam as taxas de eficiência na pesca de espinhel, no entanto, é fundamental não somente para se assegurar a sua viabilidade econômica, mas para melhorar a sua sustentabilidade, reduzindo o seu impacto sobre as espécies que não são alvo da pesca e sobre o ecossistema marinho, de uma maneira geral. Nesse sentido, a avaliação da performance alcançada por diferentes tipos de isca utilizados na pesca de atuns no Brasil com espinhel pelágico, por embarcações japonesas arrendadas, pode ser extremamente útil na identificação de oportunidades para o aumento da eficiência e da sustentabilidade desta atividade pela frota nacional.

## **2.1. Espinhel pelágico**

O espinhel pelágico (Figura 01) é um dos principais aparelhos destinados à pesca de espécies pelágicas, demonstrando uma elevada eficácia na captura de atuns, tubarões e agulhões (MATSUDA, 1998; LIRA 2016). Como o espinhel funciona de forma passiva, com a utilização de iscas para a atração dos peixes (CEPSUL/IBAMA), o tipo de isca utilizado é um dos principais componentes que afetam a sua seletividade (LØKKEBORG e BJORDAL, 1992; COELHO et al., 2012, KUMAR et al., 2016), apesar desta arte de pesca ser considerada mais seletiva que muitas outras, tais como redes de arrasto e emalhe (GILMAN et al., 2012; LEWISON et al., 2004; FERNANDEZ\_CARVALHO 2014). Ultimamente, porém, tem crescido a preocupação entre os gestores da pesca oceânica e os consumidores dos seus produtos pesqueiros sobre o impacto dessa atividade no ecossistema marinho (KELLER, 2005; SUURONEN et al., 2012), incentivando, assim, esforços para minimizar os seus efeitos negativos, incluindo modificações no aparelho de pesca, tais como mudança nos tipos de anzóis e iscas utilizadas (COELHO et al., 2012).

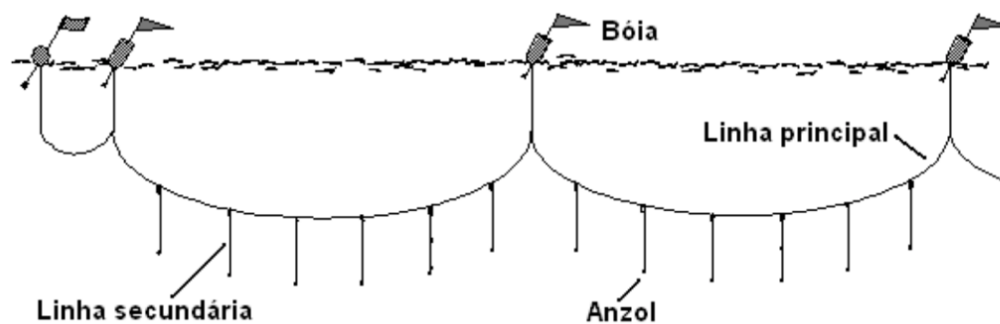


Figura 1- Desenho esquemático do espínhel pelágico (Fonte: ZAGAGLIA et al., 2004).

A pesca de espínhel se caracteriza pela técnica de atrair o peixe a morder a isca (LØKKEBORG e BJORDAL, 1992; COELHO et al., 2012; KUMAR, 2016), cuja escolha, portanto, se constitui em um fator essencial para maximizar a captura da espécie-alvo, influenciando diretamente no sucesso ou fracasso das pescarias (COELHO et al., 2012; LØKKEBORG et al., 2014). De uma maneira geral, o tipo de isca utilizado em uma operação de pesca é definido de acordo com o hábito alimentar da espécie-alvo (LØKKEBORG et al., 2014). No espínhel pelágico profundo japonês, a cavalinha, a sardinha e a lula são as principais iscas utilizadas (FOSTER et al., 2012; SANTOS et al., 2012; LØKKEBORG, 2014; KUMAR et al., 2016).

O comportamento de forrageamento das espécies-alvos está interligado com as características físico-químicas das iscas como odor, paleatibilidade, textura e tenacidade (LØKKEBORG, 1998; JACOBSEN e JOESEN, 2014). O processo de decisão do peixe de morder ou não a isca, o qual determina se o mesmo será fisgado ou não, foi descrito de forma simples por WOOTON (1991) (Figura 02). De uma forma geral, a textura, a forma e o tamanho das iscas afetam diretamente a eficiência e a seletividade do espínhel, não só em termos de espécies, como do tamanho dos espécimes capturados (JOHANNESSEN et al., 1993). Como a visualização das iscas na água afeta a sua capacidade de atração e, portanto, a sua eficiência (LØKKEBORG, 1994;

KUMAR, 2016), o seu tamanho é considerado o fator mais importante na definição do tamanho do peixe capturado pelos espinheis (LØKKEBORG e BJORDAL, 1992; LØKKEBORG, 1994). Por outro lado, para ser eficiente é necessário que a isca seja atraente para o animal e permaneça no anzol durante toda a duração da pesca ou até que um peixe seja fígado. Além disso, deve ser possível a sua aquisição em grandes quantidades, com um custo relativamente baixo, para permitir a viabilidade econômica da atividade (SUTTERLIN et al., 1982; FOSTER et al., 2012, KUMAR et al. 2016).



Figura 2: Desenho esquemático do processo de captura da isca pela espécie-alvo Fonte: (Adaptado de WOOTON, 1991).

De acordo com Løkkeborg (2014), existe uma crescente demanda por iscas e, conseqüentemente, o seu preço vem crescendo com o passar das últimas décadas. A compreensão das condições econômicas sob as quais operam as embarcações pesqueiras é, portanto, fator de elevada importância para o entendimento do que acontece no setor, da mesma maneira que para a projeção da conjuntura de tendências futuras da atividade (CARVALHO et al., 2004; SILVA et al., 2013). De acordo com Lira (2017), de forma generalizada, os custos de produção das embarcações pesqueiras industriais estão relacionados à remuneração da tripulação (24%), consumo de combustível (21%), consumo de isca (13%), material de pesca (7%) e outros (35%).



## **2.2. Histórico da pesca de atuns e afins no Brasil com embarcações arrendadas.**

No Brasil, a pesca por espinhel pelágico direcionado para a captura de atuns e afins iniciou-se no ano de 1956 através do arrendamento de embarcações japonesas (HAZIN et al., 2007; COMASSETO, 2012; LIRA, 2016). Devido a adversidades de ordem política e comercial, no entanto, em meados da década de 60 a atividade foi suspensa, só tendo sido retomada em 1976 com novas embarcações arrendadas provenientes da Coreia, cujas operações, porém, findaram no ano seguinte.

Nos anos 80, a atividade pesqueira continuou despertando um forte interesse do setor empresarial na região Nordeste, que investiu na adaptação de tecnologias estrangeiras em barcos nacionais (ESTANISLAU et al., 1998). Essa frota estrangeira arrendada continuou em expansão ao longo dos seguintes anos chegando a um total de 10 barcos no ano de 1997 que variavam de 16 a 26 m de comprimento (HAZIN et al., 1993). Com esse incremento no número de embarcações arrendadas provenientes de outros países, como Espanha, Belize e Taiwan, durante a década de 90 houve uma expansão significativa da pesca de espinhel pelágico ao longo da costa brasileira (HAZIN, 2006; COMASSETO 2012). Entre 1995 e 2005 ocorreu o auge dos arrendamentos, com uma grande quantidade de embarcações estrangeiras de pesca de atum de diferentes países operando no Brasil, baseadas principalmente nos portos de Natal, Cabedelo e Recife. A partir de 2005, o número de embarcações arrendadas declinou gradativamente, até 2012, quando as últimas embarcações japonesas e espanholas arrendadas, baseadas no porto de Natal, encerraram as suas atividades no País (Travassos *et al.*, 2018), com forte redução nas capturas das espécies-alvo (HAZIN, 2006; ARAUJO et al., 2013).

### **2.3. Caracterização das embarcações espinheleiras japonesas arrendadas na pesca de atuns a afins na zona econômica exclusiva do Brasil**

Essas embarcações se dedicam à pesca de atum, espadarte e peixes da fauna acompanhante como tubarões, dourado e outras espécies pelágicas eventualmente capturadas pelo sistema de espinhel pelágico composto de multifilamento na linha principal, com aproximadamente 150 km, empregando cerca de 3.000 anzóis. As embarcações possuem um sistema de maquinário principal composto por um motor de propulsão mecânico, dois motores auxiliares que desempenham a função de geradores elétricos e um motor reserva. As embarcações têm a capacidade média para o armazenamento de 350.000 litros de óleo diesel e consumo diário de aproximadamente 2 t de combustível (SILVA et al., 2013).

Para congelamento e armazenagem do pescado a bordo essas embarcações dispõem do sistema *Super Frozen*, que consiste no processo de conservação do pescado através de ultracongelamento a -60°C, preservando as condições organolépticas naturais de frescor, textura e sabor do atum fresco. A baixíssima temperatura também dá ao pescado uma qualidade única para sua comercialização no mercado de *sushi*, com alto controle dos microrganismos e eventuais parasitas (COMASSETO 2012; SILVA et al., 2013).

### **2.4. Principais espécies capturadas pelo espinhel pelágico japonês.**

As principais espécies-alvo capturadas pelos barcos japoneses que operam com o espinhel pelágico para a pesca de atuns e afins possuem elevado valor de mercado, com destaque para a albacora-azul, *Thunnus thynnus* (Lowe, 1839) (espécie de ocorrência rara na costa brasileira), albacora-bandolim, *Thunnus obesus* (Lowe, 1839), albacora-laje, *Thunnus albacares* (Bonaterre, 1788), e espadarte, *Xiphias gladius* (Linnaeus, 1758) (Asano-Filho, 2004; Lira 2016). Algumas

características biológicas das duas espécies-alvo objeto do presente estudo são apresentadas a seguir.

### **Albacora Bandolim**

A albacora bandolim, *Thunnus obesus* (Figura 03), é uma espécie epi- e mesopelágica, presente nos oceanos Atlântico, Índico e Pacífico, entre 50°N e 45°S (Figura 4), com exceção do Mar Mediterrâneo (FONTENEAU et al., 2005, FROESE E PAULY, 2012). O tamanho de primeira maturação (L50) para as fêmeas se situa entre 100 e 110 cm (MATSUMOTO e MIYABE, 2002), com sua desova ocorrendo principalmente nas águas tropicais do Golfo de Guiné, seu principal berçário, ao longo de todo ano, mas principalmente entre dezembro e abril. A espécie desova também em zonas oceânicas ao largo das ilhas canárias, entre junho e agosto (FONTENEAU et al., 2005, LAM et al., 2014), e na costa do Brasil, entre janeiro e julho (FIGUEIREDO, 2007, LAM et al., 2014).

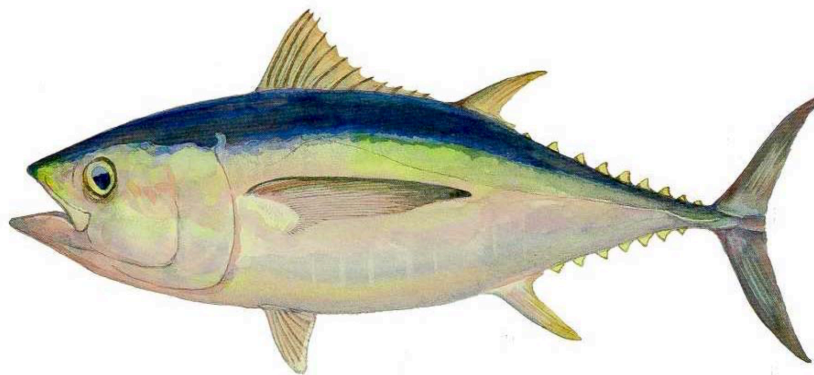


Figura 03: Desenho da albacora bandolim, *Thunnus obesus* (ICCAT, 2007).

A albacora bandolim exhibe um crescimento acelerado, atingindo 105 cm de comprimento furcal aos 3 anos de idade e 163 cm aos 7 anos, sendo raros espécimes com tamanho superior a 2 m (HALLIER et al., 2005; Duarte-Neto et al., 2012). Apresenta uma dieta muito variada, alimentando-se principalmente de peixes mesopelágico, além de crustáceos e cefalópodes

(VASKE JUNIOR et al., 2012).

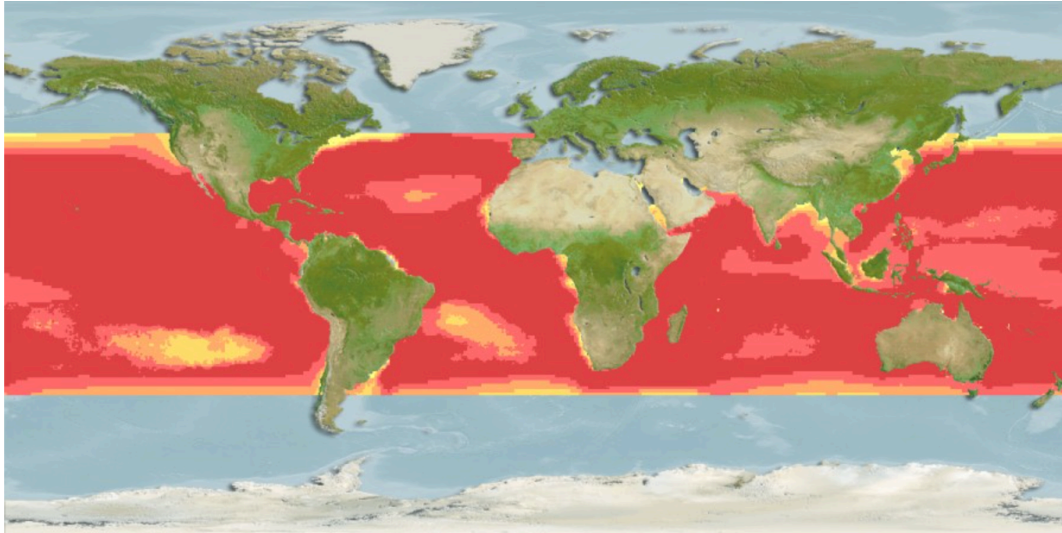


Figura 04: Mapa de distribuição geográfica da albacora bandolim (*Thunnus obesus*). Fonte: Fishbase; acessado em janeiro de 2019.

### **Albacora-laje**

A albacora-laje, *Thunnus albacares* (Figura 05) é uma espécie oceânica epi-pelágica e mesopelágica com sua distribuição vertical na coluna d'água se estendendo desde a superfície até 600 m de profundidade (COLLETE e NAUEN, 1983). Altamente migratória, como as demais espécies do gênero, apresenta distribuição cosmopolita, habitando as zonas tropicais e temperadas dos oceanos Atlântico, Índico e Pacífico (BRILL et al., 1999; COLLETE, 2001) (Figura 6).

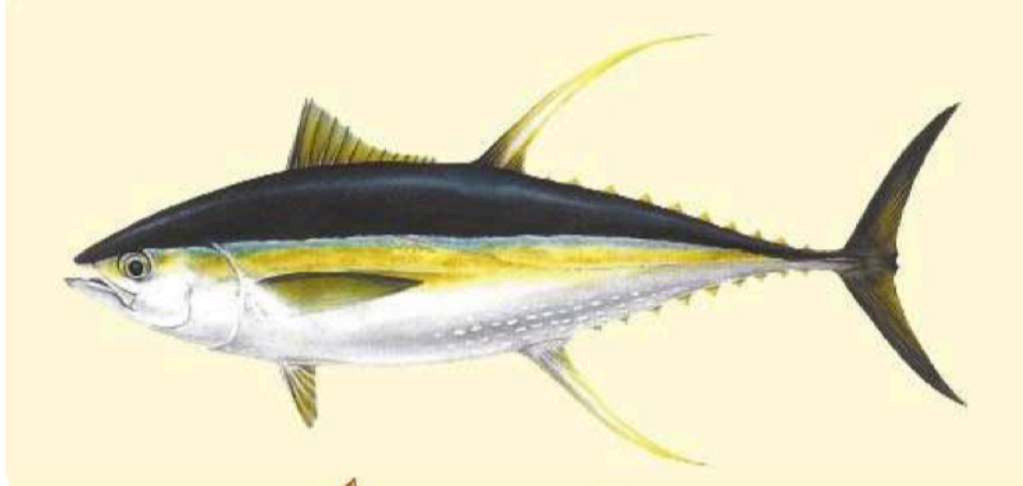


Figura 05: Desenho da albacora-laje, *Thunnus albacares* (ICCAT, 2007).

Alcança a maturidade sexual com 90 cm (BIANCHI et al., 1999), possuindo ovos e larvas pelágicos (COLLETTE, 1986). Alimenta-se, principalmente, de peixes, crustáceos e lulas. O tamanho médio de captura varia de 35 a 180 cm, sendo frequentemente capturada junto com a albacora- bandolim (*Thunnus obesus*), espécie com a qual apresenta grande semelhança na fase juvenil.

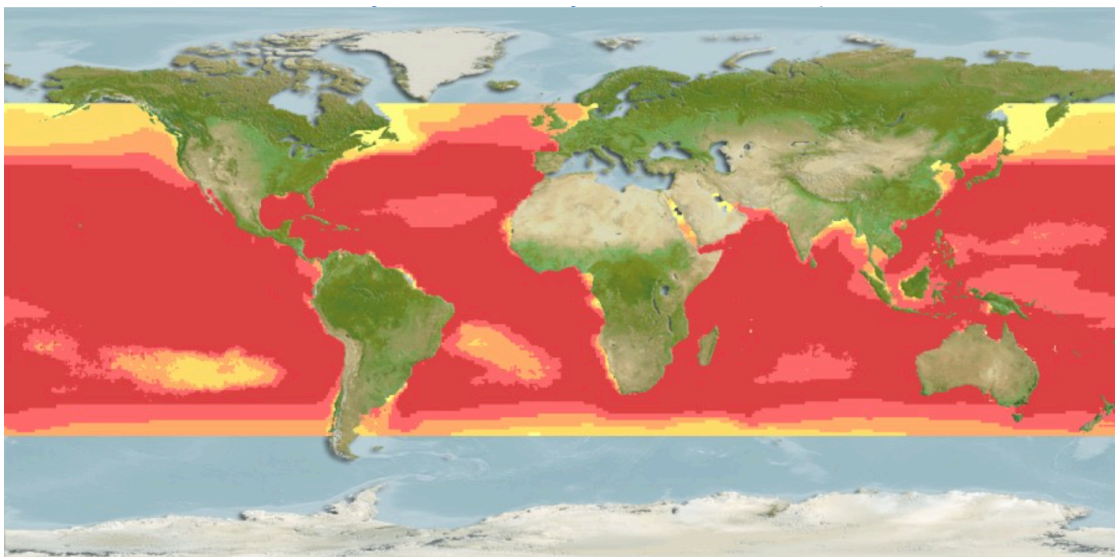


Figura 06: Mapas de distribuição geográfica da albacora laje (*Thunnus albacares*). Fonte: Fishbase, acessado em janeiro de 2019.

De acordo com Hazin (2007), a pesca de atuns e afins com espinhel pelágico é realizada sempre em zonas oceânicas, além da plataforma continental. Considerando-se o posicionamento do País em relação às rotas migratórias dos principais estoques de atuns e afins do Atlântico, além de sua vasta costa (com cerca de 8.500 km), a pesca oceânica se configura claramente como um caminho natural e promissor para o desenvolvimento do setor pesqueiro nacional (HAZIN e TRAVASSOS, 2007; LIRA, 2016). Vários são os entraves, porém, que ainda dificultam o desenvolvimento da pesca oceânica no País, com destaque para a falta de mão-de-obra especializada, de tecnologia e embarcações adequadas, as quais, devido ao seu alto custo, situam-se comumente bem além da capacidade de investimento das empresas de pesca brasileiras (HAZIN e TRAVASSOS 2007), em que pese o recente crescimento da pesca de albacoras laje e bandolim pela pesca de pequena escala, pelo método de cardume associado (TRAVASSOS et al., 2018).

### 3. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Asano-Filho, M., Holanda, F.C.A.F., Santos, F.J. da S., Lucena, F., Pantaleão, G. de S.L., 2004. A short note on the catch composition and weight-length relationship of tunas, billfishes and sharks of north Brazil. **Brazilian Journal of Oceanography**. 52, 249–253.

CARVALHO, R.C.A.; CHAVES, R.A.; CINTRA, I.H.A. 2004 Análise de custos e rentabilidade de embarcações industriais envolvidas na pesca da piramutaba, *Brachyplatystomavaillantii* (Valencianes, 1940), no estuário do Rio Amazonas, litoral Norte do Brasil. Boletim Técnico Científico do CEPNOR, Belém, 4(1): 45-56.

COELHO, R., M. N. SANTOS, AND S. AMORIM. Effects of hook and baits on targeted and bycatch fishes in an equatorial Atlantic Pelagic Longline Fishery. **Bull. Mar. Sci.**, 88: 449–467 (2012).

COMASSETO, L. E. Atividades realizadas a bordo de uma embarcação com espinhel *longline* profundo utilizando sistema japonês. 2012. 53p. **Monografia**- Universidade Federal Rural de Pernambuco, Serra Talhada.

COLLETTE, B.B., NAUEM, C.E. 1983. FAO Species Catalogue. Vol. 2 Scombrids of the world. An annotated and illustrated catalogue of tuna, mackerels, bonitos and related species known to date. **FAO Fish. Synop.**, 125 (2): 137p. 19.

COLLETTE, B. B., Reeb, C. and Block, B. A. (2001). Systematics of the tunas and mackerels (Scombridae). In *Tuna. Physiology, Ecology and Evolution (Fish Physiology, Vol. 19)* (ed. B. A. Block and E. D. Stevens), pp.1 -33. San Diego: Academic Press.

CRAWLEY, M. J. (2007). *The R Book*. West Sussex: John Wiley and Sons Ltd. DFO. (2002). Southern Gulf of St. Lawrence rock crab (Lobster fishing areas 23, 24, 25, 26A and 26B). Dartmouth, Nova Scotia: **DFO Gulf Region Stock Status Report**

DUARTE-NETO, P.; HIGA, F.M. & LESSA, R. P. 2012. Age and growth estimation of bigeye tuna, *Thunnus obesus* (Teleostei: Scombridae) in the southwestern Atlantic. **Neotrop. Ichthyol** 10(1):148-158.

EVANGELISTA, J. E. V.; OLIVEIRA, G. M.; VASCONCELOS, J. A. Evolução da pesca de atuns no nordeste do Brasil. **Bol. Téc. Cient. CEPENE**, v. 6, n. 1, p. 77-108, 1998.

FIGUEIREDO, M.B. 2007. Biologia Reprodutiva da albacora bandolim *Thunnus obesus* (lowe, 1839) no oceano Atlântico oeste tropical. **Dissertação**- Universidade Federal Rural de Pernambuco.

FERNANDEZ-CARVALHO, Joana et al. Effects of hook and bait in a tropical northeast Atlantic pelagic longline fishery: Part II—Target, bycatch and discard fishes. **Fisheries Research**, v. 164, p. 312-321, 2015.

FOSTER, D. G., S. P. EPPERLY, A. K. SHAH, AND J. W. WATSON. Evaluation of hooks and bait type on the catch rates in the western North Atlantic Ocean pelagic longline fishery. **Bull. Mar. Sci.**, 88: 529–545 (2012).

FONTENEAU, A.; ARIZ, J.; DELGADO, A.; PALLARES, P. & PIANET, R. 2005. A comparison of bigeye (*Thunnus obesus*) stocks and fisheries in the Atlantic, Indian and Pacific oceans. **col. vol. sci. pap. ICCAT**, 57, pp. 41–66

FROESE, R. & PAULY, D. Editors. 2012. FishBase. World Wide Web electronic publication. [www.fishbase.org](http://www.fishbase.org), version (08/2011).

GILMAN, E., CHALOUPKA, M., READ, A., DALZELL, P., HOLETSCHEK, J., CURTICE, C., 2012. Hawaii longline tuna fishery temporal trends in standardized catch rates and length distributions and effects on pelagic and seamount ecosystems. *Aquat. Conserv.*: **Mar. Freshwater Ecosyst.** 22, 446–488.

HALLIER, J. P.; STEQUERT, B.; MAURY, O.; BARD, F.X. 2005. Growth of bigeye tuna (*Thunnus obesus*) in the eastern Atlantic Ocean from tagging- recapture data and otolith readings. *Collect. Vol. Sci. Pap, ICCAT*, 57(1): 181- 194.

HAZIN, F. H. V. Fisheries-oceanographical study on tunas, billfishes and sharks in the southwestern equatorial Atlantic Ocean. **Tese de Doutorado**, Tokyo University of Fisheries, Tokyo, 1993. 286 p.

Hazin, F. Pesca na Zona Econômica Exclusiva, ZEE: sua importância para o Brasil. **Rev. Bras. Eng. Pesca**, v.1, n.1, p.10-18, São Luís, 2006.

HAZIN, F.H.V. Síntese sobre os grandes peixes pelágicos do nordeste (atuns, agulhões e tubarões), in: Brazil, Haimovici, M. (Org.), A prospecção pesqueira e abundância de estoques marinhos no Brasil nas décadas de 1960 a 1990: levantamento de dados e avaliação crítica. **Ministério do Meio Ambiente, Secretaria de Mudanças Climáticas e Qualidade Ambiental**. 2007. Brasília, pp. 273–295.

HAZIN, F. e TRAVASSOS, P. A pesca oceânica no Brasil no Século 21. **Revista Brasileira de Engenharia de Pesca**, v. 2, n. 1, p. 60–75, 2007.

ICCAT. 2012. Report of biennial period, 2010-11. II Part (2011) **Vol. 2. ICCAT**. Madrid, 269 pp.

ICCAT 2017. **Statistical Bulletin**, Madrid, Espanha, 197 p.

JOHANNESSEN, T., A. FERNO, S. LOKKEBORG. Behavior of cod (*Gadus morhua*) and haddock (*Melanogrammus aeglefinus*) in relation to various sizes of long-line bait. **ICES Mar. Sci. Symp.**, 196: 47–50 (1993).

KELLEHER, K., 2005. Discards in the World's Marine Fisheries: an Update. **FAO Fisheries Technical Paper No. 470**, Rome (131 pp.).

KUMAR, KV ANEESH; PRAVIN, P.; MEENAKUMARI, B. Bait, Bait Loss, and Depredation in Pelagic Longline Fisheries—A Review. **Reviews in Fisheries Science & Aquaculture**, v. 24, n. 4, p. 295-304, 2016.

Lam, C. H., Galuardi, B., e Lutcavage, M. E. (2014). Movements and oceanographic associations of bigeye tuna (*Thunnus obesus*) in the Northwest Atlantic. **Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences**, 71(10), 1529-1543.

LEWISON, R.L., FREEMAN, S.A., CROWDER, L.B., 2004. Quantifying the effects of fisheries on threatened species: the impact of pelagic longlines on loggerhead and leatherback sea turtles. **Ecol. Lett.** 7, 221–231.

LIRA, Marcelo Gomes de. Pesca de atuns e afins no oceano atlântico: interações oceanográficas, implicações socioeconômicas e tecnológicas. 2016 **Dissertação**- Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal.

LOKKEBORG, SVEIN ET AL. Towards more efficient longline fisheries: fish feeding behaviour, bait characteristics and development of alternative baits. **Reviews in fish biology and fisheries**, v. 24, n. 4, p. 985-1003, 2014.

LOKKEBORG, S., AND A. BJORDAL. Species and size selectivity in longline fishing-A review. **Fish. Res.**, 13: 311–322 (1992).

MATSUDA, Y. History of the Japanese tuna fisheries and a Japanese perspective on Atlantic bluefin tuna. **Collective Volume of Scientific Papers-International Commission for the Conservation Of Atlantic Tuna**, v. 50, p. 733–752, 1998.

MATSUMOTO, T.; SAITO, H. & MIYABE, N. 2005. Swimming behavior of adult bigeye tuna using pop-up tags in the central Atlantic Ocean. **Collect. Vol. Sci. Pap. ICCAT 57:151–170**.

OLAVO, G.; COSTA, P.A.S.; MARTINS, A.S. Prospecção de grandes peixes pelágicos na região central da ZEE brasileira entre o Rio Real-BA e o Cabo de São Tomé-RJ, p.167-202, in Costa, P.A.S.; Martins, A.S. & Olavo, G. (eds.), Pesca e potenciais de exploração de recursos vivos na região central da Zona Econômica Exclusiva Brasileira. Museu Nacional, Série Livros n.13., Rio de Janeiro, 2005.

SANTOS, M. N., R. COELHO, J. FERNANDEZ-CARVALHO, AND S. AMORIN. Effects of hook and bait on sea turtle catches in an equatorial Atlantic pelagic longline fishery. **Bull. Mar. Sci.**, 88: 683–701 (2012).

SILVA, G.; BEZERRA, M.; FREIRE, J.; ARAÚJO, P.; RUIVO, U. 2013 Descrições gerais da frota japonesa arrendada para a pesca de atuns e afins na Zona Econômica Exclusiva do Brasil. **Arquivos de Ciências do Mar**. n. 46(2), p. 55–63.



SUURONEN, P., CHOPIN, F., GLASS, C., LØKKEBORG, S., MATSUSHITA, Y., QUEIROLO, D., RIHAN, D., 2012. Low impact and fuel efficient fishingøLooking beyond the horizon. **Fish. Research**, 119–120, 135–146, <http://dx.doi.org/10.1016/j.fishres.2011.12.009> (ISSN 0165-7836).

VASKE JÚNIOR, T.; TRAVASSOS, P.; HAZIN, F.H.V.; TOLOTTI, M.T. e BARBOSA, T.M. 1998. Forage fauna in the diet of bigeye tuna (*Thunnus obesus*) in the western tropical Atlantic Ocean. **Brazilian. J. oceanogr.**60(1): 89-97

#### **4- Artigo científico**

##### **4.1. Comparative analysis of three types of bait used in the commercial fishing of tunas by a chartered Japanese vessel in the Exclusive Economic Zone of Brazil.**

Tiago H. P. Campello; Fábio H. V. Hazin.

Artigo científico a ser encaminhado à Fisheries Research

Todas as normas de redação e citação, doravante atendem as estabelecidas pela referida revista (em anexo).

**Comparative analysis of three types of bait used in the commercial fishing of tunas by a chartered Japanese vessel in the Exclusive Economic Zone of Brazil**

Tiago H. P. Campello\*; Fábio H. V. Hazin.

Universidade Federal Rural de Pernambuco  
Departamento de Pesca e Aquicultura  
Laboratório de Tecnologia Pesqueira, 52171-900, Recife, PE, Brasil

\*Corresponding author – contact information:

Phone: +55 81 3320-6529

Email: tiagohpcampello@gmail.com

**ABSTRACT**

Among the tactics used to increase selectivity and the catch rate of the target species in the fishing for tunas and tuna-like fish with pelagic oceanic longline, the choice of bait has shown good results. In the present work three main baits (mackerel, squid and sardine) used in Japanese longline vessels that operated in Brazil in the commercial tuna fishery were evaluated. The vessel used a deep pelagic longline, acting in the mesopelagic region. The effect of the different factors and covariates on the CPUE of the target species was evaluated through Generalized Linear Models (GLM). During the months January to May of 2012, in 121 fishing trips using the three baits, 2,385 fish of the target species were captured, 1,166 being yellowfin tuna and 1,219 bigeye tuna. The results showed a different preference for each target species, with the yellowfin tuna being mostly caught by the hooks using squid (527 with squid, 330 with mackerel, and 309 with sardines), and bigeye tuna with fish baits (461 catches with mackerel, 433 with sardines and 325 with squid). Therefore, during the preparation of a fishing vessel to fish, the choice of bait to be used is certainly a relevant factor for the success or failure of the fishing operation, depending on the species wanted.

**Keywords:** Bait, Pelagic longline, yellowfin tuna, bigeye tuna, GLM.

## 1. INTRODUCTION

Among the different modalities of oceanic fishing methods, the pelagic longline stands out for its socioeconomic importance worldwide. The success of any fishing operation depends on several components inherent to the fishing gear, which determines its selectivity (Løkkeborg and Bjordal, 1992). An increased selectivity reduces the negative impacts of the fishing operation, by reducing the bycatch, while increasing its economic return and profitability. Among all tactics used to increase the selectivity of fishing gears that use baited hooks, changing the bait used has always been one of the simplest and most efficient (Løkkeborg et al., 2014). Although the efficiency of the pelagic longline is determined by several interrelated factors, including type and size of hook, the spacing between hooks, configuration and direction of the fishing gear setting, the most important of them still is the kind and size of the bait used (Bjordal, 1989; Løkkeborg and Bjordal, 1992; Løkkeborg and Pina, 1997). The choice of a good bait, therefore, may result in a more efficient fishing, producing higher economic returns and less ecological impacts.

According to Løkkeberg and Pina (1997) the catches of the longline are directly affected by technical factors related to the fishing gear, to the biology of the species and to the environment. The sort of bait used in a fishing operation is generally defined according to the dietary habits of the target species (Løkkeborg et al., 2014). Mackerel (*Scomber japonicus*; Houttuyn, 1782), squid (*Loligo paeli*; Lesueur, 1821) and sardine (*Sardinella spp*; Valenciennes, 1847) are the main baits used by Japanese pelagic longliners. Texture, shape, and size of the bait, even its position in the hook, directly affect the efficiency and selectivity of the longline in terms of species and size of the target species (Johannessen et al., 1993; Broadhurst e Hazin, 2001).

From 2010 to 2013, several Japanese tuna longline fishing boats operated in the Brazilian Economic Exclusive Zone through a chartering arrangement with a Brazilian fishing company. These chartered Japanese longliners directed their fishing efforts mainly to catch the yellowfin tuna (*Thunnus albacares*; Bonnaterre, 1788) and the bigeye tuna (*Thunnus obesus*, Lowe, 1839), with the purpose of exporting to foreign markets. In the present work, the efficiency of three different types of baits (squid, mackerel and sardine) commonly used in the commercial tuna fishing of one of these chartered vessels, was compared regarding the catches of the two main target species: yellowfin tuna and bigeye tuna.

## 2. MATERIALS AND METHODS

In the present work, data on the catch rates of yellowfin tuna and the bigeye tuna, with different types of bait used in the fishing operations of the Japanese vessel *Taiwa Maru* N°. 88 (Fig. 1), chartered by a Brazilian company based in the port of Natal- RN, were examined. The fishing vessel operated with a deep pelagic longline, within the Brazilian Exclusive Economic Zone. The longline sets were made from January to May, 2012. All sets were done in the area ranging from 04°30`S to 04°50' N and from 25°20' W to 31°00' W (Fig. 2). The vessel operated with 28 crew members from different nationalities, performing several and diversified functions on board.

During the experiment, three different types of bait were used: mackerel (*Scomber japonicus*; Houttuyn, 1782), squid (*Loligo paeli*; Lesueur, 1821) and sardine (*Sardinella spp*; Valenciennes, 1847) (Figure 3). The average individual weight of each bait was 120 g, 300 g, and 120g respectively. The order of baiting in the hooks was intercalated, following a prior defined pattern, as: mackerel (M), squid (L), and sardine (S) (Fig. 3). Sardines and mackerels were baited on the dorsal region, while squids were placed on the hook by putting the barbed point through the fleshy posterior region and then doubling this point back again through the flesh so that the bait will be fastened to the hook securely. This fishing configuration was the one most commonly used during the operations of the Japanese commercial longline fleet that operated within Brazilian EEZ from 2010 to 2013. Although, the order of baits could be altered by the skipper, according to the catch rates of the target species, no changes were made in the order of the baits throughout the experiment.

The pelagic longline used had an extension of about 120 km, operating in the mesopelagic region, at depths ranging between 103 and 451 m. Hook depths were calculated using the catenary equation developed by Yoshihara (1951, 1954). The main line was composed of a polyamide multifilament cable, with 8 mm diameter, divided into 170 baskets, each one composed of 18 branch lines, with 40 m from each other, ending with a tuna hook 4/0. Light-sticks were always placed on the fourth branchline of each basket. Longlines were set always in the morning, starting at 05:30 am, with an average daily effort of 3,060 hooks. The retrieval of the longline always started around 03:00 pm.

A Generalized Linear Model (GLM) was utilized to assess the different factors and variables that might influence the CPUE of the target species (Nelder and Wedderburn, 1972). For

the statistical analysis, the fishing gear was divided in three different depth layers (LS1= 103-137 m, LS2= 186-293 m, LS3= 334-451 m), to ensure that all three types of baits would have been used in these 3 depth layers. The final models were chosen based on Akaike information criterion AIC (AKAIKE, 1974).

### 3. RESULTS

During the study, 2,385 fish of the target species were caught, including 1,166 yellowfin tunas and 1,219 bigeye tunas. Of the 1,166 yellowfin tunas caught, 330 were caught with mackerel as a bait, 527 with squid and 309 with sardine. Of the 1,219 bigeye tunas, 461 were caught with mackerel, 325 with squid and 433 with sardine.

The final GLM Models that explained the largest proportion of the variance were:

*i* YF\_TUNA<-glm(YFTprop)~BAIT+DL+BAIT: DL, (family=binomial)

*ii* BE\_TUNA<-glm(BETprop)~BAIT+DL+BAIT: DL, (family=binomial)

Where, YFTprop represents the catches of yellowfin tuna; BETprop represents the catches of bigeye tuna; BAIT the type of bait used; and DL the 3 different depth layers.

For the yellowfin tuna, the probability of catch was significantly higher when squid was used as bait. The catch rate for this species with mackerel was about 45% lower, when compared to squid, and 25% lower when sardine was used (Table 1).

For the bigeye, the results showed an opposite trend, with the use of squid as bait resulting in a significantly less probability of the species being caught, while its catch rate increased by 59%, with the use of mackerel, and by around 18% (Table 2) when sardine was used as bait.

Regarding the depth of the longline hooks, the catches of yellowfin tuna were about 80% higher in the hooks located in the second layer and 117% higher in the third layer, in comparison to the first layer (Table 1). In the case of the bigeye tuna, again, an opposite behavior was observed, with a catch rate 23% lower in the second layer and 69% lower in the 3rd depth layer, in comparison to the first layer (Table 2).

When the interactions are considered, the combination of "Bait" and "Depth", for yellowfin tuna, resulted in a 47% increase in its catch probability with the use of mackerel, in the second depth layer, when compared to squid and the first layer. The combination of sardine and the second depth layer resulted in a reduction of the catch probability of yellowfin tunas of about 27%. In the

third depth layer, the use of sardine and mackerel lowered the catch probability for the species by 36% and 11%, respectively, in relation to the use of squid in the first layer (Fig. 4).

In the case of bigeye tuna, the interaction of the factors: "bait" and "depth" resulted in a drop of the catch rate of the species, when using mackerel, in the second layer, by 19%, in comparison to squid in the first layer. When sardine was used in the second depth layer, there was an increase in catch probability of about 28%. In the third depth layer, the use of mackerel resulted in a drop of about 3% compared to squid, while the use of sardine as bait in the same layer increased the catch probability by 59% (Fig. 5).

#### 4. DISCUSSION

The results demonstrated a clear difference in bait preference by each target species. According to Huse et al. (1996), there are several factors that influence the selectivity of the pelagic longline gear, and, among all of them, bait and hook type are the most important. The sort of bait used in a fishing operation is defined according to the dietary habits of the target species (Løkkeborg et al., 2014). According to Løkkeberg (1989), mackerel, sardine and squid are the main baits used in longline fishing (Foster et al., 2012; Santos et al., 2012; Løkkeborg, 2014).

For any bait, or combination of baits, to be successful in catching fish, it is reasonable to assume that it must stimulate both olfactory and gustatory responses in fish. This is probably the reason why longline vessels use more than one type of bait in commercial fisheries (Jacobsen and Joesen 2004). According to Løkkeborg (1989), if two types of baits are used in the longline, they have a synergistic effect, meaning that the use of two different baits together increase the probability to catch fish when compared to the use of only one kind of bait.

According to Løkkeberg and Pina (1997), teleost fish have a high sensitivity to different organic compounds through their olfactory system. Chemical and physical properties of water make it an excellent solvent, facilitating the propagation of chemicals substances that attract the prey's attention (Jacobsen and Joesen, 2004). However, there is no defined understanding on which substances provoke an olfactory response and those that induce a gustatory response (Kasumyan and Døving, 2003).

The yellowfin tuna is characterized as a eurifagic predator, which makes no distinction of type or size of the prey. Analyzes of stomach contents, however, indicate that its main source of

food consists of squids, followed by small teleosts, however this diet may vary according to the availability of food and time of year (Vaske Jr. and Castello, 1998; Vaske Jr. et al., 2004). This corroborates with present results since the highest catch rate for this species was attained by the squid, with a reduction in the probability of catch when teleost baits were used, demonstrating that for this species the squid is the best bait to be used in the pelagic longline fishery.

As many species of tunas, bigeye tuna also presents an amply diversified diet, being even considered sometimes as an opportunistic predator, due to the vast range of preys that compose its diet (Bertrand et al., 2002). In quantitative terms, however, the species has a preference for fish, followed by cephalopods and crustaceans (Bertrand et al., 2002). This also corroborates with the present results since the use of small teleosts as bait resulted in a considerable increase in their catch rate, when compared to the efficiency obtained with the use of squid.

The correct choice of bait is essential for increasing the selectivity of the fishing gear for the target species, directly influencing the success or failure of a given fishery (Coelho et al., 2012; Løkkeborg et al., 2014). In this way, the choice of a more efficient bait is directly related to the choice of the target species, it is intended to capture. Other factors to be considered are the geographic location of the fishing area and the prevailing environmental conditions, such as temperature and dissolved oxygen, which also have a strong influence on the efficiency of the fishing gear. The present work shows that yellowfin tuna and bigeye tuna, despite being caught in the same fishing operation, present a very different bait preference.

Several authors have studied the movement patterns of tunas in micro and macro scale. These movement patterns match, in general, the vertical movements of their prey, such as squid and mesopelagic fish, which perform differentiated circadian movements (Bertrand et al., 1999; Dagorn et al., 2000; Marcinek et al., 2001; Marchal and Lebourges, 1996). Despite tunas are considered generalist predators, previous studies have shown that differences in vertical feeding behavior is correlated to differences in thermocline depth and/or others environmental factors. That could explain inter and intraspecific dietary differences over relatively short distances (Olson et al., 2010; Williams et al. 2015, Houssard et al., 2017).

Yellowfin tuna (*Thunnus albacares*) generally spend most of their time either in the mixed layer or at the top of the thermocline (Holland et al. 1990; Brill et al. 1999; Dargon 2006). Studies have indicated vertical movements of yellowfin to be predominantly restricted to the mixed layer, but occasionally below the thermocline for short periods (Carey and Olson 1982; Holland et al.



1990; Block et al. 1997, 1999). Moreover, in areas where the decrease of oxygen content with depth is not limiting, yellowfin tuna depth distributions are set not by a specific depth or water temperature, but by the relative change in water temperature with depth (Block *et al.* 1997, Brill *et al.* 1999). Vertical movements of yellowfin are not restricted by the depth of the thermocline, but by body temperature cooling rates and physiological performance at depths below the mixed layer (Schaefer et al., 2007). The fact that yellowfin tunas were caught more with squids in deeper layers, well below the mixed layer in this region, although surprising, might reflect a feeding behavior by the species that would dive deeper in search of squids, increasing their catch rates by the longline during these incursions.

In contrast, bigeye tuna regularly exposes themselves to temperature changes of up 20°C (from 25°C surface layer temperature to 5°C at 500 m depth) during their daily vertical movements. Bigeye tuna remains near the surface at night but descend during the day, routinely to depths where water temperatures are close to 5°C, occasionally making upward excursions into the mixed layer to warm their muscles and increase its metabolism (Carey and Robison 1981, Carey 1990, Brill et al., 2005). According to Josse et al. (1998), the bigeye tuna in French Polynesia perform extensive diurnal vertical movements to follow organism which comprise the sound scattering layer (squids, euphausiids and mesopelagic fish). Therefore, while the higher catch rates of yellowfin tunas in deeper waters might reflect incursions of this species in search of squids, their preferred prey, bigeye tuna, searching for small teleosts, could be doing the opposite, coming to shallower waters to feed on small fish and then increasing their catch rates by the longline hooks positioned in shallower depths.

Although there are clear instances where the depth distribution of tunas are set by the depth distribution of their prey (Block et al. 1997; Marcinek et al. 2001; Brill et al. 2005), the dichotomous depth distributions of yellowfin and bigeye tunas in the same areas in the central Pacific implies that one or more abiotic factors are having an impact on their vertical movements. In the present case, the distribution of their CPUE in different depths would reflect much more the vertical distribution of their preferred prey, during their feeding time, than their own distribution.

## 5. CONCLUSION

Yellowfin tuna catch rates were higher with the use of squid as bait, while the catch of bigeye tuna was higher with the use of small teleosts (sardine and mackerel). Differently from what could be expected, the catch rate of yellowfin tuna was higher at deeper layers, the opposite

behavior shown by the bigeye tuna. A possible explanation is that the distribution of their CPUE is reflecting much more the vertical distribution of their preferred prey, during their feeding time, than their own distribution. This emphasizes the caution needed to infer the vertical distribution of pelagic species by their depth of catch in the longline. The present data provides valuable guidance for tuna longliners to decide on the type of bait to use and the operation depth of the longline, depending on the target species. To maximize the catches of both, yellowfin tuna and big eye tuna, in the region of study the deepest hooks should be baited with squid to increase the catches of yellowfin tuna, and shallower hooks should be baited with sardine to increase catches of bigeye tuna.

## 6. REFERENCES

- AKAIKE, H., 1974. A new look at the statistical model identification. *Automatic Control* 19, 716–723, IEEE Transactions on.
- BERTRAND, A., JOSSE, E., MASSÉ, J., 1999. In situ acoustic target-strength measurement of bigeye (*Thunnus obesus*) and yellowfin tuna (*Thunnus albacares*) by coupling split-beam echosounder observations and sonic tracking. *ICES J. Mar. Sci* 56, 51–60.
- BERTRAND, A., JOSSE, E., BACH, P., GROS, P., DAGORN, L., 2002. Hydrological and trophic characteristics of tuna habitat: consequences on tuna distribution and longline catchability. *Journal Fish Aquatic Sci* 59:1002–1013
- BJORDAL, A., 1989. Recent development in longline fishing-catching performance and conservation aspects. In: *Proc. of the World Symposium on Fishing Gear and Fishing Vessel Design*, St. John's, Nfld., Canada, 21-24 November 1988, Marine Institute, St. John's Nfld., pp. 19-24.
- BROADHURST, M. K. ; HAZIN, F. H. V. . Influences of type and orientation of bait on catches of swordfish (*Xiphias gladius*) and other species in an artisanal sub-surface longline fishery off northeastern Brazil. *Fisheries Research*, London, v. 53, p. 169-179, 2001.
- COELHO, R., SANTOS, M. N., AMORIM S., 2012. Effects of hook and bait on targeted and bycatch fishes in an equatorial Atlantic pelagic longline fishery. *Bull. Mar. Sci.* 88:449–467.
- DAGORN, L., BACH, P., JOSSE, E. 2000. Movement patterns of large bigeye tuna (*Thunnus obesus*) in the open ocean, determined using ultrasonic telemetry. *Mar. Biol.* 136 (2): 361- 371.
- FOSTER, D. G., S. P. EPPERLY, A. K. SHAH, AND J. W. WATSON. 2012. Evaluation of hook and bait type on the catch rates in the western North Atlantic Ocean pelagic longline fishery. *Bull. Mar. Sci.* 88:529–545.
- HAZIN, F.; TRAVASSOS, P. A pesca oceânica no Brasil no Século 21. *Revista Brasileira de Engenharia de Pesca*, v. 2, n. 1, p. 60–75, 2007.
- HOUSSARD, P., LORRAIN, A., TREMBLAY-BOYER, L., ALLAIN, V., GRAHAM, B.S.,

MENKES, C.E., PETHYBRIDGE, H., COUTURIER, L., POINT, D., LEROY, B., RECEVEUR, A., HUNT, B.P.V., VOUREY, E., BONNET, S., RODIER, M., RAIMBAULT, P., FEUNTEUN, E., KUHNERT, P.M., MUNARON, J-M., LEBRETON, B., OTAKE, T., LETOURNEUR, Y. 2017. Trophic position increases with thermocline depth in yellowfin and bigeye tuna across the Western and Central Pacific Ocean, *Progress in Oceanography* (2017), doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.pocean.2017.04.008>

JACOBSEN J.H., JOENSEN J. (2004). Comparison of bait in longline fishery. Bsc Thesis University of Faroe Islands.

JOHANNESSEN, T., FEMÖ, A., LØKKEBORG, S., 1993. Behaviour of cod (*Gadus morhua*) and haddock (*Delanogrammus aeglefinus*) in relation to various sizes of longline bait. *ICES Mar. Sci. Symp.*, 196: 47-50.

KASUMYAN, A. O. AND DØVING, K.B., 2003. *Fish and fisheries*, 4, 289-347.

LIRA, M.G., NOBREGA, M.F., LINS OLIVEIRA J.E. 2017. Caracterização Da Pescaria Industrial De Espinhel-De- Superfície No Rio Grande Do Norte In: *B. Inst. Pesca*, São Paulo, 43(3): 446 - 458, 2017 Doi: 10.20950/1678-2305.2017v43n3p446

LØKKEBORG, S. 1989. Longline bait: fish behaviour and the influence of attractant release rate and bait appearance. Dr. Sc. Thesis, University of Bergen, 109 pp.

LØKKEBORG, S., 1991. Fishing experiments with an alternative longline bait using surplus fish products. *Fish. Res.*, 12: 43-56.

LØKKEBORG, S., E BJORDAL, Å. 1992. Species and size selectivity in longline fishing: A review. *Fisheries Research*, 13, 311–322.

LØKKEBORG S, SIIKAVUOPIO SI, HUMBORSTAD O-B, et al (2014) Towards more efficient longline fisheries: fish feeding behaviour, bait characteristics and development of alternative baits. *Rev Fish Biol Fisheries* 24:985–1003. doi: 10.1007/s11160-014-9360-z

LØKKEBORG, S., PINA, T. (1997). Effects of setting time setting direction and soak time on longline catch rates. *Fisheries Research*, 32(1): 213-222. doi: 10.1016/S0165-7836(97)00070-2

LØKKEBORG, S. 1998. Feeding behavior of cod, (*Gadus morhua*): Activity rhythm and chemically mediated food search. *Anim. Behav.*, 56: 371–378.

LONGHURST, A. R. 1976. Interactions between zooplankton and phytoplankton profiles in the eastern tropical Pacific Ocean. *Deep Sea Res.* 23: 729-754.

MARCINEK, D.J., BLACKWELL, S., DEWAR, H., FREUND, E.V., FARWELL, C., DAU, D., SEITZ, A.C. e BLOCK, B.A. 2001. Muscle temperature and behavior of Pacific Bluefin measured with ultrasonic and popup satellite transmitters. 138: 869-881.

MARCHAL, E., A. LEBOURGES. 1996. Acoustic evidence for unusual diel behaviour of a mesopelagic fish (*Vinciguerria nimbaria*) exploited by tuna. *ICES Journal of Marine Science* 53:443-447.

NELDER, J.A., WEDDERBURN, R.W.M., 1972. Generalized linear models. *J. R. Stat. Soc. Ser. A (Gen.)* 135 (3), 370–384.

OLSON, R.J., POPP, B.N., GRAHAM, B.S., LÓPEZ-IBARRA, G.A., GALVÁN-MAGAÑA, F., LENNERT-CODY, C.E., BOCANEGRA-CASTILLO, N., WALLSGROVE, N.J., GIER, E.,

- ALATORRE-RAMÍREZ, V., BALLANCE, L.T., FRY, B., 2010. Food-web inferences of stable isotope spatial patterns in copepods and yellowfin tuna in the pelagic eastern Pacific Ocean. *Prog. Oceanogr.* 86, 124–138. doi: 10.1016/j.pocean.2010.04.026
- SANTOS, M. N., R. COELHO, J. FERNANDEZ-CARVALHO, S. AMORIN. 2012. Effects of hook and bait on sea turtle catches in an equatorial Atlantic pelagic longline fishery. *Bull. Mar. Sci.*, 88: 683–701 (2012).
- TRAVASSOS, P., PEREIRA, A.A., TOLOTTI, M.T. 2009. Comportamento da Albacora-laje *Thunnus albacares* (Bonnaterre, 1788). In 10 anos de Pesquisas em São Pedro e São Paulo, CIRM, Rio de Janeiro p. 234-243, 2009.
- VASKES, JR. T., CASTELLO, J. P. 1998. Conteúdo estomacal da albacore laje, *Thunnus albacares*, durante o inverno e primavera no sul do Brasil. *Rev. Bras. Biol.* [online]. 1998, vol.58, n.4, pp.639-647. ISSN 0034-7108. <http://dx.doi.org/10.1590/S0034-71081998000400011>.
- VASKE JUNIOR, T., LESSA, R.P., Nóbrega, M., Montealegre- Quijano, S., Santana, F.M. & Bezerra, J.L.Jr. 2004. A checklist of fishes from Saint Peter and Saint Paul Archipelago, Brazil. *J.Appl. Ichthyol.* 20, p. 1-5.
- WILLIAMS, A.J., ALLAIN, V., NICOL, S.J., EVANS, K.J., HOYLE, S.D., DUPOUX, C., VOUREY, E., DUBOSC, J., 2015. Vertical behavior and diet of albacore tuna (*Thunnus alalunga*) vary with latitude in the South Pacific Ocean. *Deep Sea Res. Part II Top. Stud. Oceanogr.* 113, 154–169. doi:10.1016/j.dsr2.2014.03.010
- YOSHIHARA, T. 1951. Distribution of fishes caught by the longline II. Vertical distribution. *Bulletin of the Japanese Society of Scientific Fisheries* 16(8):370–374.
- YOSHIHARA, T. 1954. Distribution of fishes caught by the long line IV. On the relationship between  $k$  and  $l$  with a table and diagram. *Bulletin of the Japanese Society of Scientific Fisheries* 19(10):1012–1014.

## 7. APPENDICES



Figure 1: Side view of Japanese longline vessel, *Taiwa Maru* n°88, which operated in the Brazilian coast in 2012.

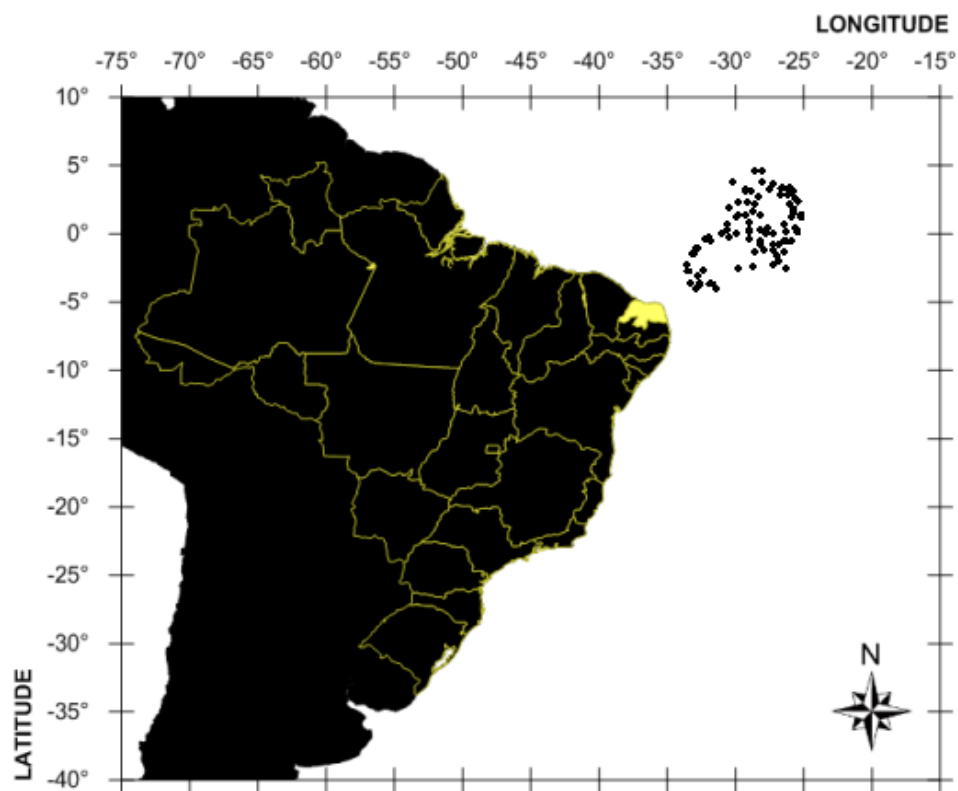


Figure 2- Spatial distribution of the fishing sets by the Japanese vessel *Taiwa Maru* n°88, which operated in the Brazil in 2012.

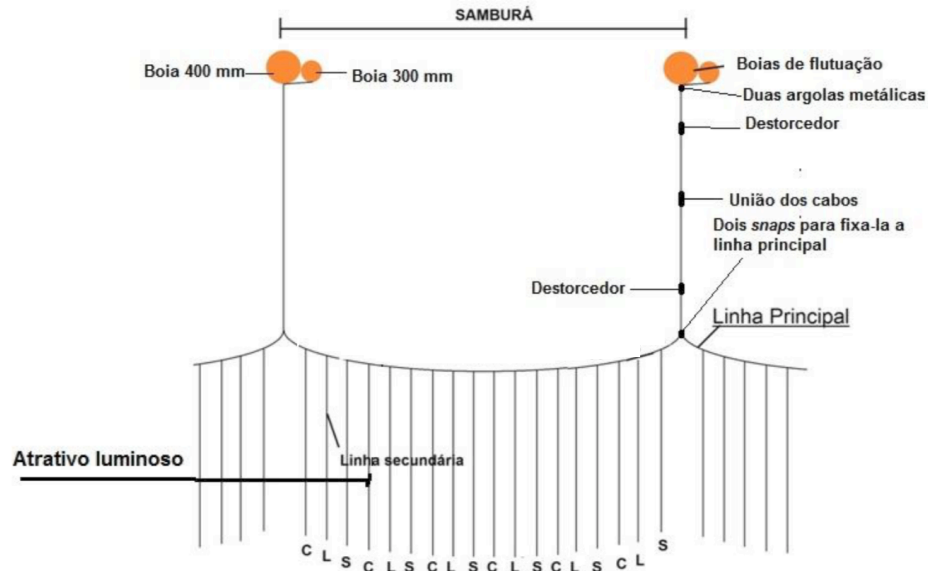


Figure 3: Schematic drawing of the longline used, by the Japanese vessel Taiwa Maru nº88, which operated in Brazil in the year of 2012.

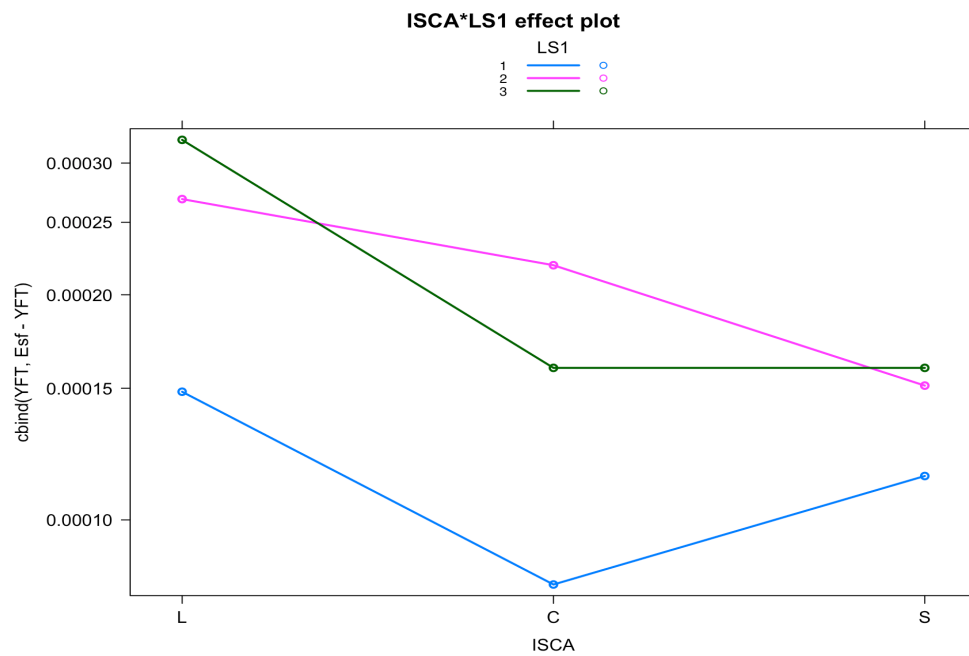


Figure 4: Effect of catch probability per bait to Yellowfin tuna by the Japanese vessel Taiwa Maru nº88, which operated in Brazil in the year of 2012. Where, LS1 represents different depth layers; L represents squid; C represents mackerel and S represents sardine.

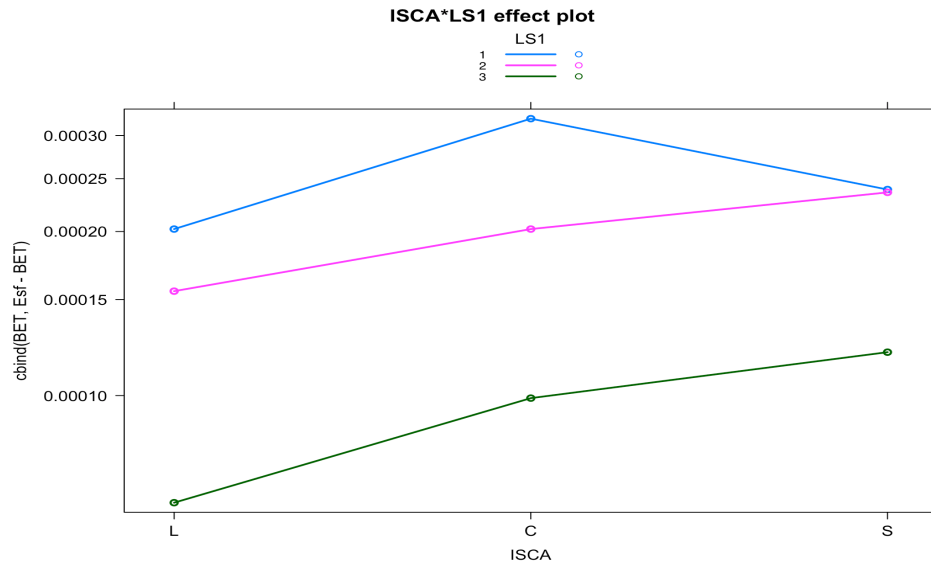


Figure 5: Effect of catch probability per bait to Bigeye tuna by the Japanese vessel Taiwa Maru n°88, which operated in Brazil in the year of 2012. Where, LS1 represents different depth layers; L represents squid; C represents mackerel and S represents sardine.

Table 1: Summary of the yellowfin tuna binomial model

BAIT		2.5%	97.5%	P value
MACKEREL	0.5523442	0.3985502	0.757928	2.854105 e-04
SARDINE	0.7714024	0.5759493	1.029444	7.926421 e-02
DEPTH 02 (186-293)	1.8097412	1.4294225	2.303819	1.073621 e-06
DEPTH 03 (334-451)	2.1718061	1.7287632	2.746448	4.857108 e-11
INTERA. MACKEREL x D.02	1.4768852	1.0082108	2.177424	4.684273 e-02
INTERA. SARDINE x D.02	0.7299586	0.5018613	1.061813	9.936515 e-02
INTERA. MACKEREL x D.03	0.8971465	0.6073281	1.331588	5.873680 e-01
INTERA. SARDINE x D.03	0.6423799	0.4448076	0.927809	1.817904 e-02

Table 2: Summary of the bigeye tuna binomial model

BAIT		2.5%	97.5%	P value
MACKEREL	1.5945971	1.2956338	1.9691237	1.220984 e-05
SARDINE	1.1818661	0.9463228	1.4780657	1.414495 e-01
DEPTH 02 (186-293)	0.7691948	0.5988941	0.9852641	3.855119 e-02
DEPTH 03 (334-451)	0.3146417	0.2226875	0.4359493	1.330715 e-11
INTERA. MACKEREL x D.02	0.8152909	0.5890991	1.1285512	2.178962 e-01
INTERA. SARDINHA x D.02	1.2846716	0.9260043	1.7849539	1.343448 e-01
INTERA. CAVALA x D. 03	0.9755507	0.6370048	1.5045381	9.099401 e-01
INTERA. SARDINHA x D. 03	1.5983221	1.0496585	2.4567389	3.035166 e-02

