

VICTÓRIA SINCORÁ XAVIER

**BIOLOGIA REPRODUTIVA DO BONITO-LISTRADO,
Katsuwonus pelamis (PERCIFORMES: SCOMBRIDAE),
NO ARQUIPÉLAGO DE SÃO PEDRO E SÃO PAULO, BRASIL**

Recife

Março/2021



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
PRÓ-REITORIA DE ENSINO DE GRADUAÇÃO
BACHAREL EM ENGENHARIA DE PESCA

BIOLOGIA REPRODUTIVA DO BONITO-LISTRADO,
***Katsuwonus pelamis* (PERCIFORMES: SCOMBRIDAE),**
NO ARQUIPÉLAGO DE SÃO PEDRO E SÃO PAULO, BRASIL

VICTÓRIA SINCORÁ XAVIER

Trabalho de conclusão apresentado ao curso de Engenharia de Pesca da Universidade Federal Rural de Pernambuco, como exigência para obtenção do Bacharel em Engenharia de Pesca.

Prof. Dr. Fábio Hissa Vieira Hazin
Orientador

Dra. Natalia Priscila Alves Bezerra
Coorientadora

Recife
Março/2021

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal Rural de Pernambuco
Sistema Integrado de Bibliotecas
Gerada automaticamente, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

X3b

Xavier, Victória Sincorá

Biologia reprodutiva do bonito-listrado, *Katsuwonus pelamis* (Perciformes: Scombridae), no Arquipélago de São Pedro e São Paulo, Brasil / Victória Sincorá Xavier. - 2021.
32 f. : il.

Orientador: Fabio Hissa Vieira .
Coorientador: Natalia Priscila Alves Bezerra.
Inclui referências e anexo(s).

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Bacharelado em Engenharia de Pesca, Recife, 2021.

1. Biologia reprodutiva. 2. Bonito-listrado . 3. Arquipélago de São Pedro e São Paulo. 4. Época de desova. 5. Proporção sexual. I. , Fabio Hissa Vieira, orient. II. Bezerra, Natalia Priscila Alves, coorient. III. Título

CDD 639.3

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
PRÓ-REITORIA DE ENSINO DE GRADUAÇÃO
BACHAREL EM ENGENHARIA DE PESCA

BIOLOGIA REPRODUTIVA DO BONITO-LISTRADO,
Katsuwonus pelamis (PERCIFORMES: SCOMBRIDAE),
NO ARQUIPÉLAGO DE SÃO PEDRO E SÃO PAULO, BRASIL

Victória Sincorá Xavier

ESO/TCC julgado adequada para obtenção
do título de Bacharel em Engenharia de
Pesca. Defendida e aprovada em __/__/____
pela seguinte Banca Examinadora.

Prof. Dr. Fábio Hissa Vieira Hazin

Orientador

Departamento de Pesca e Aquicultura
Universidade Federal Rural de Pernambuco

Prof. Dr. Paulo Guilherme Vasconcelos de Oliveira

Membro Titular

Universidade Federal Rural de Pernambuco

Dr. Paulo Rogério de Souza Almeida

Membro Titular

Universidade Federal Rural de Pernambuco

Dra. Natalia Priscila Alves Bezerra

Membro suplente

Universidade Federal Rural de Pernambuco

Dedicatória

Dedico este trabalho primeiramente a Deus, por ser meu socorro presente na angústia, não me deixar desistir e me dar forças para chegar até aqui. E ao meus pais, por garantirem sempre o melhor para mim, apoiarem os meus estudos e me incentivarem a ir mais longe.

Agradecimentos

Sou grata primeiramente a Deus por sempre ter cuidado de mim, me livrado de todos os males e me conduzido durante este projeto de pesquisa com saúde, segurança e forças para chegar até o final.

À Universidade Federal Rural de Pernambuco e seu corpo docente pela oportunidade única e excelente qualidade de ensino.

Ao CNPq (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico), pelo auxílio financeiro que possibilitou a operacionalização do estudo.

Aos meus pais, Valdelina e Geraldo, por todo o esforço investido na minha educação e apoio na realização dos meus sonhos. Eu tenho os melhores pais do mundo!

Ao meu orientador Fábio Hazin por aceitar conduzir meu trabalho de pesquisa, pelas valiosas contribuições neste trabalho e, também, por ter sido empático e generoso para comigo no meu momento mais difícil.

A minha coorientadora, Natália Alves, por ser tão maravilhosa, amiga e justa, me mantendo motivada durante todo o processo. Agradeço pelos meus momentos delicados em que ela esteve presente para conversar, aconselhar e não me deixar desistir. Afinal, como ela sempre diz: desistir não é opção!

Ao meu companheiro, Ricardo, pela compreensão, paciência e auxílio, quando precisei durante meu percurso acadêmico.

Aos meus amigos do curso de graduação e do laboratório que compartilharam dos inúmeros desafios sempre com espírito colaborativo, palavras motivacionais e muito carinho. Juntos, conseguimos avançar e superar todos os obstáculos.

Ao Programa de Educação Tutorial de Engenharia de Pesca (UFRPE/Sede) e ao tutor Paulinho Oliveira que contribuíram grandemente com a minha formação acadêmica e crescimento pessoal.

Aos pesquisadores que contribuíram com a minha pesquisa por meio de coletas biológicas, auxílio nas análises e apoio emocional.

E a todos que, de forma direta ou indireta, fizeram parte da minha formação. Gratidão!

Resumo

O bonito-listrado (*Katsuwonus pelamis*), família Scombridae, é uma espécie pelágica e cosmopolita que possui valor comercial elevado. Tendo por objetivo estudar o seu ciclo reprodutivo no Arquipélago de São Pedro e São Paulo (ASPSP), ecossistema insular brasileiro localizado no Atlântico Equatorial, coletas de material biológico foram realizadas durante expedições científicas entre julho de 2016 e fevereiro de 2020. Após a captura com linha de mão, os espécimes foram mensurados quanto aos seus comprimentos furcal (CF) e total (CT), tendo sido, em seguida, eviscerados para a identificação do sexo e coleta das gônadas, que foram, então, medidas e pesadas. A proporção sexual total e mensal foi calculada através da razão entre o número total de machos e fêmeas capturados, sendo aplicado o teste de qui-quadrado ($p < 0,05$) para verificar possíveis diferenças estatisticamente significativas. As gônadas foram analisadas macroscópica- e microscopicamente quanto aos seus estágios de maturação sexual. A fim de se identificar a época de desova no ASPSP, o Índice Gonadal (IG) dos adultos foi calculado, avaliando-se a variação de sua média mensal. O tamanho de primeira maturação sexual (L_{50}) foi igualmente estimado, verificando-se a proporção de espécimes juvenis e adultos na pesca local. Dos 292 espécimes coletados, 165 (56,5%) eram machos e 127 (43,5%) eram fêmeas, resultando em uma proporção sexual de 1,3M:1F, sem diferenças estatisticamente significativas ($\chi^2 = 1,5$; $p > 0,05$) para o período analisado. As fêmeas alcançaram maior amplitude de tamanho (33,6 a 64,5 cm) comparadas aos machos (34,0 a 63,0 cm), porém sem diferenças estatísticas entre os comprimentos ($p > 0,05$). Os valores médios mensais do IG variaram de 16,96 a 52,06, para fêmeas, e de 11,58 a 60,90, para machos. A menor média para o sexo feminino foi observada em agosto, e para os machos, em dezembro, com ambos apresentando o maior valor de IG em fevereiro. O L_{50} foi estimado em 40,7 cm, para fêmeas, e 38,5 cm, para os machos. A fecundidade média por lote foi de 260.660 ovócitos. As análises histológicas indicaram um desenvolvimento assíncrono dos ovócitos, caracterizando uma desova intermitente e fecundidade indeterminada. Os resultados sugerem que a época de desova mais intensa do bonito-listrado no entorno do ASPSP tem início no final do ano, se estendendo até maio.

Palavras-chave: Scombridae; Atlântico Equatorial; Proporção sexual; Índice gonadal; Época de desova.

Lista de figuras

Página

Figura 1. Localização do Arquipélago de São Pedro e São Paulo (BEZERRA <i>et al.</i> , 2013).	13
Figura 2. Distribuição de frequência relativa do comprimento furcal (CF) de machos e fêmeas de <i>Katsuwonus pelamis</i> capturados no entorno do Arquipélago de São Pedro e São Paulo, no período entre agosto de 2016 e fevereiro de 2020 (n=269).	16
Figura 3. Valores mensais do índice gonadal (IG) para fêmeas e machos de <i>Katsuwonus pelamis</i> capturados no Arquipélago de São Pedro e São Paulo, entre julho de 2016 e fevereiro de 2020 (n= 292).	16
Figura 4. Distribuição mensal de frequência dos estágios de desenvolvimento para fêmeas de <i>Katsuwonus pelamis</i> capturadas no Arquipélago de São Pedro e São Paulo entre julho de 2016 e fevereiro de 2020 (n= 114).	19
Figura 5. Distribuição mensal de frequência dos estágios de desenvolvimento para machos de <i>Katsuwonus pelamis</i> capturados no Arquipélago de São Pedro e São Paulo entre julho de 2016 e fevereiro de 2020 (n= 157).	19
Figura 6. Seção histológica de ovários (fêmeas) e testículos (machos) de <i>Katsuwonus pelamis</i>	20
Figura 7. Tamanho de primeira maturação sexual (L_{50}) para fêmeas (A) e machos (B) de <i>Katsuwonus pelamis</i> capturados no entorno do arquipélago de São Pedro e São Paulo entre agosto de 2008 e fevereiro de 2020 (n = 247).	21
Figura 8. Relação entre fecundidade e comprimento furcal para fêmeas de <i>K. pelamis</i> entre abril de 2017 e janeiro de 2020 capturadas nas adjacências do Arquipélago de São Pedro e São Paulo (n = 12).	22
Figura 9. Relação entre fecundidade e peso do ovário para fêmeas de <i>K. pelamis</i> capturadas entre abril de 2017 e janeiro de 2020 no Arquipélago de São Pedro e São Paulo (n = 12).	22

Lista de tabelas

	Página
Tabela 1. Proporção sexual mensal de bonito-listrado (<i>Katsuwonus pelamis</i>) capturado no ASPSP no período compreendido entre julho de 2016 e fevereiro de 2020 (n= 292).....	15
Tabela 2. Caracterização macroscópica das fases maturacionais de fêmeas e machos de <i>Katsuwonus pelamis</i> no Arquipélago de São Pedro e São Paulo, adaptado de BROWN PETERSON <i>et al.</i> (2011) e GRANDE <i>et al.</i> (2012).	17
Tabela 3. Caracterização microscópica dos estágios de desenvolvimento dos gametas de fêmeas e machos de <i>Katsuwonus pelamis</i> provenientes do Arquipélago de São Pedro e São Paulo, adaptado de BROWN PETERSON <i>et al.</i> (2011) e ASHIDA <i>et al.</i> (2010).....	17

Sumário

Dedicatória	v
Agradecimentos	vi
Resumo.....	vii
Lista de figuras	viii
Lista de tabelas	ix
1. Introdução	11
2. Objetivos	12
2.1. Objetivo geral	12
2.2. Objetivos específicos	13
3. Material e Métodos	13
3.1. Coleta de dados	13
3.2. Análise de dados	14
4. Resultados	15
5. Discussão.....	23
Proporção sexual	23
Frequência de comprimento.....	23
Padrões de desova	24
Tamanho de primeira maturidade (L_{50}).....	25
Fecundidade	26
6. Conclusão	26
Referências	27

1. Introdução

O bonito-listrado (*Katsuwonus pelamis*, Linnaeus, 1758) pertence à família Scombridae, dentro da qual estão inseridos os atuns do gênero *Thunnus* (MENEZES *et al.*, 2010). É uma espécie pelágica altamente migratória com ampla distribuição geográfica, em todo mundo. Por ser cosmopolita, o bonito-listrado possui a capacidade de habitar águas tropicais e subtropicais dos três principais oceanos, em temperaturas que variam de 17,8°C a 26,2°C (COSTA *et al.*, 2020; CAMPOS & ANDRADE, 1998; VILELA & CASTELLO, 1993). Com elevada importância econômica, especialmente devido ao seu uso como matéria-prima nas indústrias de enlatados, a espécie é um dos recursos pesqueiros mais explorados (FAO, 2018). De acordo com os dados da FAO (2020), a captura, em nível mundial, do bonito-listrado no ano de 2018 correspondeu a 3,2 milhões de toneladas, tendo sido a terceira espécie mais capturada no mundo pelo nono ano consecutivo. Ainda no mesmo ano, do total de 305.000 toneladas de bonito-listrado capturadas no Oceano Atlântico, cerca de apenas 8% (22.873 t) foram oriundos do Atlântico Oeste (ICCAT, 2019), com o Brasil tendo respondido pela maior parte dessas capturas (86%; 20.000 t).

A pesca comercial do bonito-listrado, atividade iniciada por volta de 1979 no Brasil, sempre foi mais desenvolvida na costa Sudeste e Sul, com a maior parte das capturas sendo realizada por meio da vara-e-isca-viva (MENEZES *et al.*, 2007; CARVALHO, *et al.*, 2015), em uma escala considerada industrial. Nas regiões Norte e Nordeste do Brasil, em contrapartida, a captura do bonito-listrado é realizada de forma predominantemente artesanal, com linha de mão (CARVALHO, *et al.*, 2015), alcançando uma produção, porém, muitas vezes menor. A distribuição geográfica da espécie é principalmente determinada pela temperatura da superfície do mar. Durante o verão, o aumento da influência da Corrente do Brasil, com águas mais quentes, resulta em maiores taxas de captura no sul do Brasil, enquanto que durante o inverno, o esfriamento das águas, ocasionado pela Corrente das Malvinas, resulta no deslocamento dos cardumes mais para o norte da costa brasileira, refletindo o caráter migratório da espécie (CASTELLO, 2000; COSTA *et al.*, 2020).

Os anos de 2012 e 2013 registraram a maior produção da frota brasileira na presente década, com desembarques acima de 30.000 t. Após 2013, porém, os desembarques apresentaram uma tendência decrescente, por várias razões, incluindo a dificuldade para obtenção de isca-viva, devido ao fenômeno do El Niño, que aquece as águas na região sul e sudeste dispersando a espécie (COSTA *et al.*, 2015), e redução da frota.

Com relação à estrutura populacional do bonito-listrado no Oceano Atlântico, a ICCAT (Comissão Internacional para a Conservação do Atum Atlântico) tem trabalhado com a hipótese de dois estoques separados pelo meridiano de 30°W, embora hipóteses alternativas, como a existência de um estoque único ou frações de estoques na porção leste e oeste do Atlântico, também sejam consideradas (ANDRADE, 2007). O Projeto de Marcação dos Atuns Tropicais do Oceano Atlântico (AOTTP- Atlantic Ocean Tropical Tunas Tagging Program), recentemente desenvolvido pela ICCAT, porém, tem dado suporte à hipótese de dois estoques, um ao leste e outro a oeste deste oceano.

No Arquipélago de São Pedro São Paulo (ASPSP), o menor e mais remoto ecossistema insular brasileiro, o bonito-listrado ocorre juntamente com outras espécies da mesma família, como a albacora bandolim (*Thunnus obesus*; Lowe, 1839), a albacorinha (*Thunnus atlanticus*; Lesson, 1831), a albacora laje (*Thunnus albacares*; Bonnaterre, 1788) e a cavala-impigem (*Acanthocybium solandri*; Cuvier, 1832). O ASPSP é uma área de grande importância no Atlântico equatorial devido a sua localização estratégica entre os continentes americano e africano, atuando como área de alimentação e reprodução para várias espécies residentes e migradoras (VASKE-JR *et al.*, 2003; LESSA *et al.*, 1999), a exemplo da albacorinha (*Thunnus atlanticus*) (BEZERRA *et al.*, 2013), da cavala-impigem (*Acanthocybium solandri*) (VIANA, 2007), do dourado (*Coryphaena hippurus*) (SANTOS, 2012) e do peixe-rei (*Elagatis bipinnulata*) (PINHEIRO, 2004), que desovam no ASPSP, principalmente no primeiro semestre do ano. Embora o bonito-listrado seja uma espécie com ocorrência frequente na região, o seu ciclo reprodutivo nessa localidade ainda não havia sido investigado anteriormente.

Neste contexto, o presente trabalho teve por objetivo investigar a biologia reprodutiva do bonito-listrado capturado no ASPSP, a fim de subsidiar a adoção de medidas de manejo capazes de garantir a conservação e o uso sustentável deste recurso pesqueiro de extrema importância para o Brasil.

2. Objetivos

2.1. Objetivo geral

Estudar a biologia reprodutiva do bonito-listrado (*Katsuwonus pelamis*), capturado no entorno do Arquipélago de São Pedro e São Paulo.

2.2. Objetivos específicos

- Avaliar a distribuição de frequência de comprimento dos indivíduos capturados;
- Identificar a proporção sexual;
- Classificar os estágios de desenvolvimento gonadal;
- Caracterizar os aspectos macroscópicos e microscópicos do desenvolvimento gonadal das fêmeas e dos machos;
- Estimar o índice gonadal (IG) e sua variação sazonal;
- Avaliar o tamanho de primeira maturação sexual (L_{50});
- Identificar o tipo e época de desova;
- Determinar a fecundidade.

3. Material e Métodos

3.1. Coleta de dados

O presente estudo foi realizado entre julho de 2016 e fevereiro de 2020, no Arquipélago de São Pedro e São Paulo (ASPSP) (Fig. 1), um pequeno grupo de ilhas rochosas localizadas no meio do Atlântico-Norte Equatorial ($00^{\circ}55'02''N$, $29^{\circ}20'42''W$), a, aproximadamente, 1.100 km da costa brasileira e cerca de 1.800 km da costa africana (CAMPOS *et al.*, 2005). As capturas foram realizadas no período diurno por meio de embarcação artesanal.

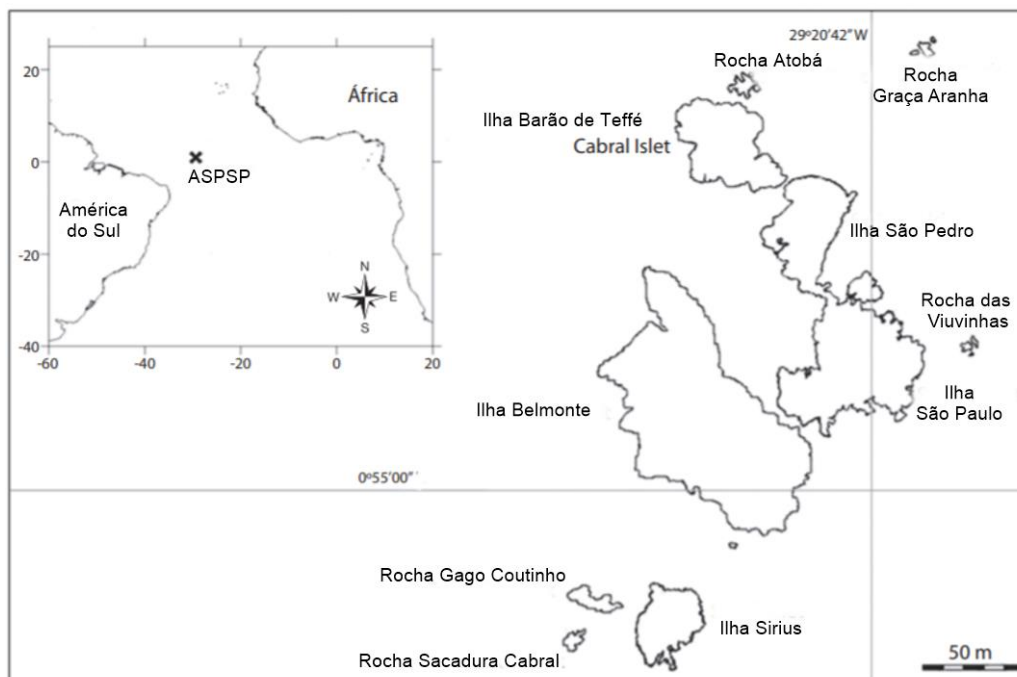


Figura 1. Localização do Arquipélago de São Pedro e São Paulo (adaptado de BEZERRA *et al.*, 2013).

3.2. Análise de dados

As gônadas foram obtidas a partir de 292 espécimes capturados com linha de mão e corrico. Após a captura, os indivíduos foram sexados, mensurados e eviscerados para a coleta das gônadas. A significância estatística das diferenças na distribuição de frequência de comprimento de machos e fêmeas foi avaliada pelo teste de Kolmogorov-Smirnov (KS, $p < 0,05$). Para avaliar se as diferenças entre os sexos foram estatisticamente significativas, foi aplicado o teste de *qui-quadrado* (χ^2 ; $p < 0,05$) (ZAR, 2010).

O aparelho reprodutor foi fixado *in situ* em solução de formaldeído 10%, para posterior medição de comprimento, largura e peso, em balança de precisão, determinação do sexo e identificação macroscópica do estágio de desenvolvimento gonadal, em laboratório. Após a clivagem do material, a solução de formaldeído foi substituída por etanol a 70% para fixação e conservação. Para a análise histológica, as gônadas já seccionadas foram desidratadas em álcool etílico, em ordem crescente de concentração (70%, 80%, 90%, 100%); clarificadas em xilol; e impregnadas em parafina; para posterior seccionamento em micrótomo (6 μ m); e coração com Hematoxilina e Eosina (HUNTER e MACEVICZ, 1985).

De acordo com BROWN-PETERSON *et al.* (2011) e GRANDE *et al.* (2012), foram analisadas em estereomicroscópio, considerando seis estágios de desenvolvimento gonadal para as fêmeas: I- imatura, II- em desenvolvimento, III-madura, IV- desovando, V- em regressão e VI- em regeneração. Já para os machos, cinco estágios foram descritos, com base em BROWN-PETERSON *et al.* (2011) e ASHIDA *et al.* (2010): I- imaturo, II- em desenvolvimento, III- maduro, IV- ejaculando e V- em regressão.

O Índice Gonadal (IG) foi calculado exclusivamente para os espécimes adultos, por meio da equação de Schaefer & Orange (1956): $IG = (PG * 10^5) / CF^3$, onde PG = peso das gônadas (gramas) e CF = comprimento furcal (centímetros). Para identificar a época de desova no ASPSP, a média mensal do IG foi calculada para cada sexo separadamente. O tipo de desova foi avaliado a partir da identificação dos diferentes estágios de desenvolvimento ovocitário (HUNTER e MACEVICZ, 1985).

O tamanho de primeira maturação sexual foi estimado a partir de uma curva logística baseada na frequência relativa de adultos em cada classe de comprimento, de acordo com a fórmula $L_{50} = \exp [a + b * CF] / (1 + \exp (a + b * CF))$.

Para se estimar a fecundidade, alíquotas de 0,5g foram obtidas das porções intermediárias de 12 ovários, identificados como desovando, com base na abundância de ovócitos hidratados, aplicando-se a equação: $N = nPg / p$, onde N= número total de

ovócitos hidratados, n= número de ovócitos hidratados na alíquota, Pg= peso do ovário e p = peso da alíquota do ovário, adaptado de Hunter *et al.* (1985).

4. Resultados

Dos 292 espécimes examinados, 165 eram machos e 127 eram fêmeas, resultando em uma razão sexual de 1,0♀:1,3♂. Nos meses de fevereiro, março, abril, maio, agosto, outubro e novembro, os machos foram significativamente mais frequentes, enquanto que no mês de dezembro as fêmeas foram estatisticamente predominantes ($p < 0.05$). Na amostra total, porém, não houve diferença estatística significativa ($X^2 = 1,7$; $p > 0.05$) (Tabela 1).

Tabela 1. Proporção sexual mensal de bonito-listrado (*Katsuwonus pelamis*) capturado no ASPSP no período compreendido entre julho de 2016 e fevereiro de 2020 (n= 292).

Meses	Fêmea (n)	Macho (n)	Fêmea (%)	Macho (%)	X^2
Janeiro	8	8	50,0	50,0	0,0
Fevereiro	3	9	25,0	75,0	25,0*
Março	2	4	33,3	66,7	11,1*
Abril	22	27	44,9	55,1	1,0
Maio	2	7	22,2	77,8	30,9*
Julho	13	14	48,1	51,9	0,1
Agosto	17	29	37,0	63,0	6,8*
Setembro	24	26	48,0	52,0	0,2
Outubro	10	23	30,3	69,7	15,5*
Novembro	1	3	25,0	75,0	25,0*
Dezembro	25	15	62,5	37,5	6,3*
Total	127	165	43,5	56,5	1,7

*Diferença significativa ao nível de 5% ($p < 0,05$).

O comprimento furcal para todos os espécimes mensurados (n= 269) variou de 33,6 a 64,5 cm, com uma moda em 45cm para fêmeas, e em 47 cm (Fig. 2) para os machos. Não houve diferenças estatisticamente significativas entre os comprimentos de ambos os sexos (KS, $p = 0,4367$).

Os valores médios mensais do índice gonadal (IG) variaram de 16,96 a 52,06, para as fêmeas, e de 11,58 a 60,90, para os machos. A menor média para o sexo feminino foi observada em agosto, enquanto a maior ocorreu em fevereiro. Para os machos, o menor valor médio de IG foi observado em dezembro, enquanto o maior valor ocorreu em fevereiro, seguindo a mesma tendência das fêmeas (Fig. 3). A variação das médias mensais do IG indicam uma maior atividade reprodutiva do bonito listrado nas circunvizinhanças do ASPSP entre fevereiro e abril.

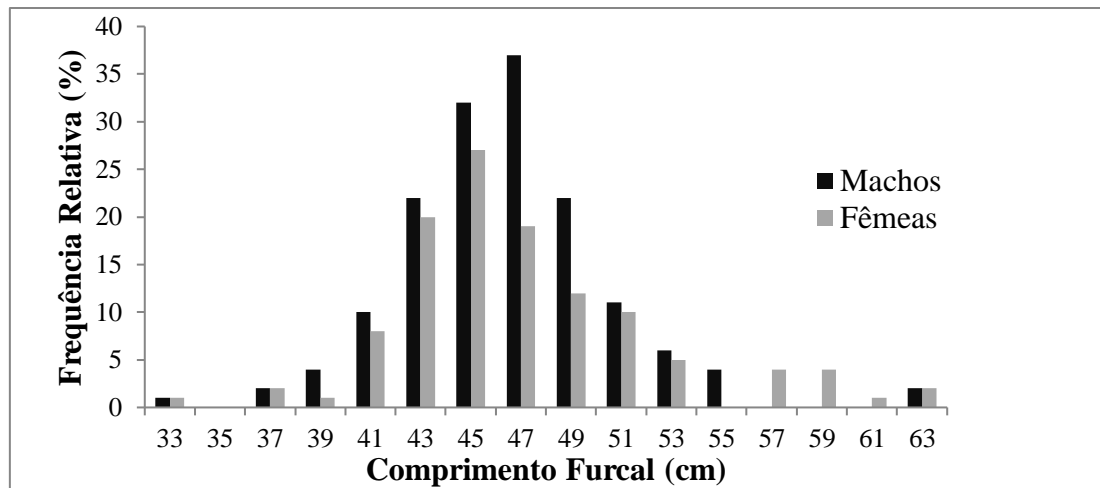


Figura 2. Distribuição de frequência relativa do comprimento furcal (CF) de machos e fêmeas de *Katsuwonus pelamis* capturados no entorno do Arquipélago de São Pedro São Paulo, no período entre agosto de 2016 e fevereiro de 2020 (n=269).

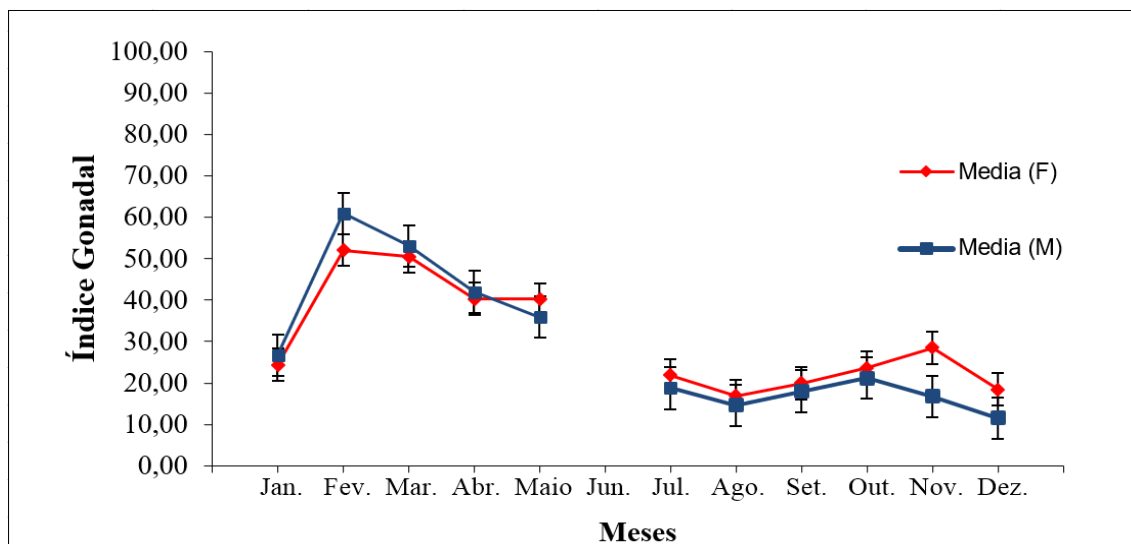


Figura 3. Valores mensais do índice gonadal (IG) para fêmeas e machos de *Katsuwonus pelamis* capturados no Arquipélago de São Pedro e São Paulo, entre julho de 2016 e fevereiro de 2020 (n= 292).

De acordo com a avaliação macroscópica confirmada com a análise microscópica dos ovários, foram encontrados seis estágios de maturação nas fêmeas (n= 114): imaturo (n= 9; 8%), em desenvolvimento (n= 7; 6%), maduro (n= 6; 5%), desovando (n= 46; 40%), em regressão (n= 25; 22%) e em regeneração (n= 21; 18%). Já para os machos (n= 157), foram observados cinco estágios de maturação: imaturo (n= 5; 3%), em desenvolvimento (n= 5; 3%), maduro (n= 33; 21%), ejaculando (n= 49; 31%) e em regressão (n= 65; 41%). A maioria dos ovários e testículos analisados foram de indivíduos

adultos, com 92% das fêmeas e 97% dos machos avaliados apresentando gônadas com características reprodutivamente ativas.

Tabela 2. Caracterização macroscópica das fases maturacionais de fêmeas e machos de *Katsuwonus pelamis* capturados no Arquipélago de São Pedro e São Paulo, entre julho de 2016 e fevereiro de 2020 (n= 292) (adaptado de BROWN PETERSON *et al.*, 2011 e GRANDE *et al.*, 2012).

Estágios	Fêmeas	Machos
I. Imaturo	Ovários rosados, translúcidos, de formato cilíndrico e alongado, com largura média de 0,8 cm, comprimento médio de 8,5 cm e peso médio de 3,3 g.	Testículos delgados, com coloração rosa-pálido, com largura média de 0,6 cm, comprimento médio de 13,3 cm e peso médio de 1,4 g.
II. Em desenvolvimento	Textura mais rígida e coloração rósea um pouco mais intensa por conta do início da vascularização na sua superfície. Ovócitos individuais não visíveis a olho nu. Ovários com largura média de 1,6 cm, comprimento médio de 13,9 cm e peso médio de 18,7 g.	Ligeira mudança na coloração para um tom amarelo-pálido e aumento no tamanho, com as artérias testiculares se tornando mais aparentes. Largura média de 2,1 cm, comprimento médio de 16,0 cm e peso médio de 36,8 cm.
III. Maduro	Estrutura grande de composição rígida com bastante vascularização. Ovócitos visíveis a olho nu. Largura média de 1,6 cm, comprimento médio de 13,7 cm e peso médio de 27,2 g.	Coloração esbranquiçada. Os vasos sanguíneos parecem mais proeminentes. Testículos com largura média de 1,5 cm, comprimento médio de 14,5 cm e peso médio de 24,3 cm.
IV. Desovando/ Ejaculando	Ovário muito aumentado, com ovócitos translúcidos, facilmente desalojados dos folículos ou soltos no lúmen do ovário. Coloração rosa-alaranjada na superfície externa e alta vascularização. Largura média de 1,8 cm, comprimento médio de 13,7 cm e peso médio de 39,7 g.	Testículo bem desenvolvido. Liberação espontânea de fluido seminal. Mistura de coloração rosa e esbranquiçado cremoso. Largura média de 1,9 cm, comprimento médio de 15,6 cm e peso médio de 38,7 g.
V. Em Regressão	Ovários flácidos e de cor rosa escuro, com um pequeno número de ovócitos ainda em seu interior. Volume reduzido. Largura média de 1,6 cm, comprimento médio de 13,9 cm e peso médio de 19,0 g.	Estrutura flácida e com volume reduzido. Coloração rosa escura, com alta vascularização. Largura média de 1,5 cm, comprimento médio de 14,5 cm e peso médio de 18,8 g.
VI. Em Regeneração	Ovários flácidos com largura média de 1,5 cm, comprimento médio de 13,6 cm e peso médio de 16,4 g.	

Tabela 3. Caracterização microscópica dos estágios de desenvolvimento dos gametas de fêmeas e machos de *Katsuwonus pelamis* capturados no Arquipélago de São Pedro e São Paulo, entre julho de 2016 e fevereiro de 2020 (n= 292) (adaptado de BROWN PETERSON *et al.*, 2011 e ASHIDA *et al.*, 2010).

Fases	Fêmeas	Machos
I. Imaturo	Organização celular bem definida. Apenas oogônias e ovócitos em crescimento primário presentes.	Apenas espermatogônias presentes.

II. Em desenvolvimento	Presença de cortical alveolar (CA) e ovócitos vitelogênicos primários e secundários (Vtg1 e Vtg 2).	Ocorrência de espermatogênese em todos os lóbulos. Muitos espermatócitos e espermátides. Poucos espermatozóides.
III. Maduro	Ovócito vitelogênico terciário em desenvolvimento inicial. Todos os estágios dos ovócitos presentes. Abundância de ovócitos Vtg3.	Canais espermáticos cheios de espermatozóides e poucas espermátides. Todos os estágios da espermatogênese presentes.
IV. Desovando/ Ejaculando	Ovócitos hidratados, migração da vesícula germinativa (MVG) e quebra de vesícula germinativa (QVG).	Espermatozóides abundantes, com o aparecimento de vazios nos canais espermáticos.
V. Em Regressão	≥ 50% atresia presente em ovócitos vitelogênicos, alguns ovócitos Vtg1 e Vtg2, POFs e CA.	Parcialmente esvaziado e ducto espermático com diâmetro menor. Ocorrência de espermatozóides residuais no lúmen lobular e ducto espermático principal. Espermatogônias presentes.
VI. Em Regeneração	Atresia tardia, ovócitos hidratados residuais (OHR) e ovócitos em crescimento primário presentes.	

A distribuição mensal dos estágios maturacionais das fêmeas (Fig. 4) indicou a presença de poucos indivíduos imaturos, observados apenas nos meses de julho, agosto, setembro e dezembro. De forma semelhante, foram observadas fêmeas em desenvolvimento apenas nos meses de agosto, setembro e dezembro. Em contrapartida, ovários reprodutivamente ativos estiveram presentes na maioria dos meses, exceto em setembro, com maior quantidade de ovócitos em fase final de vitelogênese, ovócitos hidratados e folículos pós-ovulatórios, ocorrendo principalmente entre novembro e maio, evidenciando uma maior atividade reprodutiva em torno do ASPSP neste período (Fig. 4). Em relação aos machos, espécimes reprodutivamente ativos, com abundância de espermatozóides em seus canais espermáticos, estiveram presentes em todos os meses do ano (Fig. 5).

Ovários regredindo e em regeneração, com organização celular desordenada, atresia folicular e alguns ninhos de ovogônias, parecem se recuperar rapidamente para novas estações reprodutivas (Fig. 6C). Fêmeas no estágio de desenvolvimento, com organização celular ordenada, presença de ovócitos no estágio cortical alveolar e ovócitos em crescimento primário, foram vistas com menos frequência (Fig. 6A). A identificação do ovário maduro foi caracterizada pelo início da vitelogênese final no ovócito e presença de outros estágios de desenvolvimento ovocitário (Fig. 6B), semelhante aos machos, que também apresentam todos os estágios da espermatogênese quando maduros (Fig. 6D). Gônadas masculinas reprodutivamente ativas se caracterizaram pela presença de espermatozóides em todos os lóbulos da gônada, nos canais e ducto espermático principal

(Fig. 6E), esvaziando-se quando em regressão (Fig. 6F). A maior frequência de fêmeas com maturação avançada foi observada no primeiro semestre do ano, particularmente em março e abril, sugerindo que esse é o período de maior atividade reprodutiva para o bonito-listrado no ASPSP.

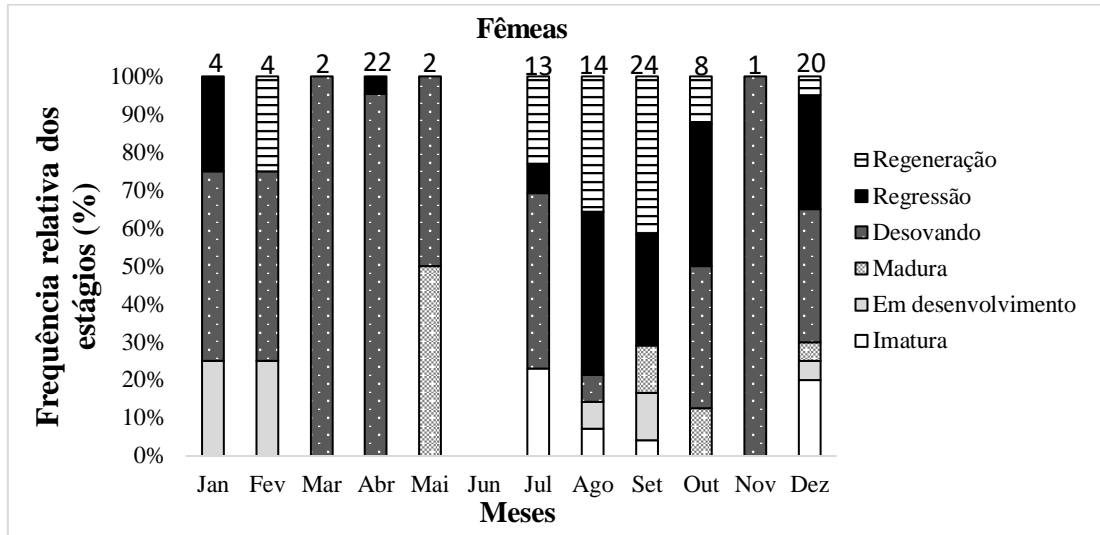


Figura 4. Distribuição mensal de frequência dos estágios de desenvolvimento para fêmeas de *Katsuwonus pelamis* capturadas no Arquipélago de São Pedro e São Paulo entre julho de 2016 e fevereiro de 2020 (n= 114).

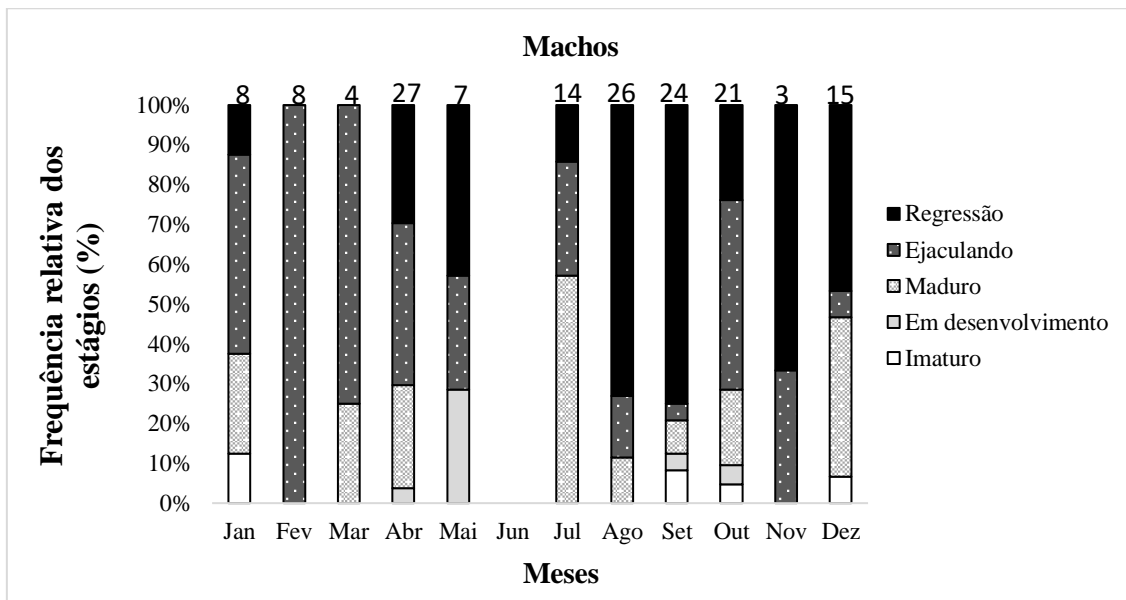


Figura 5. Distribuição mensal de frequência dos estágios de desenvolvimento para machos de *Katsuwonus pelamis* capturados no Arquipélago de São Pedro e São Paulo entre julho de 2016 e fevereiro de 2020 (n= 157).

Com base nas análises microscópicas, foi possível identificar a ocorrência simultânea de vários estágios de desenvolvimento no ovário, podendo caracterizar o desenvolvimento de ovócitos da espécie como assíncrono. A desova foi identificada como

intermitente, devido à presença contínua e conjunta de ovócitos hidratados e folículos pós-ovulatórios nas seções histológicas de fêmeas desovando. A fecundidade foi indeterminada, uma vez que a liberação de ovócitos maduros é contínua nos espécimes examinados em torno do ASPSP ao longo do ano.

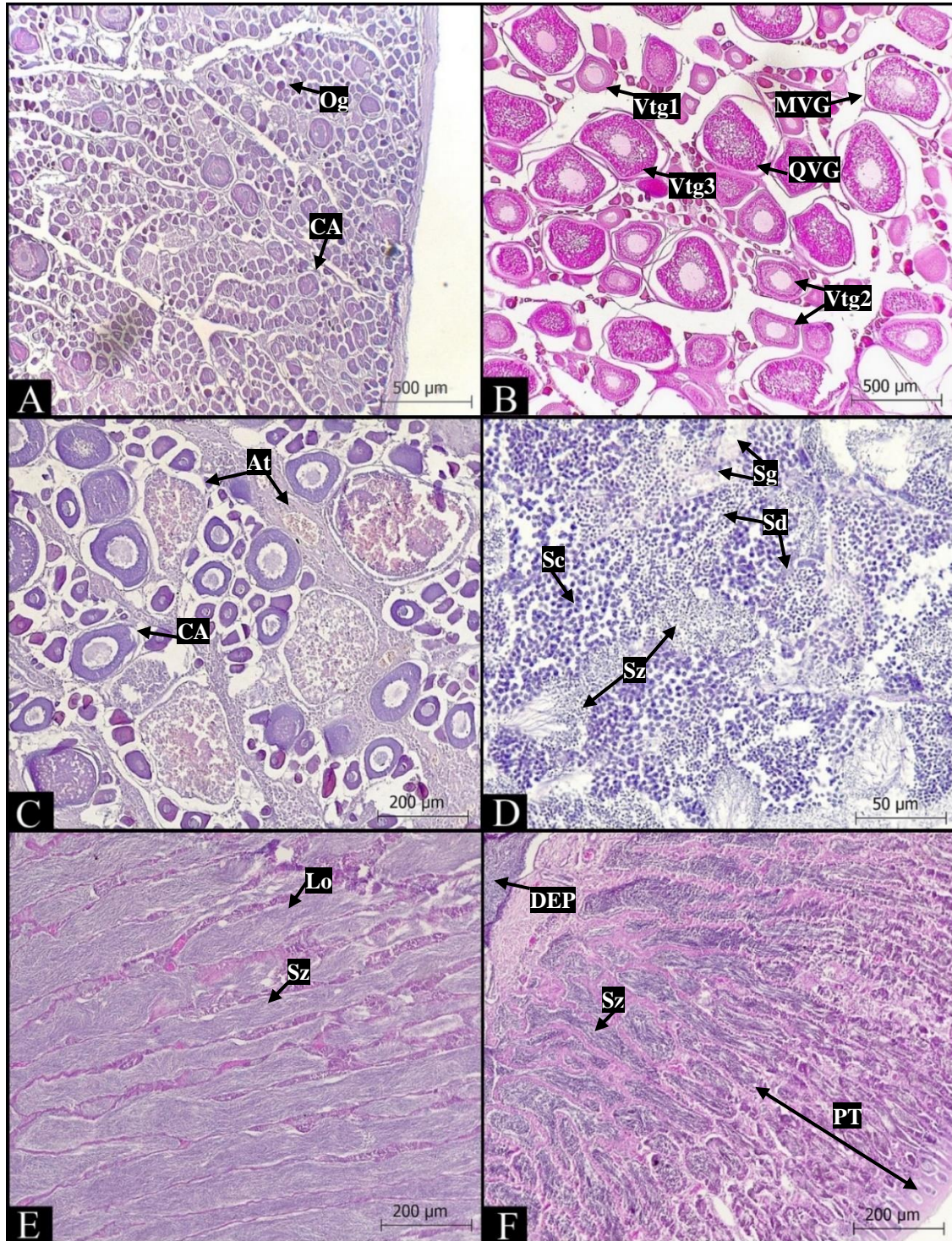


Figura 6. Seção histológica de ovários (fêmeas) e testículos (machos) de *Katsuwonus pelamis*. (A) Ovócito de uma fêmea em desenvolvimento com: cortical alveolar (CA), oogônias (Og), ovócito vitelogênico primário (Vtg1), ovócito vitelogênico secundário (Vtg2). (B) Ovócito maduro com: ovócito vitelogênico terciário (Vtg3), migração da vesícula germinativa (MVG), quebra da

vesícula germinativa (QVG). (C) Ovócito em regressão com: atresia (At), CA e oogônias (Og) presentes. (D) Testículo de um macho maduro com todos os estágios da espermatogênese presentes: espermatogônia (Sg), espermatócito (Sc), espermátide (Sd) e espermatozóide (Sz). (E) Macho ejaculando com abundância de Sz nos lóbulos (Lo) e ducto espermático principal (DEP). (F) Testículo de um macho em regressão com o aparecimento de vazios nos lóbulos próximos à periferia do testículo (PT) e ducto espermático e espermatozóides residuais (Sz).

O comprimento estimado na primeira maturação para machos e fêmeas foi de 38,5 cm e 40,7 cm de comprimento furcal, respectivamente (Fig. 7A e B). Apenas seis das 104 fêmeas amostradas eram menores que o L_{50} (5,8%), enquanto do total de 143 machos, somente um era menor do que o L_{50} (0,7%) estimado.

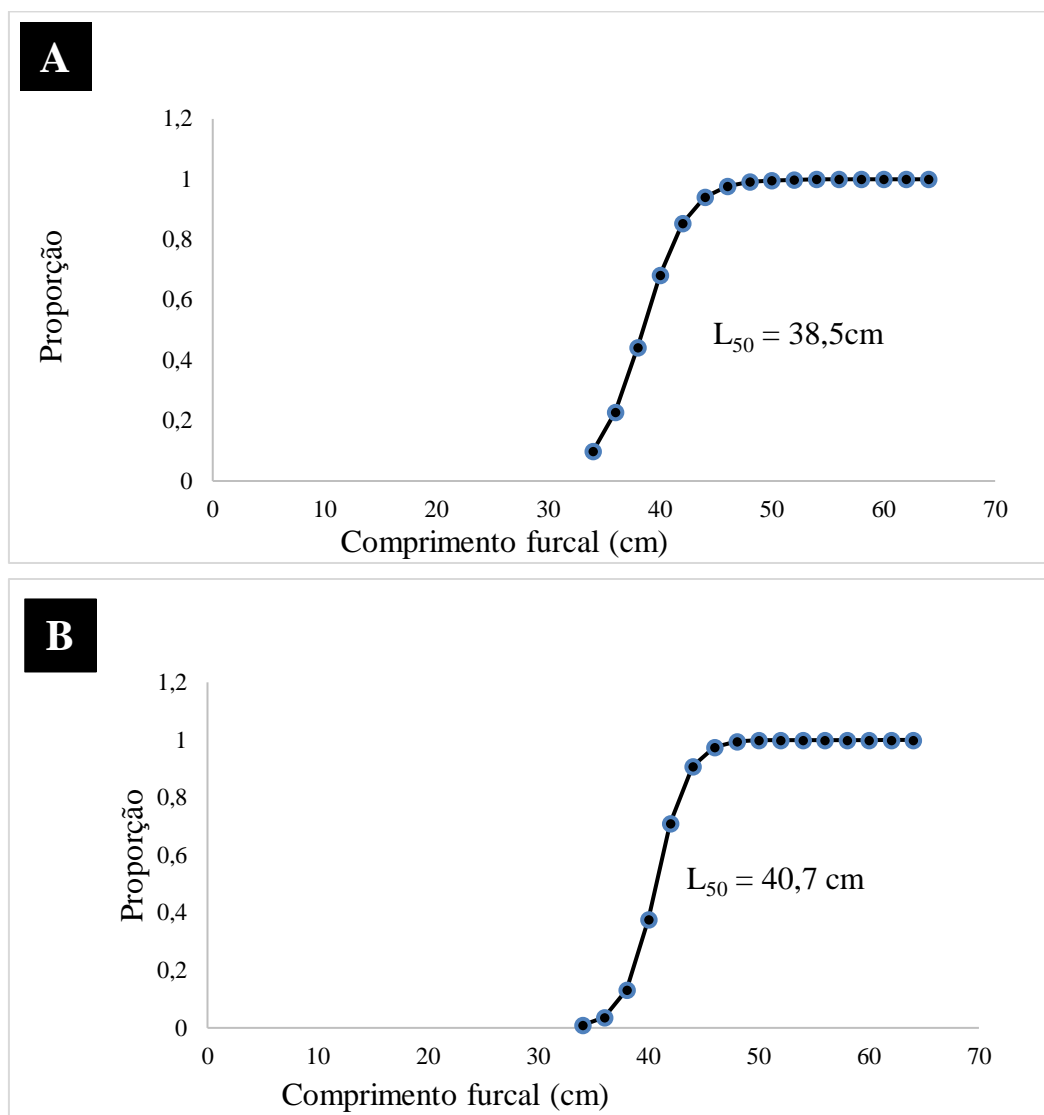


Figura 7. Tamanho de primeira maturação sexual (L_{50}) para machos (A) e fêmeas (B) de *Katsuwonus pelamis* capturados no entorno do arquipélago de São Pedro e São Paulo entre agosto de 2008 e fevereiro de 2020 (n = 247).

O maior valor de fecundidade, igual a 342.991 ovócitos hidratados, foi encontrado em uma fêmea de 46 cm CF, com gônadas pesando 48,20 g. A fecundidade média por lote foi de 260.660 ovócitos. Não foi observada relação entre o número de ovócitos

hidratados e o comprimento furcal, com alguns indivíduos de maior tamanho apresentando um menor número ovócitos hidratados (50 cm e 188.963 ovócitos hidratados) do que outros de menor comprimento (42 cm e 320.233 ovócitos hidratados) (Fig. 8).

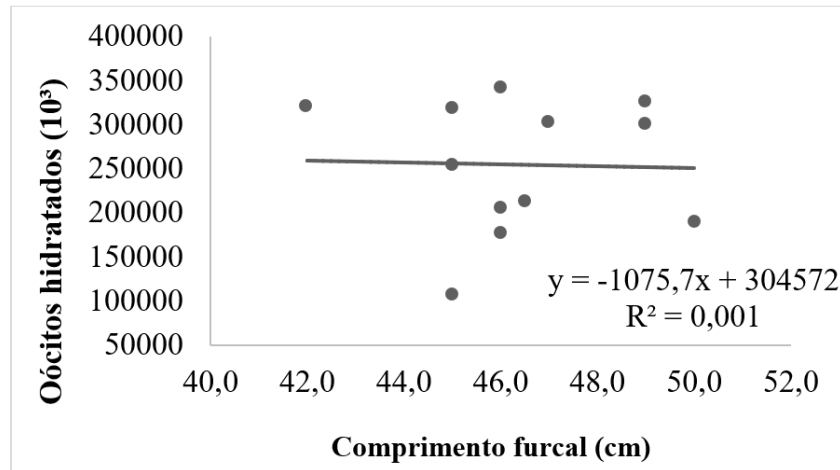


Figura 8. Relação entre fecundidade e comprimento furcal para fêmeas de *K. pelamis* entre abril de 2017 e janeiro de 2020 capturadas nas adjacências do Arquipélago de São Pedro e São Paulo (n = 12).

Em geral, o número de ovócitos hidratados foi maior nas amostras de fevereiro e abril, meses de atividade reprodutiva com altos valores de IG. O coeficiente de correlação entre a fecundidade e o peso do ovário foi positivo e exponencial ($R^2= 0,3354$) (Fig. 9).

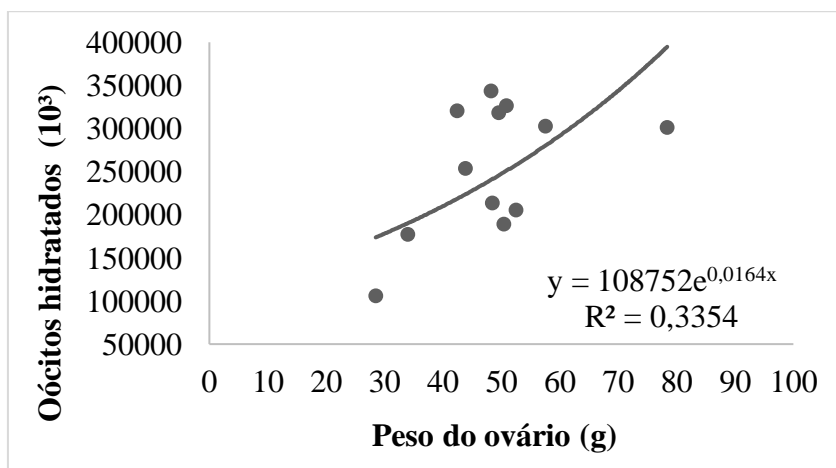


Figura 9. Relação entre fecundidade e peso do ovário para fêmeas de *K. pelamis* capturadas entre abril de 2017 e janeiro de 2020 no Arquipélago de São Pedro e São Paulo (n = 12).

5. Discussão

Proporção sexual

A proporção esperada entre machos e fêmeas em uma população no seu ambiente natural é de 1:1, a fim de maximizar as chances de sucesso reprodutivo (VAZZOLER, 1996). No presente estudo, porém, a proporção sexual do bonito-listrado apresentou uma predominância dos machos em alguns meses do ano. Esse resultado foi similar ao observado para a espécie em águas brasileiras no Sudoeste do Oceano Atlântico (1F:1,4M) (GOMES, 2017). Em outros locais do mundo, embora uma predominância de machos tenha sido também encontrada, a proporção entre os sexos foi mais próxima de 1:1, como no Leste do Oceano Pacífico, por exemplo, onde foi observada uma proporção de 1F:1,1M (SHAEFER, 2001a; SCHAEFER e FULLER, 2019), e no Oceano Índico, onde STÉQUERT e RAMCHARRUN (1996), juntamente com TIMOHINA e ROMANOV (1996) e NORUNGEE e KAWOL (2011), encontraram proporções sexuais variando de 1F:1,08M a 1F:1,19M.

A menor proporção de fêmeas na espécie pode estar associada ao maior custo energético dispendido durante o ciclo reprodutivo, tornando-as mais suscetíveis à mortalidade natural, de acordo com SCHAEFER (2001b) e MENDIZABAL (2013). A menor captura das fêmeas pode estar associada, ainda, à seletividade dos aparelhos de pesca, que operam predominantemente nas camadas mais superficiais (JORGENSEN *et al.*, 2009), visto que as fêmeas podem migrar para águas mais profundas, onde existe uma menor competição por presas (SALVANES e KRISTOFERSEN, 2001).

Frequência de comprimento

A amplitude de comprimento do bonito-listrado, para ambos os sexos, encontrada no presente estudo, igual a 33,6-64,5 cm CF, foi próxima à reportada para o Golfo da Guiné, na costa africana (37-62 cm CF, KIKAWA e HIGASHI, 1979; e 35-74 cm CF; CAYRÉ e FARRUGIO, 1986), e para o Oceano Índico Ocidental (32-68 cm CF, MENDIZABAL, 2013; e 35-68 cm CF, TAMPUBOLON *et al.*, 2014). Exemplares oriundos da costa sudeste do Brasil, porém, apresentaram um maior tamanho, com uma amplitude de 40,1-85,6 cm (MENEZES *et al.*, 2010) e 42,3-80,0 cm (GOMES, 2017). As razões para essa diferença, porém, ainda não são claras, podendo se dever tanto a uma estratificação geográfica de uma mesma população ou aos exemplares amostrados no ASPSP pertencerem a uma população diferente da costa sudeste do Brasil. Apesar da maior quantidade de machos na maioria das classes de comprimento, as fêmeas

alcançaram maiores tamanhos, resultado também observado no estudo de CHODRIJAH *et al.* (2020).

Padrões de desova

O bonito-listrado desova de forma frequente em águas equatoriais e tropicais, onde a temperatura da superfície do mar é superior a 24°C (MATSUMOTO ET AL., 1984; BUÑAG, 1956), sendo de alta relevância para seleção da área de desova, além da temperatura, a concentração da biomassa de fitoplâncton e zooplâncton (CAYRÉ & FARRUGIO, 1986). Por outro lado, a desova ocorre de forma sazonal em regiões subtropicais, devido à variação da temperatura da superfície do mar ao longo do ano (NISHIKAWA *et al.*, 1985; MUHLING *et al.*, 2017; SCHAEFER, 2001a).

Em águas brasileiras, foi observada a presença de larvas em águas com temperaturas entre 24,9°C e 28,7°C, na região Equatorial Norte durante todo o ano (JABLONSKI *et al.*, 1984). Por isso, de acordo com MATSUURA (1986), a região Norte-Nordeste da costa do Brasil seria a mais propícia para a desova do bonito-listrado.

Valores elevados de IG para a espécie foram observados no primeiro semestre do ano, coincidindo com o pico da atividade reprodutiva do bonito-listrado no ASPSP. O mesmo comportamento reprodutivo foi constatado para albacorinha (*Thunnus atlanticus*) (BEZERRA *et al.*, 2013), cavala-impigem (*Acanthocybium solandri*) (VIANA *et al.*, 2013), dourado (*Coryphaena hippurus*) (SANTOS, 2012), e peixe-rei (*Elagatis bipinnulata*) (PINHEIRO, 2004), espécies pelágicas que utilizam o ASPSP como área de desova. Todas essas espécies predam o peixe-voador (*Cheilopogon cyanopterus*) que se concentra no entorno do arquipélago nos últimos meses do ano para realizar a sua desova (VASKE-JR *et al.*, 2006).

Com o trabalho de QUEIROZ (2012), pode-se concluir que o *K. pelamis* se beneficia da concentração do peixe-voador, usando-o como alimento para fornecimento de energia necessária para impulsionar o desenvolvimento gonadal e a sua reprodução no primeiro semestre do ano.

O desenvolvimento assíncrono dos ovócitos, observado no bonito listrado, é característico de espécies que produzem lotes sucessivos de ovócitos durante a estação de desova (BROWN PETERSON *et al.*, 2011), sugerindo que, embora o bonito listrado possua um período mais intenso de reprodução (fevereiro a abril), as fêmeas possivelmente apresentem múltiplas desovas ao longo do ano, conforme indica a presença de ovócitos vitelogênicos, ovócitos hidratados e folículos pós-ovulatórios nos ovários na

maioria dos meses analisados. Da mesma forma, foi possível observar testículos ativos, com abundância de espermatozoides, em todos os meses, assemelhando-se ao observado no Oceano Pacífico (ASHIDA *et al.*, 2010) e também no Brasil (GOMES, 2017).

Tamanho de primeira maturidade (L₅₀)

A maior parte dos espécimes no ASPSP eram adultos (97%) de acordo com o L₅₀ (fêmeas = 40,7cm; machos = 38,5cm), cujos valores foram semelhantes a outros estudos com a espécie em diferentes regiões. Esta maior captura de indivíduos adultos pode ser um indicativo de que a pesca no ASPSP ocorre de forma sustentável, já que a atividade possibilita o recrutamento, ou seja, que indivíduos jovens cheguem no amadurecimento sexual.

No Pacífico, o L₅₀ para fêmeas foi estimado em 39,0 cm (ASHIDA *et al.*, 2013); e para fêmeas e machos em 40,5 cm e 37,6 cm, respectivamente (ASHIDA e HORIE, 2015). Tamanhos próximos ao presente estudo também foram observados no Oceano Índico, com valores para fêmeas de 39,9 cm (GRANDE *et al.*, 2014), 42,0 cm (HARTATY *et al.*, 2020) e 42,9 cm (TAMPUBOLON *et al.*, 2014).

Alguns estudos realizados na década de 1980 e 1990 no Atlântico Ocidental, calcularam o valor de comprimento de primeira maturação em 51 cm para fêmeas (GOLDBERG e AU, 1986); e 52 cm e 51 cm para machos e fêmeas, respectivamente (VILELA e CASTELLO, 1993), ou seja, valores de L₅₀ superiores aos encontrados no presente trabalho. Em dados recentes obtidos em águas brasileiras, no Atlântico Sudoeste, porém, o L₅₀ estimado para machos e fêmeas foi de 45,5 cm (COSTA *et al.*, 2020), valor, portanto, próximo ao encontrado no presente estudo.

As variações de comprimento de primeira maturação da espécie nas diferentes regiões do mundo provavelmente se devam às distintas condições ambientais, como temperatura, fotoperíodo e disponibilidade de alimentos, além de diferenças genéticas (NIKOLSKY, 1963; VAZZOLER, 1996). O conhecimento do parâmetro L₅₀ é de grande importância para os estudos de biologia reprodutiva da espécie, permitindo diferenciar os jovens (virgens) dos adultos (reprodutivamente ativos), sendo essa uma das informações mais importantes para a gestão de recursos pesqueiros por oferecer subsídios para a definição do tamanho mínimo de captura, por exemplo.

Fecundidade

Neste estudo, a fecundidade média por lote foi de 260.660 ovócitos, valor muito inferior ao encontrado no Oceano Pacífico Central e Ocidental (615.000 ovócitos; ASHIDA *et al.*, 2009), mas superior aos valores observados no Noroeste do Oceano Pacífico (93.799 ovócitos; ASHIDA e HORIE, 2015). SCHAEFER e FULLER (2019) calcularam uma fecundidade média de 296.475 ovócitos, no Oceano Pacífico Oriental, sendo esta média relativamente similar à encontrada no presente estudo.

Estudos na zona tropical do oceano Atlântico relataram uma fecundidade variando entre 262.000 e 1.331.000 ovócitos para espécimes de 46,5-80,9 cm de comprimento (SIMMONS, 1969). No presente estudo, foram observadas estimativas mais baixas de fecundidade para indivíduos maiores. De acordo com KJESBU (2009), o nível de atresia, referente ao número de ovócitos vitelogênicos perdidos devido à reabsorção, reflete-se fortemente na fecundidade do lote individual, além do tamanho do peixe e peso das gônadas. BEZERRA *et al.* (2013), estudando a biologia reprodutiva do *Thunnus atlanticus* no Arquipélago de São Pedro e São Paulo, observou o mesmo padrão para a espécie, sugerindo que essa menor fecundidade pode estar atrelada à alta demanda de energia dos atuns para migração e crescimento.

6. Conclusão

De acordo com os resultados apresentados, foi constatado que a atividade reprodutiva do bonito-listrado em torno do Arquipélago de São Pedro e São Paulo ocorre ao longo do ano, com pico de desova no primeiro semestre, semelhantemente aos estudos de biologia reprodutiva de outras espécies que utilizam a área para desova. Embora seja de grande relevância científica para a conservação e biodiversidade da espécie no local, faz-se necessária a realização de estudos complementares para aprofundamento da fecundidade. No geral, esses resultados contribuem com informações sobre a reprodução da espécie no Atlântico Sul, sendo estas as primeiras informações do ciclo reprodutivo do bonito-listrado no ASPSP.

Referências

ANDRADE, H. A. **Taxa de captura para o bonito-listrado (*Katsuwonus pelamis*) do sudoeste do oceano Atlântico Sul.** Boletim do Instituto de Pesca, 2007.

ASHIDA, Hiroshi; TANABE, Toshiyuki; SUZUKI, Nobuhiro. Recent progress on reproductive biology of skipjack tuna in the tropical region of the Western and Central Pacific Ocean. **Scientific Comitte Fifth Regular Session, Port Vila, Vanuatu, 2009.**

ASHIDA H, TANABE T, SATOH K, FUKUI A, TANAKA S, SUZUKI N. **Reproductive biology of male skipjack tuna *Katsuwonus pelamis* (Linnaeus) in the tropical western and central Pacific Ocean.** Fish Sci 76:785–793, 2010.

ASHIDA, H., MASUDA, S., GOSHO, T., CHITOSE, N., TACHIHARA, K., TANABE, T., & SUZUKI, N. **Observation of spawning activity in female skipjack tuna in the sea around Japan.** Nipon Suisan Gakkaishi 79:226-228. 2013.

ASHIDA, Hiroshi; HORIE, Masahiro. Reproductive condition, spawning season, batch fecundity and spawning fraction of skipjack tuna *Katsuwonus pelamis* caught around Amami-Oshima, Kagoshima, Japan. **Fisheries science**, v. 81, n. 5, p. 861-869, 2015.

BEZERRA, N.P.A.; FERNANDES, C. A. F.; ALBUQUERQUE, F. V. A.; PEDROSA, V.; HAZIN, F.; TRAVASSOS, P. **Reproduction of Blackfin tuna *Thunnus atlanticus* (Perciformes: Scombridae) in Saint Peter and Saint Paul Archipelago, Equatorial Atlantic, Brazil.** Revista de Biología Tropical, v. 61, n. 3, p. 1327-1339, 2013.

BRASIL. **Ministério da Pesca e Aquicultura.** Boletim estatístico da pesca e aquicultura 2011. Brasília: MPA, 2011. 60p

BROWN-PETERSON, N. J., WYANSKI, D. M., SABORIDO-REY, F., MACEWICZ, B. J., LOWERRE BARBIERI, S. K. **A standardized terminology for describing reproductive development in fishes.** Mar. Coast. Fish.:Dyn. Manag.Ecosyst. Sci. 3, 52-70. 2011.

BUÑAG DM. Spawning habits of some Philippine tuna based on diameter measurements of the ovarian ova. Philipp J Fish 4:145–177, 1956.

CAMPOS, T. F. C.; VIRGENS NETO, J.; SRIVASTAVA, N. K.; PETTA, R. A.; HARTMANN, L. A.; MORAES, J. F. S.; MENDES, L.; SILVEIRA, S. R. M. (2005). **Arquipélago de São Pedro e São Paulo: Soerguimento tectônico de rochas infracrustais no Oceano Atlântico.** Sítios Geológicos e Paleontológicos do Brasil. Brasília: SIGEP, 2005. 12 p.

CANTON, L. B. **Potencialidade da pesca oceânica de atuns e afins no Brasil: histórico e perspectivas.** Curitiba, 2012.

CARVALHO, M. F. et al. **Cadeia de comercialização de tunídeos no Estado de Sergipe, Brasil. Acta of Fisheries and Aquatic Resources**, Sergipe, v. 1, n. 3, p. 1-12, 2015. ISSN 2357-8068.

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

CAYRÉ, Patrice; FARRUGIO, H. **Biologie de la reproduction dulistao (*Katsuwonus pelamis*) de l'océan Atlantique**. In: Proc. ICCAT conference on the international skipjack year program, Madrid, p. 252-272, 1986.

CHODRIJAH, Umi; HIDAYAT, Thomas; WAGIYO, Karsono. Some reproductive biology of skipjack tuna (*Katsuwonus pelamis* LINNAEUS, 1758) in Toli-Toli Waters, Central Sulawesi. **Indonesian Fisheries Research Journal**, v. 26, n. 1, p. 1-10, 2020.

COSTA, M. R.; TUBINO, R. A.; CASTELLO, J. P.; MELLO, V. S.; SOARES, J. B.; CORRÊA, G. M. S.; ALMEIDA, P. R. C.; COLETTI, J. L.; MONTEIRO-NETO, C. Conhecimentos sobre o ciclo de vida do bonito-listrado no Atlântico Sudoeste. In: Madureira; L. A. S. P.; Monteiro-Neto, C. **Sustentabilidade da pesca do bonito-listrado no Brasil**. Walprint Gráfica e Editora: Rio de Janeiro, 1ªed, p.75-88, 2020.

FAO. The State of World Fisheries and Aquaculture 2020. **Sustainability in action**. Rome, 2020.

FAO. **Impacts of climate change on fisheries and aquaculture**. Rome, 628p. 2018.

GOLDBERG, S. R. & AU, D. K. The spawning of skipjack tuna from southeastern Brazil as determined from histological examination of ovaries. In: P.E.K Symons, P.M. Miyake & G. T. Sakagawa (Eds). **Proceedings of the ICCAT Conference on the International Skipjack Year Program**. 1986, p. 277 - 284.

GOMES, Erivaldo Laurindo. **Estratégia reprodutiva, fator de condição e estudo morfofisiológico das gônadas de *Katsuwonus pelamis***. Dissertação (Mestrado em Produção Animal)-Universidade Federal Rural Do Semi-Árido, Mossoró-RN, p.93, 2017.

GRANDE, Maitane; MURUA, Hilario; ZUDAIRE, Iker, & KORTA, Maria. Oocyte development and fecundity type of the skipjack, *Katsuwonus pelamis*, in the Western Indian Ocean. **Journal of Sea Research**, v. 73, p. 117-125, 2012.

GRANDE, M., MURUA, H., ZUDAIRE, I., GONI, N., & BODIN, N. Reproductive timing and reproductive capacity of the Skipjack Tuna (*Katsuwonus pelamis*) in the western Indian Ocean. **Fisheries Research**, v. 156, p. 14-22, 2014.

HARTATY, Hety; SETYADJI, Bram; FAHMI, Zulkarnaen. **Reproductive Biology of Skipjack Tuna (*Katsuwonus pelamis*) in Indonesian Exclusive Economic Zone**. IOTC-2020-WPTT22 (AS)-08, 2020.

HUNTER, J. Roe; MACEWICZ, BEVERLY J. Measurement of spawning frequency in multiple spawning fishes. **NOAA Technical Report NMFS**, v. 36, p. 79-94, 1985.

ICCAT. **ICCAT Manual**. 2006.

ICCAT. International Commission for the Conservation of Atlantic Tunas. The current edition provides the catch and other statistics series starting in 1950 up to 2019. **Statistical Bulletin version**, 2019.

JABLONSKI, S., WENZEL, M. S. M T. & BRAGA, B.S. **Biologia e pesca do bonito-listrado (*Katsuwonus pelamis*) em águas brasileiras**. 38p. mimeo. 1984.

JORGENSEN, Christian; ERNANDE, Bruno; FIKSEN, Oyvind. Size-selective fishing gear and life history evolution in the Northeast Arctic cod. **Evolutionary Applications**, v. 2, n. 3, p. 356-370, 2009.

KIKAWA, S., e N. HIGASHI. **Distribution, apparent relative abundance and size composition of skipjack tuna in the Gulf of Guinea svatern from Japanese surface data**. Collect, Vol. Sci. Pap., Int. Comm. Conserv, At. Tunas (SCRS-1978) 8:189-195. 1979.

KJESBU, O.S. Applied fish reproductive biology: contribution of individual reproductive potential to recruitment and fisheries management. In: Jakobsen, T., Fogarty, M.J., Megry, B.A., Moksness, E. (Eds.), **Fish Reproductive Biology: Implications for Assessment and Management**. Blackwell Publishing Ltd., West Sussex, pp. 293–332, 2009.

LESSA, R.P.T.; MAFALDA-JR., P.; ADVINCULA, R.; LUCCHESI, R.B.; BEZERRA-JR., J.L.; VASKEJR., T.; HELLEBRANDT, D. 1999 **Distribution and abundance of ichthyoneuston at seamounts and islands off North-Eastern Brazil**. Archive of Fishery and Marine Research, 47: 239-252.

LOWERRE-BARBIERI, S. K., GANIAS, K., SABORIDO-REY, F., MURUA, H., HUNTER, J. R. **Reproductive timing in marine fishes: Variability, temporal scales, and methods**. Mar. Coast. Fish.:Dyn. Manag. Ecosyst. Sci. 3, 71-91. 2011.

MATSUMOTO WM, SKILLMAN RA, DIZON AE. **Synopsis of biological data on skipjack tuna, *Katsuwonus pelamis***. NOAA Tech Rep NMFS Circ 451:1–92 3, 1984.

MATSUURA, Y. – Distribution and Abundance of Skipjack Larvae of the coasts of Brazil. In: P. E. K. Symons, P. M. Myiake & G. T. Sakagwa (Eds). **Proceedings of The ICCAT Conference on The International Skipjack Year Program**, p.285–289, 5 figs., Madrid, 1986.

MENESES de LIMA J.H., C.F. LIN e A. A. S. A description of the bait boat fishery off the south and southeast Brazil. **Collective Volume of Scientific Papers, ICCAT**. v. 51, n. 1, p. 416-462, 2000.

MENEZES, A. A. S.; SANTOS, R. A.; LIN, C. F.; NEVES, L. F. F., & VIANNA, M. **Caracterização das capturas comerciais do bonito-listrado, *Katsuwonus pelamis*, desembarcado em 2007 no Rio de Janeiro, Brasil**. Revista CEPSUL-Biodiversidade e Conservação Marinha, v. 1, n. 1, p. 29-42, 2010.

MENDIZABAL, M. G. **The reproductive biology, condition and feeding ecology of the skipjack, *Katsuwonus pelamis*, in the Western Indian Ocean**. Universidad del Pais Vasco. 2013

MUHLING, B. A.; LAMKIN, J. T.; ALEMANY, F.; GARCÍA, A.; FARLEY, J. G.; INGRAM JR., W.; BERASTEGUI, D. A.; REGLERO, P.; CARRION, R. L. Reproduction and larval biology in tunas, and the importance of restricted area spawning grounds. **Reviews in Fish Biology and Fisheries**, v. 27, p. 697–732, fev. 2017.

MURUA, H., SABORIDO-REY, F. **Female reproductive strategies of commercially important fish species in the North Atlantic**. J. Northwest Atl. Fish. Sci. 33, 23-32. 2003.

NASCIMENTO, W. S; YAMAMOTO, M. E; CHELLAPPAS. Proporção Sexual e Relação Peso-Comprimento do Peixe Anual *Hypsolebias antenori* (Cyprinodontiformes: Rivulidae) de Poças Temporárias da Região Semiárida do Brasil. **Biota Amazônia**, Macapá, v. 2, n. 1, p. 37- 44, 2012.

NIKOLSKY, G.V. 1963. **The Ecology of Fishes**. Academic Press, London, UK

NISHIKAWA, Y.; HONMA, M.; UEYANAGI, S.; KIKAWA, S. **Average distribution of larvae of oceanic species of scombrid fishes, 1956–1981**. Far Seas Fish Res Lab S Ser, v. 12, p. 1-99, 1985.

NORUNGEE, D.; KAWOL, D. Estudo macroscópico de alguns aspectos da biologia reprodutiva do atum gaiado (*Katsuwonus pelamis*) no Oceano Índico Ocidental. **Proceeding Working Party on Tropical Tunas of the IOTC**. 2011.

PINHEIRO, Patrícia Barros. **Biologia reprodutiva do peixe-rei, *Elagatis bipinnulata* (Quoy&Gaimard, 1825), capturado na Zona Econômica Exclusiva (ZEE) do Nordeste do Brasil**. 2004.

QUEIROZ, Railma Maria Vilanova Rocha. **Idade, crescimento e biologia reprodutiva do peixe voador- holandês *Cheilopogon cyanopterus* do arquipélago de São Pedro e São Paulo**. 86 f. Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Recursos Pesqueiros e Aquicultura) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2012.

SALVANES, A. G. V. and KRISTOFERSEN, J. B. MESOPELAGIC FISHES. In: **Encyclopedia of Ocean Sciences**. Edited by J. Steele et al. University of Bergen, Bergen, Norway, Vol. 3, p. 1711-1717. 2001.

SANTOS, Andréa Carla Lira dos. **Biologia reprodutiva do dourado, *Coryphaena hippurus* (Linnaeus, 1758), no Arquipélago de São Pedro e São Paulo, Brasil**. 2012.

SCHAEFER, M. B.; ORANGE, C.J. **Studies on the sexual development and spawning of yellowfin (*Neothunnus macropterus*) and skipjack (*Katsuwonus pelamis*) in three areas of the eastern Pacific Ocean, by examination of gonads**. Inter-Am. Trop. Tuna Comm., Bull. v.1, n.6, p.281–349, 1956.

SCHAEFER, Kurt M. Assessment of skipjack tuna (*Katsuwonus pelamis*) spawning activity in the eastern Pacific Ocean. **Fishery Bulletin**, v. 99, n. 2, p. 343-343, 2001a.

SCHAEFER, K. M. Reproductive biology of tunas. In: Block, B. A., Stevens, E. D., Hoar, W. S., Randall, D. J., Farrel, A. P. (eds), **Tuna: Physiology, ecology, and evolution**, pp 225-270. Academic Press, San Diego, California, USA, 2001b.

SCHAEFER, Kurt M.; FULLER, Daniel W. Spatiotemporal variability in the reproductive dynamics of Skipjack Tuna (*Katsuwonus pelamis*) in the eastern Pacific Ocean. **Fisheries Research**, v. 209, p. 1-13, 2019.

SIMMONS, David C. Maturity and Spawning of Skipjack Tuna (*Katsuwonus pelamis*) in the Atlantic Ocean: With Comments on Nematode Infestation of the Ovaries. **U. S. Fish Wildl. Serv., Spec. Sci. Rep., Fish.**, 1969.

STÉQUERT, Bernard; RAMCHARRUN, Roodhun. La reproduction du listao (*Katsuwonus pelamis*) dans le bassin ouest de l'océan Indien. **Aquatic Living Resources**, v. 9, n. 3, p. 235-247, 1996.

TIMOHINA, O. I., ROMANOV, E. V. **Characteristics of ovogenesis and some data on maturation and spawning of skipjack tuna, *Katsuwonus pelamis* (Linnaeus, 1758), from the western part of the Equatorial Zone of the Indian Ocean**. IPTP Coll., Colombo, Sri Lanka 9, 247-257. 1996.

TRAVASSOS, P., F. HAZIN, J. ZAGAGLIA, R. ADVÍNCULA & J. SCHOBBER. **Thermohaline structure around sea-mounts and island off North- Eastern Brazil**. Arch. Fish. Mar. Res. 47: 211-222. 1999.

VASKE-JR., T.; VOOREN, C. M.; LESSA, R.P.T. **Feeding strategy of Yellowfin tuna (*Thunnusalbacares*), and Wahoo (*Acanthocybium solandri*) in the Saint Peter and Saint Paul Archipelago, Brazil**. Boletim do Instituto de Pesca, 29(2): 173-181.2003.

VAZZOLER, A. E. A. M. **Biologia da reprodução de peixes teleósteos: teoria e prática**. Maringá: EDUEM, 169p. 1996.

VASKE-JR, Teodoro; HAZIN, Fábio Hissa Vieira; LESSA, Rosângela Paula. **Pesca e hábitos alimentares do peixe-rei, *Elagatis bipinnulata* (Quoy & Gaimard, 1825)(Pisces: Carangidae) no arquipélago de Sao Pedro e Sao Paulo, Brasil. 2006.**

VIANA, D. F., HAZIN, F. H. V., ANDRADE, H. A., NUNES, D. M., & VIANA, D. L. **Fisheries in the Saint Peter and Saint Paul archipelago: 13 years of monitoring.** Boletim do Instituto de Pesca, v. 41, p. 239-248, 2015.

VIANA, D. L. **Pesca e biologia reprodutiva da cavala impigem (*Acanthocybium solandri*) (Cuvier, 1831) no Arquipélago de São Pedro e São Paulo. 2007.**

VIANA, D., BRANCO, I., FERNANDES, C., FISCHER, A., CARVALHO, F., TRAVASSOS, P., & HAZIN, F. H. V. Reproductive biology of the wahoo, *Acanthocybium solandri* (Teleostei: Scombridae) in the Saint Peter and Saint Paul Archipelago, Brazil. **International Journal of Plant and Animal Sciences**, v. 1, n. 4, p. 49-57, 2013.

VILELLA, M. J. A. & CASTELLO J. P. Dinamica poblacional del barrilete (*Katsuwonus pelamis*) explotado en la region Sudestesur del Brasil en periodo 1980-1986. **Frente Marítimo**. Montevideo, v.14. p.111-124, 1993..

WEST, G. **Methods of assessing ovarian development in fishes: a review.** **Aust. J. Mar. Freshw. Res.** 41, 199-222. 1990.

ZAR, J. 2010. **Biostatistical analysis.** Prentice-Hall, Englewood Cliffs, New Jersey, USA.

ZAVALA-CAMIN, L.A., R.T.B. GRASSI, R.W. SECKENDORFF & G.G. Tiago. **Ocorrência de recursos pesqueiros epipelágicos na posição 22°11' S - 39°55' W, Brasil.** B. Inst. Pesca 18: 13-21, 1991.