



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
DEPARTAMENTO DE BIOLOGIA
BACHARELADO EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS

ALICE CABRAL DELGADO FALCÃO

Aspectos reprodutivos e caracterização dos otólitos do agulhão *Tylosurus acus acus* (Lacepède, 1803) no arquipélago de São Pedro e São Paulo, Brasil.

RECIFE, MAIO DE 2022

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
DEPARTAMENTO DE BIOLOGIA
BACHARELADO EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS

Aspectos reprodutivos e caracterização dos otólitos do agulhão *Tylosurus acus acus* (Lacepède, 1803) no arquipélago de São Pedro e São Paulo, Brasil.

Aluna: Alice Cabral Delgado Falcão

Orientador: Prof. Dr. Paulo Guilherme Vasconcelos de Oliveira

Coorientadora: Dr.^a Natália Priscila Alves Bezerra

Monografia apresentada ao Departamento de Biologia da Universidade Federal Rural de Pernambuco, como parte dos requisitos para obtenção do título de Bacharel em Ciências Biológicas.

RECIFE, MAIO DE 2022

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)

- F178a Falcão, Alice Cabral Delgado
Aspectos reprodutivos e caracterização dos otólitos do agulhão *Tylosurus acus acus* (Lacepède, 1803) no arquipélago de São Pedro e São Paulo, Brasil. / Alice Cabral Delgado Falcão. - 2022.
41 f. : il.
- Orientador: Paulo Guilherme Vasconcelos de Oliveira.
Coorientadora: Natalia Priscila Alves Bezerra.
Inclui referências.
- Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Bacharelado em Ciências Biológicas, Recife, 2022.
1. Biologia Reprodutiva. 2. Otólito. 3. Arquipélago de São Pedro e São Paulo. 4. Belonidae. I. Oliveira, Paulo Guilherme Vasconcelos de, orient. II. Bezerra, Natalia Priscila Alves, coorient. III. Título

CDD 574

ALICE CABRAL DELGADO FALCÃO

**Aspectos reprodutivos e caracterização dos otólitos do agulhão
Tylosurus acus acus (Lacepède, 1803) no arquipélago de São Pedro e
São Paulo, Brasil.**

Monografia apresentada ao departamento de Biologia da Universidade Federal Rural de Pernambuco, como parte dos requisitos para obtenção do título de Bacharel em Ciências Biológicas, avaliada no dia 27/05/2022 pela banca examinadora:

Orientador:

Prof. Dr. Paulo Guilherme Vasconcelos de Oliveira (1º Titular)
Universidade Federal Rural de Pernambuco

Examinadores:

Professora Dr.^a Ilka Maria Branco Nunes (2º Titular)
Universidade Federal Rural de Pernambuco

Professora Dr.^a Elisabeth Cabral Silva Falcão (3º Titular)
Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Suplente:

Mestra Mariana Guimarães de Azevedo
Universidade Federal Rural de Pernambuco

RECIFE, MAIO DE 2022

Agradecimentos

Agradeço aos Laboratórios de Oceanografia Pesqueira, Tecnologia Pesqueira e de Etologia de peixes e a todos os seus integrantes por terem sido meu lar e minha família durante a minha graduação.

Agradeço ao apoio logístico da Marinha do Brasil e financiamento do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), no âmbito do Programa PROARQUIPÉLAGO (SECIRM/CNPQ), que permitiu a realização desse trabalho. Agradeço ainda a FACEPE pelo apoio financeiro e desenvolvimento científico que me proporcionaram.

Agradeço ao professor Fábio Hazin por todos os aprendizados, dentro e fora da vida acadêmica, que foram passados para mim e para todos que estavam ao seu redor, ao professor Paulo Oliveira, por ter me acolhido, me guiado e aconselhado durante minha trajetória recente e, por fim, agradeço a Natália Bezerra, que esteve do meu lado em todos os erros e acertos do meu projeto, sempre me aconselhando com palavras gentis e solícitas. A todos eles, agradeço pela orientação, apoio, incentivo e pelo aprendizado adquirido durante o tempo de laboratório.

Aos meus colegas de graduação, Letícia, Duda, Yanara e Ueliton. Obrigada por compartilharem comigo momentos de descontração e apoio durante a graduação. Agradeço ainda a João e Ivo, que sempre estiveram ao meu lado.

Agradeço especialmente aos meus pais, Elisabeth e Filipe, por sempre me ajudarem, acreditarem em mim, pelo incentivo, respeito e apoio em minhas decisões, pelas sábias palavras, ensinamentos, conselhos e paciência em todos esses anos, assim pelo amor incondicional. Agradeço à minha família pelos bons momentos e por toda ajuda durante os anos de curso.

E agradeço a meu parceiro de vida, Deivson, pelos momentos que passamos juntos, bons e ruins, pela parceria, força e pela sua paciência, por toda a sua disposição em ajudar e por estar sempre me apoiar em minhas decisões. Amo você!

SUMÁRIO

RESUMO.....	7
ABSTRACT	8
1. INTRODUÇÃO.....	11
2. OBJETIVOS.....	14
2.1 Objetivo Geral	14
2.2 Objetivos Específicos	14
3. MATERIAL E MÉTODOS	15
3.1 Área de estudo	15
3.2 Coleta e processamento das amostras	16
3.3 - Análise dos dados	17
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	20
4.1 Proporção sexual	20
4.2 Distribuição por tamanho	22
4.3 Índice Gonadal.....	23
4.5 Análises macroscópicas.....	25
4.4 Fecundidade	28
4.6 Tamanho de primeira maturação sexual (L50)	28
4.7 Morfologia dos otólitos.....	29
4.8 Morfometria dos otólitos	31
5. CONCLUSÕES.....	33
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	34

RESUMO

O agulhão *Tylosurus acus acus* é uma subespécie de belonídeo residente e abundante no Arquipélago de São Pedro e São Paulo que não apresenta dados documentados sobre a sua biologia em todo o oceano Atlântico Sul. A reprodução e caracterização dos otólitos são aspectos importantes a serem estudados e desconhecidos para *T. acus acus*. O estudo visa proporcionar as primeiras informações sobre a biologia reprodutiva e caracterização dos otólitos da espécie. Durante março de 2019 a março de 2020, 120 gônadas foram retiradas, medidas e pesadas e utilizadas para o estudo reprodutivo, enquanto 101 pares de otólitos foram retirados. As gônadas foram avaliadas macroscopicamente segundo a escala de Brown-Peterson. O índice gonadal foi calculado pela equação proposta por Schaeffer & Orange (1956). O comprimento médio da primeira maturação sexual foi calculado pela frequência relativa de indivíduos adultos por classe de comprimento. As feições morfológicas analisadas foram rostro, antirrostro, sulco acústico, óstio, cauda e o recorte das margens. As medidas utilizadas nas análises morfométricas foram altura, comprimento e peso do otólito, que foram correlacionados entre si e com o comprimento furcal. A proporção sexual encontrada foi de 3,4F:1M, que pode ser resultado de uma segregação sexual. A distribuição mensal da proporção dos estágios de maturação indica que o local é provavelmente uma zona de reprodução para a espécie. Fatores abióticos e bióticos, principalmente a temperatura, se mostram essenciais para dinâmica populacional e reprodutiva da espécie. As altas correlações entre as medidas dos otólitos indicam que as variáveis crescem em conjunto e à medida que o indivíduo cresce, as feições do otólito mudam. As informações geradas no presente estudo poderão contribuir para a conservação do *T. acus acus* em todo o Oceano Atlântico.

Palavras-chave: Biologia reprodutiva, otólito, Arquipélago de São Pedro e São Paulo, Belonidae.

ABSTRACT

The sailfish *Tylosurus acus acus* is a subspecies of belonid resident and abundant in the São Pedro and São Paulo archipelagos, for which there are no documented data on its biology throughout the South Atlantic Ocean. Reproduction and characterization of otoliths are important aspects to be studied, and unknown for *T. acus acus*. This study will provide the first information on the biology and characterization of otoliths of this species. From March 2019 to March 2020, 120 gonads were collected, measured, weighed, and used for the reproductive study, while 101 pairs of otoliths were collected. Gonads were classified macroscopically according to the Brown-Peterson scale. The ratio of gonads to each other was proposed by Schaeffer (1956). Mean length at sexual maturity was calculated using the relative frequency of adults per length class. Morphological characters were rostrum, antirostrum, acoustic sulcus, ostium, tail, and margins. The measures used for the calculated heights were morphometric measurements, length, and weight of the otolith, which were correlated with each other and with length. The observed sex ratio was 3.4F:1M, which could be due to sex separation. The monthly distribution of the proportion of maturation periods indicates that the site is likely a breeding area for the species. Abiotic and biotic factors, especially temperature, are essential for biological changes in the species. Correlations between high individuals suggest that measures of growth together and how they grow, as well as otolith changes. The information obtained in this study may contribute to the conservation of the Atlantic Ocean.

Keywords: Reproductive biology, otolith, São Pedro and São Paulo Archipelago, Belonidae.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Exemplar do agulhão *Tylosurus acus acus* capturado no arquipélago de São Pedro e São Paulo. Foto: Alice Falcão.

Figura 2: Mapa com a localização do Arquipélago de São Pedro e São Paulo, Brasil (Burgos et al, 2009).

Figura 3: Método de dissecação ventral e localização do par de otólitos sagittae do *Tylosurus acus acus* capturado no arquipélago de São Pedro e São Paulo.

Figura 4: Feição interna do otólito sagittae de *Tylosurus acus acus* mostrando suas margens e feições analisadas.

Figura 5: Otólito do agulhão *Tylosurus acus acus* capturado no Arquipélago de São Pedro e São Paulo. Co= comprimento do otólito; Ao= Altura do otólito.

Figura 6: Frequência de comprimento furcal dos exemplares de *Tylosurus acus acus* capturados no arquipélago de São Pedro e São Paulo, no período de março de 2019 a março de 2020 (n=120).

Figura 7: Médias mensais do índice gonadal (IG) das fêmeas maduras (N = 20) de *Tylosurus acus acus* capturadas no ASPSP nos meses de janeiro, fevereiro, março, agosto e novembro.

Figura 8: Relação entre comprimento furcal e peso dos ovários de fêmeas de *Tylosurus acus acus* capturadas no arquipélago de São Pedro e São Paulo, entre março de 2019 e março de 2020 (n= 69).

Figura 9: Estágios maturacionais macroscópicos de *Tylosurus acus acus* capturados no arquipélago de São Pedro e São Paulo: Fêmea imatura (A), Fêmea madura (B) e Macho Maduro (C). Fotos: Natália Bezerra.

Figura 10: Distribuição mensal da frequência relativa dos estágios maturacionais das fêmeas de *Tylosurus acus acus* capturadas no Arquipélago de São Pedro e São Paulo, entre março de 2019 e março de 2020 (n= 69).

Figura 11: Distribuição mensal da frequência relativa dos estágios maturacionais dos machos de *Tylosurus acus acus* capturados no Arquipélago de São Pedro e São Paulo, entre março de 2019 e março de 2020 (n= 20).

Figura 12: Tamanho de primeira maturação sexual para fêmeas de *Tylosurus acus acus* capturadas no Arquipélago de São Pedro e São Paulo, entre março de 2019 e março de 2020 (n= 69).

Figura 13: Otólitos de um indivíduo juvenil (A) e um indivíduo adulto (B) da espécie de *Tylosurus acus acus*.

1. INTRODUÇÃO

A reprodução de uma espécie é um dos aspectos mais importantes da sua biologia, já que se constitui no principal fator do seu sucesso populacional e permanência dentro do seu habitat, garantido pela perpetuação dos seus genes. A estratégia reprodutiva adotada pela espécie, ou seja, suas táticas, adaptações, comportamentos e fisiologia reprodutiva, em conjunto com fatores bióticos e abióticos, tais como temperatura, pluviosidade, influenciam diretamente os aspectos reprodutivos dos peixes, como a desova, desenvolvimento embrionário e crescimento, e tem como objetivo obter uma melhor eficiência dentro das condições específicas do local (SUZUKI & AGOSTINHO, 1997; BRAGA, 1997).

Dentro do grupo dos teleósteos, há uma grande variedade de estratégias reprodutivas, devido às diversas individualidades de cada espécie e as diferentes condições dos habitats aquáticos. Modificações de habitat podem causar falhas na reprodução, o que pode ocasionar a depleção e até mesmo a extinção das populações locais (ALI & WOOTON, 1999). Por isso, o conhecimento sobre os aspectos reprodutivos dos peixes, como o período de desova e tamanho de primeira maturação sexual (L_{50}), é de fundamental importância para definir medidas de manejo. Exigências de hábitat para desova e características comportamentais também devem ser consideradas em planos de conservação e mitigação de impactos ambientais, a fim de garantir a manutenção das populações, quer sejam alvo da pesca, ou capturadas como fauna acompanhante (BREDEN & ROSEN 1966; WOOTON 1984, 1998; DICKERSON et al., 2005; LAMAS, 1993).

Além das características reprodutivas de uma espécie, outros fatores relacionados a sua história de vida também precisam ser investigados. Estudos com os otólitos dos peixes, são de fundamental importância pois essas estruturas são espécie-específicas. Os otólitos são compostos principalmente por bicarbonato de cálcio, especialmente na forma de aragonita, e as suas características, formas e padrões de crescimento são específicas para cada espécie. Cada indivíduo possui três pares de otólito, chamados Sagitta, Asteriscus e Lapillus, que possuem morfologias diferentes entre si. No entanto, o maior par, que também apresenta maior variabilidade morfológica interespecífica, é o Sagitta, o que os torna mais adequados para estudos sistemáticos e ecológicos, para identificação de táxons, estimativa de idade e rastreamento de histórico de vida. Além disso, como a sua estrutura

calcificada é resistente à digestão, podem ser utilizados em estudos tróficos, em que a identificação e a faixa etária de peixes ingeridos por diferentes predadores, como mamíferos aquáticos, aves marinhas e peixes, muitas vezes só é possível através da identificação dos otólitos, permitindo, assim, a obtenção de informações importantes para o manejo dessas espécies (ANGUIRRE & LOMBARTE, 1999; CAMPANA, 2004; POPPER et al., 2005; DE PIERREPONT et. al., 2005; LOMBARTE et. al., 2006; BATTAGLIA et. al., 2010; TUSET et. al., 2010; DE LA CRUZ-AGUERO et. al, 2016; ASSIS et. al., 2018).

Os representantes da família Belonidae são facilmente capturados com redes de superfície, sendo consumidos como iguaria, principalmente nos países banhados pelo Mar Mediterrâneo, muito embora não exista uma pescaria direcionada para a captura de espécies da família (COLLETTE, 2003). Os indivíduos dessa família são caracterizados por apresentarem o corpo alongado, nadadeiras dorsal e anal posicionadas posteriormente, nadadeira pélvica com seis raios e as maxilas finas e compridas, com dentes grandes e cônicos (COLLETTE, 2000). Dos dez gêneros que compõem a família Belonidae, os mais diversos são *Platybelone*, *Strongylura* e *Tylosurus*, sendo este último composto por seis espécies, entre as quais o *Tylosurus acus*, espécie politípica, com distribuição circumtropical, divide-se geograficamente em quatro subespécies, a saber: *Tylosurus acus acus* (Lacepède, 1803), encontrado em águas ocidentais do oceano Atlântico; *Tylosurus acus imperialis* (Rafinesque, 1810), que se distribui no leste do Oceano Atlântico; *Tylosurus acus melanotus* (Bleeker, 1850), no Indo-Pacífico e porção leste e central do oceano Pacífico; e *Tylosurus acus rafale* (Collette & Parin, 1970), que possui uma distribuição restrita à porção oriental do Oceano Atlântico (COLLETTE & PARIN, 1970). As seis subespécies do gênero *Tylosurus* apresentam poucos dados biológicos documentados, em especial, quanto aos seus hábitos alimentares, crescimento e reprodução (MANJAKASY, 2009; CHÂARI et al., 2014, 2016; SABRAH et al., 2018). Apesar do conhecimento do ciclo reprodutivo dos peixes ser essencial para a gestão da pesca, o estudo com informações detalhadas sobre a reprodução desse gênero é limitado à *T. a. melanotus* (LIAO & CHANG, 2011) e *T. a. imperialis* (KOKOKIRIS et al., 2014, CHÂARI et al., 2014).

No Brasil, a maior parte das espécies dessa família não possui valor comercial, com apenas aquelas de porte médio a grande sendo aproveitadas pela pesca comercial e esportiva. No Arquipélago de São Pedro e São Paulo, são encontradas

quatro espécies da família Belonidae, sendo elas: *Strongylura marina*, *S. timucu*, *Ablennes hians* e *Tylosurus acus*, nenhuma das quais são alvo da pesca, embora os seus exemplares sejam capturados de forma incidental, principalmente por aparelhos de pesca com atração luminosa (VASKE et al., 2005). Apesar de, em geral, a biologia das espécies da família Belonidae ser bem documentada, nos estudos sobre parasitismo, estágios de vida e comportamento, são necessários trabalhos relacionados à reprodução e morfometria dos otólitos dessas espécies.

A subespécie *Tylosurus acus acus* (Fig. 1), conhecida popularmente como agulhão ou zambaia, possui a sua distribuição associada a regiões oceânicas, mas também podendo ser encontrada na costa, do oceano Atlântico, com hábito epipelágico. Apresenta um corpo alongado, assim como as mandíbulas, nas cores azul, branco e/ou prateado, não apresentam rastros branquiais, a gônada esquerda é ausente ou muito reduzida em comprimento em ambos os sexos (COLLETTE, 2000; LESSA & NÓBREGA, 2000). O primeiro registro da sua ocorrência no Arquipélago foi feito por Vaske et al. (2005), sendo avistada frequentemente no período noturno durante a atividade de pesca do peixe voador na região. Ainda que não possua valor comercial e não seja um recurso comercial explorado, é utilizado como isca para a captura de atuns (*Thunnus* spp.) e afins na região (VASKE et al., 2005). Embora frequentes no ASPSP, estudos relacionados à população local são inexistentes, da mesma forma que inexistem trabalhos relacionados à sua biologia no oceano Atlântico (BANFORD et al., 2004; PINA et al., 2007; IMSIRIDOU, 2016). O estudo sobre a biologia reprodutiva e a caracterização dos otólitos da espécie, portanto, é de grande relevância para se esclarecer o seu ciclo de vida, contribuindo não apenas para a conservação da espécie, mas para um melhor conhecimento da ecologia insular.



Figura 1: Exemplar do agulhão *Tylosurus acus acus* capturado no arquipélago de São Pedro e São Paulo. Foto: Alice Falcão.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Avaliar os aspectos relacionados a biologia reprodutiva e caracterizar os otólitos morfologicamente e morfometricamente do *Tylosurus acus acus* no Arquipélago de São Pedro e São Paulo.

2.2 Objetivos Específicos

- ✓ Avaliar a proporção sexual dos indivíduos capturados;
- ✓ Identificar os estágios de desenvolvimento gonadal de fêmeas e machos através da análise macroscópica;
- ✓ Definir o comprimento médio de primeira maturação sexual (L_{50});
- ✓ Estimar a fecundidade;
- ✓ Estimar o índice gonadal (IG) médio mensal;
- ✓ Caracterizar a morfometria e morfologia dos otólitos;
- ✓ Avaliar a relação entre o crescimento dos otólitos e o crescimento somático da espécie.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Área de estudo

O Arquipélago de São Pedro e São Paulo (ASPSP) (Fig. 2) é um conjunto de ilhotas descoberto em 1511, composto por cinco pequenas ilhotas rochosas e quatro ilhotas maiores, que possuem área total emersa de 7.500 m², resultantes de uma falha transformante da Cordilheira Meso-Atlântica, com elevada biodiversidade e grande relevância econômica, estratégica e científica (OLIVEIRA et al., 1997). Está situado no Oceano Atlântico, 100 km ao norte do Equador, sendo o único arquipélago brasileiro no Hemisfério Norte, e está inserido no sistema equatorial de correntes marinhas, sofrendo a influência direta da Corrente Sul-Equatorial e da Zona de Convergência Intertropical, resultando em altos índices pluviométricos e, portanto, menores índices de salinidade superficial. Devido ao seu isolamento biogeográfico, o ASPSP apresenta um dos mais elevados índices de endemismo entre as ilhas oceânicas brasileiras. É considerado um *hotspot* de biodiversidade marinha devido a sua localização, exercendo um papel relevante no ciclo de vida de diversas espécies, não apenas das residentes, mas também das migratórias, que utilizam a região em uma etapa importante do seu ciclo de vida, como área de reprodução e/ou alimentação, incluindo aquelas com populações ameaçadas e/ou em recuperação, como o tubarão-baleia (*Rhincodon typus*) e a raia manta chilena (*Mobula tarapacana*), aspecto que ressalta ainda mais a importância do conhecimento sobre a fauna no entorno do arquipélago (EDWARDS & LUBBOCK, 1983; EDWARDS, 1984; FEITOZA et al., 2003; VASKE et al., 2005; PINHEIRO et al., 2018 ; VIRGENS NETO, 2017 ; CAMPOS, 2005; MARSHALL et al., 2019).

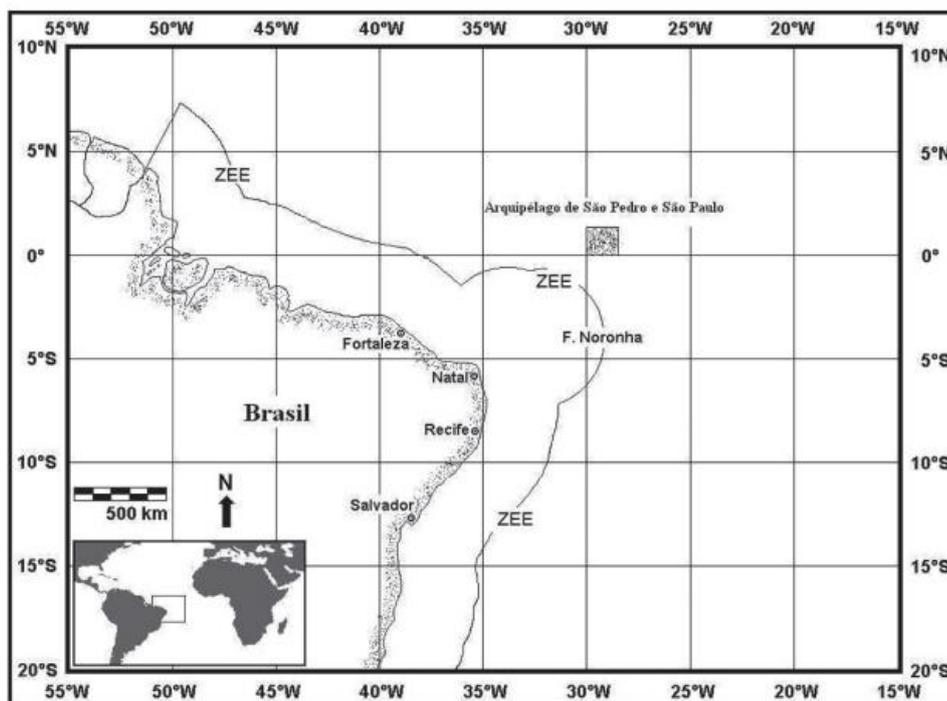


Figura 2: Mapa com a localização do Arquipélago de São Pedro e São Paulo, Brasil (Burgos et al, 2009).

3.2 Coleta e processamento das amostras

Durante o período de março de 2019 a março de 2020, 120 agulhões foram coletados através de vara de mão ou puçá, mensurados quanto ao comprimento furcal (CF) e sexados imediatamente após a captura. Em seguida, as gônadas foram retiradas e fixadas em solução de formalina 10%, substituída por álcool 70%, após 48 horas. A proporção sexual dos indivíduos foi calculada através da razão entre o número total de machos e fêmeas, por mês e para todo o período de coleta.

No Laboratório, as gônadas foram medidas e pesadas, avaliando-se macroscopicamente os estágios de maturação sexual, segundo a escala de Brown-Peterson et al. (2011) e Liao & Chang (2010), como segue: estágio I- imaturo, estágio II- em maturação, estágio III- maduro, IV- maturação avançada e estágio V- desovado.

Os otólitos foram removidos cirurgicamente com o crânio na posição ventral (Fig. 3), limpos com o uso de hipoclorito de sódio 2% (NaClO), e armazenados em temperatura ambiente. Em seguida, os otólitos foram processados de acordo com os procedimentos propostos por Sterquert et al. (1995). Os otólitos sagittae foram fotografados através de uma lupa digital ligada a um computador com ampliação de

40x, com a imagem contrastada em um fundo preto homogêneo, para melhor caracterizar os seus contornos. Seu comprimento e peso foram mensurados com uma lupa digital, com precisão de 0,1mm, e balança analítica com precisão de 0,001 g, respectivamente.



Figura 3: Método de dissecação ventral e localização do par de otólitos sagittea do *Tylosurus acus acus* capturado no arquipélago de São Pedro e São Paulo.

3.3 - Análise dos dados

Para a verificação de possíveis diferenças estatisticamente significativas entre o número de machos e fêmeas capturados, foi utilizado o teste estatístico do qui-quadrado (χ^2) ao nível de 5% de significância. As diferenças entre os comprimentos furcal (CF) de ambos os sexos, por sua vez, foram avaliadas pelo teste de Kolmogorov-Smirnov (KS; $p < 0,05$) (ZAR, 2000).

O índice Gonadal (IG) foi calculado pela equação proposta por Schaeffer & Orange (1956), como segue:

$$IG = PG / CF^3 \times 10^5$$

Onde: PG= Peso da Gônada (g); e CF= Comprimento Furcal (cm), utilizando-se para as estimativas das médias mensais do IG apenas os indivíduos já adultos.

Já o comprimento médio da primeira maturação sexual foi calculado pela frequência relativa de indivíduos adultos por classe de comprimento (CF), através da

função logística da seguinte fórmula (FONTELES FILHO, 1989): $Mf = 1 / [1 + \exp(a + b \cdot CZ)]$, onde Mf é a fração dos indivíduos que se encontram adultos.

Para estimar a fecundidade, foram utilizados 6 ovários maduros, adotando o método gravimétrico (VAZZOLER, 1996), como executado por Bilgin et al. (2014). Uma alíquota foi retirada da porção central de cada ovário, realizando-se apenas a contagem dos ovócitos hidratados. A fecundidade total foi estimada da seguinte forma:

$$F = n \cdot PG / g$$

Onde: F = Fecundidade total do indivíduo, n = número total de ovócitos hidratados dentro de uma porção da gônada, PG = peso da gônada e g = Peso da porção da gônada que foi utilizado para a visualização dos ovócitos.

Para a caracterização morfológica dos otólitos, foram selecionados os otólitos de três exemplares por classe de comprimento furcal (10 cm). As estruturas dos indivíduos selecionados foram analisadas com o auxílio de um estereomicroscópio com luz refletida branca, sendo observados em fundo preto para uma melhor visualização do recorte das suas margens. Segundo a metodologia adaptada de Tuset et al. (2008), Vaz dos Santos et al. (2007) e Assis (2004) foram analisadas as seguintes feições (Fig. 4):

- Na margem anterior: (a) rostro – situado na porção inferior da reentrância da excisura anterior; (b) antirrostro – situado na porção superior da reentrância da excisura anterior.
- Na face interna: (d) sulco acústico – inserção da mácula sagita, identificada como uma reentrância longitudinal ao eixo do comprimento do otólito, e que o divide em região ventral e dorsal; (e) óstio – região do sulco acústico anterior ao colo; (f) cauda – região do sulco acústico posterior ao colo. Também foi analisado o recorte das suas margens (reentrâncias presentes nas regiões dorsal e ventral) (ASSIS, 2004).

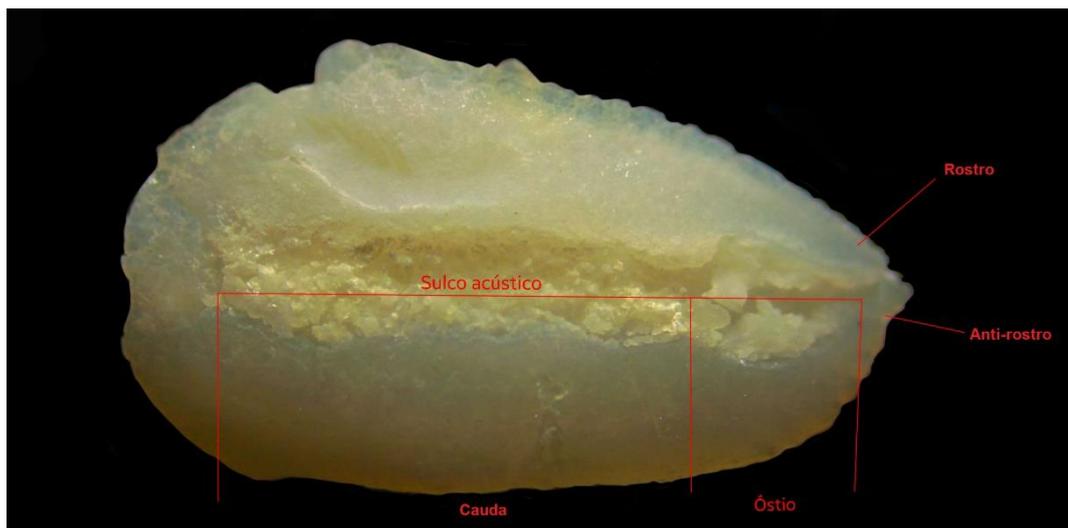


Figura 4: Feição interna do otólito sagita de *Tylosurus acus acus* mostrando suas margens e feições analisadas.

Para a caracterização da morfometria, foram utilizados os 101 otólitos coletados, em que foram mensurados os comprimentos propostos por Vaz dos Santos et al. (2007) e Tuset et al. (2008). Otólitos quebrados não foram utilizados e não houve diferenciação entre os otólitos esquerdo e direito. As medidas observadas dos otólitos, obtidas através de uma lupa digital, foram as seguintes: comprimento do otólito (Co), altura do otólito (Ao) (Fig. 5) e, através de uma balança de precisão, o peso dos otólitos (Po). Em seguida, essas medidas foram sujeitas a análise de correlação entre elas e com o comprimento furcal do indivíduo ($Cf \times Co$; $Cf \times Ao$; $Cf \times Po$). As relações com correlações significantes ($P < 0,05$), foram sujeitas à análise de regressão linear e caracterização morfométrica (BASTOS, 1990; CORRÊA e VIANNA, 1992; 1993).

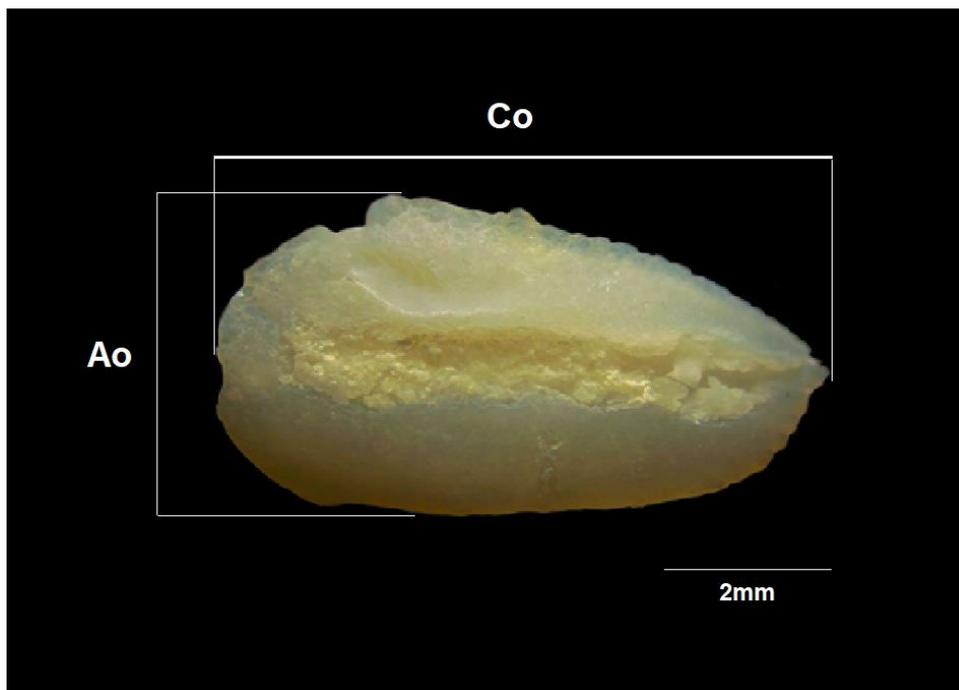


Figura 5: Otólito do agulhão *Tylosurus acus acus* capturado no Arquipélago de São Pedro e São Paulo. Co= comprimento do otólito; Ao= Altura do otólito.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Proporção sexual

Dos 120 espécimes coletados, 20 eram machos e 69 fêmeas, não foi possível a diferenciação sexual macroscópica dos demais. A proporção sexual entre os indivíduos foi de 3,45♀:1,0♂, e as fêmeas foram significativamente mais frequentes do que os machos na amostra total (χ^2 calculado= 30,3 > χ^2 tabelado= 3,84) (Tabela 1), em todos os meses. Nos meses de fevereiro, agosto, setembro, outubro e dezembro, apenas fêmeas foram capturadas. Os únicos meses sem diferenças significativas entre os sexos foram novembro e março.

A maior proporção sexual de fêmeas no período da amostragem aponta uma alta discrepância com estudos já realizados para outras subespécies, que apresentaram as proporções sexuais iguais a 1♀:1♂ para o *T. acus melanotus*, 1♀:2,79♂, para *T. acus imperialis*, e 1♀:1,1♂ para a mesma subespécie na costa da Tunísia (LIAO & CHANG, 2010; KOKOKIRIS et al., 2014, CHÂARI et al., 2014). Todos os trabalhos citados foram realizados em ambientes costeiros de águas rasas, o que pode justificar as diferenças na proporção sexual em relação ao presente estudo, pois

provavelmente o aparelho de pesca apresentava autonomia para capturas espécies nas diferentes profundidades desses locais.

Grande parte das espécies marinhas buscam as faixas de profundidade com condições ambientais propícias para melhor desenvolver suas funções vitais, como alimentação, crescimento e reprodução. (FONTELES-FILHO, 2011). Além disso, ocorre uma maior procura de recursos tróficos pelas fêmeas durante a época de desova (GRIFFITHS; 2002), o que pode ter resultado na maior quantidade de fêmeas na amostra, já que os espécimes são capturados na superfície, onde o ambiente é mais rico em alimento. Desta forma, é possível que a técnica de amostragem tenha favorecido as fêmeas, pois os métodos de captura utilizados no presente estudo não atingem regiões mais profundas. A razão para a forte predominância de fêmeas no ASPSP, ambiente de águas oceânicas, ainda não é clara, podendo resultar de uma segregação sexual por estratos de profundidade, fototatismo, mortalidade diferenciada entre os sexos, ou seletividade do aparelho de pesca (VAZZOLER, 1996).

Tabela 1: Proporção sexual entre fêmeas e machos de *T. acus acus* capturados nas adjacências do ASPSP, entre março de 2019 e março de 2020.

Meses	Fêmeas (n)	Fêmeas (%)	Machos (n)	Machos (%)	Total	χ^2
Janeiro	21	87,5%	3	12,5%	24	56,2*
Fevereiro	3	100%	0	0%	3	100*
Março	6	60%	4	40%	10	4
Agosto	11	100%	0	0%	11	100*
Setembro	7	100%	0	0%	7	100*
Outubro	6	100%	0	0%	6	100*
Novembro	9	40,9%	13	59,1%	22	3,3
Dezembro	6	100%	0	0%	6	100*
Total	69	77,5%	20	22,5%	89	30,3*

*valores estatisticamente significativos

4.2 Distribuição por tamanho

A amplitude do comprimento furcal das fêmeas variou de 31,5 cm a 110,3 cm, com moda na classe 100 | 105 e frequências elevadas ocorreram classes 45 | 50 e 95 | 100, com média de 75,9 cm. Para os machos a variação foi de 40 cm a 90,5 cm, exibindo moda na classe 45 | 50, com média de 54,3 cm de CF. Os indivíduos não sexados apresentaram uma amplitude de comprimento de 38,5 cm a 66,0 cm, com moda na classe 45 | 50 e média de 48,9 cm (Fig. 6). O teste de Kolmogorov-Smirnov indicou diferenças significativas entre o CF de machos e fêmeas ($KS= 0,01$ $p<0,05$) na amostra total, com as fêmeas alcançando maiores comprimentos, assim como visto na subespécie *T. acus imperialis* (CHÂARI et al., 2014).

Em estudos no Mar Mediterrâneo, com a subespécie *T. acus imperialis*, a menor fêmea encontrada possuía 64,5 cm, com média de 81,1 cm, enquanto o menor macho mediu 59,3 cm, com média de 72,0 cm, valores, portanto, maiores do que os descritos no presente estudo (KOKOKIRIS et al., 2014). No entanto, em trabalhos realizados na costa da Tunísia, também com o *T. acus imperialis*, as amplitudes mensuradas para fêmeas e machos foram de 29,7 a 110,5 cm e 31,8 a 94,7 cm, respectivamente (CHÂARI et al., 2014), comprimentos, portanto, mais próximos dos observados para o *T. acus acus*, no ASPSP. Já no estudo com *T. acus melanotus*, foi observada uma amplitude de comprimento dos machos (40,6 cm a 88,6 cm) bastante próxima à obtida para *T. acus acus*, no ASPSP, embora a amplitude das fêmeas tenha sido um pouco mais estreita (35,9 cm a 102,8) (LIAO & CHANG, 2010). No levantamento de peixes marinhos da região nordeste, feito por Lessa et al. (2009), a amplitude de comprimento encontrada para o *T. acus acus* foi de 52,7 cm a 119,0 cm, com média para ambos os sexos de 72,3 cm, valor médio próximo ao encontrado no presente trabalho (65,3 cm). De acordo com Collette (1978), o comprimento mais recorrente de captura seria 90 cm, o que não condiz com a moda de 45 | 50 da população que habita o ASPSP.

É possível que os indivíduos de maiores comprimentos estejam em zonas mais profundas no ASPSP, tendo em vista que a espécie pode mergulhar em profundidades de até 45 m, onde o aparelho de pesca dirigida para outras espécies não é capaz de alcançar (LESSA et al., 2009). É possível que essa segregação espacial esteja relacionada a temperatura da água ou busca por ambientes em que existe uma menor competição por alimento. Além disso, áreas com maiores

temperaturas ajudam a manter uma maior eficiência na absorção dos alimentos ingeridos (BALDISSEROTTO, 2009; FONTELES-FILHO, 2011).

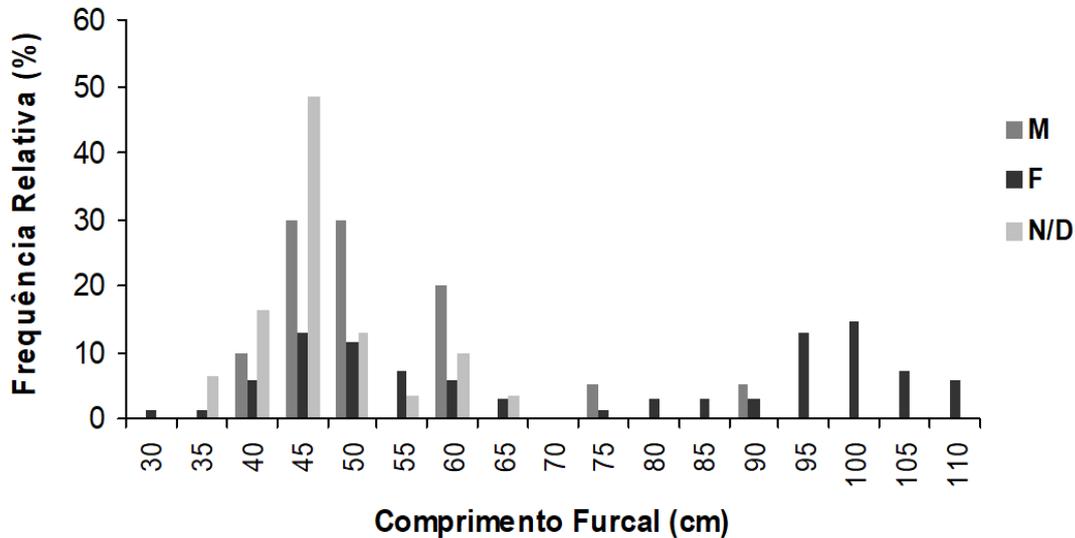


Figura 6: Frequência de comprimento furcal dos exemplares de *Tylosurus acus acus* capturados no Arquipélago de São Pedro e São Paulo, no período de março de 2019 a março de 2020, onde M = Machos, F = Fêmeas e N/D = Indivíduos não identificados (n=120).

4.3 Índice Gonadal

Foram coletadas fêmeas maduras apenas nos meses de janeiro, fevereiro, março de 2019, agosto e novembro, com os valores médios mensais dos índices gonadais iguais a 2,286, 1,037, 1,296, 0,819 e 1,130, respectivamente (Fig. 7). Apenas um macho maduro foi coletado, no mês de janeiro. Esse maior número de fêmeas maduras capturadas nesses meses sugere seu deslocamento até as águas mais superficiais, onde a temperatura é mais elevada, ocorrendo a maturação gonadal e o processo de desova (DOWER & MACKAS, 1996; PALACIOS, 2002). Em outras subespécies, como *T. acus melanotus*, o período reprodutivo ocorreu entre os meses de abril e agosto, com um pico em junho, enquanto que para o *T. acus imperialis* o período reprodutivo se estendeu de abril a agosto, com picos em maio e julho (LIAO & CHANG, 2010; KOKOKIRIS et al., 2014; CHÂARI et al., 2014). Esses estudos foram realizados no hemisfério norte, onde as águas começam a se apresentar temperaturas mais elevada após o mês de março, que coincide com o verão nessa região. No local do presente estudo, a temperatura superficial do mar aumenta a partir dos meses de setembro e outubro, voltando a diminuir nos meses

de abril, muito embora na região equatorial, onde o ASPSP está localizado, não exista uma variação significativa da temperatura ao longo do ano (MACÊDO et al., 2009). Por isso, várias espécies presentes no ASPSP têm sua atividade reprodutiva se intensificando com esse pequeno aumento na temperatura, embora sejam capazes de desovarem em menor frequência ao longo do ano.

Processos metabólicos relacionados à atividade reprodutiva dos peixes podem ser desencadeados através da variação sazonal de fatores ambientais, como temperatura, salinidade, disponibilidade de luz, produção primária, entre outros, induzindo-os à desova em determinadas épocas do ano, sendo a temperatura um fator de grande importância nestes processos, mesmo em zonas tropicais (DONELSON et al, 2010; BUREL et al, 1996; MUNDAY et al, 2009; WANG et al., 2010). Nos meses em que as águas estão mais quentes no ASPSP, há um aumento no índice gonadal, com um pico no mês de janeiro, assim como ocorre com o peixe rei (*Elagatis bipinnulata*) e com a cavala (*Acanthocybium solandri*) (PINHEIRO et al., 2011; VIANA et. al, 2007). É provável, portanto, que as temperaturas mais elevadas sirvam como estímulo para o desenvolvimento reprodutivo e para a desova de *T. acus acus*, ainda que outros fatores sazonais, como pluviosidade, quantidade de alimento disponível e produtividade, também possam influenciar diretamente no ciclo reprodutivo dessas espécies (VAZZOLER, 1996). Não foi possível calcular o índice gonadal dos machos devido à reduzida quantidade de espécimes maduros. A relação entre o peso dos ovários com o comprimento furcal sugere que o desenvolvimento das gônadas começa a partir dos 60 cm (Fig. 8).

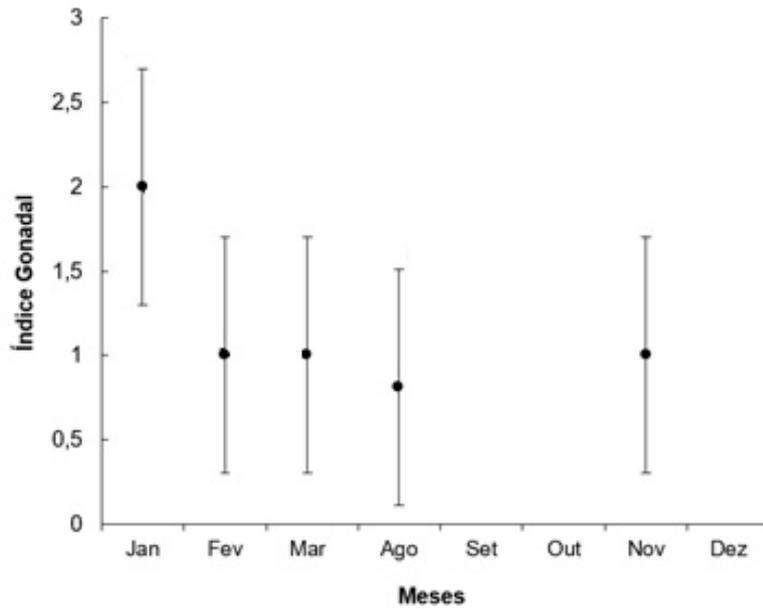


Figura 7: Médias mensais do índice gonadal (IG) das fêmeas maduras (N = 20) de *Tylosurus acus acus* capturadas no ASPSP nos meses de janeiro, fevereiro, março, agosto e novembro.

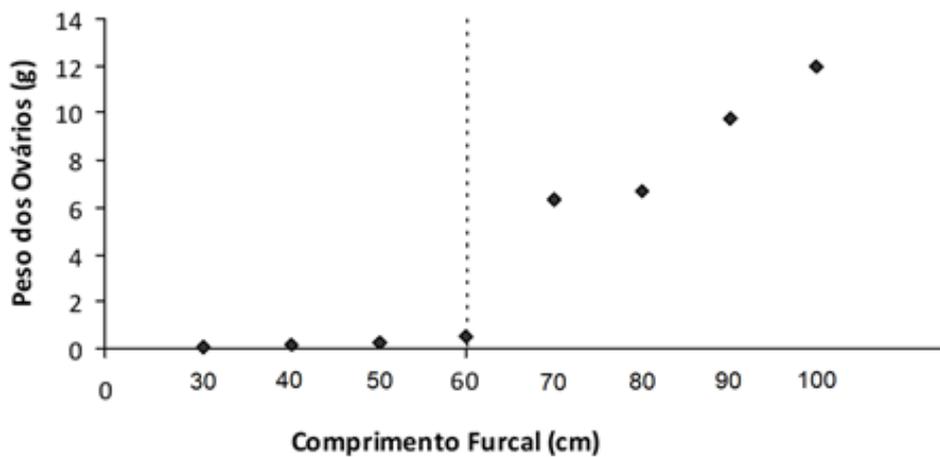


Figura 8: Relação entre comprimento furcal e peso dos ovários de fêmeas de *Tylosurus acus acus* capturadas no arquipélago de São Pedro e São Paulo, entre março de 2019 e março de 2020 (n= 69).

4.5 Análises macroscópicas

As fêmeas amostradas (n= 69) se encontravam nos seguintes estágios de maturação sexual, a saber: 46,3% (N=32) imaturo (Fig. 9.A), 7,2% (N=5) em maturação, 17,5% (N=12) maduras (Fig 9.B) e 29,0% (N=20) em maturação

avançada. Os machos capturados (n= 20), por sua vez, se encontravam 90% no estágio imaturo, 5% em maturação e 5% no maduros (Fig. 9.C). A partir da distribuição mensal da proporção dos estágios de maturação observou-se a presença de fêmeas em maturação avançada em agosto, novembro, janeiro e fevereiro (Fig. 10), indicando que o ASPSP é provavelmente uma área de desova para a espécie, particularmente no verão. É possível também observar que foram encontradas fêmeas maduras que estavam desovadas no mês de agosto. Por conta dessa desova, a gônada fica mais leve, já que não apresenta mais ovócitos hidratados, resultando em um baixo índice gonadal.

Segundo Collette (1978), todos os belonídeos são ovíparos e há uma predisposição da gônada direita ser reduzida ou completamente perdida em algumas espécies, principalmente em fêmeas. Seus ovos são grandes e com filamentos aderentes bem desenvolvidos, o que foi observado durante a análise macroscópica. Collette cita ainda que o *T. acus acus* é a espécie que apresenta uma maior preferência por águas oceânicas, quando comparada com as outras subespécies do gênero. É interessante também ressaltar que, como é visto em várias espécies que apresentam padrões migratórios, os machos maduros chegam primeiro durante o período reprodutivo, para que, em seguida, as fêmeas apareçam para desovar (KARTAS & QUIGNARD, 1984). Esse comportamento provavelmente também ocorre na subespécie *T. acus acus*, pois foi observado no mês de janeiro, com a presença de machos maduros, seguido do mês de fevereiro, com apenas fêmeas maduras. Essa questão também foi levantada por Châari et. al (2004), que encontrou esse mesmo comportamento na espécie *T. acus imperialis*.

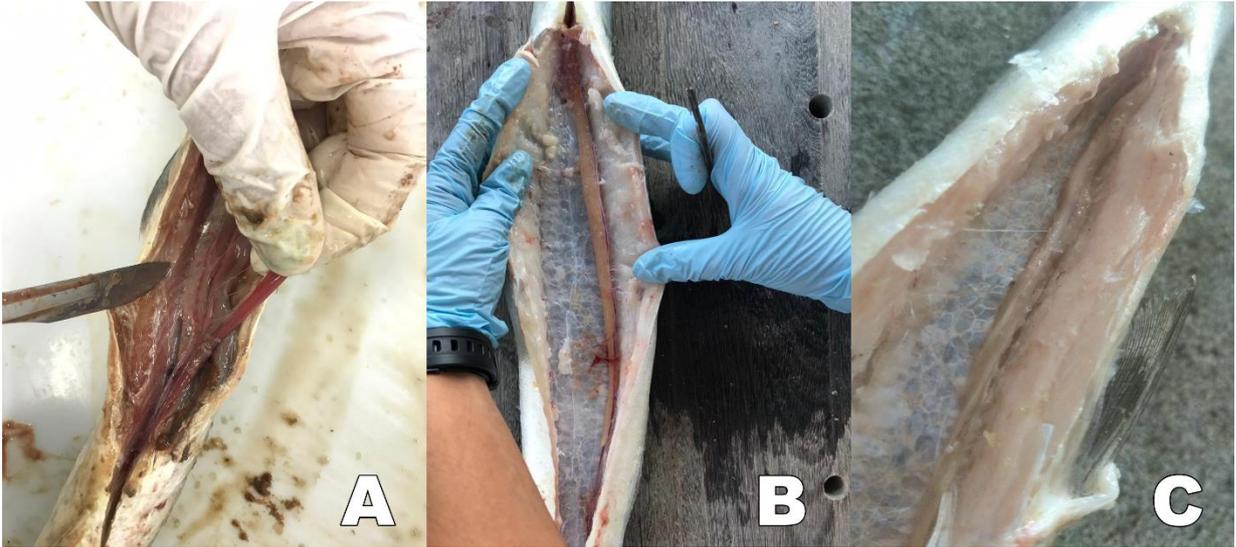


Figura 9: Estágios maturacionais macroscópicos de *Tylosurus acus acus* capturados no Arquipélago de São Pedro e São Paulo: Fêmea imatura (A), Fêmea madura (B) e Macho Maduro (C). Fotos: Natália Bezerra (2019/2020).

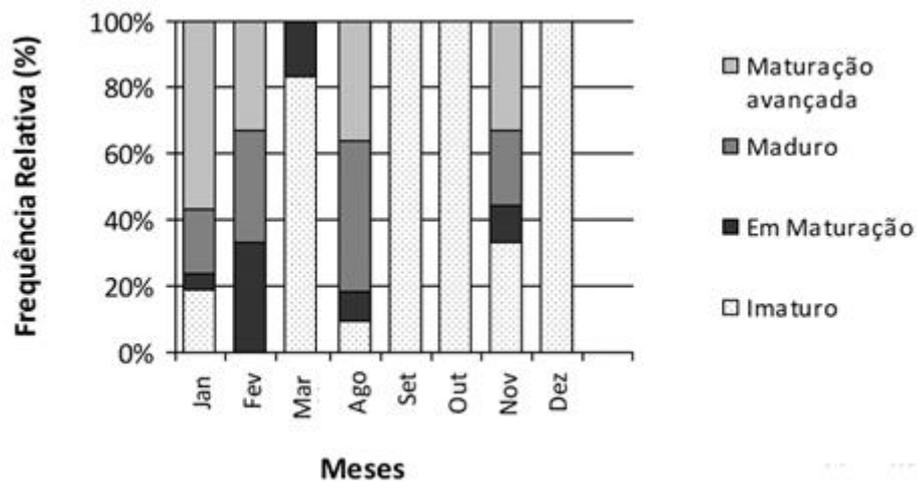


Figura 10: Distribuição mensal da frequência relativa dos estágios maturacionais das fêmeas de *Tylosurus acus acus* capturadas no Arquipélago de São Pedro e São Paulo, entre março de 2019 e março de 2020 (n= 69).

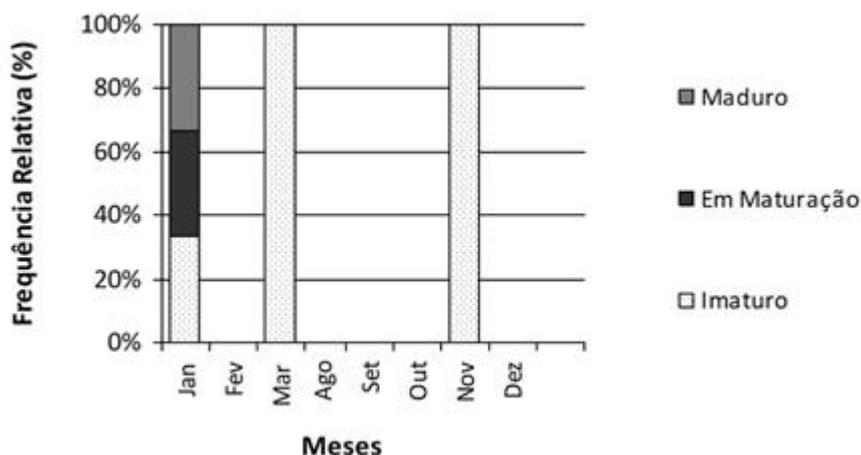


Figura 11: Distribuição mensal da frequência relativa dos estágios maturacionais dos machos de *Tylosurus acus acus* capturados no Arquipélago de São Pedro e São Paulo, entre março de 2019 e março de 2020 (n= 20).

4.4 Fecundidade

A fecundidade total variou entre 254,4 a 5.456,1 ovócitos por gônada, com média de 2.096,6. Esse valor encontrado é bastante inferior ao descrito para *T. acus imperialis*, que apresentou uma variação entre 16.075 até 34.559 (CHAARI, 2014), enquanto *T. acus melanotus*, variou entre 14.836 a 41.117 ovócitos hidratados (LIAO & CHANG, 2010). Grandes discrepâncias na fecundidade de uma mesma espécie já foram reportadas, podendo ser resultado das diferenças das fases de desova. A fecundidade pode ainda ser influenciada por diversos fatores, como temperatura, quantidade e qualidade da alimentação, além de outras características abióticas (MAACK & GEORGE, 1999, LIU ET AL. 2001).

4.6 Tamanho de primeira maturação sexual (L₅₀)

O tamanho de primeira maturação sexual (L₅₀) das fêmeas, estimado através do comprimento furcal de todos os indivíduos maduros, foi de 82,5 cm (Fig. 12). Das 69 fêmeas capturadas, 37 (53,3%) apresentaram comprimento furcal inferior ao L₅₀. O resultado encontrado é superior ao obtido para as subespécies *T. acus melanotus* (50,6 cm) e próximo ao obtido para o *T. acus imperialis* (79 cm), no Mar Mediterrâneo (LIAO & CHANG, 2010; CHÂARI et al., 2014). Diferentes tamanhos de maturação sexual podem ocorrer devido às diferenças nas faixas de comprimento, que são

utilizadas no cálculo dessa medida, além dos distintos esforços pesqueiros nas diferentes áreas estudadas (BILGIN, 2014). Devido à reduzida quantidade de machos capturados, não foi possível se realizar o cálculo do L_{50} . O conhecimento do tamanho de primeira maturação é importante, visto que é com essa informação que podemos distinguir os indivíduos jovens e adultos, auxiliando assim a gestão pesqueira e manejo dos estoques, possibilitando também a estimativa do tamanho do estoque reprodutor e estabelecer um tamanho mínimo para a captura (FONTELES-FILHO, 2011).

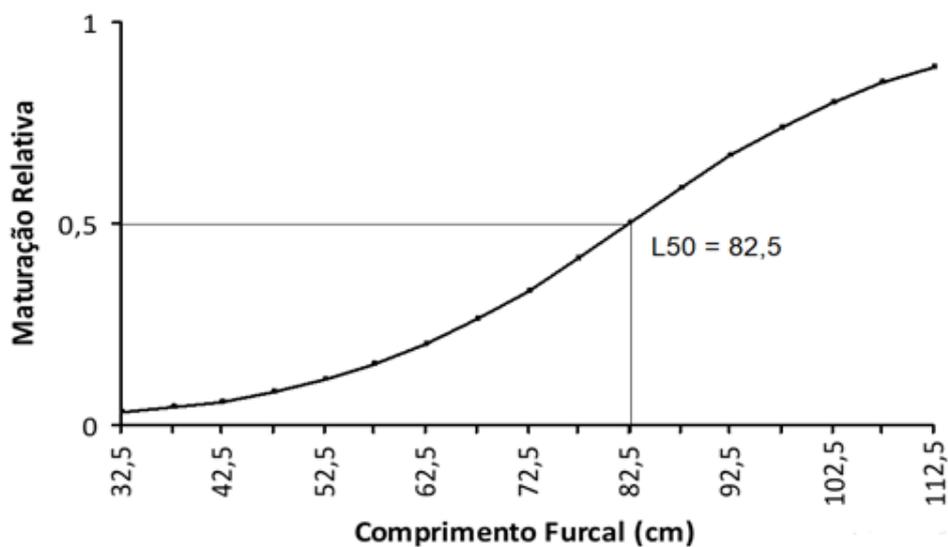


Figura 12: Tamanho de primeira maturação sexual para fêmeas de *Tylosurus acus* capturadas no Arquipélago de São Pedro e São Paulo, entre março de 2019 e março de 2020 (n= 69).

4.7 Morfologia dos otólitos

A descrição morfológica dos otólitos sagittae da espécie *T. acus acus* foi baseada nos otólitos de 24 indivíduos. Os otólitos possuem o perfil côncavo-convexo, com uma forma oval a elíptico, sendo o comprimento do otólito semelhante ao dobro da altura. A medida que o indivíduo cresce, o otólito torna-se mais espesso e com feições melhor definidas. A margem anterior é angular, definida pela presença de rostro, antirrosto e excisura. O rostro e o antirrosto são concordantes, acompanhando a curvatura do otólito. O rostro e antirrosto são pontiagudos e arredondados e não apresentam um avanço em relação ao

outro. As margens variam de acordo com o desenvolvimento do indivíduo, apresentando-se com fortes crenulações em indivíduos com menores comprimentos (Fig. 13A), enquanto indivíduos maiores possuem margens lisas, sinuosas ou com pequenas crenulações (Fig. 13B).

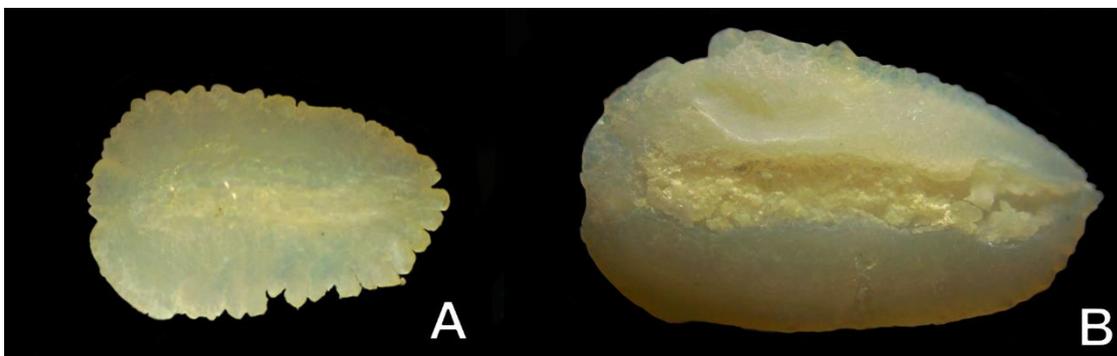


Figura 13: Otólitos de um indivíduo juvenil (A) e um indivíduo adulto (B) da espécie de *Tylosurus acus acus*, capturado no arquipélago de São Pedro e São Paulo.

O sulco acústico apresentou profundidade mediana e orientação horizontal, com os otólitos dos indivíduos maiores apresentando um sulco acústico mais profundo. Como é possível identificar e diferenciar a cauda e o óstio, é classificado como heterossulcóide. Quanto a sua posição, é classificado como mediano e possui abertura ostial. O óstio, aberto na margem anterior do otólito, possui uma forma de funil. A cauda, mais longa e mais estreita que o óstio, é do tipo tubular e reta. A variabilidade dos otólitos sagita desta espécie encontra-se em consonância com o desenvolvimento do peixe, podendo-se observar mudanças no otólito à medida que o peixe cresce, como por exemplo, o recorte das margens e a profundidade do sulco acústico.

Normalmente, à medida em que há o crescimento somático, é possível observar algumas mudanças nos otólitos da espécie estudada. As mudanças foram observadas principalmente nas margens e na definição das feições, além da profundidade do sulco acústico, que se torna mais profundo e visível com o crescimento. Em algumas espécies, o contorno morfológico do otólito pode sofrer alterações substanciais com o aumento do tamanho do peixe (HUNT; 1992), fato esse também observado no presente estudo.

4.8 Morfometria dos otólitos

Para a caracterização morfométrica dos otólitos, foram mensuradas as estruturas de 101 exemplares (Tabela 2). Nesse sentido, as análises indicaram correlações elevadas ($> 0,9$) e significativas ($p < 0,05$) entre o comprimento furcal (CF) e as medidas dos otólitos (Co, Ao, Po) (Tabela 2), confirmando a forte relação entre as dimensões do otólito e o tamanho dos indivíduos dos quais eles foram retirados (ASSIS, 2004). Egbert e Rulifson (2017) também encontraram correlações significativas entre o comprimento furcal e o peso e altura do otólito da espécie *Strongylura marina*, confirmando que o crescimento do otólito está correlacionado com o crescimento do indivíduo, com os peixes mais velhos possuindo, conseqüentemente, otólitos maiores e mais pesados. Todas as medidas dos otólitos entre si (Tabela 3) também apresentaram coeficientes de correlação e regressão significativos, indicando que essas variáveis crescem em conjunto com o desenvolvimento do otólito. A realização da morfometria do otólito é uma forma simples e acessível de identificar populações de peixes, através da comparação de características como comprimento e peso do otólito (VOLPEDO, 2015), auxiliando também na realização de estudos tróficos de espécies piscívoras (NUNES, 2012). Além disso, devido às correlações entre as medidas do peixe com o seu otólito, é possível estimar o comprimento e peso dos peixes, e, em algumas espécies, é possível aferir a idade através do peso do otólito. (ARRHENIUS, 2004; LEPAK et al., 2012). As primeiras informações geradas no presente estudo são, assim, relevantes para a estudar a dinâmica e a história de vida da população de *T. acus acus* residente do ASPSP.

Tabela 2. Estatística descritiva das variáveis mensuradas dos otólitos: comprimento do otólito (Co, mm), altura do otólito (Ao, mm) e peso do otólito (Po, g) do *Tylosurus acus acus* capturado no Arquipélago de São Pedro e São Paulo. DP é o desvio padrão.

Variáveis	Mínimo	Máximo	Média	DP
Co	3,6	9,6	5,992	1,7544
Ao	1,6	4,1	2,69	0,6226
Po	0,0054	0,079	0,02751	0,02164
CF	38,5	110,3	66	24,013

Tabela 3. Análises de correlação (R – coeficiente de correlação de Pearson) e regressão (r^2 - coeficiente de determinação) entre o comprimento do otólito (Co), altura do otólito (Ao), peso do otólito (Po) e comprimento furcal (CF).

Variáveis	Correlação de Pearson (R)	Regressão (r^2)
CF x Co	0,98324642	0,954472108
CF x Ao	0,95165403	0,904692325
CF x Po	0,97315854	0,946502575
CO x Ao	0,97040077	0,941088548
CO x Po	0,98117083	0,962434627
PO x Ao	0,95202840	0,905412199

5. CONCLUSÕES

- A espécie apresenta uma provável segregação espacial, que possivelmente está relacionada a ontogenia e/ou segregação sexual da espécie;
- O ASPSP é zona de reprodução para a espécie;
- Fatores abióticos e bióticos, principalmente a temperatura, se mostram essenciais para dinâmica populacional e reprodutiva da espécie;
- Quanto à caracterização do otólito, durante a análise morfométrica, todas as medidas estudadas apresentaram correlações significativas, confirmando que o crescimento do otólito está correlacionado com o crescimento do indivíduo. Também é possível afirmar que à medida que o indivíduo cresce, ocorrem mudanças na morfologia do seu otólito.
- As informações geradas no presente estudo poderão contribuir para a conservação do Zambaia, não apenas no Arquipélago de São Pedro e São Paulo, mas em todo o Oceano Atlântico, tendo em vista a quase inexistência de estudos para a espécie.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALI, M.; WOOTTON, R. J. Effect of variable food levels on reproductive performance of breeding female three-spined sticklebacks. **Journal of fish biology**, v. 55, n. 5, p. 1040–1053, 1999.

ANGUIRRE, H.; LOMBARTE, A. Ecomorphological comparisons of sagittae in *Mullus barbatus* and *M. surmuletus*. **Journal of Fish Biology**, v. 55, n. 1, p. 105–114, 1999.

ARRAIS, R. P. A. O nascimento de um arquipélago: São Pedro e São Paulo e a presença do Estado brasileiro no Oceano Atlântico. **Revista Porto**, v. 1, n. 2, p. 44–69, 2012.

ASSIS, D. A. S. et al. Biometric relation between body size and otolith size of seven commercial fish species of the south-western Atlantic. **Journal of Applied Ichthyology**, v. 34, p. 1176–1179, 2018.

BALDISSEROTTO, B. **Fisiologia de peixes aplicada à piscicultura. 2.ed. Santa Maria: UFSM.** [s.l: s.n.].

BANFORD, H. M.; BERMINGHAM, E.; COLLETTE, B. B. Molecular phylogenetics and biogeography of transisthmian and ampho-Atlantic needlefishes (Belonidae: *Strongylura* and *Tylosurus*): perspectives on New World marine speciation. **Molecular phylogenetics and evolution**, v. 31, n. 3, p. 833–851, 2004.

BASTOS, G. C. C. **Morfologia dos otólitos de algumas espécies de Perciformes (Teleostei) da costa Sudeste-Sul do Brasil. Dissertação - Instituto Oceanográfico.** [s.l: s.n.].

BATTAGLIA, P. et al. Relationships between otolith size and fish size in some mesopelagic and bathypelagic species from the Mediterranean Sea (Strait of). **Scientia Marina**, v. 74, p. 605–612, 2010.

BILGIN, S.; TASCI, B.; BAL, H. Reproduction Biology of the Garfish, *Belone euxini* Günther, 1866 (Belonidae: Belone) in the Southeast Black Sea. **Turkish journal of fisheries and aquatic sciences**, v. 14, n. 3, 2014.

BRAGA, F. M. S. Biologia Reprodutiva de *Plagioscion squamosissimus* (TELEOSTEI, SCIAENIDAE) na represa de Barra Bonita. **Rio Piracicaba (SP). Revista UNIMAR**, 1997.

BREDEN, C. M. D. E. **Modes of reproduction in fishes**. New York: Natural History Press, 1966.

BROWN-PETERSON, N. J. et al. A standardized terminology for describing reproductive development in fishes. **Marine and coastal fisheries: dynamics, management, and ecosystem science**, v. 3, n. 1, p. 52–70, 2011.

BUREL, C. et al. Effects of temperature on growth and metabolism in juvenile turbot. **Journal of fish biology**, v. 49, n. 4, p. 678–692, 1996.

BURGOS, D. C.; PEREIRA, S. M. B.; BANDEIRA-PEDROSA, M. E. Levantamento florístico das Rodófitas do Arquipélago de São Pedro e São Paulo (ASPSP) - Brasil. *Acta botanica Brasilica*, v. 23, n. 4, p. 1110–1118, 2009.

CAMPANA, S. E. **Photographic atlas of fish otoliths of the Northwest Atlantic Ocean**. Ottawa: NRC Research Press, 2004.

CARDINALE, M.; ARRHENIUS, F. Using otolith weight to estimate the age of haddock (*Melanogrammus aeglefinus*): a tree model application. **Zeitschrift für angewandte Ichthyologie [Journal of applied ichthyology]**, v. 20, n. 6, p. 470–475, 2004.

CHÂARI, M. et al. First information on biology of the needlefish *Tylosurus acus imperialis* (Belonidae) off the Tunisian coast (Central Mediterranean). **International journal of ichthyology**, v. 38, p. 273–278, 2014.

CHÂARI, M. et al. Preliminary observations on the feeding habits of the Mediterranean needlefish *Tylosurus acus imperialis* (Teleostei: Belonidae). **Journal of coastal life medicine**, v. 4, n. 6, p. 426–429, 2016.

COLLETTE, B. B. et al. **FAO species identification sheets for fishery purposes. Eastern Central Atlantic (Fishing Areas 34, 47)**. Department of Fisheries and Oceans Canada and FAO. Rome: [s.n.].

COLLETTE, B. B. Family Belonidae Bonaparte 1932. **Annotated Checklist of fishes**, v. 16, p. 1–22, 2003.

COLLETTE, B. B.; BEMIS, K. E. Family Belonidae: NEEDLEFISHES. Em: **Order Beloniformes: Needlefishes, Sauries, Halfbeaks, and Flyingfishes**. [s.l.] Yale University Press, 2018. p. 5–78.

COLLETTE, B. B.; CARPENTER, K. E.; NIEM, V. H. FAO Species Identification Guide for Fishery Purposes. The Living Marine Resources of the Western Central Pacific. p. 2151–2161, 2000.

COLLETTE B, B.; PARIN N, V. Needlefishes (Belonidae) of the Eastern Atlantic Ocean. **Atlantide Report**, n. 11, p. 7–60, 1970.

CÔRREA, M. F. M.; VIANNA, M. S. **Catálogo de otólitos de Sciaenidae (Osteichthyes - perciformes) do litoral do estado do Paraná - Brasil**. Nerítica, Curitiba: [s.n.]. v. 7

DE LA CRUZ-AGÜERO, J.; CHOLLET-VILLALPANDO, J. G.; VALLE-LÓPEZ, F. L. Relationships between sagittal otolith length and fish size for 14 *Mojarra* species (Gerreidae: Perciformes) in Mexico. **Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences**, v. 16, p. 651–657, 2016.

DE PIERREPONT, J. F. et al. Stomach contents of English Channel cetaceans stranded on the coast of Normandy. **Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom. Marine Biological Association of the United Kingdom**, v. 85, n. 6, p. 1539–1546, 2005.

DE SOUZA BRAGA, F. M. BIOLOGIA REPRODUTIVA DE *Plagioscion squamosissimus* (TELEOSTEI, SCIAENIDAE) NA REPRESA DE BARRA BONITA, RIO PIRACICABA (SP). **Revista UNIMAR**, v. 19, n. 2, p. 447–460, 1997.

DICKERSON, B. R. et al. Relative importance of salmon body size and arrival time at breeding grounds to reproductive success. **Ecology**, v. 86, n. 2, p. 347–352, 2005.

DONELSON¹, J. M. et al. Effects of elevated water temperature and food availability on the reproductive performance of a coral reef fish. **Marine Ecology Progress Series**, v. 401, p. 233–243, 2010.

DOWER, J.; MACKAS, D. L. Seamounts effects' in the zooplankton community near Cobb Seamount. **Deep-Sea Res I**, p. 837–858, 1996.

EDWARDS, A. J. The marine biology of Saint Paul's Rocks, Equatorial Atlantic Ocean. **Occasional Papers in Biology**, v. 9, 1984.

EDWARDS, A.; LUBBOCK, R. The ecology of Saint Paul's rocks (equatorial Atlantic). **Journal of zoology (London, England: 1987)**, v. 200, n. 1, p. 51–69, 1983.

EGBERT, M. E.; RULIFSON, R. A. Age and growth, reproductive biology, and histology in Atlantic needlefish (*Strongylura marina*) in a coastal freshwater lake. **Marine & freshwater research**, v. 68, n. 7, p. 1325, 2017.

FEITOZA, B. M. et al. Reef fishes of St Paul's Rocks: new records and notes on biology and zoogeography. **Aqua**, v. 7, p. 61–82, 2003.

FERREIRA DA COSTA CAMPOS, T. et al. **Arquipélago de São Pedro e São Paulo Soerguimento tectônico de rochas infracrustais no Oceano Atlântico**. Disponível em:

<<https://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/130488/000586997.pdf?sequence=1>>. Acesso em: 8 abr. 2022.

FILHO, A. A. **Oceanografia, biologia e dinâmica populacional de recursos pesqueiros**. Ceará: Expressão Gráfica e Editora, 2011.

FONTELES-FILHO, A. A. Recursos Pesqueiros: Biologia e Dinâmica Populacional. **Biologia e Dinâmica populacional. Fortaleza, Imprensa oficial do Ceará**, 1989.

FONTELES-FILHO, A. A. **Oceanografia, biologia e dinâmica populacional de recursos pesqueiros**. Fortaleza: Expressão Gráfica, 2011.

HUNT, J. J. Morphological characteristics of otoliths of selected fish in the northwest Atlantic. **Journal of Northwest Atlantic fishery science**, v. 13, p. 63–75, 1992.

IMSIRIDOU A.; **Genetic and phenotypic identification of *Tylosurus acus imperialis* in Thermaikos Gulf**. [s.l: s.n.].

IUCN. ***Mobula tarapacana*: Marshall, A., Barreto, R., Bigman, J.S., Carlson, J., Fernando, D., Fordham, S., Francis, M.P., Herman, K., Jabado, R.W., Liu, K.M., Pardo, S.A., Rigby, C.L., Romanov, E. & Walls, R.H.L: The IUCN Red List of Threatened Species 2019: e.T60199A124451161IUCN Red List of Threatened Species**IUCN, , 9 nov. 2018.

KARTAS, F.; QUIGNARD, J. P. **La fecondite des poissons teleoste - ens**. Paris: Masson, 1984.

KOKOKIRIS, L. et al. **Sexual Maturity of the agujon needlefish *Tylosurus acus imperialis***. **HydroMedit**. [s.l: s.n.].

LAMAS, I. R. **Análises de características reprodutivas de peixes brasileiros de água doce, com ênfase no local de desova. Dissertação (Mestrado).** Belo Horizonte: [s.n.].

LEPAK, J. M.; CATHCART, C. N.; HOOTEN, M. B. Otolith mass as a predictor of age in kokanee salmon (*Oncorhynchus nerka*) from four Colorado reservoirs. **Canadian journal of fisheries and aquatic sciences**, v. 69, n. 10, p. 1569–1575, 2012.

LESSA, R.; NOBREGA, M. F.; SANTANA, F. M. **Peixes Marinhos do Nordeste do Brasil_Programa REVIZEE_SCORE/NE.** [s.l.] 1212, 2018.

LESSA, R. P.; NOBREGA, M. F. **Guia de Identificação de Peixes Marinhos na Região Nordeste. Programa REVIZEE.** [s.l.: s.n.].

LIAO, Y. Y.; CHANG, Y. H. Reproductive Biology of the Needlefish *Tylosurus acus melanotus* in Waters around Hsiao-Liu-Chiu Island. **Zoological Studies**, 2010.

Life history of South African snoek, *Thyrsites atun* (Pisces, Gempylidae), a pelagic predator of the Benguela ecosystem. **Fishery Bulletin**, v. 100, p. 690–710, 2002.

LIU, K. M. Reproductive biology of the big eye *Priacanthus macracanthus* in the northeastern waters off Taiwan. **Fish. Sci**, v. 67, p. 1008–1014, 2001.

LOMBARTE, A. et al. A web-based environment for shape analysis of fish otoliths. The AFORO database. **Scientia marina**, v. 70, n. 1, p. 147–152, 2006.

LOVEJOY, N. R.; COLLETTE, B. B. Phylogenetic Relationships of New World Needlefishes (Teleostei: Belonidae) and the Biogeography of Transitions between Marine and Freshwater Habitats. **Copeia**, n. 2, p. 324–338, 2001.

MAACK, G.; GEORGE, M. R. Contributions to the reproductive biology of *Encrasicholina punctifer* Fowler, 1938 (engraulidae) from West Sumatra, Indonesia. **Fisheries research**, v. 44, n. 2, p. 113–120, 1999.

MANJAKASY, J. M. et al. Functional morphology of digestion in the stomachless, piscivorous needlefishes *Tylosurus gavaloides* and *Strongylura leiura ferox*(Teleostei: Beloniformes). **Journal of morphology**, v. 270, n. 10, p. 1155–1165, 2009.

MUNDAY, P. L. et al. Climate change and coral reef connectivity. **Coral reefs**, v. 28, n. 2, p. 379–395, 2009.

NUNES, T. P. ATLAS de Otólitos de Peixes do Rio Minho. [s.l.] Universidade do Porto, 2012.

OLIVEIRA, G. M.; EVANGELISTA, J. E. V.; FERREIRA, B. P. Considerações sobre a biologia e a pesca no Arquipélago dos Penedos São Pedro e São Paulo. **Bol. Técnico-Científico do CEPENE**, vol. v. 5, n. 1, p. 31–52, 1997.

PALACIOS, D. M. Factors influencing the island-mass effect of the Galápagos Archipelago: FACTORS INFLUENCING THE ISLAND-MASS EFFECT. **Geophysical research letters**, v. 29, n. 23, p. 49-1-49–4, 2002.

PALI, M.; WOOTTON, R. J. Effect of variable food levels on reproductive performance of breeding female three-spined sticklebacks. **Journal of fish biology**, n. 5, p. 1040–1053, 1999.

PINA, F. et al. Ictiofauna del Archipiélago Jardines de la Reina, Cuba. **Cuba. Revista Invest**, 2007.

PINHEIRO, H. T. et al. South-western Atlantic reef fishes: Zoogeographical patterns and ecological drivers reveal a secondary biodiversity centre in the Atlantic Ocean. **Diversity & distributions**, v. 24, n. 7, p. 951–965, 2018.

PINHEIRO, P. B. et al. The reproductive biology of the rainbow runner, *Elagatis bipinnulata* (Quoy & Gaimard, 1825) caught in the São Pedro and São Paulo Archipelago. **Brazilian Journal of Biology**, v. 71, n. 1, p. 99–106, 2011.

POPPER, A. N.; RAMCHARITAR, J.; CAMPANA, S. E. Why otoliths? Insights from inner ear physiology and fisheries biology. **Marine & freshwater research**, v. 56, n. 5, p. 497, 2005.

RIBEIRO, C. DA S.; MOREIRA, R. G. Fatores ambientais e reprodução dos peixes. **Revista da Biologia**, v. 8, p. 58–61, 2012.

SABRAH, M. M.; AMIN, A. M.; ATTIA, A. O. Family Belonidae from the Suez Canal, Egypt: Age, growth, mortality, exploitation rate and reproductive biology. **Egyptian journal of aquatic research**, v. 44, n. 1, p. 29–35, 2018.

SANT'ANNA, V. B. **Filogenia dos Peixes-Agulha da Família Belonidae (ATHERINOMORPHAE: BELONIFORMES)**. Tese de Doutorado. [s.l: s.n.].

SANTOS-CRUZ, A.; ROSSI-WONGTSCHOWSKI, N. N. **Caracterização dos otólitos sagitta do peixe-lagarto *Bembrops heterurus* Miranda - Ribeiro, 1903 (Teleostei: Percophidae) da região Sudeste-Sul do Brasil**. Bioikos, Campinas, v: [s.n.]. v. 21

SCHAEFFER, M. M.; ORANGE, C. J. **Studies of Sexual Development and Spawning of Yellowfin Tuna (*Neothunnus macropterus*) and Skipjack (*Katsuwonu pelamis*) in Three Areas of the Eastern Pacific Ocean, by Examination of Gonads**. [s.l: s.n.].

SIMPSON, A. C. The fecundity of the plaice. **Fish. Invest. London. ser**, v. 2, n. 5, 1951.

STERQUERT, B.; PNAFILI, J. Dean Age and growth of yellowfin tuna from the western Indian Ocean. **based on otolith microstructure Fish Bull**, v. 94, p. 124–134, 1995.

SUZUKI, J. I.; AGOSTINHO, A. A. (Eds) Reservatório de Segredo: Bases ecológicas para o manejo. **EDUEM**, p. 163–182, 1997.

TAKEMURA, A. et al. Perception and possible utilization of moonlight intensity for reproductive activities in a lunar-synchronized spawner, the golden rabbitfish. **Journal of experimental zoology. Part A, Comparative experimental biology**, v. 301, n. 10, p. 844–851, 2004.

TEMPLEMANN W, &; SQUIRES H, J. Relationship of otolith lengths and weights in the haddock, *Melanogrammus aeglefinus* (L.), to the growth of the fish. **Journal of Fisheries Research Board of Canada**, v. 13, p. 467–487, 1956.

TOLOSA, E. M. C. DE et al. Manual de técnicas para histologia: normal e patológica. 2003.

TUSET, V. M. et al. Using sagittal otoliths and eye diameter for ecological characterization of deep-sea fish: *Aphanopus carbo* and *A. intermedius* from NE Atlantic waters. **Scientia Marina**, v. 74, p. 807–814, 2010.

TUSET, V. M.; LOMBARTE, A.; ASSIS, C. A. Otolith atlas for the western Mediterranean, north and central eastern Atlantic. **Scientia Marina, Espanha**, v. 72, n. 1, p. 7–198, 2008.

VASKE JÚNIOR, T. A checklist of fishes from the Saint Peter and Saint Paul Archipelago. **Brazil. Journal of Applied Ichthyology, Berlin**. v, v. 21, p. 75–79, 2005.

VAZZOLER, A. E. A. **Biologia da reprodução de peixes teleósteos: teoria e prática**. Maringá, EDUEM, São Paulo: [s.n.].

VIANA, D. L. **Pesca e biologia reprodutiva da Cavala Impigem (*Acanthocybium soandri*, Cuvier, 1831) no Arquipélago de São Pedro e São Paulo**. [s.l: s.n.].

VIRGENS NETO, T. F. C. et al. Saint Peter and Saint Paul's Archipelago - Tectonic uplift of infracrustal rocks in the Atlantic Ocean Campos. 2017.

VOLPEDO, A. V.; VAZ-DOS-SANTOS, A. M. Métodos dios con otolitos: principios y aplicaciones. **Ciudad Autónoma de**, 2015.

WANG, N. et al. Photothermal control of the reproductive cycle in temperate fishes: Photothermal control of reproduction. **Reviews in aquaculture**, v. 2, n. 4, p. 209–222, 2010.

WOOTTON, R. J. Introduction: tactics and strategies in fish reproduction. Em: POTTS & R, G. W. J. (Ed.). . **Fish reproduction: strategies and tactics**. London: Academic Press, 1984. p. 1–12.

WOOTTON, R. J. **Ecology of teleost fishes. 2nded**. London: Kluwer Academic Publishers, 1998.