



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM RECURSO PESQUEIROS E
AQUICULTURA

**BIOLOGIA REPRODUTIVA DA SARDINHA *Harengula clupeola* Cuvier,
1829 NO ENTORNO DO ARQUIPÉLAGO DE FERNANDO DE
NORONHA**

Geyse Carla Carvalho da Silva

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

**Prof. Dr. PAULO EURICO
PIRES FERREIRA
TRAVASSOS**

Orientador

**Recife,
Dezembro/2024**

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Sistema Integrado de Bibliotecas da UFRPE
Bibliotecário(a): Lorena Teles – CRB-4 1774

S586b Silva, Geyse Carla Carvalho da.
Biologia reprodutiva da sardinha *Harengula clupeiola* (Cuvier, 1829) no entorno do Arquipélago de Fernando de Noronha / Geyse Carla Carvalho da Silva. – Recife, 2024.
54 f.; il.

Orientador(a): Paulo Eurico Pires Ferreira Travassos.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Programa de Pós-Graduação em Recursos Pesqueiros e Aquicultura, Recife, BR-PE, 2025.

Inclui referências.

1. Sardinha - Histologia. 2. Sardinha - Fernando de Noronha, Arquipélago (PE) - Reprodução. 3. Sardinha - Fecundidade. I. Travassos, Paulo Eurico Pires Ferreira, orient. II. Título

CDD 639.3

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM RECURSO PESQUEIRO E
AQUICULTURA

BIOLOGIA REPRODUTIVA DA SARDINHA *Harengula clupeola*, Cuvier,
1829 NO ENTORNO DO ARQUIPÉLAGO DE FERNANDO DE
NORONHA

Geyse Carla Carvalho da Silva

Dissertação julgada adequada para
obtenção do título de mestre em Recursos
Pesqueiros e Aquicultura. Defendida e
aprovada em 13/12/2024 pela seguinte
Banca Examinadora.

Prof. Dr. Paulo Eurico Pires Ferreira Travassos

Orientador

Departamento de Pesca e Aquicultura-
Depaq/Universidade Federal Rural de
Pernambuco

Profa. Dra. Ilka Siqueira Lima Branco Nunes

Membro externo

Departamento de Pesca e Aquicultura
Depaq/Universidade Federal Rural de
Pernambuco.

Profa. Dra. Rosângela Paula Teixeira Lessa

Membro interno

Departamento de Pesca e Aquicultura
Depaq/Universidade Federal Rural de
Pernambuco

Prof. Dr. Paulo Guilherme Vasconcelos de oliveira

Membro interno

Departamento de Pesca e Aquicultura
Depaq/Universidade Federal Rural de
Pernambuco

Natalia Priscila Alves Berreza

Membro externo

Universidade Acadêmica de Serra
Talhada/UAST

Dedicatória

*Dedicamos esta obra aos pescadores de
Fernando de Noronha através da Associação
Noronhense de Pescadores (ANPESCA).*

Agradecimentos

Agradeço ao Programa de Pós-graduação em Recursos Pesqueiros e Aquicultura pela oportunidade de realização do mestrado e obtenção do título.

Ao Laboratório de Ecologia Maria (LEMAR) pelo apoio financeiro para o desenvolvimento da pesquisa e pela oportunidade de crescimento profissional e acadêmico.

A Fundação de Amparo à Ciência e Tecnologia do Estado de Pernambuco (FACEPE) pela concessão da bolsa de mestrado.

Aos pescadores de Fernando de Noronha através da Associação Noronhense dos Pescadores (ANPESCA) pelo fornecimento das amostras e oportunidade de realizar embarques na pesca artesanal.

Ao Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio/Noronha) pelo apoio logístico das coletas na pessoa de João Victor (voluntário/ICMBio), imensa gratidão pelo seu empenho na atividade e em especial ao Júlio Rosa pela disponibilidade de estágio como voluntária ao programa do Voluntariado/ICMBio que possibilitou minha estadia no Arquipélago de Fernando de Noronha para conhecer a pesca da sardinha e os pescadores envolvidos.

A Universidade de São Paulo (USP) na pessoa de Renato Honji (pesquisador) pelo apoio nas análises microscópica das gônadas das sardinhas e toda sua equipe do laboratório pelas confecções das lâminas histológicas.

Agradeço imensamente ao meu querido orientador professor Dr. Paulo Travassos, chamado carinhosamente por mim de Sr. Travassos, pela confiança no meu trabalho e todo seu apoio empenhado para o meu desenvolvimento profissional, acadêmico e pela oportunidade de realizar essa pesquisa de grande relevância que foi construída com muito esmero e esforço ao longo de toda caminhada.

Ao meu estimado avô Eurico Félix, a minha mãe Jeane Carvalho e a minha tia Maria Luci Carvalho por terem sempre me direcionado ao caminho dos estudos, minha eterna gratidão.

A todos os amigos e colegas de profissão que de alguma forma contribuíram para a realização dessa pesquisa: Raiane Nascimento, Diogo Araújo Francisco Santana, Sibele Alves, Mariane Gomes, Sidney Barbosa, Paulo Almeida, Gabriel Ramos, Beatriz Cardoso, Bruna Silva, Sascha Burgos, Camila Araújo, Emanuel Brito e Nikollas Andrade e Pedro Magalhães.

Resumo: A atividade da pesca no arquipélago de Fernando de Noronha (AFN) sempre foi desenvolvida de forma artesanal, com o uso de métodos tradicionais, como a linha de mão (meia água e de fundo) e o corrico, para a captura de diversas espécies de peixes, como a barracuda (*Sphyrhaena barracuda*), o dourado (*Coryphaena hippurus*), a cavala wahoo (*Acanthocybium solandri*), o atum (*Thunnus* spp.), o peixe-rei (*Elagatis bipinnulata*), o xaréu (*Caranx* spp.), entre outros. Uma característica importante dessa pescaria é o uso de sardinhas como isca viva, sendo essa uma tradição local que está baseada na sua disponibilidade e abundância e, evidentemente, na sua reconhecida excelência como isca para a captura das espécies-alvo da pesca local. Entretanto, não há nenhum estudo realizado sobre a biologia da sardinha *Harengula clupeola* capturada no AFN, fazendo com que qualquer discussão que envolva o seu manejo e uso sustentável seja realizada sem nenhum embasamento científico. Neste contexto, a presente pesquisa tem como objetivo geral avaliar a biologia da sardinha *Harengula clupeola* (Cuvier, 1829) no entorno do AFN, Pernambuco, abordando os seguintes aspectos: (i) o período de desova, (ii) o tamanho de primeira maturação (L_{50}) e a (iii) fecundidade. Os resultados obtidos mostram que a sardinha desova o pico reprodutivo ocorre entre os meses de setembro/2021 e Janeiro/2022, porém foram encontradas sardinhas maduras em todos os meses e em desova eminente nos meses de maio e julho/2022. Para as fêmeas foram definidos 6 estágios, sendo eles: imaturos, desenvolvimento, maduros, maturação final, regressão e regeneração. Para os machos, 5 estágios foram estabelecidos, sendo: imaturos, desenvolvimento, maduros, regressão e regeneração. O tamanho médio de primeira maturação sexual (L_{50}) para a (*H. clupeola*) foi estimado em 75,98 mm e 75,77 mm de comprimentos furcal para machos e fêmeas, respectivamente. A curva de maturidades para sexo agrupado foi estimada em 75,87 mm de comprimento furcal. A fecundidade relativa por comprimento furcal variou de 34.018 a 106.808 ovócitos, com média de 72.459. A menor sardinha, com 85 mm, teve fecundidade absoluta de 2.891 ovócitos, com peso da gônada de 0,389 g, e a maior, de 135 mm, teve 10.485 ovócitos, com peso de 2,065 g. A fecundidade apresentou forte correlação positiva com o comprimento furcal, peso da gônada e peso total, demonstrando um acréscimo à medida que a fêmea se desenvolve. No entanto, ainda se faz necessária avaliar a fecundidade por lote, fecundidade por período produtivo e fecundidade dentro do período de vida da espécie. As sardinhas capturadas com a tarrafa em Fernando de Noronha apresentaram maior parcela de peixes adultos, acima do tamanho de primeira maturação sexual, sendo utilizado a malha com tamanho de 2,5 cm entre nós opostos. O presente trabalho supre importantes lacunas existentes sobre a biologia da espécie, gerando informações sobre aspectos da sua

dinâmica reprodutiva, capazes de subsidiar discussões em diferentes fóruns e órgãos gestores nas esferas federal e estadual, como o Conselho da Área de Proteção Ambiental e do Parque Nacional Marinho de Fernando de Noronha, coordenado pelo Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio - Noronha), a Secretaria Estadual de Meio Ambiente e Sustentabilidade (SEMAS) e a Administração do Distrito Estadual de Fernando de Noronha, ambas do governo do Estado de Pernambuco, visando à adoção de medidas voltadas à preservação ambiental, conservação da espécie e uso sustentável desse importante recurso pesqueiro.

Palavras chaves: histologia, período reprodutivo, estágio de maturidade, fecundidade

Abstract: The fishing activity in the archipelago of Fernando de Noronha (AFN) has always been developed in an artisanal way, with the use of traditional methods, such as the hand line (mid-water and bottom) and trolling, for the capture of several species of fish, such as the barracuda (*Sphyrhaena barracuda*), the dourado (*Coryphaena hippurus*), the wahoo mackerel (*Acanthocybium solandri*), tuna (*Thunnus* spp.), kingfish (*Elagatis bipinnulata*), jackfish (*Caranx* spp.), among others. An important feature of this fishery is the use of sardines as live bait, which is a local tradition that is based on its availability and abundance and, of course, on its recognized excellence as bait for catching the target species of local fishing. However, there is no study carried out on the biology of the *Harengula clupeiola* sardine caught in the AFN, so that any discussion involving its management and sustainable use is carried out without any scientific basis. In this context, the present research aims to evaluate the biology of the sardine *Harengula clupeiola* (Cuvier, 1829) in the surroundings of the AFN, Pernambuco, addressing the following aspects: (i) the spawning period, (ii) the size of first maturation (L_{50}) and (iii) fecundity. The results obtained show that the sardine spawns the reproductive peak occurs between the months of September/2021 and January 2022, but mature sardines were found in all months and in imminent spawning in the months of May and July/2022. For females, 6 stages were defined, namely: immature, development, mature, final maturation, regression and regeneration. For males, 5 stages were established, namely: immature, development, mature, regression and regeneration. The average size of first sexual maturation (L_{50}) for (*H. clupeiola*) was estimated at 75.98 mm and 75.77 mm furcal lengths for males and females, respectively. The maturity curve for grouped sex was estimated at 75.87 mm furcal length. The relative fecundity per furcal length ranged from 34,018 to 106,808 oocytes, with a mean of 72,459. The smallest sardine, with 85 mm, had an absolute fecundity of 2,891 oocytes, with a gonad

weight of 0.389 g, and the largest, of 135 mm, had 10,485 oocytes, with a weight of 2.065 g. Fecundity showed a strong positive correlation with furcal length, gonad weight and total weight, showing an increase as the female develops. However, it is still necessary to evaluate the fecundity per batch, fecundity per productive period and fecundity within the life period of the species. The sardines caught with the cast net in Fernando de Noronha had a higher share of adult fish, above the size of the first sexual maturation, and the mesh with a size of 2.5 cm between opposite nodes was used. The present work fills important gaps in the biology of the species, generating information on aspects of its reproductive dynamics, capable of subsidizing discussions in different forums and management agencies at the federal and state levels, such as the Council of the Environmental Protection Area and the Fernando de Noronha National Marine Park, coordinated by the Chico Mendes Institute for Biodiversity Conservation (ICMBio - Noronha), the State Secretariat for the Environment and Sustainability (SEMAS) and the Administration of the State District of Fernando de Noronha, both from the government of the State of Pernambuco, aiming at the adoption of measures aimed at environmental preservation, conservation of the species and sustainable use of this important fishing resource.

Keywords: histology, reproductive period, stage of maturity, fecundity

Lista de figuras

Páginas

Figura 1. Mapa da área de estudo do Arquipélago de Fernando de Noronha.....	23
Figura 2. Espécime de sardinha (<i>Harengula clupeola</i>) mostrando a morfologia interna.....	24
Figura 3. Mapa demonstrando a área de coleta da sardinha entre setembro/2021 e agosto/2022.	27
Figura 4. Distribuição de comprimento de frequência de classe da espécie (<i>Harengula clupeola</i>) capturada no Arquipélago de Fernando de Noronha.	28
Figura 5. Posição da gônada na cavidade celomática de sardinha fêmea (superior) e macho (inferior) maduros.....	29
Figura 6 Fase do desenvolvimento ovocitário da (<i>H. clupeola</i>)ovogônia), (OG) e crescimento primário (CP), (b) perinucleolar (PN), (c) alveolar cortical (CA), (d) vitelogênese (Vtg1 e Vtg2), (e) vitelogênese (Vtg3), (f) migração de vesícula germinativa (MVG), (g) Quebra da vesícula germinativa (GVBD), (h) ovócitos hidratados (HO), (i) atresia (A) e (j) Folículo pós-ovulatório (POF).	31
Figura 7. Fase do desenvolvimento espermático da sardinha (<i>H. clupeola</i>), (a) espermatogônia (SG), (b) espermatócitos (SC), (c) espermátide (ST) e (d) espermatozoide (SZ).....	32
Figura 8. Relação gonodossomática da sardinha (<i>Harengula clupeola</i>) capturada no Arquipélago de Fernando de Noronha entre setembro/2021 e agosto/2022.....	37
Figura 9. Relação gonadossomática por estágio de maturidade de fêmeas e machos da sardinha (<i>Harengula clupeola</i>) capturada no Arquipélago de Fernando de Noronha. Fêmeas: (1 = imatura), (2 = desenvolvimento), (3 = madura), (4 = maturação final), (5 = regressão) e (6 = regeneração). Machos: (1 = imaturo), (2 = desenvolvimento), (3 = maduro), (4 = regressão) e (5 = regeneração).	38
Figura 10. Distribuição mensal de frequência de ocorrência de estágio de maturidade das fêmeas capturada no arquipélago de Fernando de Noronha entre setembro/2021 e agosto/2022.....	39
Figura 11. Distribuição mensal de frequência de ocorrência de estágio de maturidade das fêmeas capturada no arquipélago de Fernando de Noronha entre setembro/2021 e agosto/2022.....	39
Figura 12. Tamanho de primeira maturidade sexual para fêmeas e machos (superior) e sexo agrupado (inferior) capturados no Arquipélago de Fernando de Noronha entre setembro/2021 e agosto/2022.....	40
Figura 14. Relação entre a fecundidade com comprimento furcal, peso da gônada e peso total da sardinha (<i>Harengula clupeola</i>) capturada no Arquipélago de Fernando de Noronha.	41
Figura 13. Fecundidade da sardinha (<i>Harengula clupeola</i>) capturada no Arquipélago de Fernando de Noronha entre setembro/2021 e agosto/2022.....	41

Lista de tabelas

Página

Tabela 1. Frequência mensal de fêmeas e machos da sardinha capturada em Fernando de Noronha no período entre set/2021 e ago/2022 (foi utilizado o valor do teste de qui-quadrado para análise mensal e total (GL = 1).	28
Tabela 2. Descrição macro e microscópica dos estágios de maturidade de fêmeas da sardinha (H. clupeola) capturada em Fernando de Noronha entre setembro/2021 e agosto/2022. Adaptado de Brown-Peterson et al. (2011).	33
Tabela 3. Estágios de maturidade macro e microscópicos de fêmeas (H. clupeola) capturada no Arquipélago de Fernando de Noronha entre setembro/2021 e agosto/2022. Adaptado de Brown-Peterson et al. (2011).	34
Tabela 4. Descrição macro e microscópicas dos estágios de maturidade de machos da sardinha (H. clupeola) capturados no de Fernando de Noronha de setembro/2021 e agosto/2022. Adaptado de Brown-Peterson et al. (2011).	35
Tabela 5 Estágios de maturidade macro e microscópico machos da sardinha (H. clupeola) capturada no Arquipélago de Fernando de Noronha entre setembro/2021 e agosto/2022. Adaptado de Brown-Peterson et al. (2011).	36

Sumário	Páginas
Dedicatória	5
Agradecimento	6
Resumo	7
Abstract	8
Lista de figura	10
Lista de tabela	11
1 – Introdução	13
2 – Artigo científico 2	18
3 – Considerações finais	47
4 – Referências bibliográficas	48
ANEXOS	

Introdução Geral

Contextualização da pesquisa

Os primeiros registros da atividade de pesca no Arquipélago de Fernando de Noronha (AFN) remontam à época da ocupação holandesa em meados do século XVII, precisamente entre 1629 e 1654 (LINS e SILVA, 2016). Desde então, a pesca sempre foi utilizada para a geração de alimento para os habitantes do arquipélago, que tinham no mar do seu entorno a condição perfeita para a captura de pescado de alta qualidade.

A atividade da pesca no AFN sempre foi desenvolvida de forma artesanal, com o uso de métodos tradicionais, como a linha de mão (meia água e de fundo) e o corrico, para realizar as capturas de diversas espécies de peixes, como a barracuda (*Sphyrhaena barracuda*), o dourado (*Coryphaena hippurus*), a cavala wahoo (*Acanthocybium solandri*), o atum (*Thunnus spp.*), o peixe-rei (*Elagatis bipinnulata*), o xaréu (*Caranx spp.*), entre outros (LESSA et al., 1998; DOMINGUEZ et al., 2016).

Redes de arrasto de praia eram utilizadas inicialmente com o objetivo de capturar sardinhas (*Harengula clupei*) para uso como isca pela pesca artesanal profissional, mas também pela pesca amadora. Após as capturas, as sardinhas eram estocadas em caixas plásticas e armazenadas em frigorífico, com os pescadores retirando ao longo do mês as quantidades necessárias para cada dia de pesca em suas embarcações (Com. Pess., SILVA, Marcos Aurélio, 2018). Outro tipo de rede empregado é a tarrafa, com relatos de seu uso para captura de iscas que remontam à época do presídio. Ao contrário da rede de arrasto, que não é mais utilizada há muitas décadas no AFN, a tarrafa continua sendo o único petrecho de pesca usado pelos pescadores para a captura de sardinha utilizada como isca viva na pesca artesanal local (TRAVASSOS, 2002).

A pesca artesanal em Fernando de Noronha ainda se mantém como uma das principais atividades econômicas da Ilha, sendo realizada basicamente com embarcações de autonomia reduzida (LESSA et al., 1998; DOMINGUEZ et al., 2013; DOMINGUEZ et al., 2016). Historicamente, a captura da sardinha acompanha todo o desenvolvimento da pesca no arquipélago, com o seu uso como isca já relatado por (LESSA et al. 1998), continuando até os dias de hoje como elemento essencial para o sucesso das capturas das espécies de valor comercial elevado. Seu uso como isca decorre basicamente da sua disponibilidade e abundância no entorno do AFN e, evidentemente, pela sua reconhecida excelência como isca

viva para a captura das espécies-alvo da pesca local. Ao longo dos anos, portanto, os pescadores locais criaram uma grande dependência da sardinha para sua atividade diária de pesca, sem a qual praticamente eles não saem para pescar (TRAVASSOS, 2003).

As suas capturas enfrentam alguns obstáculos de ordem técnica e ambiental. Do ponto de vista técnico, a tarrafa, usada como petrecho, apresenta maior eficiência quando usada em locais de pouca profundidade (< 2m), tendo em vista que, quando lançada, sua parte inferior (tralha de chumbo) deve tocar o fundo marinho o mais rápido possível para impedir a fuga dos peixes por baixo da rede. No que se refere à questão ambiental, dois fatores podem ser citados: o primeiro é o fenômeno do “swell”, cujas ondas dificultam e muitas vezes impedem suas capturas nas praias, em locais mais rasos, onde normalmente ocorrem. O outro fator é que a sardinha apresenta uma grande variação espaço-temporal na sua disponibilidade e abundância, ocorrendo em diferentes praias e épocas do ano no entorno da ilha principal (TRAVASSOS, 2010). Normalmente essas capturas são realizadas nas praias do Porto de Santo Antônio, Conceição, Boldró, Bode e Cacimba do Padre, todas localizadas no mar de dentro (litoral protegido de ventos e correntes), na Área de Proteção Ambiental (APA) e fora do Parque Nacional Marinho (PARNAMAR).

Além dessas questões citadas acima, até o momento informações sobre a biologia da sardinha *Harengula clupeola* capturada no AFN é escassa e mesmo inexistente, fazendo com que qualquer discussão que envolva o seu manejo e uso sustentável seja realizada sem nenhum embasamento científico. Sabe-se que a reprodução da espécie ocorre normalmente durante a primavera e verão austrais (CARVALHO FILHO, 1999). Trabalhos sobre essa e outras espécies de sardinha já foram realizados no exterior (PEÑA-ALVARADO, 2008) e em outras áreas da costa brasileira, como na região sudeste e sul (CHAVES, 1989; FREHSE, 2006 e LEMOS, 2013), mas nenhum ainda no AFN voltado para os aspectos da biologia reprodutiva. Porém, recentemente estudo realizado por Ferreira-Araújo et al., (2024) avaliou a delimitação das linhagens de três espécies do gênero *Harengula* spp. (*H. clupeola*; *H. jaguana* e (*Harengula* sp.) e uma do gênero *Opisthonema* sp. (*Opisthonema oglinum*), incluindo amostras do Arquipélago de Fernando de Noronha.

Assim, um dos aspectos mais relevantes sobre a biologia de uma espécie de peixe é, sem sombra de dúvidas, a reprodução. Informações sobre o tipo e época da desova, o tamanho da primeira maturação gonadal (L₅₀) e a fecundidade, por exemplo, são de extrema

importância para fins de conservação, podendo subsidiar a adoção de medidas de manejo voltadas para o uso sustentável da espécie.

Neste contexto, a presente pesquisa objetivou investigar a atividade reprodutiva da sardinha *Harengula clupeiola* (Cuvier, 1829), preenchendo importante lacuna sobre esse aspecto biológico da espécie no entorno do arquipélago de Fernando de Noronha, Pernambuco.

1.2- Objetivos do trabalho

Geral

- ✓ Avaliar a biologia reprodutiva da sardinha *Harengula clupeiola* (Cuvier, 1829) no entorno do Arquipélago de Fernando de Noronha, gerando subsídios à conservação da espécie e manejo de sua pescaria.

Específicos

- ✓ Estimar a proporção sexual;
- ✓ Analisar a distribuição de frequência por tamanho da espécie e entre os sexos;
- ✓ Descrever as fases da dinâmica do desenvolvimento ovocitário e espermático;
- ✓ Descrever os estágios de maturação gonadal da espécie através de análises macro e microscópicas;
- ✓ Determinar o período de desova através da relação gonadossomática;
- ✓ Estimar o tamanho de 1ª maturação sexual (L_{50}) para fêmeas e machos; e
- ✓ Determinar a fecundidade.

Referência

- CARVALHO-FILHO, A. (1999). Peixes da Costa Brasileira. 3a edição. São Paulo: editora Melro, 320pp.
- CHAVES, P. de T. da C. (1989). Desenvolvimento dos ovócitos em *Harengula clupeola*, *Urophycis brasiliensis*, *Eucinostomus argenteus*, *Isopisthus paNipinnis* e *Menticirrhus americanus* (Teleostei)*, Bolm. Inst. Oceanogr., São Paulo, 37(2):81-93.
- DOMINGUEZ, P.S.; ZEINEDDINE, G.C.; ROTUNDO, M.M.; RAMIRES, M. (2016). A pesca artesanal no Arquipélago de Fernando de Noronha (PE), Boletim do Instituto de Pesca, 42(1): 241-251. DOI: 10.20950/1678-2305.2016v42n1p246.
- Dominguez P, Ramires M, Barrella W. 2013. Estudo preliminar dos desembarques pesqueiros realizados por pescadores artesanais do Arquipélago de Fernando de Noronha (Brasil) em 2013. Unisanta BioScience, 2(2):120-124.
- Ferreira-Araújo, T., Hollanda-Carvalho, P., Di Dario, F. *et al.* Diferentes papéis da barreira Amazônia-Orinoco na estrutura genética de dois gêneros de sardinha do Oceano Atlântico Ocidental. **Hidrobiologia** 851, 2429–2445 (2024). <https://doi.org/10.1007/s10750-023-05468-0>
- FÉLIX, FC, SPACH, HL, MORO, PS, SCHWARZ Jr., R, Santos, C, HACKRADT, CW & M Hostim-Silva. 2007. Utilization patterns of surf zone inhabiting fish from beaches in Southern Brazil. Pan-Amer. J. Aquat. Sci. 2: 27-39.
- FREHSE, F.de A. (2006). Estrutura da População de três espécies da família Clupeidae: *Harengulll clupeola*, *Opisthonema oglinum* e *Sardinella brasiliensis*, no Complexo Estuarino de Paranaguá, Paraná. Monografia, Curso de Ciências Biológicas da Universidade Federal do Paraná, 28p.
- LEMOES, C.A. (2013). Estrutura da população e crescimento da sardinha cascuda, *Harengula clupeola* (CUVIER, 1829) (CLUPEIFORMES: CLUPEIDAE) na bacia do sudeste do brasil, Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Aquicultura e Pesca do Instituto de Pesca - APTA - SAA, 55p.
- LESSA R, Sales L, COIMBRA MR, GUEDES D e VASKE-JR T. 1998. Análise dos desembarques da pesca de Fernando de Noronha (Brasil). Arq.Ciên. Mar, 31(1):47-56. DOI: <https://doi.org/10.32360/acmar.v31i1-2.31373>

LESSA, R.; DUARTE-NETO, P.; MORIZE, E; MACIEL, R. (2008), Otolith microstructure analysis with OTC validation confirms age overestimation in Atlantic thread herring *Opisthonema oglinum* from north-eastern Brazil. *Journal of Fish Biology* 73, 1690-1700.

LINS E SILVA, M.B., 2016. A pesca em Fernando de Noronha. Relato apresentado no processo de discussão sobre a pesca da sardinha para uso como isca, 3 p.

ORTAZ, M, ROCHA, ME & JM POSADA. 1996. Food habits of the sympatric fishes *Harengula humeralis* and *H. clupeola* (Clupeidae) in the Archipelago de Los Roques National Park, Venezuela. *Carib. J. Sci.* 32: 26-32.

RANDALL, JE. 1967. Food habits of reef fishes of the West Indies. *Stud. Trop. Oceanogr.* 5: 665-847.

ROBINS CR, Ray GC, and J DOUGLAS. 1986. A Field Guide to Atlantic Coast Fishes. The Peterson Field Guide Series. Houghton Mifflin Co., Boston. 354 pp.

TRAVASSOS, P.; CARVALHO, G. (2002). Avaliação da atividade pesqueira no Arquipélago de Fernando de Noronha, Relatório Final, projeto convênio UFRPE/Administração do Arquipélago de Fernando e Noronha, Recife, 59 p.

TRAVASSOS, P. (2003). Entre o pescador e o peixe a sardinha. In: TEIXEIRA, W.; U.G. Cordani, E.A. Menor; M.G. Teixeira; R. Linsker, Arquipélago de Fernando de Noronha - o paraíso do vulcão, Ed. Terra Virgem, São Paulo, p. 92.

TRAVASSOS, P. (2010). Projeto de apoio ao desenvolvimento da pesca no arquipélago de Fernando de Noronha: uso de rede levadiça e atração luminosa para a pesca de pequenos peixes pelágicos. Relatório Final, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Ministério da Pesca e Aquicultura, Recife, 15 p.

2 – Artigo científico

BIOLOGIA REPRODUTIVA DA SARDINHA *Harengula clupeiola* Cuvier, 1829
CAPTURADA NO ARQUIPÉLAGO DE FERNANDO DE NORONHA

Resumo: A presente pesquisa consistiu em estudar a dinâmica reprodutiva da sardinha (*H. clupeiola*), preenchendo importante lacuna sobre esse aspecto da biologia da espécie, capturada no Arquipélago de Fernando de Noronha (AFN) e utilizada como isca-viva na pesca artesanal local. As sardinhas foram adquiridas junto aos pescadores locais após capturas com tarrafa, entre setembro/2021 e agosto/2022. Do total de 2.414 peixes amostrados, foram selecionadas aleatoriamente 1.192 sardinhas para o estudo da biologia reprodutiva. Os tamanhos dessas sardinhas variaram entre 40 e 138 mm de comprimento furcal, contabilizando 604 fêmeas (50,7%) e 588 machos (49,3%) (média = 93,51, sd = 14.75). As fêmeas variaram entre 40 e 138 mm (média = 93,78, sd = $\pm 15,81$) e os machos variaram entre 44 e 132 mm (média = 93,66, sd = $\pm 13,70$), não havendo diferença significativa na média entre os sexos. A determinação da escala de maturidade para as fêmeas e machos foi feita com base na escala de Brown-Peterson e adaptada para a espécie. Para as fêmeas foram definidos 6 estágios, sendo eles: imaturos, desenvolvimento, maduros, maturação final, regressão e regeneração. Para os machos, 5 estágios foram estabelecidos, sendo: imaturos, desenvolvimento, maduros, regressão e regeneração. Os resultados da evolução mensal da relação gonodossomática (RGS) sugerem que a época de desova da espécie (*Harengula clupeiola*) em Fernando de Noronha ocorreram entre os meses de setembro/2021 e janeiro/2022, quando foram observados maiores valores da RGS e encontrada maior frequência de peixes maduros, coincidindo com a estação seca em Fernando de Noronha. Nos meses de julho e agosto/2022 foi observado o aumento desses valores, tanto para fêmeas quanto para os machos, sendo observado também fêmeas em desova iminente em maio e julho, indicando outro pico de desova. O tamanho médio de primeira maturação sexual (L_{50}) para a (*H. clupeiola*) foi estimado em 75,98 mm e 75,77 mm de comprimentos furcal para machos e fêmeas, respectivamente. A curva de maturidades para sexo agrupado foi estimada em 75,87 mm de comprimento furcal. A fecundidade relativa por comprimento furcal variou de 34.018 a 106.808 ovócitos, com média de 72.459. A menor sardinha, com 85 mm, teve fecundidade absoluta de 2.891 ovócitos, com peso da gônada de 0,389 g, e a maior, de 135 mm, teve 10.485 ovócitos, com peso de 2,065 g. A fecundidade apresentou forte correlação positiva com o comprimento furcal, peso da gônada e peso total, demonstrando um acréscimo à medida que a fêmea se desenvolve. Esse aporte de informações inéditas sobre os aspectos da biologia reprodutiva da sardinha em Fernando de Noronha são

fundamentais para subsidiar a adoção de estratégias adequadas de gestão pesqueira, assegurando a conservação da espécie e o desenvolvimento sustentável da sua pescaria.

Palavras-chave: época de desova, RGS, tamanho de primeira maturação, fecundidade.

Abstract: The present research consisted of studying the reproductive dynamics of sardines (*H. clupei*), filling an important gap in this aspect of the biology of the species, captured in the Fernando de Noronha Archipelago (AFN) and used as live bait in local artisanal fishing. The sardines were purchased from local fishermen after catches with cast nets, between September 2021 and August 2022. Of the total of 2,414 fish sampled, 1,192 sardines were randomly selected for the study of reproductive biology. The sizes of these sardines ranged from 40 to 138 mm in furcal length, accounting for 604 females (50.7%) and 588 males (49.3%) (mean = 93.51, sd = 14.75). Females ranged from 40 to 138 mm (mean = 93.78, sd = $\pm$ 15.81) and males ranged from 44 to 132 mm (mean = 93.66, sd = $\pm$ 13.70), with no significant difference in mean between the sexes. The determination of the maturity scale for females and males was based on the Brown-Peterson scale and adapted to the species. For females, 6 stages were defined, namely: immature, development, mature, final maturation, regression and regeneration. For males, 5 stages were established, namely: immature, development, mature, regression and regeneration. The results of the monthly evolution of the gonadosomatic ratio (RGS) suggest that the spawning season of the species (*Harengula clupei*) in Fernando de Noronha occurred between the months of September/2021 and January/2022, when higher RGS values were observed and a higher frequency of mature fish were found, coinciding with the dry season in Fernando de Noronha. In the months of July and August/2022, an increase in these values was observed, both for females and males, and females in imminent spawning were also observed in May and July, indicating another spawning peak. The average size of first sexual maturation (L50) for (*H. clupei*) was estimated at 75.98 mm and 75.77 mm furcal lengths for males and females, respectively. The maturity curve for grouped sex was estimated at 75.87 mm furcal length. The relative fecundity per furcal length ranged from 34,018 to 106,808 oocytes, with a mean of 72,459. The smallest sardine, with 85 mm, had an absolute fecundity of 2,891 oocytes, with a gonad weight of 0.389 g, and the largest, of 135 mm, had 10,485 oocytes, with a weight of 2.065 g. Fecundity showed a strong positive correlation with furcal length, gonad weight and total weight, showing an increase as the female develops. This contribution of unprecedented information on aspects of the reproductive biology of sardines in Fernando de Noronha is fundamental to support the adoption of appropriate fisheries

management strategies, ensuring the conservation of the species and the sustainable development of its fishery.

Keywords: spawning time, RGS, size of first maturation, fecundity.

Introdução

No Brasil, são registradas 12 espécies de clupeídeos (MENEZES et al., 2003), dentre as quais a sardinha *Harengula clupeola*, pertencente à ordem Clupeiformes e à família Dorosomatidae. Sabe-se que essa espécie se distribui ao longo da costa do Atlântico Oeste, desde o leste da Flórida (EUA), passando pelas Bahamas, Golfo do México, ilhas do Caribe, Venezuela e costa sul-americana, até o estado de Santa Catarina no Brasil (SOUZA-CONCEIÇÃO et al. 2013, FIGUEIREDO e MENEZES, 1978). Os cardumes ocorrem em ambientes pelágicos, regiões costeiras, junto a ilhas e recifes, geralmente em grandes cardumes, com os pequenos indivíduos frequentemente encontrados em maior número ao longo de praias arenosas e águas rasas, buscando alimento junto à areia ou lodo (WHITEHEAD, 1985; CARVALHO FILHO, 1999).

A espécie é conhecida popularmente com sardinha-cascuda, chega alcançar em média 17 cm de comprimento, possui hábito alimentar planctívoro, se alimentando principalmente de copépodos, ovos e pequenas larvas de peixes e crustáceos (caranguejo, camarão), vermes e poliquetas (FROESE e PAULY, 2013, RANDALL 1967; ORTAZ et al. 1996; MUNROE & NIZINSKI 2002). A *H. clupeola* é uma espécie *r* estrategista não apresenta características sexuais secundárias e nem evidências externas, seu acasalamento ocorre em cardumes na coluna da água, seu mecanismo reprodutivo é do tipo ovulíparo, com a fecundação acontecendo de maneira externa no ambiente e não manifesta cuidado parental com a prole (BREDER e ROSEN, 1966).

A reprodução é um dos aspectos mais relevantes sobre a biologia de uma espécie de peixe. Informações sobre o desenvolvimento do ciclo gonadal, fecundidade, tamanho médio em que os indivíduos iniciam o processo reprodutivo (L_{50}) e a relação gônadosomática (RGS), entre outros fatores, são aspectos comumente utilizados para melhor conhecer e compreender a dinâmica e as estratégias reprodutivas das diferentes espécies (ARAÚJO; CHELLAPPA, 2002; OLIVEIRA et al., 2015). Esses conhecimentos sobre diferentes aspectos reprodutivos das espécies, principalmente daquelas que são alvo da pesca, são fundamentais para subsidiar a adoção de estratégias adequadas de gestão pesqueira, que seja capaz de assegurar a sua conservação e a manutenção dos estoques em níveis sustentáveis (ZUCKERMAN, 1962; RODRIGUES, 2005). Trabalhos sobre a *Harengula cupeola* e outras espécies de sardinha já foram realizados no exterior (PEÑA-ALVARADO, 2008) e em outras áreas da costa brasileira, como na região sudeste e sul (CHAVES, 1989; FREHSE, 2006 e LEMOS, 2013).

Entretanto, nenhuma pesquisa foi feita no Arquipélago de Fernando de Noronha (AFN). Portanto, qualquer discussão que seja realizada sobre o manejo e uso sustentável da espécie com pouco ou mesmo nenhum embasamento científico, está fadado, muito provavelmente, ao fracasso. Neste contexto, a presente pesquisa consistiu em estudar a biologia reprodutiva da sardinha *Harengula clupeola* (Cuvier, 1829) no Arquipélago de Fernando de Noronha, preenchendo importante lacuna sobre os aspectos relacionados à dinâmica da reprodução da espécie.

Desta forma, se espera, através do aporte de informações científicas, contribuir para a adoção de medidas de manejo eficientes, capazes de assegurar a conservação e o uso sustentável da espécie pela pesca local. Além disso, a área de estudo é de grande importância em termos de biodiversidade (CASTRO, 2010) e, por isso, possui duas unidades de conservação da esfera federal, que são o Parque Nacional Marinho de Fernando de Noronha (PARNAMAR), de proteção integral, e a Área de Proteção Ambiental (APA), onde algumas atividades antrópicas podem ser realizadas, dentre elas a pesca, o que reforça ainda mais a relevância para a realização desse estudo.

Material e métodos

Área de estudo

O Arquipélago de Fernando de Noronha está localizado no Atlântico Sul Equatorial (03°45' a 03°56'S, 032°20' a 032°30' W), a 345 km a Nordeste do Cabo de São Roque (RN), e a 545 km de Recife (PE). Sendo um dos arquipélagos oceânicos pertencentes ao Brasil, ele contribui com parte da expansão da Zona Econômica Exclusiva (ZEE) do país e é considerado uma região importante no que se refere à biodiversidade local (CASTRO, 2010).

Na década de 1980 o governo brasileiro reintegrou Fernando de Noronha ao Estado de Pernambuco, a quem historicamente sempre pertenceu. Neste mesmo período foram criadas as duas Unidades de Conservação (UC) mencionadas acima, a Área de Proteção Ambiental de Fernando de Noronha (APA-FN), pelo Decreto no 92.755, de 05/06/1986, e o Parque Nacional Marinho de Fernando de Noronha (PARNAMAR-FN), pelo Decreto no 96.693, de 14/09/1988. De responsabilidade legal do Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio), o parque correspondendo a aproximadamente 70% da área total do Arquipélago, incluindo ilhas e ilhotas secundárias, objetiva proteger e preservar o ambiente marinho e terrestre, tornando proibido qualquer tipo de utilização de seus recursos naturais (IBAMA, 2005). Os 30% restantes são áreas da APA, que pertence ao grupo das Unidades de Conservação

de Uso Sustentável, onde algumas atividades são permitidas, desde que devidamente manejadas, como por exemplo, atividade de pesca (GARLA, 2004).

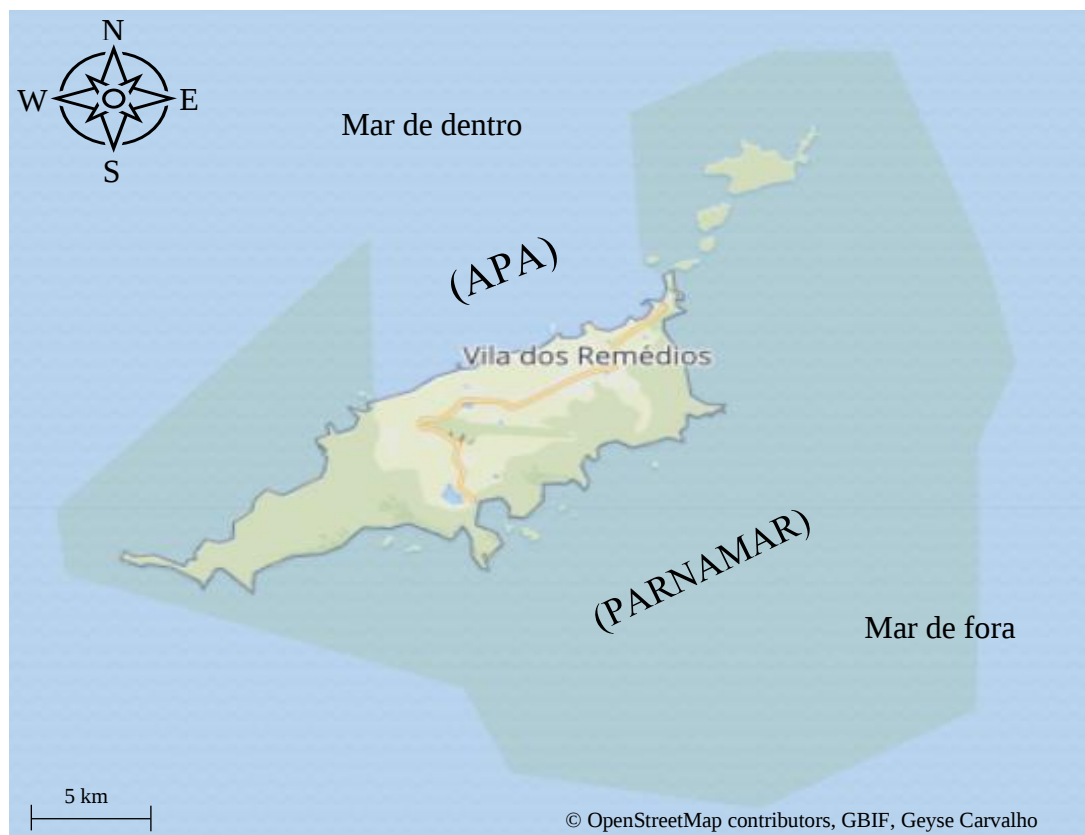


Figura 1. Mapa da área de estudo do Arquipélago de Fernando de Noronha.

Coletas dos espécimes

As coletas de amostras de sardinhas foram realizadas mensalmente através da aquisição direta de exemplares capturados pelos pescadores locais, com uso de tarrafa em lançamentos efetuados nas praias da ilha principal do AFN, para uso dela como isca-viva na pesca artesanal. Após as capturas, os espécimes mortos foram conservados em gelo e estocados em sacos plásticos dentro de caixa térmica (isopor) para transporte por via aérea para o Recife no mesmo dia da captura. As amostras foram triadas no Laboratório de Ecologia Marinha (LEMAR), do Departamento de Pesca e Aquicultura da (UFRPE). No período de abril, maio e junho de 2022, esse trabalho foi feito no laboratório do ICMBio/Fernando de Noronha. Essa atividade foi feita sob a autorização do SISBIO Nº 79284-1.

Dados biométricos e classificação gonadal

Inicialmente foram realizadas a biometria, medindo-se os comprimentos total e furcal, peso total e eviscerado dos exemplares. Os peixes foram dissecados utilizando-se um bisturi, começando a incisão a partir da base da nadadeira pélvica até a abertura urogenital. As gônadas foram extraídas, os sexos identificados e foram feitas fotografias para melhor análise posterior e criação de base de imagens. Em seguida, as gônadas foram pesadas em uma balança semi-analítica (precisão de 0,001 g). A escala de maturidade gonadal macroscópica adotada foi a proposta por Vazzoller (1996), levando-se em conta características com coloração, presença de vasos sanguíneos, percepção, tamanho e aspecto dos ovócitos, grau de turgidez das gônadas e entre outros aspectos possíveis. Na sequência, os estágios identificados macroscopicamente foram confirmados com análise histológica, de acordo com escala proposta por Brown-Peterson et al. (2011), conforme descrito a seguir.



Figura 2. Espécime de sardinha (*Harengula clupeola*) mostrando a morfologia interna.

Processamento das amostras biológica

No processamento histológico foram utilizadas duas técnicas com emprego distinto de parafina e resina. Essa última técnica é mais recente e tem a vantagem de apresentar riquezas de detalhes das células foliculares. Por isso, mesclar as duas técnicas permitiu a melhoria das análises sobre a dinâmica do desenvolvimento ovocitário e espermático da espécie.

Para a confecção das lâminas histológicas com parafina, as gônadas foram fixadas em solução de formaldeído a 4%, sendo mantidas por 48h horas imersas na mesma solução e posteriormente conservada no álcool 70%. As gônadas foram seccionadas na transversal e essas amostras passaram por uma desidratação em bateria de álcool (80%, 90%, 100% 1 e 100% 2)

imersa durante 45 min na estufa a 60°C. Em seguida, as amostras passaram por diafanização (xilol 1 e xilol 2) por 1 hora na estufa e depois em inclusão em parafina líquida (1 e 2) no tempo de 1 hora em cada solução. Os cortes foram feitos em micrótomo (5 µm) e as lâminas passaram por um processo de coloração com Hematoxilina e Eosina (KORTA, 2010).

Quanto à confecção histológica com resina, as gônadas também foram fixadas em solução de 4% por 48 horas. As amostras fixadas foram desidratadas com uma série crescente de etanol (70% por 24 horas; 95% por 4 horas), transferidas para uma solução de resina metacrilato (Technovit 7100) e etanol absoluto (proporção de 1:1) por 10 horas, e infiltradas em solução de resina pura por mais 24 horas em câmara a vácuo. Cortes seriados de 3 micrômetros foram obtidos em micrótomo (Leica HistoCore AutoCut), montados em lâminas com poli-lisina (Solução Poly-L-lisina - Sigma Diagnostics INS) e corados com hematoxilina e eosina. Os cortes preparados foram analisados e documentados, utilizando-se um sistema computadorizado de captura de imagens (microscópio de luz transmitido - Leica DM1000; câmera fotográfica - Leica DFC 295; e programa de captura de imagem - Leica Application Suite Professional, LAS V3.6).

Análise dos dados

O tamanho médio da primeira maturação gonadal (L_{50}), definido como o comprimento no qual 50% de todos os machos e fêmeas estão maduros, foi estimado por curva logística, que relaciona a proporção dos indivíduos sexualmente maduros com seu comprimento.

$$P = 1 / (1 + \exp [- |b| (L - L_{50})])$$

Onde: P = proporção de indivíduos maduros; b = coeficiente angular; L = valores médios das classes de comprimento, $L_{50} = |a/b|$

Para a resolução do modelo é preciso a sua linearização, através da transformação de (King, 1995).

$$Y = \ln ((1-P) / P)$$

X = centro de classe dos intervalos de comprimento

P = proporção de indivíduos maduros

Os dados de proporção foram transformados e extraído o coeficiente angular “b” e linear “a” através de regressão.

$$L_{50} = |a/b|$$

A relação gonadosomática (RGS) foi calculada pela equação proposta por FARRELL et al. (2012), na qual $RGS = (PG/PC) \times 100$, onde PG = peso da gônada (g), PC = peso corporal (g). A época de desova foi determinada através da variação mensal dos estágios de maturação e da RGS média de fêmeas e machos (VAZZOLER, 1996), utilizando apenas os indivíduos acima do L_{50} , o que permite evidenciar melhor os resultados por considerar apenas os peixes que já entraram no ciclo reprodutivo.

A fecundidade foi estimada pelo método adaptado por Hunter et al., (1985) e Kjesbu et al. (2003). Para obter os resultados, foram selecionados 10 ovários maduros e alíquotas de 0,003 (g) foram retiradas das porções anterior, central e posterior de cada ovário, realizando-se apenas a contagem dos ovócitos hidratados nessas alíquotas. O número total de ovócitos foi estimado através da seguinte equação:

$$F = [\sum_i O_i/P_i] / n \cdot P_{\text{ovário}}$$

Sendo, O_i = número de ovócitos de cada porção;

P_i = peso da alíquota retirada do ovário;

n = número de repetições de alíquota retirada de cada ovário e

$P_{\text{ovário}}$ = peso de cada ovário.

A fecundidade absoluta e relativa foi relacionada com o comprimento furcal e o peso do ovário, sendo calculadas através de regressões.

Para avaliar diferenças estatísticas entre as médias por classe de comprimento para ambos os sexos, foi utilizado o teste de Mann-Witney, com nível de significância de 5%. A razão entre machos e fêmeas será calculada mensalmente usando o teste do qui-quadrado (χ^2) para testar a diferença de 1:1. Para as análises estatísticas será levado em consideração o nível de significância ($p = 0,05$). A elaboração dos gráficos e análise dos resultados foram utilizados o Programa R e o Excel.

Resultados

Local de coleta das amostras

A coleta dos espécimes ocorreu no período de setembro/2021 até agosto/2022, fechando um ciclo de 12 meses. Um total de 2.414 sardinhas foram obtidas das capturas realizadas em 10 localidades diferentes nas duas unidades de conservação federais (APA e PARNAMAR). Essas amostras foram advindas da pesca artesanal local, utilizando a tarrafa, único apetrecho de pesca permitido para realizar as capturas das sardinhas no entorno do Arquipélago de Fernando de Noronha.

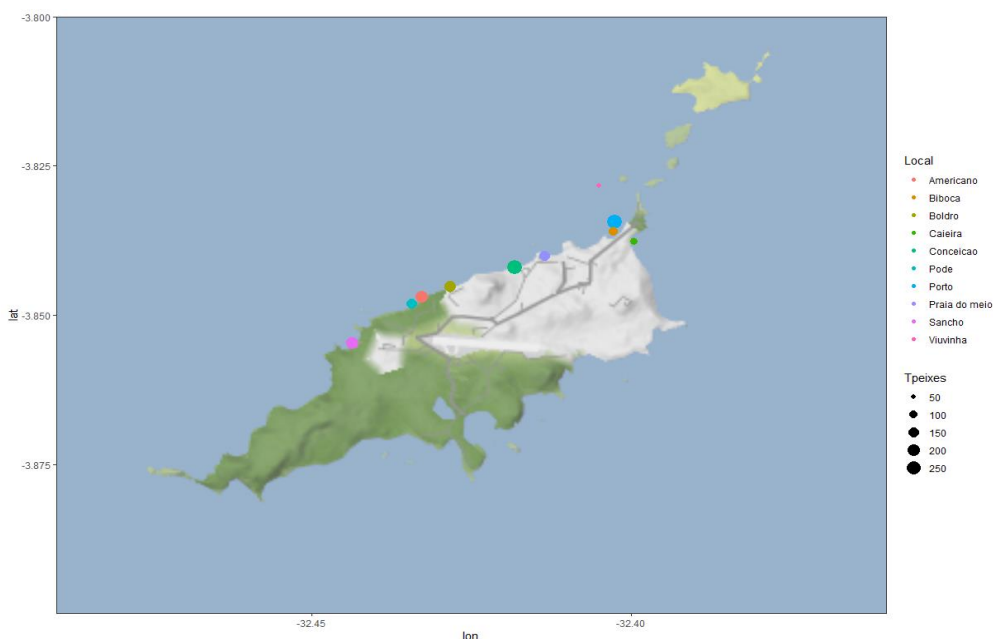


Figura 3. Mapa demonstrando a área de coleta da sardinha entre setembro/2021 e agosto/2022.

Proporção sexual mensal

Do total de 2.414 sardinhas amostradas foi possível identificar o sexo de 2.354 peixes, contabilizando-se 1.206 fêmeas (51%) e 1.148 machos (49%). Dos 60 peixes restantes, em 41 deles não foi possível encontrar a gônada devido ao tamanho diminuto dos peixes, e em 19 gônadas não foi possível identificar o sexo por causa do seu estado de degradação. Na proporção sexual para o período de amostragem total das 2.354 sardinhas, não foi observada diferença entre os sexos, ($\chi^2 = 0,06$ $p < 0,05$) (F1:M:09). Na avaliação mensal houve diferenças estatísticas significativas ($p \geq 0,05$) para os meses de setembro/2021 ($\chi^2 = 3,85$), outubro/2021 ($\chi^2 = 28,73$), janeiro/2022 ($\chi^2 = 11,57$), abril/2022 ($\chi^2 = 12,44$), junho/2022 ($\chi^2 = 6,75$), julho/2022 ($\chi^2 = 11,98$) e agosto/2022 ($\chi^2 = 11,93$). Nesses meses, os machos predominaram em setembro, janeiro, junho, julho e agosto, já as fêmeas, predominaram apenas nos meses de outubro e abril (Tabela 1).

Tabela 1. Frequência mensal de fêmeas e machos da sardinha capturada em Fernando de Noronha no período entre set/2021 e ago/2022 (foi utilizado o valor do teste de qui-quadrado para análise mensal e total (GL = 1)).

Meses	Fêmeas	Machos	Total	F%	M%	(F:M)	X ²
Set	84	125	209	40,19	59,81	1:1,49	3,85*
Out	96	29	125	76,80	23,20	1:0,30	28,73*
Nov	58	86	144	40,28	59,72	1:1,48	3,78
Dez	78	55	133	58,65	41,35	1:0,71	2,99
Jan	65	132	197	32,99	67,01	1:2,03	11,57*
Fev	101	76	177	57,06	42,94	1:0,75	1,99
Mar	158	132	290	54,48	45,52	1:0,84	0,80
Abr	209	100	309	67,64	32,36	1:0,48	12,44*
Mai	247	207	454	54,41	45,59	1:0,84	0,78
Jun	57	97	154	37,01	62,99	1:1,70	6,75*
Jul	17	35	52	32,69	67,31	1:2,06	11,98*
Ago	36	74	110	32,73	67,27	1:2,06	11,93*
Total	1206	1148	2354	51,23	48,77	1:0,95	0,06

*diferença estatística significativa ($p < 0,05$)

Distribuição de frequência de classe de comprimento por sexo

Do total de 2.414 peixes amostrados, foram selecionadas aleatoriamente 1.192 (%) sardinhas para o estudo da biologia reprodutiva. Os tamanhos dessas sardinhas variaram entre 40 e 138 mm de comprimento furcal, contabilizando 604 fêmeas e 588 machos (média = 93,51, sd = 14.75). As fêmeas variaram entre 40 e 138 mm (média = 93,78, sd = $\pm 15,81$) e os machos variaram entre 44 e 132 mm (média = 93,66, sd = $\pm 13,70$), não havendo diferença na média entre os sexos. No entanto, as fêmeas predominaram nas classes de 71-75 e 101-105 mm e os machos entre a classe de 86-90 e 91-95 mm de comprimento furcal (Figura 4).

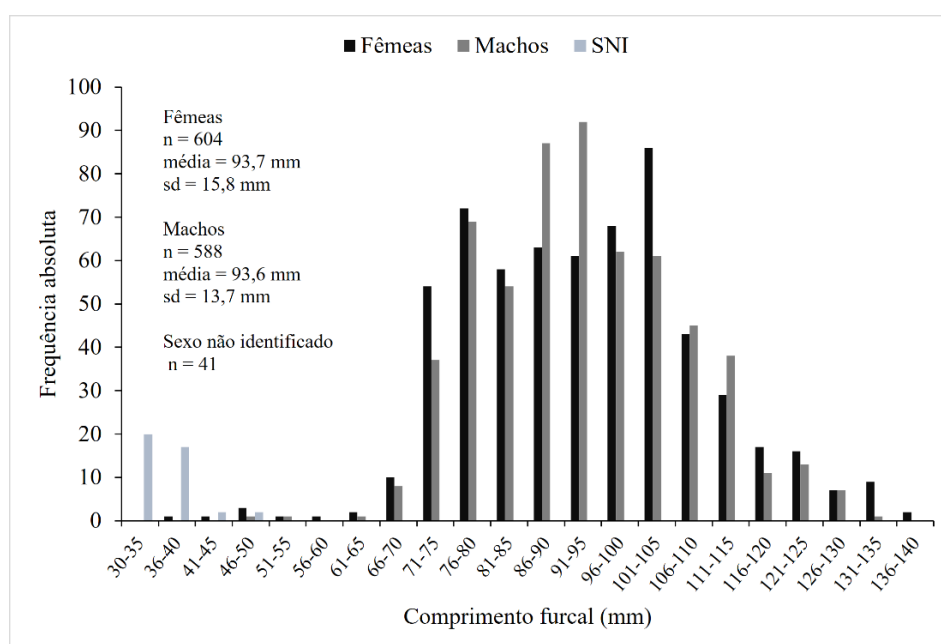


Figura 4. Distribuição de comprimento de frequência de classe da espécie (*Harengula clupeiola*) capturada no Arquipélago de Fernando de Noronha.

Descrição geral das gônadas

O órgão reprodutor da sardinha em ambos os sexos é constituído por um par de gônadas alongados, posicionado na cavidade celomática no sentido crânio caudal. Geralmente as fêmeas apresentam a gônada esquerda mais robusta, com formato abaulado, enquanto a direita é de formato mais filiforme. A vascularização ocorre na porção central do órgão, os vasos sanguíneos se ramificam por toda extensão da gônada e os ovócitos ficam com a coloração amarelada quando maduro ou translucido na maturação final. Nos machos, geralmente, o formato da gônada é abaulado, com formato similar entre a esquerda e a direita. Presença de pequenos vasos sanguíneos sutis por toda extensão do órgão e a coloração geralmente esbranquiçada ou rosada, que varia dependendo do estágio de maturidade (Figura 5).

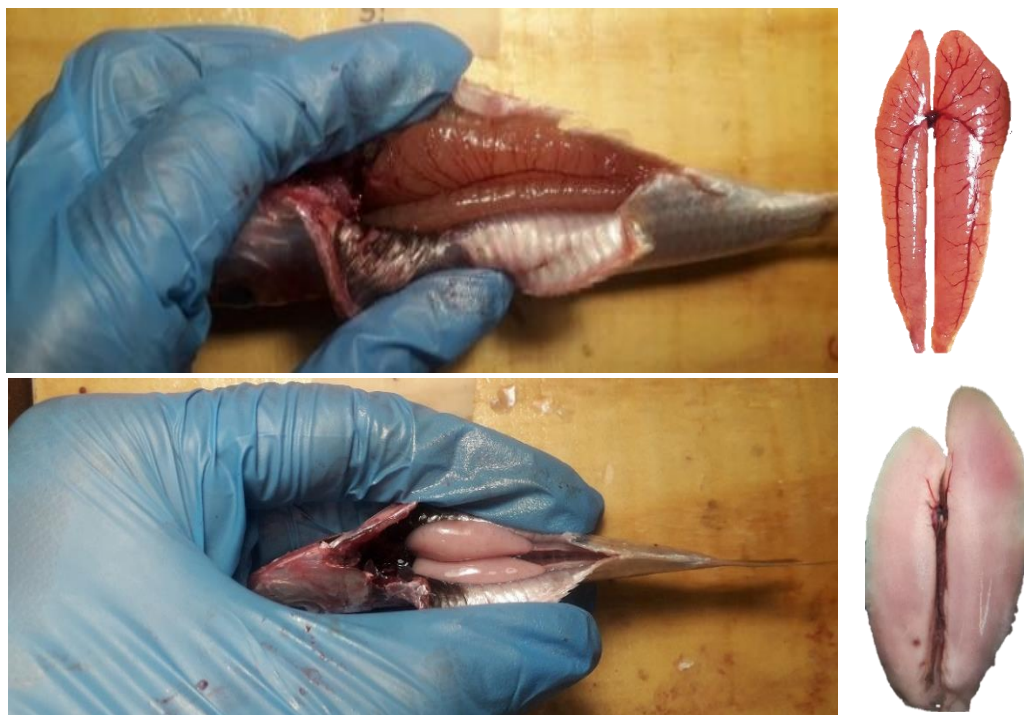


Figura 5. Posição da gônada na cavidade celomática de sardinha fêmea (superior) e macho (inferior) maduros.

Desenvolvimento ovocitário

As gônadas das sardinhas fêmeas são constituídas por ovócitos em diversas fases, os quais apresentam características distintas e com desenvolvimento celular ocorrendo de maneira crescente à medida que se avança para o estágio final de maturação, além de apresentar forte basofilia no início do desenvolvimento dos ovócitos e tornando-se predominantemente acidófilo quando maduro.

Oogônia (OO): são chamadas de células germinativas jovens, secundada pelas células pré-foliculares e se apresenta em ninho no epitélio germinativo (Figura 6a).

Ovócitos de crescimento primário (CP): nessa fase o ovócito apresenta o núcleo com mais evidência em relação ao citoplasma, que ainda se demonstra escasso (Figura 6a).

Ovócitos Perinuclear (PN): o ovócito nessa fase se apresenta com forte basofilia e citoplasma maior que a fase anterior, observado múltiplos nucléolos na periferia do núcleo (Figura 6b).

Ovócitos cortical alveolar (CA): os ovócitos ainda se apresenta basófilo, com citoplasma maior que a fase anterior e surgimento de alvéolos cortical na periferia dos ovócitos, posteriormente todo o citoplasma é preenchido por essas estruturas (Figura 6c).

Ovócitos vitelogênicos (Vgt1, Vgt2 e Vgt3): na fase primaria o ovócito já se apresenta acidófilo por ocorrer o surgimento de grânulos de vitelo na região do citoplasma, emburrando os alvéolos corticais para a periferia do ovócito e núcleo pode estar visível a depender da região do corte do ovócito. Já na fase da vitelogênese secundária, os ovócitos passam a aumentar em seu tamanho, sendo observado o acúmulo de grânulos de vitelo no citoplasma e com o núcleo facilmente perceptível (Figura 6d). Quanto na fase da vitelogênese Vgt3, o ovócito aumenta de tamanho comparado a fase anterior, com o citoplasma completamente preenchido por grânulos de vitelo e ainda é possível observar a presença de alvéolo cortical na periferia do ovócito (Figura 6e).

Migração da vesícula germinativa (VGM): essa fase é caracterizada por ser observado a migração do núcleo para um dos polos do ovócito (Figura 6f);

Quebra da vesícula germinativa (GVBD): os grânulos de vitelo se fundem, formando grandes placas que preenche quase todo o citoplasma, o núcleo deixa de ser visível e o ovócito aumenta consideravelmente de tamanho (Figura 6g),

Ovócito hidratado (HO): ocorre o aumento da homogeneização do citoplasma do ovócito, a coalescência dos lipídeos e formação da gota lipídica (Figura 6h).

Ovócito atresico (A): a atresia é a degradação dos ovócitos, durante esse processo o ovócito perde a organização da estrutura celular e são reabsorvidos pela própria gônada (Figura 6i).

Folículo pós-ovulatório (POF): são marcas remanescente da desova, que é basicamente estrutura foliculares que ficam na região mais externa no ovócito, após o rompimento dessas células foliculares ocorre a ovulação do oócito (Figura 6j).

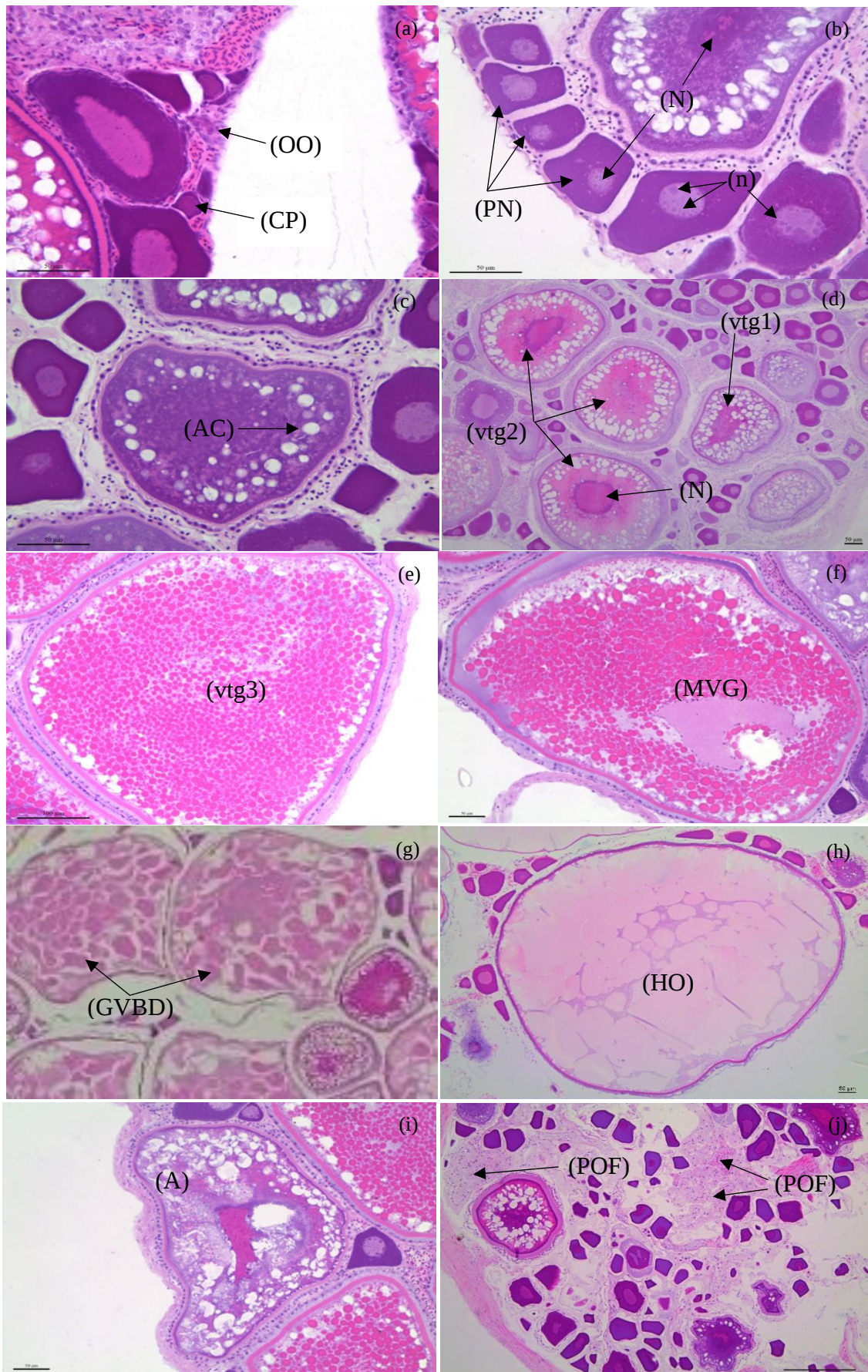


Figura 6 Fase do desenvolvimento ovocitário da (*H. clupeiola*)ovogônia), (OG) e crescimento primário (CP), (b) perinucleolar (PN), (c) alveolar cortical (CA), (d) vitelogênese (Vtg1 e Vtg2), (e) vitelogênese (Vtg3), (f) migração de vesícula germinativa (MVG), (g) Quebra da vesícula germinativa (GVBD), (h) ovócitos hidratados (HO), (i) atresia (A) e (j) Folículo pós-ovulatório (POF).

Desenvolvimento espermático

As gônadas masculinas das sardinhas apresentam o desenvolvimento espermático de forma decrescente à medida que se avança em seu estágio de maturação final, com diversas fases do desenvolvimento celular no mesmo estágio de maturidade e características distintas. Diferente das fêmeas, o início do desenvolvimento espermático apresenta maior afinidade com a Eosina tornando-se acidófilo e conforme avança no amadurecimento, as células apresentam maior afinidade com a Hematoxilina, apresentando forte basofilia.

Espmatogônia (SG): as espmatogônias se encontra no epitélio germinativo nos túbulos seminários, sendo secundada pela célula de sertoli e se destaca em seu tamanho em relação as fases seguintes do desenvolvimento da espmatogênese (Figura 7a)

Espmatócitos (SC): os cistos se apresentam na periferia dos túbulos seminíferos, em tamanho menor que a fase anterior e demonstrando forte basofilia (Figura 7b)

Espmatíde (ST): os cistos demostram tamanhos menores que a fase anterior, nessa fase ocorre o surgimento do flagelo corado pela eosina e ainda com a estrutura dotada de forte basofilia, essas estruturas se voltam para o centro do lúmen do túbulo seminíferos à medida que a espmatogênese avança (Figura 7c).

Espmatozoide (SZ): os espmatozoides se apresentam ainda mais reduzido em relação ao tamanho da fase anteriormente, com presença de flagelo evidenciado pela eosina e basofilia menos acentuada que a fase da espmatíde (Figura 7d).

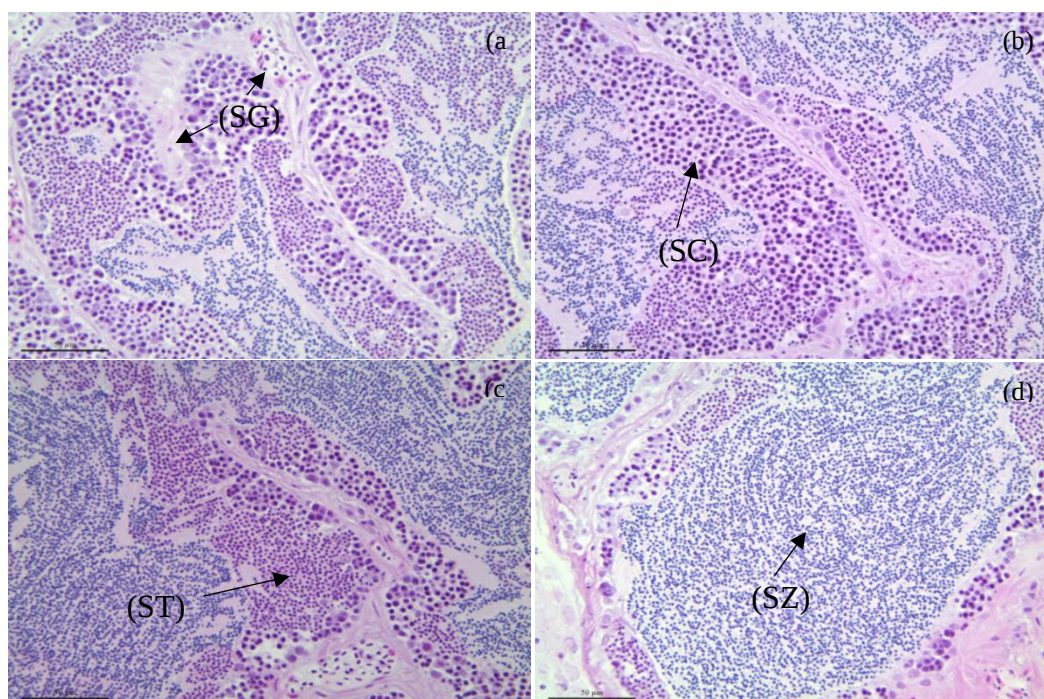


Figura 7. Fase do desenvolvimento espermático da sardinha (*H. clupeola*), (a) espmatogônia (SG), (b) espmatócitos (SC), (c) espmatíde (ST) e (d) espmatozoide (SZ).

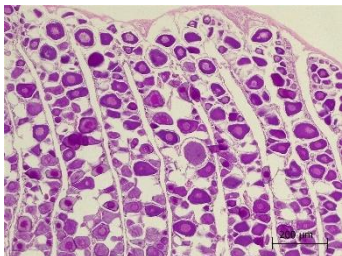
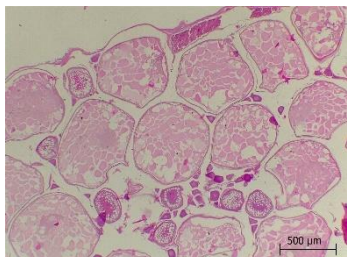
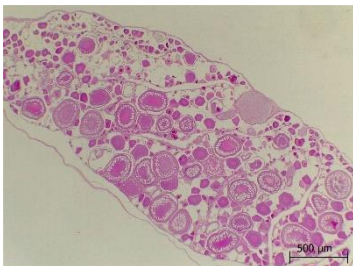
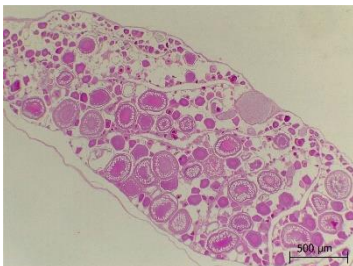
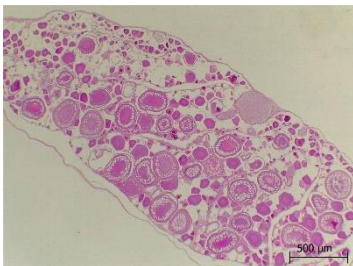
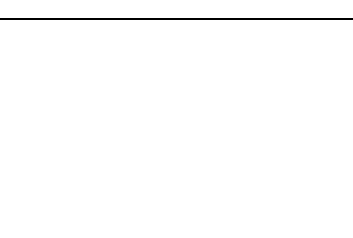
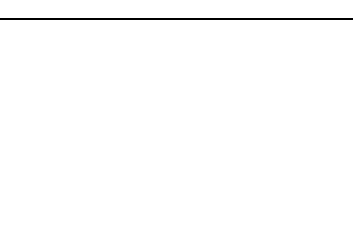
Escala de maturação das fêmeas

Baseada na classificação de maturidade proposta por Brown-Peterson et al. (2011) para os teleósteos em geral, a determinação da escala de maturidade para as fêmeas foi adaptada e definida em 6 estágios de maturidade, analisados microscopicamente um total de (10) imaturos, (11) desenvolvimento, (30) maduros, (3) maturação final, (5) regressão, regeneração (1) descrito da tabela abaixo (Tabela 2) ilustrada na (Figura 10).

Tabela 2. Descrição macro e microscópica dos estágios de maturidade de fêmeas da sardinha (*H. clupeola*) capturada em Fernando de Noronha entre setembro/2021 e agosto/2022. Adaptado de Brown-Peterson et al. (2011).

Escala de maturidade		Características das gônadas das fêmeas	
Estágio	macro	micro	
Imaturo	Ovários pequenos e translúcidos, geralmente sua vascularização pouco eminente. É possível observar ovócitos diminuto com auxílio de uma lupa.	Apenas presença de oogônias (OG) e ovócitos perinucleolar (PN), lamelas estreitas, poucos espaços entre os ovócitos e ausência de atresia.	
Desenvolvimento	Ovários mais desenvolvido no seu tamanho, coloração alaranjada, vascularização bastante eminente e pequenos ovócitos visíveis macroscopicamente.	Presença de ovócitos perinucleolar (GP) em diversas fases, ovócito alveolar cortical (AC) e ovócitos vitelogênicos no estágio de (Vgt1) e (Vgt2).	
maturação	Ovários grandes e aumento no volume, apresenta vascularização ramifica por toda gônada, ovócitos facilmente visíveis a olho nu e de tamanhos heterogêneos, com a coloração amarelo opaco.	Maior presença de oócitos no estágio de (Vgt3) e migração da vesícula germinativa (GVM), observado ovócitos de estoque de reserva (AC) e ainda células germinativas jovens.	
Maturação Final	Ovários volumosas, bastante distendidas, vasos sanguíneos proeminentes e ramificados por todo ovário. Os ovócitos se apresentam maiores e translúcidos.	Ovócitos apresentando a migração da vesícula germinativa (GVBD), bastante ovócitos hidratados (HO) e ainda com presença de ovócitos alveolar cortical (AC) ovócito na fase (Vtg1), (Vtg2) e (Vtg3).	
Regressão	Ovários com aspecto de flacidez e coloração avermelhada, ainda com ovócitos perceptíveis e vasos sanguíneos menos proeminentes.	Observado várias marcas de folículos pós ovulatório (POF), alguns ovócitos (CA) e poucos ovócitos vitelogênicos (Vtg1, Vtg2) presentes.	
Regeneração	Ovários de tamanhos pequenos, vasos sanguíneos reduzidos, pequenos ovócitos perceptíveis e coloração avermelhada.	Gônadas com presença de oogônias, oócitos (PG) e (CA). Parede ovariana pouco espessa e observado presença de folículo atresico.	

Tabela 3. Estágios de maturidade macro e microscópicos de fêmeas (*H. clupeola*) capturada no Arquipélago de Fernando de Noronha entre setembro/2021 e agosto/2022. Adaptado de Brown-Peterson et al. (2011).

Escala de maturidade		Imagens das gônadas	
Estágio	macro	micro	
Imaturo			
			
Desenvolvimento			
			
Madura			
			
Maturação Final			
			
Regressão			
			
Regeneração			
			

Escala de maturidade dos machos

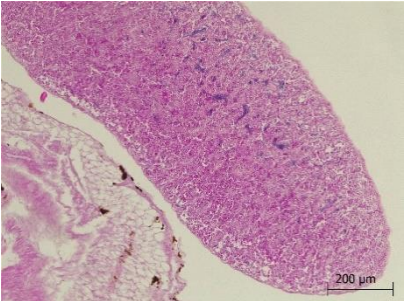
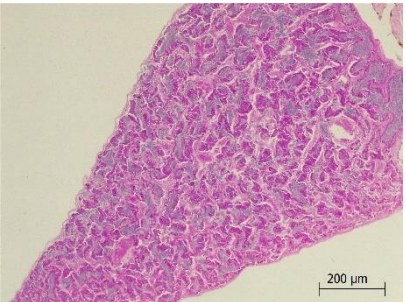
Baseada na classificação de maturidade proposta por Brown-Peterson et al. (2011) para os teleósteos em geral, a determinação da escala de maturidade para os machos foi adaptada e definido em 5 estágios de maturidade, sendo analisados microscopicamente (13) imaturos, (25) desenvolvimento, (20) maduros, (1) regressão e (3) regeneração descrito na (Tabela 3) e insultados na (figura 11).

Tabela 4. Descrição macro e microscópicas dos estágios de maturidade de machos da sardinha (*H. clupei*) capturados no de Fernando de Noronha de setembro/2021 e agosto/2022.

Adaptado de Brown-Peterson et al. (2011).

Escala de maturidade	Características da gônada dos machos	
	macro	micro
Imaturo	Os testículos apresentam-se pequenos e filiformes, translúcidos, sinais de vascularização imperceptíveis.	Epitélio germinativo contínuo (EC) ao longo do órgão, lumem pequeno, com maior presença de cistos de espermatogônias (SG) e espermatócitos (SC).
Desenvolvimento	Os testículos apresentam-se de tamanho pequeno, em desenvolvimento, com formato lobular, coloração esbranquiçada e pequenas ramificações de vasos sanguíneos visíveis.	Presença de espermatogônias (SG) e proliferação de espermatócitos (SC) e espermatíde (ST), lumem pequeno e poucos espermatozoides (SZ). os túbulos seminíferos se apresentam no formato lobular e anastomosados.
Maduro	Os testículos apresentam-se volumosos, de tamanho alongado, coloração variando de esbranquiçado para rosado e vaso sanguíneo facilmente visível. A gônada se apresenta bastante turgida próximo a espermição.	Grande quantidade de espermatozoides (SZ), presença de espermatócitos (SC) e espermatíde (ST), com predomínio de espermatozoides (SZ) próximo a espermição, o lumem parcialmente visível e túbulos bastante anastomosados.
Regressão	Os testículos apresentam-se com aspectos flácidos, mas com certo volume, coloração rosada na parte central e esbranquiçado na borda da gônada e a vascularização reduzida.	Lumem bastante esvaziado, com espermatozoide residuais (SZR) na região central do túbulo, poucos espermatócitos (SC) e algumas células espermatíde (ST).
Regeneração	Os testículos pequenos e menos volumosos, com formato filiforme, coloração ainda esbranquiçada e vascularização pouco perceptível no entanto presente.	Proliferação de espermatogônias em todos os testículos. Pequena quantidade de (SZ) presente no lúmen dos lóbulos e no ducto espermático.

Tabela 5 Estágios de maturidade macro e microscópico machos da sardinha (*H. clupeola*) capturada no Arquipélago de Fernando de Noronha entre setembro/2021 e agosto/2022. Adaptado de Brown-Peterson et al. (2011).

Escala de maturidade		Imagens das gônadas
Estágio	macro	micro
Imaturo		
Desenvolvimento		
Maduro		
Regressão		
Regeneração		

Relação gonadossomática (RGS) por mês

Com base no universo amostral de 478 fêmeas e 524 machos acima do tamanho de primeira maturação (L_{50}), a relação gonadossomática para as fêmeas variou entre 0,135 e 16,646 (g) (média = 3,359, sd = $\pm 2,697$) e para os machos entre 0,0798 e 7,201 (g) (média = 2,225, sd = $\pm 1,142$). Os maiores valores médios mensais foram observados entre os meses de setembro/2021 a janeiro/2022 para as fêmeas e machos, demonstrando que a espécie desova ao longo desse período. Os meses de fevereiro a junho/2022 apresentaram os menores valores na média da RGS para ambos os sexos, embora os machos tenham apresentado uma diminuição menos acentuada em relação às fêmeas nesse período. Nos meses de julho e agosto/2022 foi observado um incremento no peso das gônadas em ambos os sexos, indicando o início de novo ciclo reprodutivo da espécie (Figura 8).

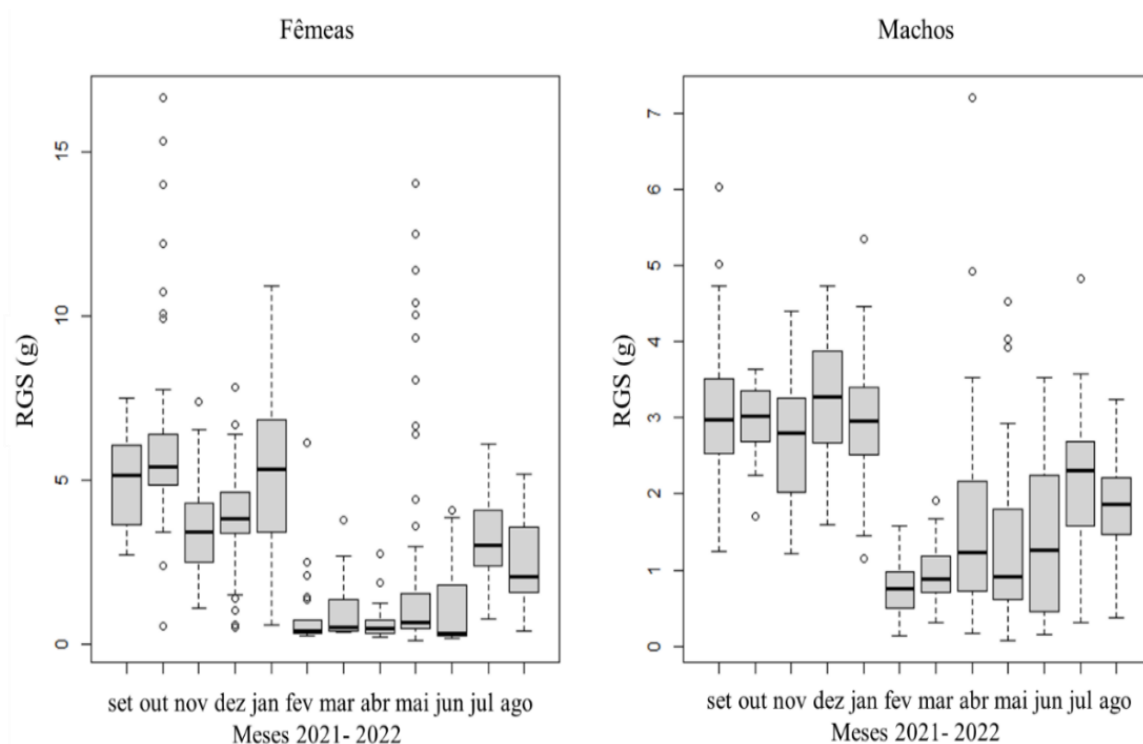


Figura 8. Relação gonadossomática da sardinha (*Harengula clupeiola*) capturada no Arquipélago de Fernando de Noronha entre setembro/2021 e agosto/2022.

Relação gonadossomática por estágios de maturidade

Com a análise dos valores médios da RGS por estágios de maturidade foi possível observar um aumento à medida em que se avança nos estágios finais da maturação, para ambos os sexos. Uma redução no peso das gônadas no estágio de regressão foi observada apresentando uma marcada diminuição nos valores médios da RGS, embora a queda das médias não tenha

sido abrupta para ambos os sexos, indicando que a espécie possui desova parcelada, onde também foi possível observar células ovocitárias em processo de desenvolvimento em distintas fases de amadurecimento, o que fortalece a hipótese da desova parcelada. Quanto à regeneração, as médias ficaram próximas aos valores médios do estágio de desenvolvimento, demonstrando similaridade no peso das gônadas nesses estágios de maturidade (Figura 9).

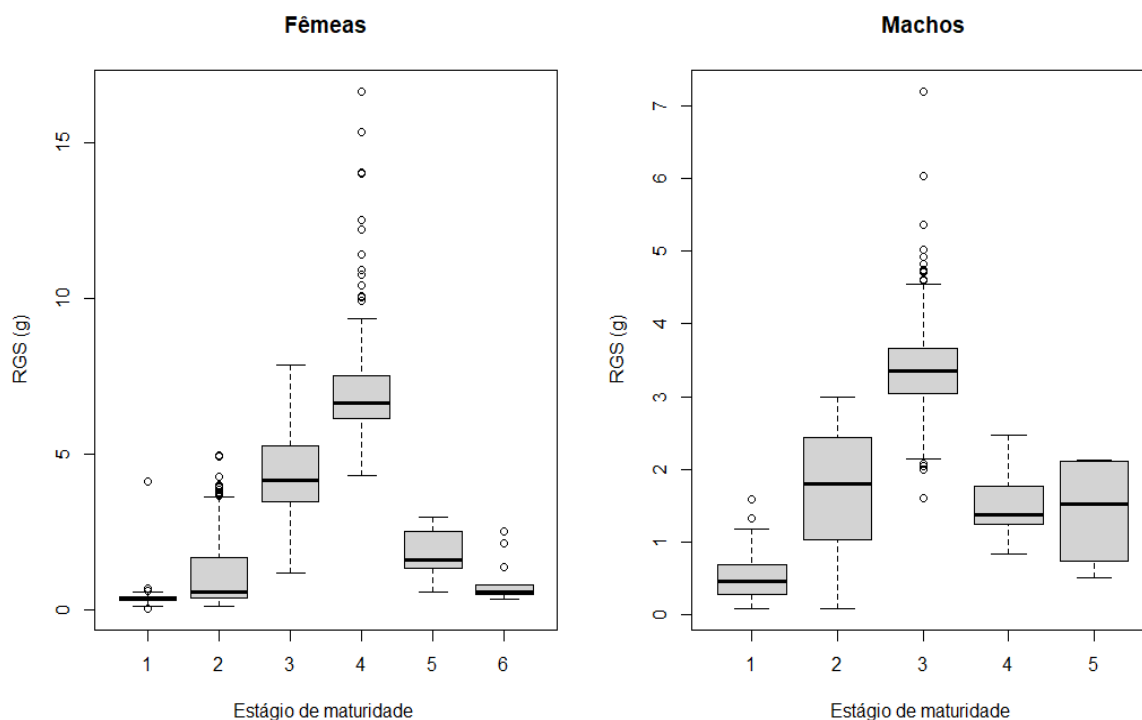


Figura 9. Relação gonadosomática por estágio de maturidade de fêmeas e machos da sardinha (*Harengula clupei*) capturada no Arquipélago de Fernando de Noronha. Fêmeas: (1 = imatura), (2 = desenvolvimento), (3 = madura), (4 = maturação final), (5 = regressão) e (6 = regeneração). Machos: (1 = imaturo), (2 = desenvolvimento), (3 = maduro), (4 = regressão) e (5 = regeneração).

Porcentagem de estádios de maturação das fêmeas por mês

Com base nos peixes acima do tamanho do (L_{50}) e na distribuição mensal da porcentagem dos estágios de maturidade para o período estudado (setembro/2021 a agostos/2022), observou-se fêmeas maduras em todos os meses, com maior percentual de fêmeas maduras e em maturação final entre setembro/2021 e Janeiro/2022, evidenciando ser este o período reprodutivo da espécie. Foi observado no mês de fevereiro/2021 um maior percentual (63%) de peixes imaturos e em regeneração e entre os meses de março e maio/2022. Quanto aos meses de junho, julho e agosto/2022, a maior parcela foi representada por peixes no estágio em desenvolvimento e maduros, sucedido de maturação final no mês de julho e regressão no mês de agosto (Figura 10).

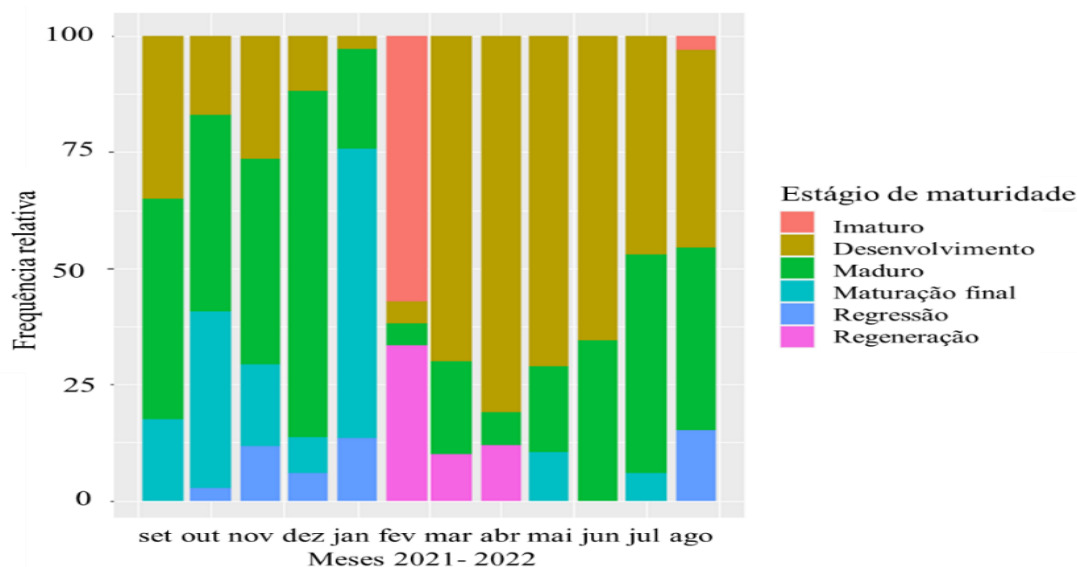


Figura 10. Distribuição mensal de frequência de ocorrência de estádio de maturidade das fêmeas capturada no arquipélago de Fernando de Noronha entre setembro/2021 e agosto/2022.

Porcentagem de estádios de maturação dos machos por mês

Em relação à porcentagem por estágios de maturidade dos machos, foi observado um maior percental de indivíduos maduros nos meses de setembro/2021 a janeiro/2022 e julho a agosto/2022, encontrado peixes no estágio de regressão e regeneração no mês de agosto/2022. Assim como nas fêmeas, foi verificado maior porcentagem de peixes imaturos em fevereiro/2022. Entre março e junho/2022. O resultados mostram que os machos acompanham o desenvolvimento das fêmeas, com o período reprodutivo da espécie no entorno do AFN ocorrendo entre setembro/2021 e Janeiro/2022 (Figura 11).

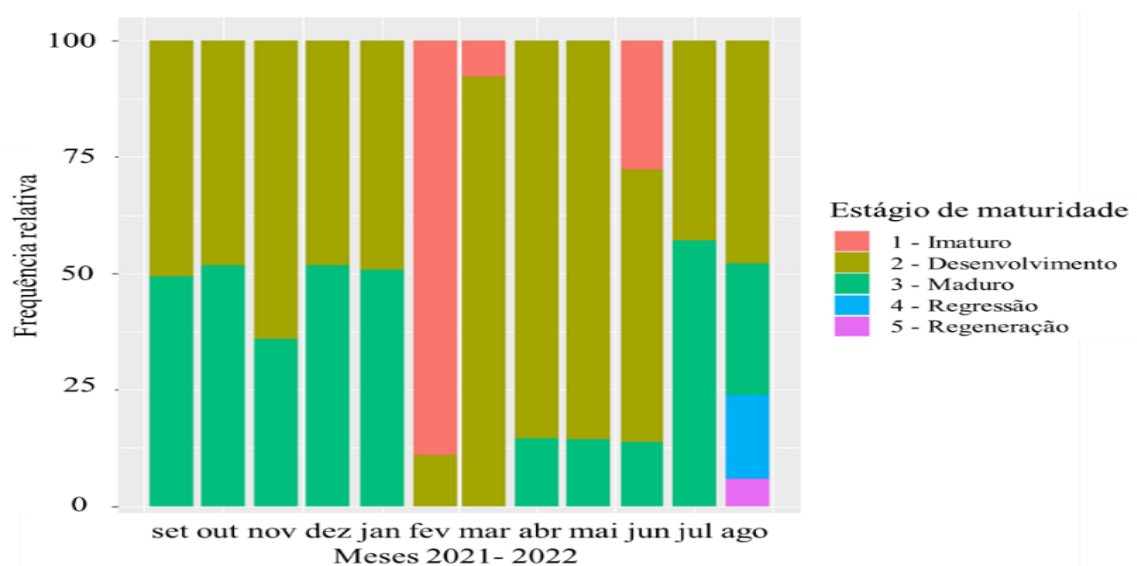


Figura 11. Distribuição mensal de frequência de ocorrência de estádio de maturidade das fêmeas capturada no arquipélago de Fernando de Noronha entre setembro/2021 e agosto/2022

Tamanho médio de primeira maturação sexual (L_{50})

Baseado no total de 1.170 sardinhas, contabilizando 599 fêmeas e 571 machos, o tamanho médio de primeira maturação sexual (L_{50}) para a *Harengula clupeola* foi estimado em 75,98 e 75,77 comprimento furcal para machos e fêmeas, respectivamente. A curva de maturidades entres os sexos não apresentou diferença significativa (P valor = 0,535), portanto o tamanho de maturidade para sexo agrupado foi estimado em 75,87 de comprimento furcal para espécie (Figura 12).

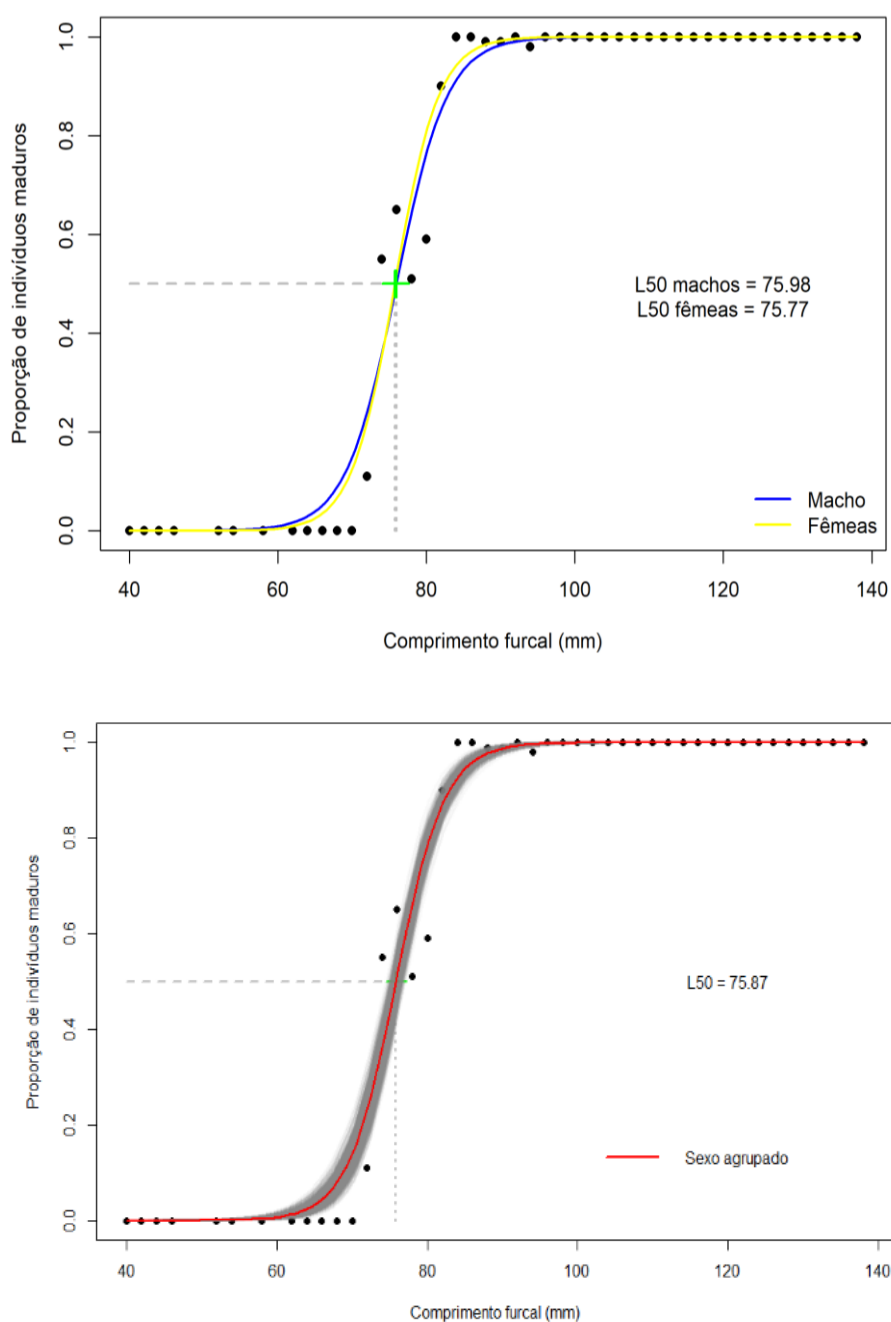


Figura 12 Tamanho de primeira maturidade sexual para fêmeas e machos (superior) e sexo agrupado (inferior) capturados no Arquipélago de Fernando de Noronha entre setembro 2021 e agosto/2022.

Fecundidade absoluta e relativa

A fecundidade relativa por comprimento furcal variou de 34.018 e 106.808, com média de 72.459 ovócitos. A menor sardinha de 85 mm teve fecundidade absoluta de 2.891 ovócitos, com peso da gônada de 0,389 (g), e a maior, de 135 mm, obteve 10.485 ovócitos, com peso de 2,065 (g). Contudo, foi observada maior fecundidade (11.748), no peixe de 110 mm de comprimento furcal. A fecundidade apresentou crescimento alométrico positivo em relação ao comprimento furcal, peso da gônada e peso total, demonstrando um acréscimo à medida que a fêmea se desenvolve (Figura 13).

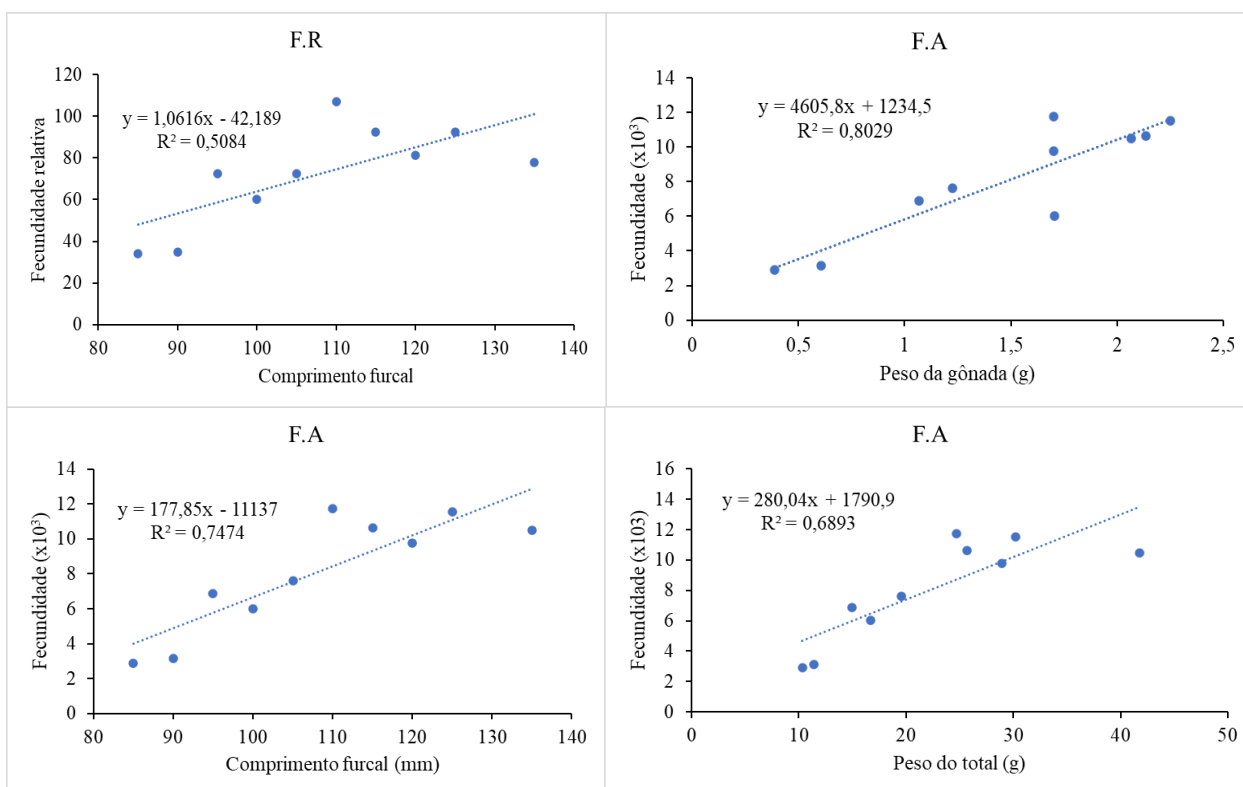


Figura 14. Fecundidade da sardinha (*Harengula clupeiola*) capturada no Arquipélago de Fernando de Noronha entre setembro 2021 e agosto/2022.

Discussão

Coleta das amostras

Em Fernando de Noronha, a sardinha (*Harengula clupeiola*) é capturada exclusivamente com a tarrafa e atualmente a principal utilização da espécie é como isca-viva na pesca embarcada e isca morta na pesca desembarcada realizada pelos pescadores de beira de praia. Apenas pouca parcela é também usada na alimentação dos moradores da ilha. Sabe-se que o estudo sobre a biologia reprodutiva para pequenos pelágicos, especialmente aqueles que são

explorados pela pesca, se faz necessária para compreender como se comporta a dinâmica reprodutiva da espécie, uma vez que esses conhecimentos são elementos primordiais para subsidiar medidas de manejo adequadas para garantir conservação e o desenvolvimento sustentável da pesca.

Em pesquisa recente realizada por Ferreira-Araújo et al., (2024) com uso de sequências de DNA do gene *cox1* mitocondrial, foi avaliada a delimitação das linhagens de três espécies do gênero *Harengula* spp. (*H. clupeola*; *H. jaguana* e (*Harengula* sp.) e uma do gênero *Opisthonema* sp. (*Opisthonema oglinum*). Testaram a influência da barreira Amazônia-Orinoco (AOB) e províncias marinhas em sua estrutura filogeográfica. Os autores relatam que os dois gêneros são afetados de forma diferente pela AOB e apresenta uma assinatura das províncias marinhas na estruturação genética, incluindo especiação críptica para o gênero *Harengula* e na estrutura populacional em *Opisthonema*. Os resultados da análise bayesiana do conjunto de dados combinados indicaram um clado distinto formado por todas as sequências *Harengula* sp. e *H. clupeola* do Brasil, incluindo indivíduos do Arquipélago de Fernando de Noronha, denominada no estudo como *Harengula* sp.

As análises de estruturação molecular também apresentaram três linhagens principais de *Harengula* separadas pelas províncias AOB e marinhas, uma formada por sequências de *H. jaguana* e *H. clupeola* da província caroliniana, outra contendo *H. jaguana* e *H. clupeola* da província do Caribe e outra restrita ao Brasil. A rede de haplótipos de *Harengula* apresentou uma estrutura profunda, com 18 etapas mutacionais (4,8% de divergência genética) entre *Harengula* sp. do Brasil e o grupo formado por *H. clupeola* e *H. jaguana* da Região do Grande Caribe (GCR). Este clado é irmão de *Harengula* da GCR, com a maioria dos espécimes identificados como *H. clupeola* restritos à Província do Caribe (exceto por um única *Harengula* sp. da Flórida, EUA).

Apesar de existir diferença genética citada no estudo, essa diferença genética não é identificável com base nos caracteres normalmente usados na diferenciação taxonômica. Portanto, se faz necessário realizar uma análise multivariada com base nos caracteres morfométricos para verificar eventuais diferenças entre os peixes.

Distribuição de frequência de tamanho

Em Porto Rico, os resultados encontrados por Peña-Alvarado., et al (2009) para a *Harengula clupeola* capturadas com tarrafa e rede de arrasto d. Os autores encontraram fêmeas com tamanhos que variaram de 50 a 134 mm, e machos medindo de 54 a 126 mm de

comprimento padrão, com as fêmeas predominando em todas as classes de tamanho. Comprimentos similares foram observados no presente trabalho, da mesma forma que a proporção sexual total, para a qual não houve diferença significativa entre machos e fêmeas.

Na Venezuela, POSADA et al. 1988 relataram que o comprimento máximo da *H. clupeola* de 109 mm de comprimento padrão, não havendo diferença na razão sexual dos peixes amostrados. Ainda na Venezuela, Cervigón (1991), relatou um tamanho máximo de 166 mm de comprimento total para esta espécie. Na Flórida, Bermudas, Índias Ocidentais e América Central (RIVAS, 1963) registrou tamanho máximo de 142 mm de comprimento padrão para a espécie. Outro estudo realizado por Lemos et al. (2013) com prospecções hidroacústicas da ictiofauna pelágica na plataforma da bacia do Sudeste do Brasil entre 2008 e 2010, coletou amostras com rede de arrasto de meia-água e com rede de cerco, observando 1.063 espécimes de *Harengula. clupeola*, cujos tamanhos variaram entre 65 e 192 mm de comprimento total, dos quais 485 eram fêmeas, 480 machos e 98 peixes sem o sexo identificado. A proporção sexual apresentou diferença entre os sexos com predomínio de fêmeas a partir da classe de 170 mm.

Ainda no Brasil COSTA., et al (2018) realizaram estudos baseados nos parâmetros de crescimento e nas taxas de mortalidade de populações de peixes de uma zona costeira no Sudeste do país, registrando para *Harengula clupeola* um tamanho mínimo de 3,2 e máximo de 22,5 mm de comprimento total para a espécie, mostrando uma amplitude de comprimento maior que de outros trabalhos publicados no Brasil e no banco de dados da FishBase. Ademais, os autores apresentaram para *H. clupeola* um tamanho de primeira maturidade sexual (L_{50}) de 14.3 cm, proporção de indivíduos abaixo da L_{50} de 84,0%) e longevidade estimada em 6.56 anos). O tamanho de primeira maturidade estimado para *Harengula clupeola* por esses autores é maior do que o proposto na presente pesquisa, com as amostras alcançando uma variação de tamanhos mais ampla em relação as amostras de Fernando de Noronha.

No nosso trabalho, os peixes com os tamanhos inferiores a 63 mm de comprimento furcal foram provenientes de uma pescaria chamada “boca de noite”, na qual é possível observar a presença de peixes pequenos em grande quantidade, atraídos pela luz, que são capturados com usos de malha de menor tamanho na tarrafa utilizada. No Caribe, Peña-Alvarado et al (2009) também relataram que os peixes menores que 75 mm foram difíceis de capturar, sendo coletados apenas 57 amostras durante o período estudado e desse total, apenas 19 tiveram o sexo identificado, contabilizando 11 machos e 8 fêmeas.

Embora as pesquisas tenham adotado referência de medidas de comprimento diferentes, os tamanhos encontrados demonstraram similaridade com os resultados da presente pesquisa. A variação de tamanhos das sardinhas registados nos diferentes trabalhos pode ser explicada pelas

distintas artes de pesca empregadas para a captura das amostras, principalmente no que se refere ao tamanho da malha das redes e áreas com menor disponibilidade de indivíduos pequenos. As sardinhas de tamanhos menores não são facilmente encontradas no entorno de Fernando de Noronha e esses peixes pequenos não são alvo das capturas com tarrafa para utilização como isca-viva na pesca artesanal, devido à seletividade da malha da rede. Os pescadores em Fernando de Noronha usam tarrafas com malha de 2,5 cm entre nós opostos, gerando capturas de sardinhas de maior tamanho, com comprimento mínimo de 6,3 cm de comprimento furcal (CARVALHO e TRAVASSOS, 2023).

Desenvolvimento ovocitário

A gametogênese é o processo de formação dos gametas, originado no epitélio germinativo ovariano nas fêmeas e no epitélio germinativo dos túbulos seminíferos nos machos (GRIER, 2002). Através dos processos citoplasmáticos mitóticos é que ocorre a auto renovação da oogônia e espermatogônia, assim garantindo a contínua produção dos gametas de fêmeas e machos (SCHULZ et al., 2010; QUAGIO-GRASSIOTTO et al., 2011).

Através das análises microscópicas foi possível observar com riqueza de detalhes e descrever 11 fases de desenvolvimento ovocitários para a *Harengula clupeola*, incluindo folículo atrésico e folículo pós-ovulatório. O processo de amadurecimento dos ovócitos descrito para *Harengula clupeola* no presente estudo segue um padrão comumente encontrado em peixes teleósteos marinhos. Contudo, as estruturas celulares podem se apresentar de formas diferentes entre espécies específicas. As gônadas das fêmeas analisadas apresentaram desenvolvimento ovocitário dinâmico, com ovócitos em diferentes tamanhos e fases de desenvolvimento no mesmo ovário, demonstrando desenvolvimento síncrono em mais de dois grupos e indicando múltipla desova ao longo do período avaliado.

Estudo desenvolvido por Chaves (1989) sobre o desenvolvimento dos ovócitos da espécie *Harengula clupeola* e de outras quatro espécies de peixes, definiu 6 fases de maneira sucinta como referências iniciais para se determinar o grau de maturação dos ovócitos. Os folículos da fase I, se caracterizaram pelo núcleo relativamente volumoso e citoplasma escasso, já na fase II são dotados de forte basofilia citoplasmática, enquanto na fase III são ovócitos em início de vitelogênese, apresentando vesículas vitelínicas. Na fase IV, os folículos já se

encontram com grânulos acidófilos, mas ainda mantendo as vesículas da fase anterior. Na fase V, o ovócito está totalmente preenchido por grânulos acidófilos e por fim, a fase VI, é caracterizada por ovócitos em hidratação pré-ovulatória.

Embora já exista na literatura descrição ovocitária do corte histológico dos ovários da *Harengula clupeola*, esse os resultados achados por Chaves (1989) apresentaram apenas a fase de desenvolvimento ovocitário em início de vitelogênese, definida a partir do citoplasma cortical e os resultados atribuídos para as outras espécies demonstraram coincidir com as fases de desenvolvimento ovocitário observados para a sardinha analisada no presente estudo, corroborando com os resultados descritos aqui. Porém, a análise feita no presente estudo com *H. clupeola*, utilizou técnicas histológicas mais avançadas, que permitiram observar com riqueza de detalhes a maturação do ovócito em suas diferentes fases de desenvolvimento, o que também proporcionou definir com mais clareza e segurança a escala dos estágios de maturidade proposta aqui para a espécie.

No caso dos machos, não foram descritos detalhadamente as fases do desenvolvimento espermático, com os resultados observados apresentando as fases comumente encontradas na gônada masculina dos teleósteos de modo geral. Não foi encontrada na literatura a descrição do desenvolvimento espermático especificamente para a espécie *Harengula clupeola*.

Relação gonadossomática (RGS) e frequência de peixes maduros

Os resultados da análise das gônadas das sardinhas sugerem que a época de desova para a espécie *Harengula clupeola* em Fernando de Noronha ocorre entre os meses de setembro e janeiro, quando foram observados os maiores valores da RGS e as maiores frequências de peixes maduros, demonstrando marcadamente ser este o período de desova e que coincide com a estação seca no AFN. Porém foi observado também fêmeas em desova iminente em maio e julho, o que pode indicar outro momento de desova. Nos meses de julho e agosto/2022 observou-se o aumento gradativo desses valores, tanto para fêmeas quanto para os machos. É importante ressaltar que foram observadas fêmeas maduras em todos os meses analisados, sugerindo a ocorrência de desovas da espécie ao longo do ano, com os machos apresentando também estágios maduros em todos os meses, exceto em fevereiro e março de 2022, quando apenas indivíduos imaturos e em desenvolvimento foram observados, demonstrando que os machos acompanham o desenvolvimento gonadal das fêmeas.

Estudo realizado por Houde et al. (1977) no Golfo do México. sugere que a desova ocorra durante à noite, entre fevereiro e julho para a sardinha *Opisthonema oglinum*. Em Porto

Rico Peña-Alvarado, et al (2009), sugerem que *Harengula clupei* desova praticamente em todas as estações do ano, com os maiores valores do IGS ocorrendo em março, junho e setembro. Apenas em dezembro, o valor mínimo do IGS foi observado. A porcentagem de fêmeas maduras foi maior nos períodos de março-abril e junho-setembro. Na Venezuela, foram relatados dois períodos de desova para sardinha (espécie), sendo o primeiro entre fevereiro-junho e o segundo entre outubro- dezembro) (POSADA et al. 1988). Segundo Mester et al. (1974), no norte de Cuba, foi possível observar que a *Harengula clupei* apresentou uma frequência máxima de ovócitos maduros em abril-maio, porém não foi analisado o ciclo reprodutivo anual no trabalho. Estudo realizado por García-Cagide et al. (1994), observou fêmeas maduras no período abril-junho e nos meses de outubro e dezembro. Segundo Carvalho-Filho (1999), a reprodução da (*Harengula clupei*) ocorre na primavera e no verão na região do Sul do Brasil.

Alguns trabalhos apontam que as sardinhas maiores se deslocam para se reproduzirem em alto-mar e que a desova ocorre durante o período da noite, enquanto as sardinhas pequenas ocupam ambiente estuarinos e costeiros protegidos, como manguezais e tapetes de ervas marinhas (ORTAZ et al., 1996; FÉLIX et al., 2007). No caso do trabalho no AFN, embora exista manguezal, a conexão entre esse ecossistema e o mar ocorre periodicamente durante o período chuvoso, quando esse ecossistema transborda e rompe a duna de areia que impede a conexão entre o mar o estuário. Contudo, não se há relatos de presenças de sardinhas nesse ambiente.

A hipótese de que as sardinhas adultas adotem esse comportamento e se afastem do AFN para encontrar condições mais favoráveis à reprodução, como águas menos turbulentas que a zona de arrebentação do arquipélago não pôde ser avaliada com mais detalhes. Entretanto, como as amostras aqui analisadas foram todas oriundas de locais rasos, em diversas parias do AFN, e nas quais foram identificados peixes adultos em fase de reprodução, é possível deduzir que a desova ocorra nas proximidades do arquipélago, situado em zona oceânica. É possível igualmente que as sardinhas jovens busquem os locais mais rasos da costa insular para se proteger e se alimentar, mas dificilmente são capturadas em decorrência da seletividade da tarrafa, como mencionada anteriormente. Amostras de sardinhas em estágio inicial de vida foram coletadas no período da noite, com atração luminosa, proveniente da pesca chamada de “boca de noite”.

Tamanho médio de primeira maturação sexual (L_{50})

O tamanho de primeira maturação estimado para a *Harengula clupei* na presente pesquisa demonstrou que machos e fêmeas amadurecem praticamente no mesmo tamanho,

razão pela qual o L_{50} foi estimado para sexos agrupados, com valor de 75,87 cm de comprimento furcal. Isso facilita a tomada de medidas de gestão, já que o valor de referência é o mesmo para fêmeas e machos da espécie, além disto.

Em Porto Rico, estudo sobre a biologia reprodutiva de três espécies de sardinha (*Harengula clupeiola*, *Harengula humeralis* e *Opisthonema oglinum*) estimou para a *Harengula clupeiola* um tamanho de primeira maturidade sexual de 74 e 85 mm de comprimento furcal para machos e fêmeas, respectivamente. depara a sardinha *Harengula humeralis*, o tamanho de primeira maturidade foi estimado em 93 mm para os machos e 96 mm para as fêmeas de comprimento furcal, enquanto para a *Opisthonema oglinum*, o tamanho de primeira maturidade foi estimado em 132 e 119 mm de comprimento furcal para machos e fêmeas, respectivamente (PEÑA-ALVARADO., et al 2009).

Os resultados encontrados para *Harengula clupeiola* no presente trabalho e nos citados acima apresentam amadurecimento gonadal ocorrendo aproximadamente na mesma faixa de tamanho para machos e fêmeas da espécie, em geral. Entretanto, os resultados encontrados por Costa et al (2018), analisando amostras provenientes de desembarques da pesca de praia com rede de cerco em área adjacente à entrada da Baía de Guanabara foram diferentes dos aqui encontrados.

Considerações finais

Os resultados apresentados aqui são inéditos para a *Harengula clupeiola* na região do entorno do AFN. Apesar das dificuldades inerentes à realização de pesquisa em ambiente insular oceânico, foi possível obter amostras em bom estado de conservação para a realização das análises das gônadas. Isso só possível graças à logística adotada, de manter as sardinhas frescas (conservadas em gelo) e despachá-las via aérea para a Recife (Laboratório de Ecologia Marinha – LEMAR, da UFRPE) logo após a captura. As limitações inerentes à seletividade do aparelho de pesca usado pelos pescadores locais (rede tarrafa) pode também ser citada para a obtenção de peixes pequenos, já que a malha de 2,5 cm entre nós opostos permite capturas de sardinhas > 63 mm de comprimento furcal. Além disso, há a dinâmica da distribuição espacial e temporal das sardinhas no entorno do arquipélago, que é influenciada pelas condições ambientais, como o estado do mar e a ocorrência frequente de swell, que impactaram negativamente a obtenção de amostras ao longo da pesquisa.

As s informações apresentadas aqui são de grande relevância científica, não apenas por serem inéditas, como já citado acima, mas principalmente porque podem ser usadas para

subsidiar na elaboração de medidas de conservação e uso da espécie pela atividade pesqueira de forma sustentável no entorno do arquipélago de Fernando de Noronha, tanto na APA, quanto no PARNAMR). Neste último caso, o acesso a algumas praias no interior do parque têm sido concedidas pelo ICMBio aos pescadores artesanais locais, para que a captura de sardinha voltada para uso exclusivo como isca viva possa ser realizado com devido controle e monitoramento.

Referências bibliográficas

ALCÂNTARA, R.; FERREIRA B.P.; TRAVASSOS, P. (2004). A pesca artesanal e o turismo em Porto de Galinhas, Pernambuco. **Boletim Técnico-Científico do CEPENE**, v. 12, n.1, p. 195-207.

AMANO M, YAMANOME T, YAMADA H, OKUZAWA K, YAMAMORI K. Effects of photoperiod on gonadotropinreleasing hormone levels in the brain and pituitary of underyearling male barfin flounder. **Fish Sci**, v.70, p.812- 818, 2004

BARBOSA, J. M.. Estudo Biológico-Pesqueiro da Sardinha Bandeira *Opisthonema oglinum* (Leseur, 1818) da Região de Itapissuma, Pernambuco, Brasil. **Cultura Garança**, Recife, v. 11, n.2, p. 57-63, 2005

BERTALANFFY, L. von. (1938). A quantitative theory of organic growth (inquiry on growth laws II). **Human Biology** 10, 181-318.

BROWN, D.; ROTHERY, P. (1993). Models in biology: mathematics, statistics and computing. New York, John Wiley & Sons, 688 pp.

BROWN-PETERSON, N.; WYANSKI, D.M.; SABORIDO-REY, F.; MACEWICZ, B.J.; LOWERRE-BARBIERI, S.K. (2011). A standardized terminology for describing reproductive development in fishes. **Marine and Coastal Fisheries**, 1(3): 52-70. doi.org/10.1080/19425120.2011.555724.

CAMPANA, S.E. (1992). Measurement and interpretation of the microstructure of fish otoliths. In Otolith microstructure examination and analysis (Stevenson D. K. & Campana S. E. eds.), pp. 59-71. **Canadian Special Publication of Fisheries and Aquatic Science** 117.

CAMPANA, S.E.; THORROLD, S.R. (2001). Otoliths, increments, and elements: keys to a comprehensive understanding of fish populations? **Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences** 58, 30 - 38.

CARPENTER, K.E. (2002.) The living marine resources of the Western Central Atlantic. Volume 2: **Bony fishes** part 1 (Acipenseridae to Grammatidae). **FAO Species Identification Guide for Fishery Purposes and American Society of Ichthyologists and Herpetologists Special Publication No. 5**. Rome, FAO. pp. 601-1374.

CARVALHO-FILHO, A. (1999). Peixes da Costa Brasileira. 3a edição. São Paulo: editora Melro, 320pp.

CARVALHO, G.C.S; TRAVASSOS, P.E.P, F. Descrição e análise das capturas da sardinha (*Harengula clupeola*) utilizada como isca nas pescarias do Arquipélago de Fernando de Noronha. In: **Anais** do XIV Seminário de Pesquisa e XV Encontro de Iniciação Científica do Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade: A retomada da importância da pesquisa para a gestão ambiental pública / Elizabeth Maria Maia de Albuquerque, Ivan Salzo (orgs.). — Brasília: Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade — ICMBio, 2023. 277 p.

CASTRO, A.W.J. (2009) Geologia Ambiental das Ilhas Oceânicas de Trindade e Fernando de Noronha. In: MOHR, L.V.; CASTRO, J.W.A.; COSTA, P.M.S.; ALVES, R.J.V. **Ilhas Oceânicas Brasileiras: da pesquisa ao manejo**. MMA/ S. MMA/ Secretaria da Biodiversidade e Florestas, Brasília, SP. p.35-52.

CASTRO, J. W. A. (2010). Ilhas oceânicas da Trindade e Fernando de Noronha, Brasil: Uma visão da geologia ambiental. **Revista de Gestão Costeira Integrada**. v.10, p.303-319.

CERRATO, R.M. (1990). Interpretable statistical tests for growth comparisons using parameters in the von Bertalanffy equation. **Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences** 47, 1416 – 1426.

CERVIGÓN, F. 1991. Los Peces Marinos de Venezuela. Vol. 1, Segunda Edición. Cromotip, Caracas, Venezuela. 425 pp

COSTA M, TUBINO R, NETO C (2018) Estimativas baseadas no comprimento de parâmetros de crescimento e taxas de mortalidade de populações de peixes de uma zona costeira no Sudeste do Brasil. **Zoologia** 35: 1-8. <https://doi.org/10.3897/zoologia.35.e22235>

CHAVES, P. de T. da C. (1989). Desenvolvimento dos ovócitos em *Harengula clupeola*, *Urophycis brasiliensis*, *Eucinostomus argenteus*, *Isopisthus paNipinnis* e *Menticirrhus americanus* (Teleostei)*, **Bolm. Inst. Oceanogr.**, São Paulo, 37(2):81-93.

DOMINGUEZ, P.S.; ZEINEDDINE, G.C.; ROTUNDO, M.M.; RAMIRES, M. (2016). A pesca artesanal no Arquipélago de Fernando de Noronha (PE), **Boletim do Instituto de Pesca**, 42(1): 241-251. DOI: 10.20950/1678-2305.2016v42n1p246.

EKSTRZM, P. & MEISSL, H. 1997. The pineal organ of teleost fishes. *Reviews in Fish Biology and Fisheries*, 7, 199-284.

FÁLCÓN J, MIGAUD H, MUÑOS-CUETO JAE, CARRILLO M. Current knowledge on the melatonin system in teleost fish. **Gen Comp Endocrinol**, v.165, p.469-482, 2010.

FALCÓN, J., BESSEAU, L., SAUZET, S. & BOEUF, G. Melatonin effects on the hypothalamo– pituitary axis in fish. **Trends in Endocrinology & Metabolism**, 18, 81-88. 2007

FARRELL, E.D.; HUSSY, K.; COAD, J.O.; CLAUSEN, L.W.; CLARKE, M.W. (2012). Oocyte development and maturity classification of boarfish (*Capros aper*) in the Northeast Atlantic. ICES. **Journal of Marine Science**, 69(4): 498–507. doi.org/10.1093/icesjms/fss037.

FERREIRA-ARAÚJO, T., HOLLANDA-CARVALHO, P., DI DARIO, F. et al. Different roles of the Amazon-Orinoco barrier on the genetic structure of two sardine genera from the Western Atlantic Ocean. **Hydrobiologia** 851, 2429–2445 (2024). <https://doi.org/10.1007/s10750-023-05468-0>

FÉLIX, FC, SPACH, HL, MORO, PS, SCHWARZ Jr., R, Santos, C, HACKRADT, CW & M Hostim-Silva. 2007. Utilization patterns of surf zone inhabiting fish from beaches in Southern Brazil. **Pan-Amer. J. Aquat. Sci.** 2: 27-39.

FREHSE, F.de A. (2006). Estrutura da População de três espécies da família Clupeidae: *Harengull clupeola*, *Opisthonema oglinum* e *Sardinella brasiliensis*, no Complexo Estuarino de Paranaguá, Paraná. **Monografia**, Curso de Ciências Biológicas da Universidade Federal do Paraná, 28p.

GARCÍA-CAGIDE, A., CLARO, R. & KOSHELEV, B. V. (1994). Reproducción. In R. Claro (Ed.) *Ecología de los peces marinos de Cuba*, (pp. 187-262). Chetumal, Q. R. México: **Inst. Oceanol.** Acad. Crinc. Cuba and Cent. Invest. Quintana Roo (CIQRO).

GARLA, R.C. (2004). Ecologia e conservação dos tubarões do Arquipélago de Fernando de Noronha, com ênfase no tubarão-cabeça-decesto *Carcharhinus perezi* (Poey, 1876) (Carcharhiniformes, Carcharhinidae). São Paulo. 173f. (**Tese de Doutorado**. Instituto de Biociências da Universidade Estadual Paulista, Rio Claro).

HOUDE, E.D. 1977. Abundance and potential yield of the thread herring, *Opisthonema oglinum*, and aspects of its early life history in the eastern Gulf of Mexico. **Fisheries Bulletin** 75:493-512.

HUNTER, J.R.; LO, N.C.H.; LEONG, R.J.H. (1985). Batch fecundity in multiple spawning fish. In: Lasker, R. An egg production method for estimating spawning biomass of pelagic fish: application to the northern anchovy, *Engraulis mordax*. NOAA, Technical Report. **National Marine Fisheries Service**, 36(1): 67-77.

IBAMA. (2005). PLANO DE MANEJO. ÁREA DE PRESERVAÇÃO AMBIENTAL – FERNANDO DE NORONHA-ROCAS - SÃO PEDRO E SÃO PAULO. **Ministério de Meio Ambiente e IBAMA**. Versão Final.

JONES, C.M. (1992). Development and application of the otolith increment technique. In Otolith Microstructure Examination and Analysis (Stevenson, D. K. & Campana, S. E., eds) Canadian Special Publication of Fisheries and Aquatic Sciences 117; **Department of Fisheries and Oceans**, Ottawa: 1 - 11.

KING, M. 2007. Fisheries biology, assessment and management. Oxford, **Blackwell Publishing**, 341 p. 10.1002/9781118688038

KORTA, M. 2010. New methodologies applied to quantify the dynamics of the ovary in indeterminate fecundity species. Ph.D. diss., 208 p. Univ. Basque Country, Leioa, Spain.

LEMOS, C.A. (2013). Estrutura da população e crescimento da sardinha cascuda, *Harengula clupeiola* (CUVIER, 1829) (CLUPEIFORMES: CLUPEIDAE) na bacia do sudeste do Brasil, **Dissertação** apresentada ao Programa de Pós-graduação em Aquicultura e Pesca do Instituto de Pesca - APTA - SAA, 55p.

LESSA, R.; DUARTE-NETO, P.; MORIZE, E; MACIEL, R. (2008), Otolith microstructure analysis with OTC validation confirms age overestimation in Atlantic thread herring *Opisthonema oglinum* from north-eastern Brazil. **Journal of Fish Biology** 73, 1690-1700.

LINS E SILVA, M.B., 2016. A pesca em Fernando de Noronha. Relato apresentado no processo de discussão sobre a pesca da sardinha para uso como isca, 3 p.

MARTINEZ-CHAVEZ CC, AL-KHAMEES S, CAMPOS-MENDOZA A, PENMAN DJ, MIGAUD H. Clock controlled endogenous melatonin rhythms in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus niloticus*) and African catfish (*Clarias gariepinus*). *Chronobiol Int*, v.25, p.31-49, 2008.

MESTER, R., R.M. Ros, L. MESTER, 1974. Estudio histológico de las gónadas de dos especies de sardinas, *Harengula clupeiola* (Cuvier) y *Harengula humeralis* (Cuvier). *Ciencias (Invest.Mar.)*. No. 8.

Navarro e Navarro. Importância do fotoperíodo no crescimento e na reprodução de peixes. *Rev. Bras. Reprod. Anim.*, Belo Horizonte, v.36, n.2, p.94-99, abr./jun.2012. Disponível em www.cbpa.org.br 96

ORTAZ, M., M.E. ROCHA, and J.M. POSADA. 1996. Food habits of the sympatric fishes *Harengula humeralis* and *H. clupeiola* (Clupeidae) in the Archipiélago de Los Roques National Park, Venezuela. *Caribbean Journal of Science* 32(1):26-32

PANELLA, G. (1974). Otolith growth patterns: an aid in age determination in temperate and tropical fishes. In *The aging of fish* (Begenal, T. B., ed.), pp. 28-39. Unwin Brothers Ltd. Old Woking, Surrey.

PAYAN-ALEJO, J., JACOB-CERVANTES, M.L.; RODRÍGUEZ-DOMÍNGUEZ, G. (2020). Age and growth of thread herring *Opisthonema libertate*, in the southern Gulf of California. *Latin American Journal of Aquatic Research* 48, 15-22.

PEÑA-ALVARADO, N.; FIGUEROLA-FERNÁNDEZ, M.; TORRES-RUIZ, W. (2009). Reproductive biology of three importante baitfishes (Clupeidae) in Puerto Rico. *Proceedings of 61st Gulf and Caribbean Fisheries Institut*, Guadeloupe, November 10-14, 2008.

PIERCE, D.J., MAHMOUDI, B.; WILSON JR. R.R. (2001). Age and growth of the scaled herring, *Harengula jaguana*, from Florida waters as indicated by microstructure of the sagittae. *Fishery Bulletin* 99, 202-209.

POSADA, J.M., B. Álvarez, y J.A. Marval. 1988. Algunos aspectos de la biología reproductiva de las sardinas, *Harengula humerali* (Cuvier) y *Harengula clupeiola* Cuvier (Pisces: Clupeidae) en el Parque Nacional.

QUAGIO-GRASSIOTTO, I.; WILDNER, D.D.; ISHIBA, R. Gametogênese de peixes: aspectos relevantes para o manejo reprodutivo. *Revista Brasileira de Reprodução Animal*, 37(2): 181- 191, 2013

RIVAS, L.R. 1963. Genus *Harengula* Cuvier and Valenciennes 1847. In *Fishes of the Western North Atlantic*. Memoirs of the. Sears Foundation for Marine Research 1(3):386-396.

SCHULZ KF, ALTMAN DG, MOHER D, for the CONSORT Group. CONSORT 2010 Statement: updated guidelines for reporting parallel group randomised trials.

TRAVASSOS, P. (2003). Entre o pescador e o peixe a sardinha. In: TEIXEIRA, W.; U.G. Cordani, E.A. Menor; M.G. Teixeira; R. Linsker, *Arquipélago de Fernando de Noronha - o paraíso do vulcão*, Ed. **Terra Virgem**, São Paulo, p. 92.

TRAVASSOS, P. (2010). Projeto de apoio ao desenvolvimento da pesca no arquipélago de Fernando de Noronha: uso de rede levadiça e atração luminosa para a pesca de pequenos peixes pelágicos. Relatório Final, Universidade Federal Rural de Pernambuco, **Ministério da Pesca e Aquicultura**, Recife, 15 p.

TRAVASSOS, P.; CARVALHO, G. (2002). Avaliação da atividade pesqueira no Arquipélago de Fernando de Noronha, Relatório Final, projeto convênio UFRPE/Administração do Arquipélago de Fernando e Noronha, Recife, 59 p.

VAZZOLER, A.E.A.M. (1996) *Biologia da reprodução de peixes teleósteos: Teoria e prática/Apresentação* de Paulo de Tarso da Cunha Chaves. EDUEM São Paulo, Maringá.

WHITEHEAD, P.J.P. Clupeoid fishes of the world. (Suborder Clupeoidei), **FAO Species Catalogue**, v. 7, Rome, 1985.

WILSON TEIXEIRA E ROBERTO, *Arquipélago Fernando de Noronha: o paraíso do vulcão* Editora Terra Virgem Editora, 2003Universidade do Texas Digitalizado 30 ago. 2008. Num. págs. 167 páginas

WRIGHT, P.J.; PANFILI, J.; MORALES-NIN, B.; GEFFEN, A.J. (2002). Otoliths. In: **Manual of Fish Sclerochronology** (Panfili, J., Pontual H. de, Troadec, H., Wright, P. J., eds.), pp 31-57

ZIV L, LEVKOVITZ S, TOYAMA R, FALCÓN J, GOTHILF Y. Functional development of the zebrafish pineal gland: light-induced expression of period 2 is required for onset of the circadian clock. *J Neuroendocrinol*, v.17, p.314- 320, 2005.

