



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
INSTITUTO DE CIÊNCIAS DO MAR
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS MARINHAS TROPICAIS

ÍCARO BEN HUR MOREIRA PINTO MENÊZES

BIOLOGIA REPRODUTIVA DO BUDIÃO-BATATA, *Sparisoma frondosum*
(TELEOSTEI: LABRIDAE) CAPTURADOS NO LITORAL CEARENSE.

FORTALEZA

2025

ÍCARO BEN HUR MOREIRA PINTO MENÊZES

BIOLOGIA REPRODUTIVA DO BUDIÃO-BATATA, *Sparisoma frondosum*
(TELEOSTEI: LABRIDAE) CAPTURADOS NO LITORAL CEARENSE.

Dissertação apresentado ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Marinhas Tropicais da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de mestre em Ciências Marinhas Tropicais. Área de concentração: Recursos Pesqueiros.

Orientadora: Prof^a. Dra. Caroline Vieira Feitosa.

FORTALEZA
2025

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Sistema de Bibliotecas

Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

- M513r Menêzes, Ícaro Ben Hur Moreira Pinto.
Biologia Reprodutiva do Budião-Batata *Sparisoma frondosum* (Teleostei: Labridae) no Litoral Cearense.
/ Ícaro Ben Hur Moreira Pinto Menêzes. – 2025.
55 f. : il. color.
- Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Ceará, Instituto de Ciências do Mar, Programa de Pós-Graduação em Ciências Marinhas Tropicais, Fortaleza, 2025.
Orientação: Profa. Dra. Caroline Vieira Feitosa.
Coorientação: Prof. Dr. Guelson Batista da Silva.
1. Hermafroditismo protogínico. 2. Tamanho de primeira maturação sexual. 3. Função ecológica. 4. Pesca artesanal. I. Título.

CDD 551.46

ÍCARO BEN HUR MOREIRA PINTO MENÊZES

BIOLOGIA REPRODUTIVA DO BUDIÃO-BATATA, *Sparisomafrondosum* (TELEOSTEI:
LABRIDAE) NO LITORAL CEARENSE.

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Marinhas Tropicais da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de mestre em Ciências Marinhas Tropicais. Área de concentração: Recursos Pesqueiros.

Apresentada em: 28/02/2025

BANCA EXAMINADORA

Prof^ª. Dra. Caroline Vieira Feitosa (Orientadora)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Dr. Cezar Fernandes
Universidade Federal do Delta do Parnaíba (UFDPAR)

Profa. Dra. Cristina de Almeida Rocha Barreira
Universidade Federal do Ceará (UFC)

AGRADECIMENTOS

À Fundação Cearense de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico (FUNCAP), por ter concedido bolsa de Iniciação Científica pela qual foi possível a realização desta pesquisa.

À Prof. Dra. Caroline Viera Feitosa, pela excelente orientação, confiança e paciência.

Ao Laboratório de Dinâmica Populacional e Ecologia de Peixes Marinhos, que me acolheu e serviu como uma segunda casa. E aos meus colegas e amigos de laboratório, que me incentivaram e aliviaram as minhas tensões em diversos momentos.

Ao Caio, que foi meu confidente e suporte emocional ao longo de todo o mestrado.

Aos meus primos, Sara e Herisong, que serviram de base para todo meu desenvolvimento pessoal, além de estarem ao meu lado nos momentos em que eu mais precisei de um ombro amigo.

Aos meus pais, que sempre acreditaram em mim e me apoiaram durante toda minha vida, não importa o caminho que eu tenha decidido trilhar. Sem eles eu não teria chegado aonde cheguei.

A mim, que, apesar de todas as dificuldades e descontentamentos durante o curso, persisti e consegui chegar à etapa final da minha pós-graduação.

RESUMO

Os peixes-papagaios, ou budiões, são espécies da família Labridae e desempenham um papel fundamental nos ambientes recifais e costeiros no controle algal e produção de carbonato. Devido aos potenciais impactos da pesca nesta espécie, faz-se necessário entender a biologia reprodutiva desse grupo no estado do Ceará, a fim de compreender como a pesca local está afetando seu estoque. Assim, o objetivo do presente estudo foi determinar parâmetros reprodutivos do budião-batata (*Sparisoma frondosum*), uma espécie protogínica, capturado pela frota artesanal no litoral do Ceará. A população de *S. frondosum* no litoral do Ceará apresentou uma proporção sexual de fêmeas para machos de 1,15:1 (F:M), sem predominância de sexo. Porém, foi possível notar diferenças significativas entre as proporções dos sexos nos meses de março, abril, junho e dezembro, assim como nas classes de comprimento, com fêmeas mais abundantes nas classes de comprimento mais elevadas. Não foram observadas diferenças significativas entre os comprimentos padrões ($U=4729,5$, $p=0,064$) e os pesos totais ($U=4730,5$, $p=0,064$). Houve diferenças significativas nos índices gonadosomáticos ($H=45,28$; $p=4,32 \times 10^{-6}$), com os meses de abril e maio apresentando os maiores valores (1,054 e 0,558, respectivamente). Os espécimes ativamente desovando foram observados nos meses de abril e maio, enquanto que os peixes ativamente espermeando foram capturados nos meses de maio e junho. O comprimento padrão de primeira maturação sexual (L_{50}) para *S. frondosum* foi de 18,4 cm para os sexos agrupados, 19,0 cm para as fêmeas e 17,4 cm para os machos. A fecundidade média para a espécie foi de 65.383,61 ovócitos, com diâmetro dos ovócitos variando de 14,01 a 555,33 μm . A espécie apresentou desenvolvimento ovocitário assincrônico, com desova múltipla em lotes, podendo se reproduzir ao longo de todo o ano, apesar de apresentar picos reprodutivos durante os meses de abril e junho. O tamanho de primeira maturação sexual precoce para os machos pode indicar a presença de machos primários dentro da população, assim como um possível impacto da pesca nos aspectos reprodutivos da espécie, fato corroborado pela proporção igual entre machos e fêmeas, uma vez que é esperado predominância de fêmeas em espécies protogínicas. Espera-se que estes dados possam contribuir para o status de conservação da espécie no país e no estado para possíveis avaliações do estado populacional da espécie. Além disso, preenche uma importante lacuna da espécie no Ceará, uma vez que a espécie apresenta significativa importância ecológica e que atualmente sua captura tem foco para exportação.

Palavras-chave: hermafroditismo protogínico; tamanho de primeira maturação sexual; função ecológica; pesca artesanal.

ABSTRACT

Parrotfish, or budião, are a species of the Labridae family and play a fundamental role in reef and coastal environments in terms of algal control and carbonate production. Due to the potential impacts of fishing on this species, it is necessary to understand the reproductive biology of this group in the state of Ceará, in order to understand how local fishing is affecting its stock. Thus, the aim of this study was to determine the reproductive parameters of the potato budião (*Sparisoma frondosum*), a protogynous species, caught by the artisanal fleet off the coast of Ceará. The population of *S. frondosum* off the coast of Ceará showed a sex ratio of females to males of 1.15:1 (F:M), with no sex predominance. However, it was possible to notice significant differences between the sex ratios in the months of March, April, June and December, as well as in the length classes, with more abundant females in the higher length classes. There were no significant differences between standard lengths ($U=4729.5$, $p=0.064$) and total weights ($U=4730.5$, $p=0.064$). There were significant differences in the gonadosomatic indices ($H=45.28$; $p=4.32 \times 10^{-6}$), with the months of April and May showing the highest values (1.054 and 0.558, respectively). Actively spawning specimens were observed in April and May, while actively sperming fish were caught in May and June. The standard length of first sexual maturity (L_{50}) for *S. frondosum* was 18.4 cm for the grouped sexes, 19.0 cm for females and 17.4 cm for males. Average fecundity for the species was 65,383.61 oocytes, with oocyte diameter ranging from 14.01 to 555.33 μm . The species showed asynchronous ovocyte development, with multiple spawning in batches, and was able to reproduce throughout the year, despite showing reproductive peaks during the months of April and June. The early size of first sexual maturation for males may indicate the presence of primary males within the population, as well as a possible impact of fishing on the reproductive aspects of the species, a fact corroborated by the equal proportion of males and females, since a predominance of females is expected in protogynous species. It is hoped that these data will contribute to the conservation status of the species in the country and in the state for possible assessments of the species' population status. In addition, it fills an important gap for the species in Ceará, since the species is of significant ecological importance and its capture is currently focused on export.

Keywords: protogynous hermaphroditism; size at first sexual maturation; ecological function; artisanal fishing.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

- Figura 1. Mapa de localização do Mercado dos Peixes, Fortaleza-CE, Brasil. 18
- Figura 2. Budião-batata (*Sparisoma frondosum*) capturados no litoral do Ceará, Brasil. 20
- Figura 3. Cortes histológicos dos ovários de *Sparisoma frondosum*, corados com hematoxilina, apresentando as fases de maturidade sexual. A) Imaturo B) Desenvolvimento C) Capaz de desovar D) Ativamente desovando E) Regressão F) Regeneração. CP – Crescimento primário, CA – Cortical alveolar, Vtg1 – Vitelogênese primária, Vtg2 – Vitelogênese secundária, Vtg3 – Vitelogênese terciária, H – hidratação, A – Atresia, YB – Corpos amarelos. 30
- Figura 4. Cortes histológicos dos testículos de *Sparisoma frondosum*, corados com hematoxilina, apresentando as fases de maturidade sexual. A) Imaturo B) Desenvolvimento C) Capaz de desovar D) Ativamente desovando E) Regressão. Sg – Espermatogônia, Stc – Espermatócito, L – Lúmen, Sz – Espermatozóide, EGD – Epitélio germinativo descontínuo, Sc – Espermatocisto. 31
- Figura 5. Cortes histológicos do ovário de *Sparisoma frondosum*, corados com hematoxilina, apresentando a transação sexual de uma fêmea para macho. A) Estrutura de “cachos de uva” característica dos ovários de fêmeas do budião-batata B) Zoom mostrando a presença de células masculinas e femininas na mesma gônada. Sg – Espermatogônia, A – Atresia. 32

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1. Descrição macro e microscópica geral dos estágios de maturação gonadal propostos por Brown-Peterson et al. (2011). 22
- Tabela 2. Variação do comprimento padrão (cm) e do peso total (g) do budião-batata (*Sparisoma frondosum*) capturados no litoral do Ceará durante o período de dezembro de 2020 a maio de 2022. 25
- Tabela 3. Variáveis das relações entre o comprimento padrão e o peso total do budião-batata (*Sparisoma frondosum*) capturados no litoral do Ceará durante o período de janeiro de 2021 a dezembro de 2021, para os sexos agrupados e separados. 27
- Tabela 4. Proporção sexual por mês do budião-batata (*Sparisoma frondosum*) capturados durante o ano de 2021 no litoral do Ceará, Brasil. 28
- Tabela 5. Proporção sexual por classe de comprimento do budião-batata (*Sparisoma frondosum*) capturados no litoral do Ceará durante o período de janeiro de 2021 a dezembro de 2021. 28
- Tabela 6. Comparações post-hoc pelo teste de Dunn entre os diâmetros dos ovócitos do budião-batata (*Sparisoma frondosum*) capturados no litoral do Ceará durante o período de janeiro de 2021 a dezembro de 2021. 38

LISTA DE GRÁFICOS

- Gráfico 1. Relação entre o comprimento padrão e o peso total do budião-batata (*Sparisoma frondosum*) capturados no litoral do Ceará durante o período de dezembro de 2020 a maio de 2022. 26
- Gráfico 2. Relação entre o comprimento padrão e o peso total das fêmeas do budião-batata (*Sparisoma frondosum*) capturados no litoral do Ceará durante o período de dezembro de 2020 a maio de 2022. 26
- Gráfico 3. Relação entre o comprimento padrão e o peso total dos machos do budião-batata (*Sparisoma frondosum*) capturados no litoral do Ceará durante o período de dezembro de 2020 a maio de 2022. 27
- Gráfico 4. Distribuição do comprimento padrão do budiões-batata (*Sparisoma frondosum*) capturados no litoral do Ceará durante o período de janeiro de 2021 a dezembro de 2021. 29
- Gráfico 5. Proporção mensal dos estágios de maturidade sexual de fêmeas do budião-batata (*Sparisoma frondosum*) capturados no litoral do Ceará durante o período de janeiro de 2021 a dezembro de 2021. 33
- Gráfico 6. Proporção mensal dos estágios de maturidade sexual de machos do budião-batata (*Sparisoma frondosum*) capturados no litoral de Ceará durante o período de janeiro de 2021 a dezembro de 2021. 33
- Gráfico 7. Relação entre o comprimento padrão e o peso dos ovários das fêmeas de *Sparisoma frondosum* capturadas no litoral do Ceará durante o período de janeiro de 2021 a dezembro de 2021. 34
- Gráfico 8. Relação entre o comprimento padrão e o peso dos testículos de machos de *Sparisoma frondosum* capturadas no litoral do Ceará durante o período de janeiro de 2021 a dezembro de 2021. 34
- Gráfico 9. Boxplot da variação mensal do índice gonadossomático do budião-batata (*Sparisoma frondosum*) capturados no litoral do Ceará durante o período de janeiro de 2021 a dezembro de 2021, considerando os sexos agrupados. 35

- Gráfico 10. Boxplot da variação mensal do índice gonadosomático das fêmeas do budião-batata (*Sparisoma frondosum*) capturados no litoral do Ceará durante o período de janeiro de 2021 a dezembro de 2021. 36
- Gráfico 11. Boxplot da variação mensal do índice gonadosomático dos machos do budião-batata (*Sparisoma frondosum*) capturados no litoral do Ceará durante o período de janeiro de 2021 a dezembro de 2021. 36
- Gráfico 12. Variação do índice gonadosomático do budião-batata (*Sparisoma frondosum*) e da precipitação no litoral do Ceará durante o período de janeiro de 2021 a dezembro de 2021. 37
- Gráfico 13. Comprimento médio de primeira maturidade (L50) para os sexos agrupados (rosa), fêmeas (verde) e machos (azul) do budião-batata (*Sparisoma frondosum*) capturados no litoral do Ceará durante o período de janeiro de 2021 a dezembro de 2021. 38
- Gráfico 14. Boxplot do diâmetro dos ovócitos por estágio de desenvolvimento ovocitário do budião-batata (*Sparisoma frondosum*) capturados no litoral do Ceará durante o período de janeiro de 2021 a dezembro de 2021. CP – Crescimento primário, CA – Cortical alveolar, Vtg1 – Vitelogênese primária, Vtg2 – Vitelogênese secundária, Vtg3 – Vitelogênese terciária, H – hidratação. 39
- Gráfico 15. Abundância por classe de diâmetro dos ovócitos por estágio de desenvolvimento ovocitário do budião-batata (*Sparisoma frondosum*) capturados no litoral do Ceará durante o período de janeiro de 2021 a dezembro de 2021. CP – Crescimento primário, CA – Cortical alveolar, Vtg1 – Vitelogênese primária, Vtg2 – Vitelogênese secundária, Vtg3 – Vitelogênese terciária, H – hidratação. 40

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	12
2	OBJETIVOS	17
3	MATERIAL E MÉTODOS	18
4	RESULTADOS	25
5	DISCUSSÃO	41
6	CONCLUSÃO	46
7	REFERÊNCIAS	48

1. INTRODUÇÃO

Globalmente, diversas comunidades litorâneas dependem da pesca, direta ou indiretamente, como fonte de emprego, renda e alimento, fato que evidencia a importância dos recursos pesqueiros nas esferas econômica, social e ecológica (Diegues, 2000; Gasalla, 2004). Dentre os ambientes marinhos explorados pela pesca, os ecossistemas recifais são reconhecidos pela contribuição positiva na vida e nutrição de populações costeiras (Hughes et al., 2012; Woodhead et al., 2019), mostrando a relevância desse ecossistema. Ao todo, cerca de seis milhões de pescadores operam de forma recreacional, comercial ou para garantir a sua subsistência (Munro et al., 1996; Teh et al., 2013; Kittinger et al., 2015; Mora, 2015).

No Brasil, a pesca artesanal é uma importante e reconhecida forma de extrativismo marinho, que sustenta diversas famílias, gera empregos e supre o comércio (Fonteles, 2011; Santos et al., 2012). Os recursos capturados são diversos, incluindo peixes, crustáceos e moluscos, os quais são capturados com uma gama de petrechos (e.g. manzuá, linha e anzol, rede de espera; (Marques et al., 2020; Lucena-Frédou et al. 2021).

Infelizmente, apesar da tradição e importância da pesca artesanal no litoral brasileiro, a atividade não é monitorada e conseqüentemente, a gestão pesqueira, a depender da pescaria, inexistente ou não é eficiente. O gerenciamento costeiro dos estoques pesqueiros de países desenvolvidos vem sendo aprimorado, ao contrário dos países em desenvolvimento, que ainda não conseguem geri-los de forma eficiente (Ye e Gutierrez, 2017). Isso se deve a falta de recursos e interesse dos setores públicos no levantamento de dados de desembarque na última década. Dados oficiais sobre o desembarque no litoral brasileiro, principalmente o comercial, são escassos e, desde o ano de 2010, não há publicações de boletins estatísticos sobre a pesca nacional (ICMBIO, 2020). Desde então, os dados provenientes da pesca são adquiridos, compilados, tratados e publicados quase que exclusivamente por meio de pesquisas das instituições de ensino e pesquisa, como universidades e projetos encabeçados por pesquisadores independentes.

Essa lacuna de informações é alarmante, uma vez que a pesca artesanal no país depende majoritariamente dos estoques presentes em ecossistemas recifais (Allison e Ellis, 2001) e a falta de dados de capturas para compor um banco nacional, fundamental para avaliações de estoques robustas, comprometem a gestão e manejo dos recursos pesqueiros no Brasil.

Uma consequência da falta de dados é a decorrente sobreexploração de predadores de topo e mesopredadores, os quais apresentam grande importância comercial, a exemplo das famílias lutjanidae e epinephelidae (Da Rocha, 1999; Micheson et al., 2012; Santos, 2012), observada ao longo de décadas e a substituição destes alvos por peixes herbívoros, não necessariamente de grande porte (Pauly et al., 1998; Hughes et al., 2007). Como não há monitoramento da pesca artesanal no Brasil, detectar flutuações ou declínios na abundância das espécies se torna uma tarefa árdua e, mediante isso, impossibilita traçar ferramentas de gestão e políticas para evitar a sobreexploração de determinados recursos. Um exemplo bem claro disso foi o crescimento da pressão pesqueira sobre os budiões, uma família composta por peixes herbívoros, nas últimas décadas em todo o mundo (Francini-Filho e Moura, 2008; Edwards et al., 2013; Bender et al., 2014; Previero, 2014).

A sobreexploração de espécies que desempenham a herbivoria nos recifes afeta negativamente o ecossistema, resultando em phase shift devido à redução de cobertura coralínea e dominância algal. Esta modificação na dominância impacta a resiliência desse ecossistema (Hughes et al., 2007; Mumby et al., 2007; Lokrantz et al., 2009; Bellwood et al., 2012). Este fator pode se agravar em áreas onde já foram demonstradas reduções preocupantes na abundância de peixes recifais (Paddock et al., 2009).

Essa resiliência fica comprometida quando os peixes-papagaios ou budiões, são capturados em excesso. Esses peixes teleósteos compreendem a família Labridae, sendo abundantes e frequentes em sistemas recifais e/ou intertidais (Floeter et al., 2007; Cunha et al., 2008; Pereira et al., 2022). Ademais, ocorrem em outros ecossistemas adjacentes, como estuários (Gurgel-Lourenço et al. 2023), bancos de macroalgas (Chaves; Pereira; Feitosa, 2013) e angiospermas marinhas. Entretanto, são os herbívoros característicos dos recifes, principalmente em termos de abundância e biomassa em latitudes tropicais e subtropicais (Choat e Randall, 1986; Francini-Filho e Moura, 2008). Possuem um colorido vibrante, apresentando dicromatismo sexual e ontológico, comumente apresentando o colorido associado à fase de desenvolvimento, sendo utilizados os termos fase inicial ou final (Choat; Randall, 1986; Streelman et al., 2002).

Essas espécies alimentam-se de matriz de algas epilíticas, ou seja, a comunidade dessas algas em associação a detritos orgânicos, micróbios e sedimento inorgânico (Wilson; Bellwood, 1997). Entretanto, também podem se alimentar diretamente de organismos sésseis vivos, como os pólipos de corais, exercendo assim a importante função ecológica da

herbivoria no equilíbrio dos sistemas em que habitam (Wilson et al., 2003; Bonaldo; Hoey; Bellwood, 2014; Bellwood et al., 2019). Para isso, a morfologia do seu aparato bucal é modificada para a poda de algas e/ou raspagem dos corais.

Assim, atuam de duas formas: 1) influenciando sobre a densidade e distribuição de organismos sésseis, principalmente das algas, consequentemente favorecem o assentamento de larvas de corais no recife, uma vez que as algas representam o principal táxon competidor por espaço e 2) transformando restos de material biológicos e detritos em sedimentos que serão depositados no ambiente recifal, através dos seus mecanismos de raspagem e escavação, caracterizando-os como agentes de bioerosão marinha (Bellwood; Choat, 1990; Streelman et al., 2002; Bonaldo; Hoey; Bellwood, 2014).

Estes hábitos essenciais para o equilíbrio dos ambientes recifais conferem às espécies de budião uma importância ecológica ímpar, destacando a necessidade da manutenção de populações saudáveis e de esforços para a conservação do táxon no litoral brasileiro, uma vez que a intensidade e a eficiência de suas funções ecológicas dependem diretamente da abundância da população no estoque, assim como do tamanho dos indivíduos (Bonaldo e Bellwood, 2008; Lokrantz et al., 2009).

Para além das funções ecológicas exercidas pelos budiões, é necessário levar em consideração seus aspectos reprodutivos quando se fala em gestão dos estoques. A reprodução é o meio pelo qual as espécies se renovam e mantêm seus estoques e, quando ocorre alguma perturbação que afete diretamente esse processo, como o caso da sobrepesca, as populações enfrentam consequências desastrosas. Assim, é possível observar a redução na abundância ou a alteração na estrutura etária, fatores que se agravam quando a espécie apresenta uma maturação sexual tardia ou baixa fecundidade ou, ainda, hermafroditismo, no qual a pesca de indivíduos maiores pode levar à sobrepesca de apenas um sexo e, consequentemente, ao desequilíbrio na proporção sexual e maturação precoce (Vazzoler, 1996; Hawkins; Roberts, 2004; Birkeland; Dayton, 2005).

A maioria das espécies de budiões tem como mecanismo reprodutivo o hermafroditismo protogínico, no qual os indivíduos transicionam do sexo feminino para o masculino a partir de gatilhos sociais, quando há a necessidade de reposição de machos na população, ou quando chegam em determinado tamanho (Reinboth 1967; Choat and Robertson 1975). Além disso, esses peixes apresentam dois tipos de estratégias reprodutivas, a diandria e a monandria (Robertson; Warner 1978). Na primeira, as espécies nascem como

fêmeas e depois se transformam em machos ou nascem diretamente como machos e permanecem assim ao longo da vida, enquanto que na última todos os indivíduos nascem como fêmeas, com potencial para transicionar para machos no decorrer de seu desenvolvimento (Sadovy De Mitcheson; Liu, 2008). Ademais, esse grupo de organismos podem apresentar diferenças tanto no tamanho do corpo, com machos significativamente maiores que as fêmeas, assim como dicromatismo entre os sexos e/ou fases (Randall 1963; Choat et al. 1996).

Ao todo, existem aproximadamente 100 espécies de peixes-papagaios no planeta, representadas por 10 gêneros, sendo as regiões indo-pacífica e caribenha os locais com maior riqueza de espécies (Helfman et al., 1997; Parenti; Randall, 2000). No Brasil, ocorrem dez espécies, distribuídas em quatro gêneros (*Cryptotomus*, *Nicholsina*, *Scarus*, *Sparisoma*), das quais sete (*Scarus trispinosus*, *Scarus zelindae*, *Sparisoma axillare*, *Sparisoma frondosum*, *Sparisoma amplum*, *Sparisoma tuiupiranga*, *Sparisoma rocha*) são endêmicas (Pinheiro et al., 2018). Praticamente todas essas espécies estão propensas à captura, porém, apenas cinco (*S. trispinosus*, *S. zelindae*, *S. amplum*, *S. axillare* e *S. frondosum*) são comercialmente exploradas pela pesca artesanal devido ao seu maior porte e à sobreexploração de predadores de topo (Freire; Pauly, 2010; Cunha et al., 2012; Roos et al., 2016, 2020). Em decorrência disso, essas mesmas espécies apresentam algum grau de ameaça na costa brasileira, variando desde “Em Perigo” como no caso de *S. trispinosus* até “Vulnerável” para as demais espécies (Portaria nº 445/2014).

Dentre essas espécies, destacam-se aquelas pertencentes ao gênero *Sparisoma*, que são comuns em pescarias comerciais e apresentam uma abundância relativa significativa nas capturas (Ferreira e Cava, 2001). Além disso, essas mesmas espécies representam um percentual elevado na abundância de indivíduos em ambientes recifais costeiros, principalmente na sua fase juvenil (Cunha; Monteiro-neto e Nottingham, 2007; Cunha et al., 2008).

Um mosaico de condições naturais e antropogênicas evidenciam a vulnerabilidade destes organismos atualmente. Por ser um grupo composto por diversas espécies vulneráveis e endêmicas no Brasil (Moura; Figueiredo; Sazima, 2001; Queiroz-Verás et al., 2023), presentes em ecossistemas recifais que são sensíveis e ameaçados pelas mudanças climáticas (Hughes et al., 2003) e impactados pela pesca contínua e sem gestão de seus estoques, faz-se necessário estimar os parâmetros populacionais das espécies de budiões. O presente estudo

visa investigar a reprodução da espécie *Sparisoma frondosum* (budião-batata ou budião-vermelho) e produzir dados necessários para a gestão de seus estoques no litoral do Ceará, garantindo assim o seu papel ecológico nos ecossistemas em que habitam e propiciando uma pesca menos destrutiva.

Portanto, partindo-se do pressuposto que a pesca do budião-batata (*S. frondosum*) ocorre de forma intensa e difundida no litoral do Ceará, a hipótese deste trabalho é que os parâmetros populacionais da espécie no Estado, relacionados à reprodução, como o tamanho de primeira maturação sexual (L50) e fecundidade, estão sendo negativamente impactados pela pesca. Assim, espera-se que os parâmetros obtidos para essa espécie tragam luz ao estado de conservação da mesma e possa servir tanto de comparação para outros estudos ao longo do Brasil, quanto para a gestão da pesca de budiões no litoral do Ceará.

2. OBJETIVOS

2.2 Objetivo Geral

Caracterizar a biologia da reprodução, bem como os parâmetros reprodutivos do budião-batata *Sparisoma frondosum* capturados no litoral do Ceará, Brasil.

2.3 Objetivos específicos

- Determinar a proporção sexual dos espécimes amostrados;
- Calcular o índice gonadossomático mensal e avaliar sua variação anual;
- Investigar a relação entre o índice gonadossomático e a pluviosidade na região;
- Registrar as fases de desenvolvimento gonadal, caracterizando-as por sexo;
- Estimar o comprimento médio de primeira maturação sexual (L50) da espécie e por sexo;
- Investigar o desenvolvimento ovocitário quanto à sincronia;
- Estimar a fecundidade média da espécie.

3. MATERIAL E MÉTODOS

O litoral do Ceará apresenta um clima tipicamente semiárido, marcado por duas estações bem definidas: a chuvosa e a seca. A região é influenciada por sistemas meteorológicos como a Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), responsável pela distribuição das chuvas, e pelos ventos alísios, que regulam a temperatura e a umidade (Hastenrath; Heller, 1977; NOAA, 2021). A precipitação no litoral cearense é altamente sazonal, concentrando-se principalmente entre os meses fevereiro e maio, período conhecido como quadra chuvosa. Esse padrão é determinado pela atuação da ZCIT, que transporta umidade do oceano Atlântico para o continente (NOAA, 2021). Já a estação seca, que ocorre de julho a dezembro, é caracterizada por baixos índices pluviométricos (FUNCEME, 2020). Os ventos no litoral cearense são predominantemente de direção leste e nordeste, impulsionados pelos ventos alísios. Esses ventos desempenham um papel crucial na regulação da temperatura e da umidade, além de influenciarem a dinâmica das correntes marinhas e a formação de dunas costeiras (IPECE, 2019). Segundo o Instituto Nacional de Meteorologia (2021), a temperatura média anual no litoral do Ceará varia entre 26°C e 28°C, com pouca variação sazonal devido à influência moderadora do oceano (e.g. redução da amplitude térmica, efeito dos ventos marítimos).

Segundo Maia et al. (2016), a plataforma cearense apresenta uma ampla variedade de substratos, desde áreas arenosas até recifes consolidados, que sustentam uma rica biodiversidade marinha, incluindo espécies de peixes, moluscos e crustáceos de importância ecológica e econômica. Além disso, estudos como o de Vital et al. (2008) destacam a relevância dos recifes de arenito, conhecidos como "beachrock", que são comuns na costa cearense. Essas estruturas desempenham um papel crucial na proteção costeira, dissipando a energia das ondas e reduzindo a erosão litorânea. De acordo com Vital et al. (2008), os recifes de beachrock também servem como habitats para diversas espécies marinhas, contribuindo para a manutenção dos estoques pesqueiros e para a sustentabilidade das comunidades costeiras.

As amostras foram obtidas na enseada do Mucuripe, área de importante desembarque pesqueiro localizada em Fortaleza nas imediações do Mercado dos Peixes, oriundas da produção artesanal local. A maioria dos exemplares foi capturada através de armadilhas/viveiros para peixe, dispostos ao longo do litoral dos municípios de Fortaleza a

Morro Branco, enquanto os demais indivíduos foram capturados por linha-de-mão e rede de espera no litoral de Fortaleza.

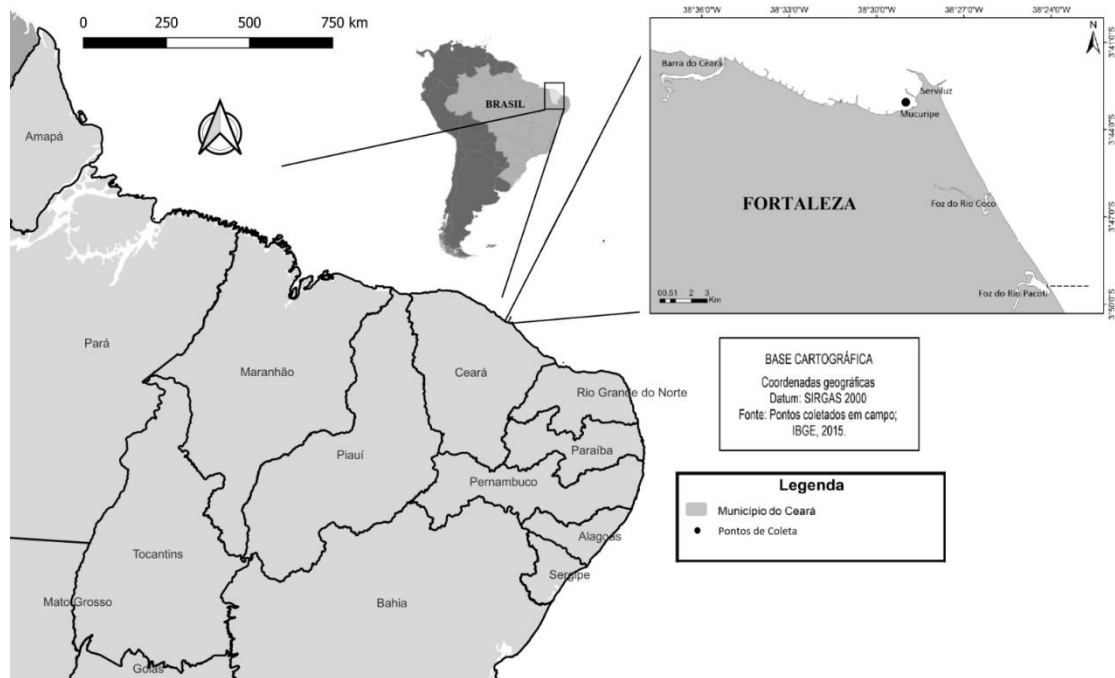


Figura 1. Mapa de localização do Mercado dos Peixes, Fortaleza-CE, Brasil.

Fonte: Autor.

Os budiões-batata (Figura 2) foram adquiridos mensalmente, durante o período de dezembro de 2020 a maio de 2022 e transportados para o Laboratório de Dinâmica Populacional e Ecologia de Peixes Marinhos (DIPEMAR) do Instituto de Ciências do Mar (LABOMAR - UFC). No laboratório, os indivíduos foram medidos com o auxílio de paquímetro digital, aferindo-se o comprimento padrão (CP) e o peso total (PT).



Figura 2. Budião-batata (*Sparisoma frondosum*) capturados no litoral do Ceará, Brasil.

Fonte: Caroline.

Após a biometria, os peixes foram dissecados para a identificação do sexo e remoção das gônadas, aferindo-se seus pesos. Em seguida, foram identificados os estágios de maturação gonadal a partir das características macroscópicas propostas por Brown-Peterson et al. (2011). Na sequência, as gonadas foram fixadas em formalina 10% por 48 horas, sendo transferidas para álcool 70% para a conservação das estruturas.

Para cada gônada fixada, uma porção mediana era removida para processamento histológico das gônadas. Foi utilizado um protocolo de análises modificado de Vazzoler (1996), no qual as gônadas foram seccionadas na parte central e, posteriormente, cada secção passou por uma bateria de desidratação em álcool (80%, 95%, 100% I e 100% II), seguida por uma bateria de diafanização em xilol (álcool + xilol em partes iguais, Xilol I, Xilol II) e, por fim, inclusão em parafina (parafina I, parafina II). Cada bateria consistiu na submersão dos histocassetes por 50 minutos.

Fixadas, as gônadas passaram por uma análise histológica no laboratório de Bioecologia Pesqueira (Biopesca) da Universidade Federal do Piauí-UFPI para avaliação microscópica.

Após o preparo dos blocos de parafina, estes foram seccionados em micrótomo Lupetec modelo MRP2015 a uma espessura de 5 μ m. Os cortes foram submetidos a um

banho-maria em água com uma pequena quantidade de gelatina incolor, sem sabor, diluída para não haver expansão do material histológico, à uma temperatura variando entre 60°C, aproximadamente. Imediatamente após a extensão do corte na água, fez-se a retirada da amostra com o auxílio de uma lâmina de ponta fosca, previamente identificada.

Em seguida, o excesso de parafina foi retirado das lâminas e estas foram submetidas ao seguinte protocolo de hidratação: xilol I, xilol II, álcool 100%, álcool 100% II, álcool 95%, álcool 80%, álcool 70%, água destilada. Cada lâmina permaneceu por um minuto em cada solução. Posteriormente, as lâminas foram coradas com hematoxilina Harris por dois minutos e com eosina por três minutos. Então, as lâminas foram lavadas em água corrente para remoção do corante e passaram pelo procedimento de desidratação e diafanização das lâminas, com tempo de banho em cada solução de 25 segundos. Enfim, foi feita a montagem das lâminas utilizando Entellan® e lamínula.

As análises histológicas foram realizadas com microscópio binocular Nova com aumento de 40, 100 e 400x. Para a identificação microscópica das gônadas foi considerada a nomenclatura sugerida por Brown-Peterson et al. (2011) (Tabela 1).

Tabela 1. Descrição macro e microscópica geral dos estágios de maturação gonadal adaptado de Brown-Peterson et al. (2011).

Fase	Características macroscópicas e histológicas
♀	
Imaturo	Ovários pequenos, frequentemente claros, vasos sanguíneos indistintos. Apenas oogônia e oócitos PG presentes. Sem atresia ou feixes musculares. Parede ovariana fina e pouco espaço entre os oócitos.
Desenvolvimento	Aumento dos ovários, vasos sanguíneos tornando-se mais distintos. Oócitos PG, CA, Vtg1 e Vtg2 presentes. Não há evidência de POFs ou oócitos Vtg3. Pode estar presente alguma atresia.
Capaz	Ovários grandes, vasos sanguíneos proeminentes. Oócitos individuais visíveis macroscopicamente. Oócitos Vtg3 presentes ou POFs presentes em reprodutores em lotes. Atresia de ovócitos vitelogênicos e/ou oócitos hidratados podendo estar presentes. As fases iniciais de OM podem estar presentes.
Ativo	Oócitos em fase tardia de GVM, GVBD, hidratação ou ovulação.
Regressão	Ovários flácidos, vasos sanguíneos proeminentes. Atresia (qualquer estágio) e POFs presentes. Alguns oócitos CA e/ou oócitos vitelogênicos (Vtg1, Vtg2) presentes.
Regeneração	Ovários pequenos, vasos sanguíneos reduzidos, mas presentes. Apenas oogônias e oócitos PG presentes. Feixes musculares, vasos sanguíneos aumentados, parede ovariana espessa e/ou atresia gama/delta ou FOPs antigas e degeneradas podem estar presentes.
♂	
Imaturo	Testículos pequenos, frequentemente claros e filiformes. Apenas Sg1 presente; sem lúmen nos lóbulos.
Desenvolvimento	Testículos pequenos, mas facilmente identificáveis. Espermatocistos evidentes ao longo dos lóbulos. Sg2, Sc1, Sc2, St e Sz podem estar presentes nos espermatocistos. Sz não está presente no lúmen dos lóbulos ou nos dutos de esperma. GE contínuo por toda parte.
Capaz	Testículos grandes e firmes. Sz no lúmen dos lóbulos e/ou dos ductos espermáticos. Todas as fases da espermatogênese (Sg2, Sc, St, Sz) podem estar presentes. Espermatocistos em todo o testículo, espermatogênese ativa. GE pode ser contínuo ou descontínuo.
Ativo	O esperma é liberado com uma ligeira pressão no abdômen. Subfases histológicas baseadas na estrutura da GE. GE precoce: GE contínuo em todos os lóbulos dos testículos. GE médio: GE contínuo nos espermatocistos na periferia do testículo, GE descontínuo nos lóbulos próximos dos ductos. GE tardio: GE descontínuo em todos os lóbulos dos testículos.
Regressão	Testículos pequenos e flácidos, sem liberação de esperma com pressão. Sz residual presente no lúmen dos lóbulos e nos ductos espermáticos. Espermatocistos amplamente espalhados perto da periferia contendo Sc2, St, Sz. Pouca ou nenhuma espermatogênese ativa. Proliferação de espermatogônias e regeneração de GE comum na periferia dos testículos.
Regeneração	Testículos pequenos, frequentemente filiformes, sem espermatocistos. O lúmen do lóbulo é muitas vezes inexistente. Proliferação de espermatogônias em todos os testículos. GE contínuo em toda a extensão. Pequena quantidade de Sz residual ocasionalmente presente no lúmen dos lóbulos e no ducto espermático.

Fonte: Brown-Peterson et al. (2011).

3.1. Análise dos dados

As proporções sexuais foram estimadas por mês e por classes de comprimento, sendo testadas pelo χ^2 (qui-quadrado). Para a obtenção do índice gonadosomático (IGS) mensal foi usada a equação:

$$\text{IGS} = \text{PG}/\text{PT} \cdot 100 \text{ (Vazzoler, 1996)}$$

Onde:

PG = peso da gônada (g);

PT = peso total (g).

Para estimar o comprimento no qual 50% dos indivíduos estão sexualmente maduros (L50), utilizou-se a regressão logística. A escolha do método deveu-se ao seu amplo uso para modelar a relação entre uma variável resposta binária (neste caso, maturidade sexual: 0 = imaturo, 1 = maturo) e uma ou mais variáveis preditoras (neste caso, o comprimento padrão).

A análise foi realizada no ambiente R (versão 4.4.2), utilizando a função glm (Generalized Linear Models) do pacote stats, nativo do R. A função glm foi configurada com a família binomial e a função de ligação logit, conforme o padrão para modelos de regressão logística. O modelo ajustado tem a seguinte forma:

$$\text{logit}(p) = \beta_0 + \beta_1 \cdot \text{Comprimento Padrão}$$

Onde:

pp é a probabilidade de um indivíduo estar sexualmente maduro.

β_0 é o intercepto do modelo.

β_1 é o coeficiente associado ao comprimento padrão.

O L50 foi calculado como o comprimento no qual a probabilidade de maturidade sexual é igual a 0.5, utilizando a fórmula:

$$\text{L50} = -\beta_0 / \beta_1$$

Para garantir a robustez da análise, o L50 foi estimado separadamente para machos e fêmeas, além de ser calculado para o conjunto de dados agrupado (todos os indivíduos). A significância estatística dos coeficientes do modelo foi avaliada por meio do teste de Wald, com um nível de significância de $\alpha=0,05$.

A visualização das curvas de maturação e dos pontos de L50 foi realizada utilizando o pacote ggplot2, que permitiu a plotagem das curvas de regressão logística para cada grupo (todos os indivíduos, machos e fêmeas), bem como a identificação gráfica dos valores de L50.

A fecundidade foi determinada pelo método gravimétrico proposto por Hunter; Macewicz (1985) e Murua; Saborido-Rey (2003), no qual uma pequena porção da gônada de indivíduos ativamente desovando ou capazes de desovar (que apresentavam os maiores valores de IGS), foi pesada em uma balança analítica. Em seguida, os ovócitos foram contados em um estereoscópio binocular. A fecundidade (F) foi calculada pela equação: $F=N/PP*PG$, onde N=número de ovócitos contados, PP=peso da porção pesada (g) e PG=peso da gônada (g).

Os dados de comprimento padrão, peso total, IGS e diâmetro dos ovócitos foram testados quanto à normalidade (teste de Shapiro-Wilk) e homocedastidade (teste de Levene). Em seguida, foram aplicados os testes não paramétricos de Mann-Whitney para avaliar as relações do comprimento padrão e do peso total entre os sexos e Kruskal-Wallis para verificar as variações mensais no IGS entre sexos agrupados e separados e as variações no diâmetro dos ovócitos para cada fase de maturação das células. O software estatístico PAST (HAMMER; HARPER; RYAN, 2001) foi utilizado. O nível de significância de 0,05 foi estabelecido para todos os tratamentos estatísticos citados.

4. RESULTADOS

Foram adquiridos 233 indivíduos, sendo 223 (95,71%) capturados por armadilhas/viveiros, com o auxílio de pedaços de coco. Os demais foram obtidos em rede de espera (1,29%) ou linha e anzol (3%), utilizando-se como isca filé de peixe. Para tanto, os pescadores atuavam em jangadas ou barcos a motor, com três a cinco pescadores, respectivamente. Os pesqueiros localizavam-se entre 30 e 183 metros, com média de 75,58 metros, em fundos de pedra e/ou cascalho.

Na tabela 2 constam os comprimentos padrões e os pesos totais dos peixes capturados no litoral do Ceará ao longo do período amostral, considerando os sexos agrupados e separados.

Tabela 2. Variação do comprimento padrão (cm) e do peso total (g) do budião-batata (*Sparisoma frondosum*) capturados no litoral do Ceará durante o período de dezembro de 2020 a maio de 2022.

Característica	Geral	Fêmeas	Machos	Transição
Comprimento Padrão (cm)				
Mínimo	15,9	16,3	15,9	30,8
Máximo	30,8	30,0	27,7	
Mediana	21,5	21,2	22,35	
Peso Total (g)				
Mínimo	97,57	97,57	109,21	1000,00
Máximo	1000,00	904,35	765,0	
Mediana	360,00	345,0	391,87	

Fonte: Autor.

Não foram observadas diferenças significativas quanto ao comprimento e ao peso entre os sexos (Comprimento: $U=4729,5$, $p=0,064$; Peso: $U=4730,5$, $p=0,064$), logo foi construída uma única relação entre peso total e comprimento padrão para a população considerando os sexos agrupados e para os sexos separados (Gráfico 1, 2 e 3; Tabela 3).

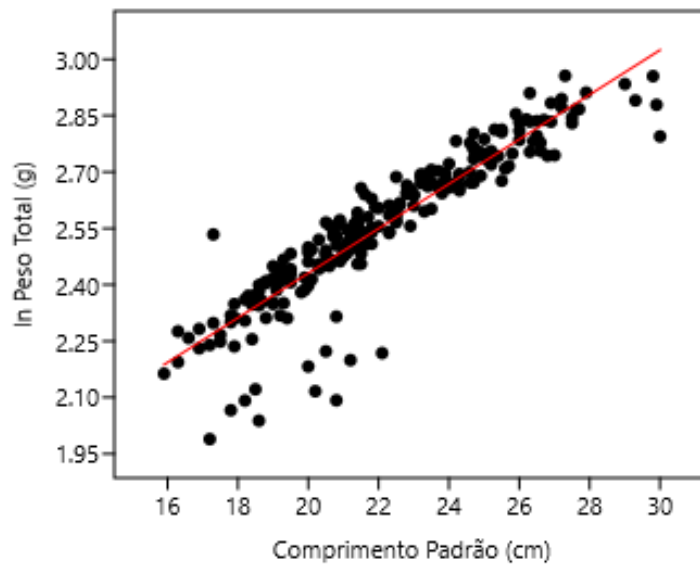


Gráfico 1. Relação entre o comprimento padrão e o peso total do budião-batata (*Sparisoma frondosum*) capturados no litoral do Ceará durante o período de dezembro de 2020 a maio de 2022.

Fonte: Autor.

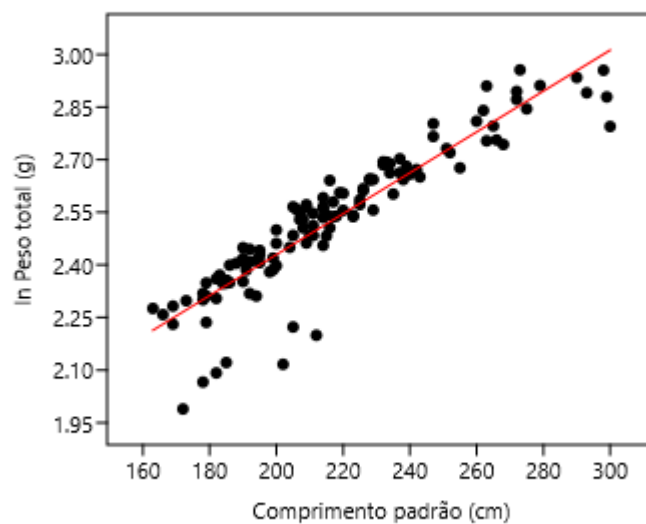


Gráfico 2. Relação entre o comprimento padrão e o peso total das fêmeas do budião-batata (*Sparisoma frondosum*) capturados no litoral do Ceará durante o período de dezembro de 2020 a maio de 2022.

Fonte: Autor.

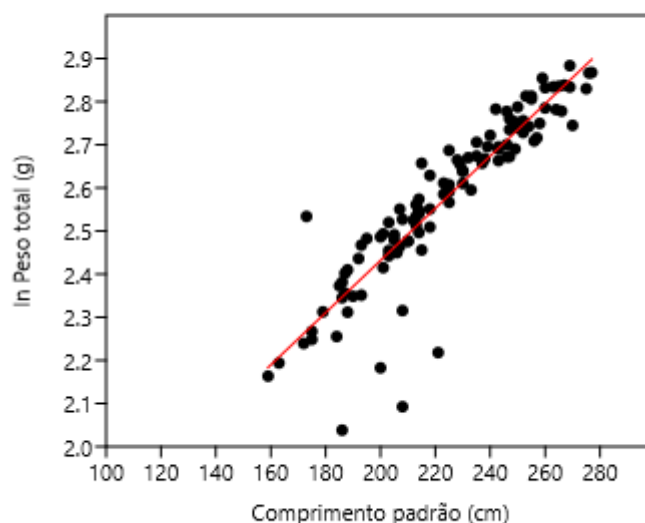


Gráfico 3. Relação entre o comprimento padrão e o peso total dos machos do budião-batata (*Sparisoma frondosum*) capturados no litoral do Ceará durante o período de dezembro de 2020 a maio de 2022.

Fonte: Autor.

Tabela 3. Variáveis das relações entre o comprimento padrão e o peso total do budião-batata (*Sparisoma frondosum*) capturados no litoral do Ceará durante o período de janeiro de 2021 a dezembro de 2021, para os sexos agrupados e separados.

Parâmetro	Geral	Fêmeas	Machos
Valor de p	8,9282E-92	1,58E-48	8,24E-42
Valor do coeficiente angular	0,00591	0,0058	0,0061
Valor do intercepto	1,2490	1,2631	1,2199
Coeficiente de correlação (r)	0,9128	0,9143	0,9047
Coeficiente de determinação (R ²)	0,8331	0,8359	0,8184

Fonte: Autor.

Dos 233 espécimes coletados, 200 foram caracterizados quanto ao sexo, sendo 107 fêmeas e 93 machos. A proporção sexual de fêmeas para machos foi de 1,15:1 (F:M), sem diferença significativa entre os sexos ($X^2=0,49$). Porém, foi registrada predominância de determinado sexo (Tabela 4), nos meses de março, abril, junho, outubro e dezembro. O único mês que apresentou proporção igual para ambos os sexos foi julho (1:1).

Tabela 4. Proporção sexual por mês do budião-batata (*Sparisoma frondosum*) capturados durante o ano de 2021 no litoral do Ceará, Brasil.

Mês	Fêmeas (n)	Machos (n)	Fêmeas (%)	Machos (%)	X^2
Janeiro	8	7	53,33	46,67	0,44
Fevereiro	9	11	45,00	55,00	1,00
Março	20	9	68,97	31,03	14,39*
Abril	5	9	35,71	64,29	8,16*
Maio	11	14	44,00	56,00	1,44
Junho	12	4	75,00	25,00	25,00*
Julho	7	7	50,00	50,00	0,00
Agosto	5	7	41,67	58,33	2,78
Setembro	6	8	42,86	57,14	2,04
Outubro	9	6	60,00	40,00	4,00
Novembro	7	5	58,33	41,67	2,78
Dezembro	11	6	64,71	35,29	8,65*
Σ	107	93	53,50	46,50	0,49
*nível de significância $\alpha = 0,05$					

Fonte: Autor.

Quanto às classes de comprimento, a proporção sexual apresentou diferenças significativas em cinco das oito classes observadas, com machos mais abundantes na classe de 25,0 F 27,0 cm, enquanto que as fêmeas foram mais abundantes nas classes 15,0 F 17,0 cm, 19,0 F 21,0 cm, 27,0 F 29,0 cm e 29,0 F 31,0 cm, com a última composta apenas por fêmeas (Tabela 5, Gráfico 4).

Tabela 5. Proporção sexual por classe de comprimento do budião-batata (*Sparisoma frondosum*) capturados no litoral do Ceará durante o período de janeiro de 2021 a dezembro de 2021.

Intervalo de classe	Fêmeas (n)	Machos (n)	Fêmeas (%)	Machos (%)	X^2
15,0 F 17,0 cm	4	2	66,67	33,33	11,11*
17,0 F 19,0 cm	20	14	58,82	41,19	3,11
19,0 F 21,0 cm	29	17	63,04	36,96	6,81*
21,0 F 23,0 cm	27	21	56,25	43,75	1,56
23,0 F 25,0 cm	13	17	43,33	56,67	1,78
25,0 F 27,0 cm	6	19	24,00	76,00	27,04*
27,0 F 29,0 cm	5	3	62,50	37,50	6,25*
29,0 F 31,0 cm	3	0	100,00	0,00	100,00*
Σ	107	93	53,50	46,50	0,49
*nível de significância $\alpha = 0,05$					

Fonte: Autor.

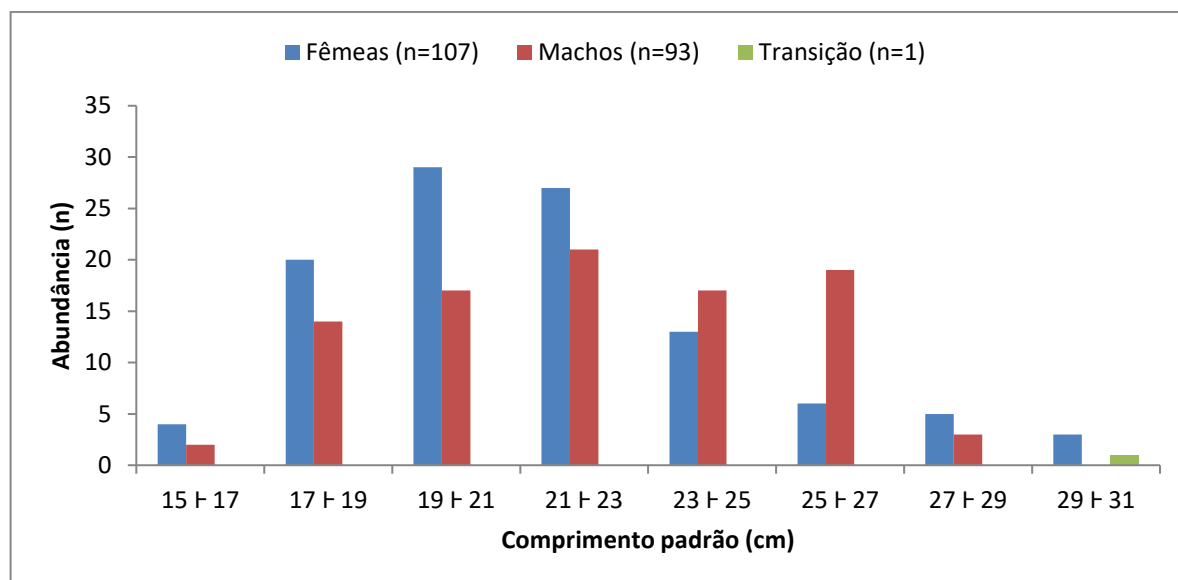


Gráfico 4. Distribuição do comprimento padrão do budiões-batata (*Sparisoma frondosum*) capturados no litoral do Ceará durante o período de janeiro de 2021 a dezembro de 2021.

Fonte: Autor.

O indivíduo em transição sexual não foi adicionado na análise de proporção sexual, sendo observado no mês de junho de 2021, na classe de comprimento de 29,0 - 31,0 cm.

A maturidade sexual foi analisada apenas sobre as lâminas histológicas. Logo, 115 gônadas foram observadas, sendo 69 femininas e 46 masculinas. As fases de maturação registradas foram as seguintes: imaturo, desenvolvimento, capaz, ativo (subclassificação de “capaz”), regressão e regeneração.

Ao todo, foram identificadas seis fases de maturação gonadal para *S. frondosum*. Observando os sexos separadamente, as fêmeas apresentaram 18 gônadas na fase imaturo, 28 em desenvolvimento, sete capazes de desovar, quatro ativamente desovando, seis em regressão e seis em regeneração (Figura 3, Gráfico 3). Já os machos exibiram 12 gônadas imaturas, 19 em desenvolvimento, 10 capazes de espernear, dois ativamente espermeando e três em regressão (Figura 4, Gráfico 4). Machos na fase gonadal de regeneração não foram encontrados. Os espécimes ativamente desovando foram observados nos meses de abril e maio, enquanto que os peixes ativamente espermeando foram capturados nos meses de maio e junho (Gráficos 5 e 6). O espécime em transição sexual apresentou células de ambos os sexos numa mesma gônada (Figura 5).

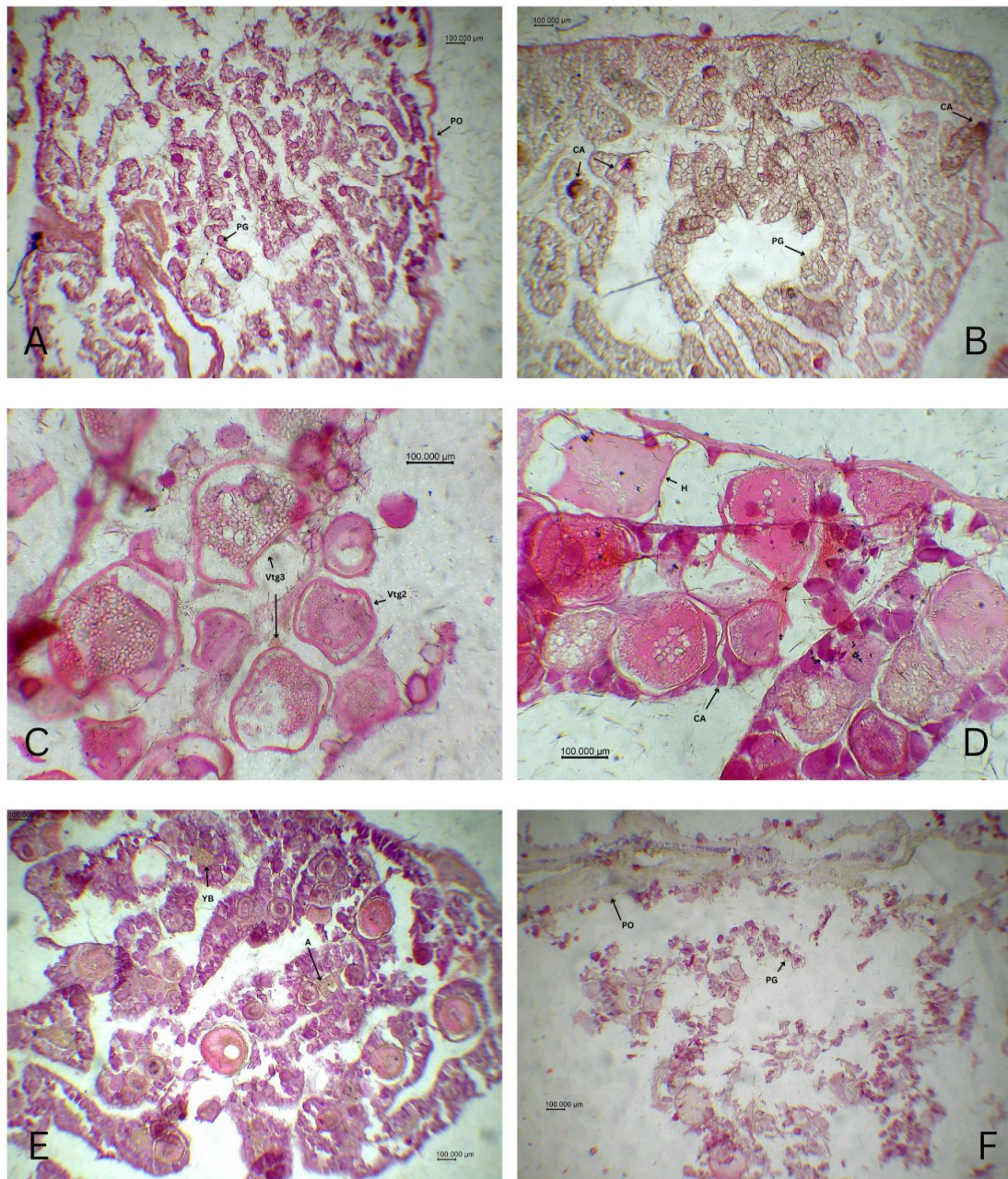


Figura 3. Cortes histológicos dos ovários de *Sparisoma frondosum*, corados com hematoxilina, apresentando as fases de maturidade sexual. A) Imaturo B) Desenvolvimento C) Capaz de desovar D) Ativamente desovando E) Regressão F) Regeneração. CP – Crescimento primário, CA – Cortical alveolar, Vtg1 – Vitelogênese primária, Vtg2 – Vitelogênese secundária, Vtg3 – Vitelogênese terciária, H – hidratação, A – Atresia, YB – Corpos amarelos.

Fonte: Autor.

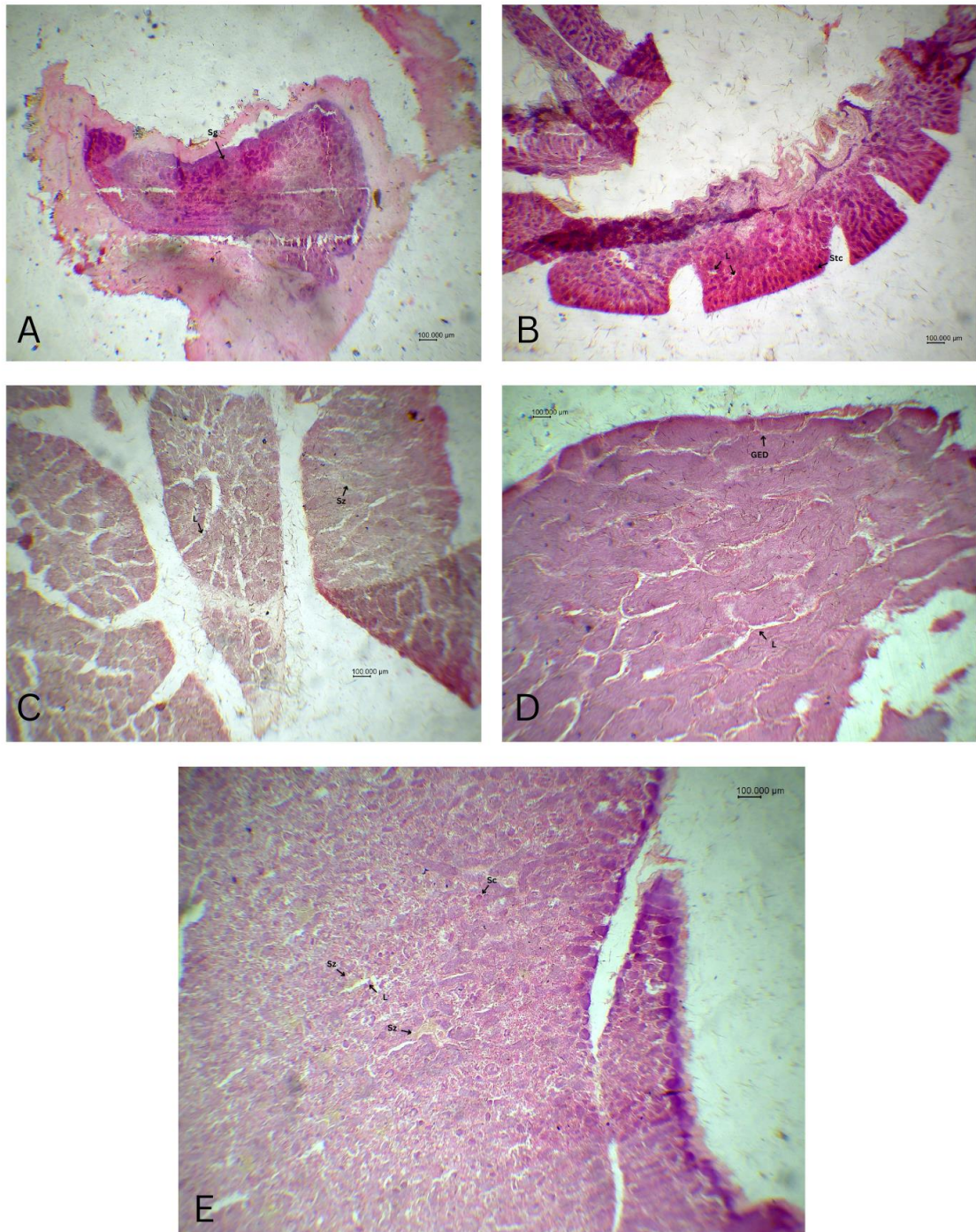


Figura 4. Cortes histológicos dos testículos de *Sparisoma frondosum*, corados com hematoxilina, apresentando as fases de maturidade sexual. A) Imaturo B) Desenvolvimento C) Capaz de desovar D) Ativamente desovando E) Regressão. Sg – Espermatogônia, Stc – Espermatócito, L – Lúmen, Sz – Espermatozóide, EGD – Epitélio germinativo descontínuo, Sc – Espermatocisto.

Fonte: Autor.

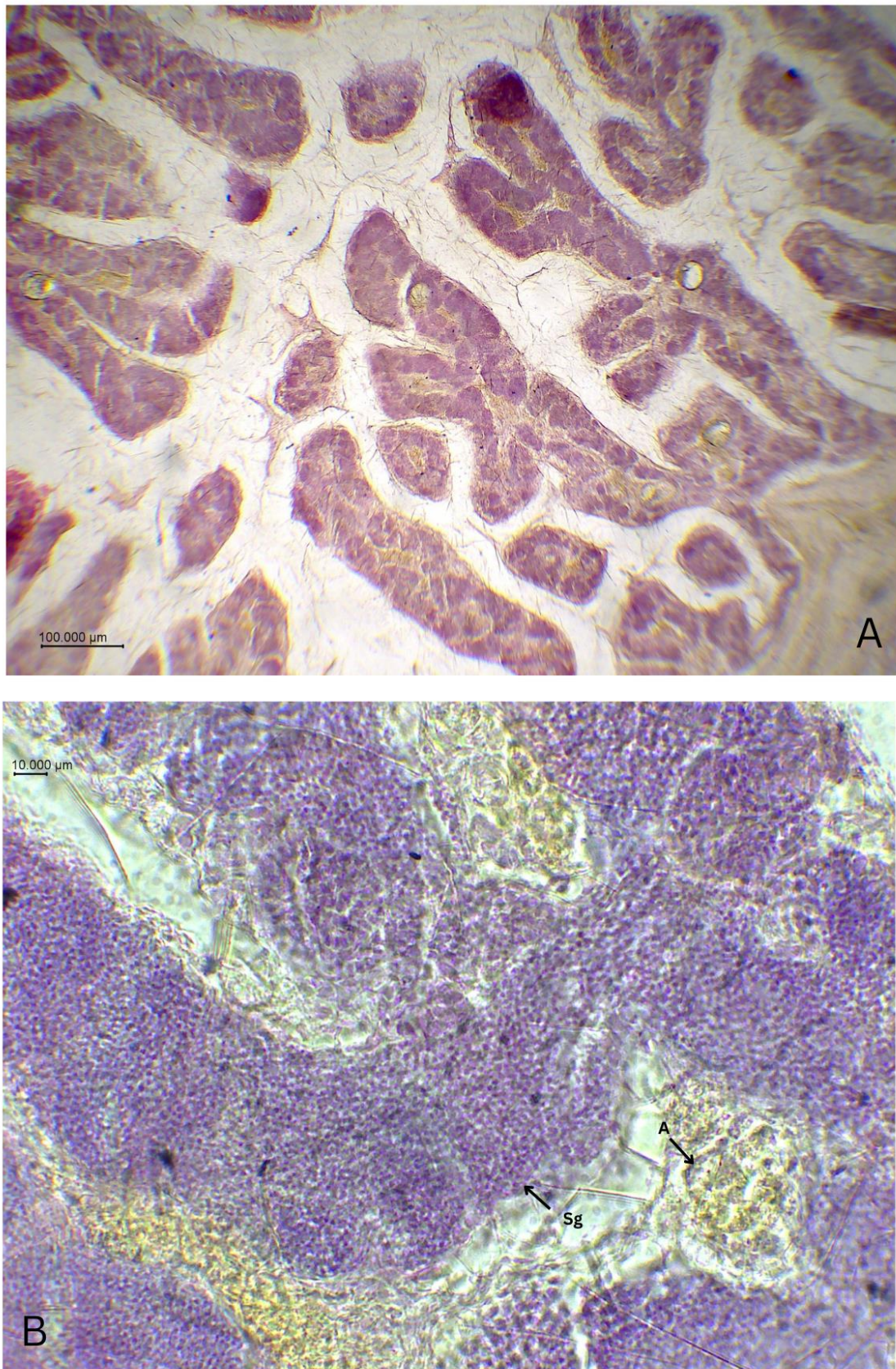


Figura 5. Cortes histológicos do ovário de *Sparisoma frondosum*, corados com hematoxilina, apresentando a transição sexual de uma fêmea para macho. A) Estrutura de “cacho de uva” característica dos ovários de fêmeas do budião-batata B) Zoom mostrando a presença de células masculinas e femininas na mesma gônada. Sg – Espermatogônia, A – Atresia.

Fonte: Autor.

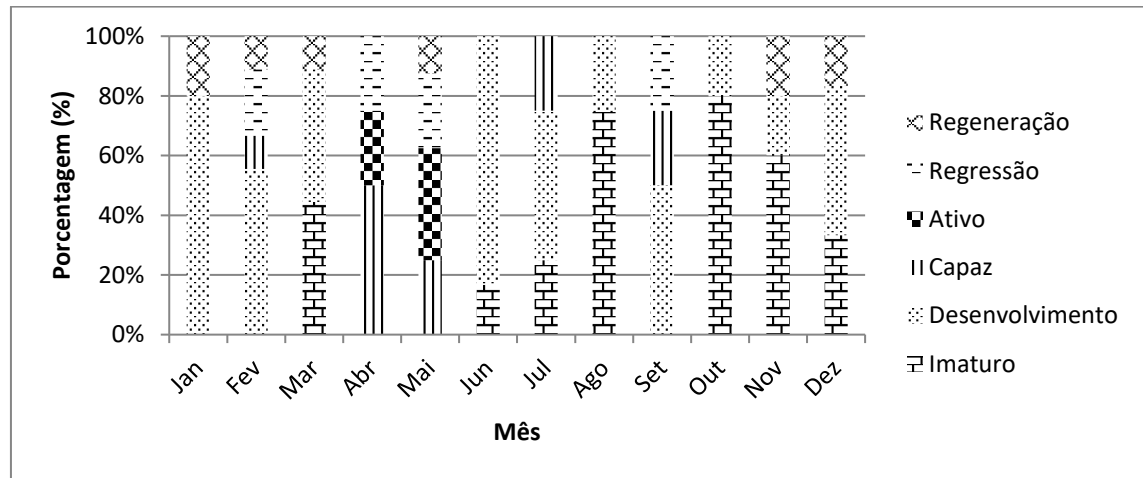


Gráfico 5. Proporção mensal dos estágios de maturidade sexual de fêmeas do budião-batata (*Sparisoma frondosum*) capturados no litoral do Ceará durante o período de janeiro de 2021 a dezembro de 2021.

Fonte: Autor.

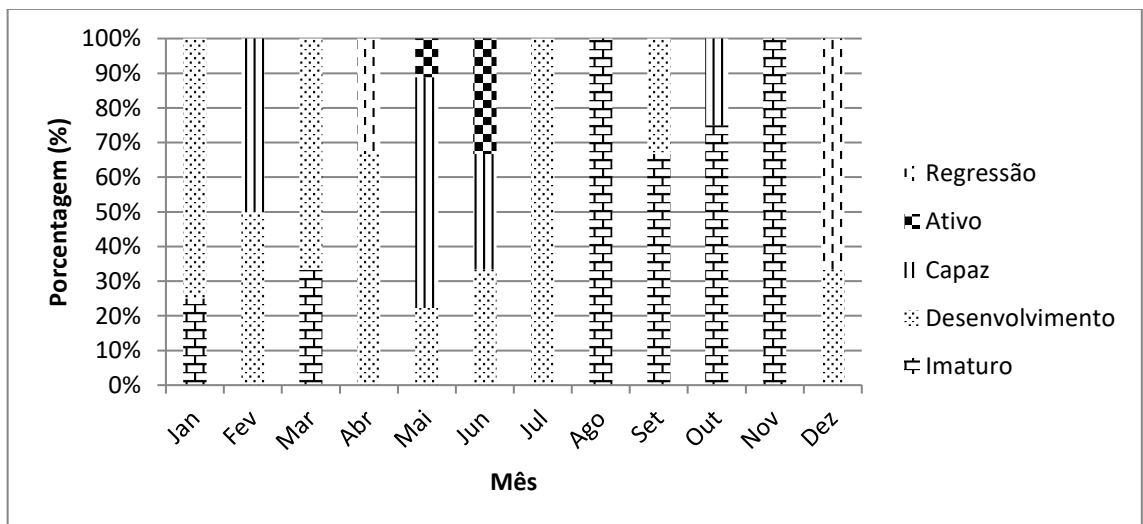


Gráfico 6. Proporção mensal dos estágios de maturidade sexual de machos do budião-batata (*Sparisoma frondosum*) capturados no litoral de Ceará durante o período de janeiro de 2021 a dezembro de 2021.

Fonte: Autor.

O peso das gônadas apresentou uma tendência de aumento com o aumento do comprimento padrão dos indivíduos, associando-se ao processo de maturação dos órgãos reprodutivos (Gráfico 7 e 8).

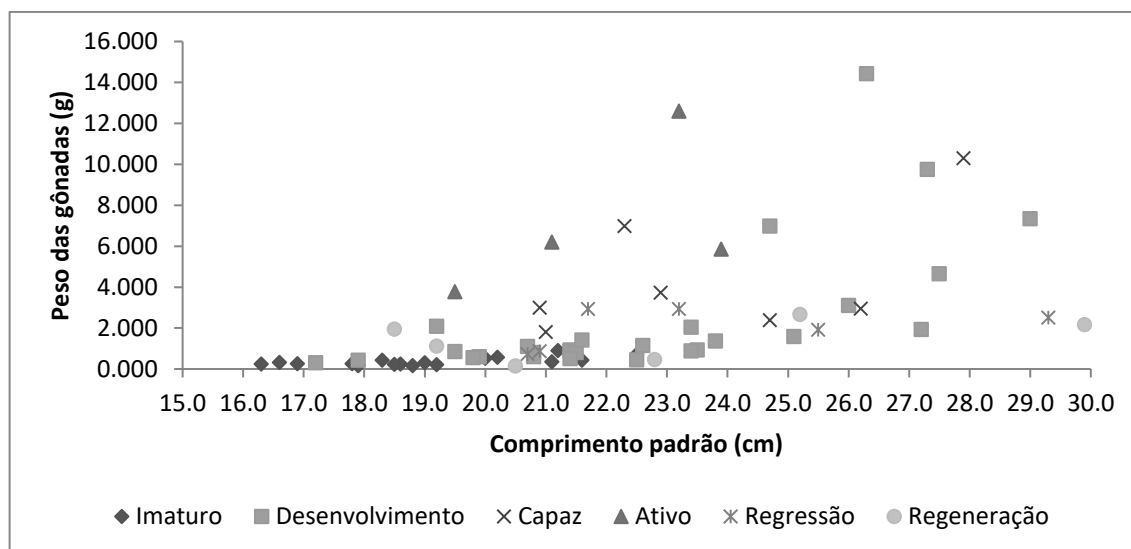


Gráfico 7. Relação entre o comprimento padrão e o peso dos ovários das fêmeas de *Sparisoma frondosum* capturadas no litoral do Ceará durante o período de janeiro de 2021 a dezembro de 2021.

Fonte: Autor.

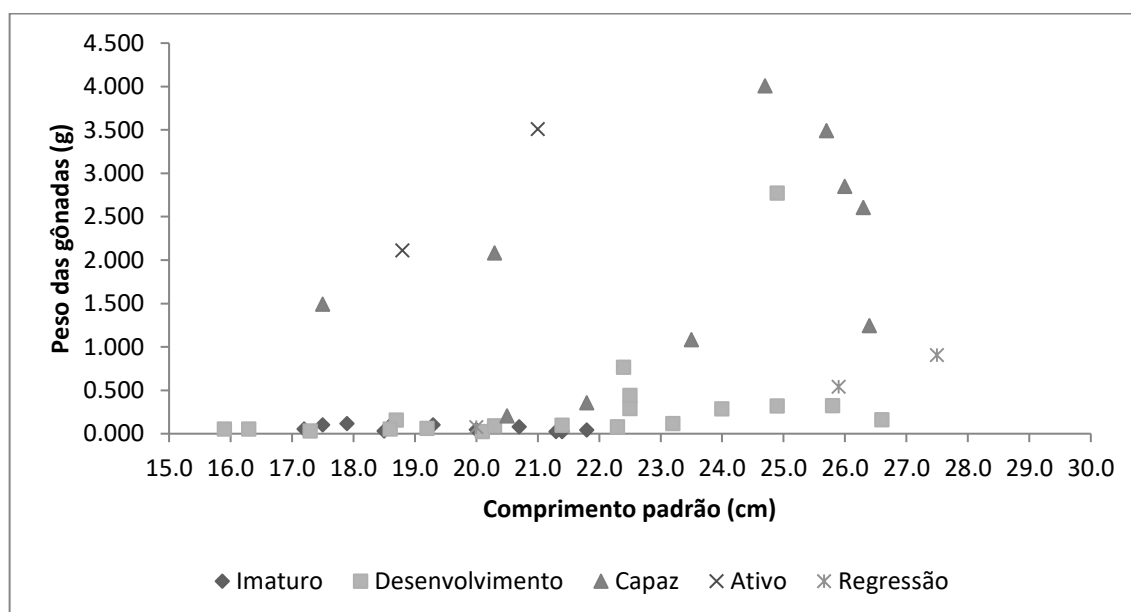


Gráfico 8. Relação entre o comprimento padrão e o peso dos testículos de machos de *Sparisoma frondosum* capturadas no litoral do Ceará durante o período de janeiro de 2021 a dezembro de 2021.

Fonte: Autor.

A mediana do IGS mensal variou entre 0,006 e 3,701, sendo estes os mesmos valores mínimo e máximo para os machos, enquanto que para as fêmeas, esse índice apresentou valores mínimos e máximos de 0,028 e 2,823, respectivamente. O IGS variou significativamente ao longo dos meses ($H=45,28$; $p=4,32 \times 10^{-6}$), com os meses de abril e maio apresentando os maiores valores, com 1,054 e 0,558, respectivamente, e diferindo

significativamente da maioria dos meses. Já os meses de fevereiro e junho apresentaram valores consideráveis no IGS, com 0,237 e 0,278, respectivamente (Gráfico 9).

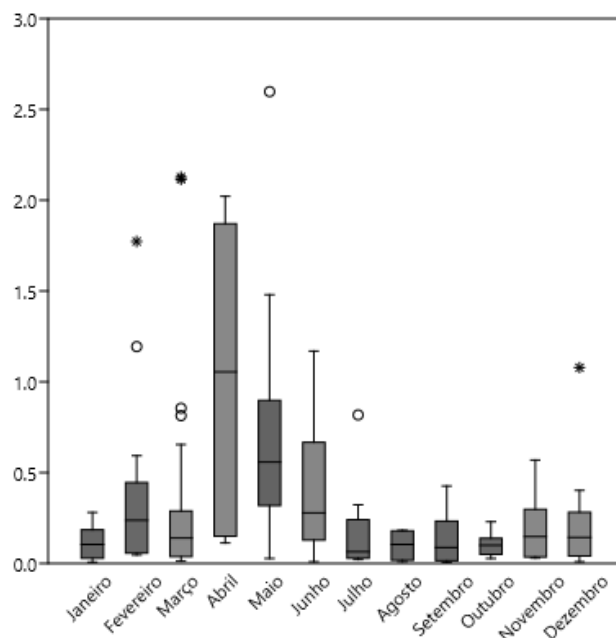


Gráfico 9. Boxplot da variação mensal do índice gonadosomático do budião-batata (*Sparisoma frondosum*) capturados no litoral do Ceará durante o período de janeiro de 2021 a dezembro de 2021, considerando os sexos agrupados.

Fonte: Autor.

Analisando os sexos de forma separada, os valores do IGS também diferiram significativamente durante o período em questão (Gráficos 10 e 11). O IGS das fêmeas apresentou flutuações significativas ($H=44,97$, $p=4,91 \times 10^{-6}$), apresentando três picos: fevereiro, abril e maio. Quanto aos machos, também foram observadas diferenças significativas entre os meses ($H=42,39$, $p=1,37 \times 10^{-6}$), dos quais os picos foram observados nos meses de abril, maio e junho.

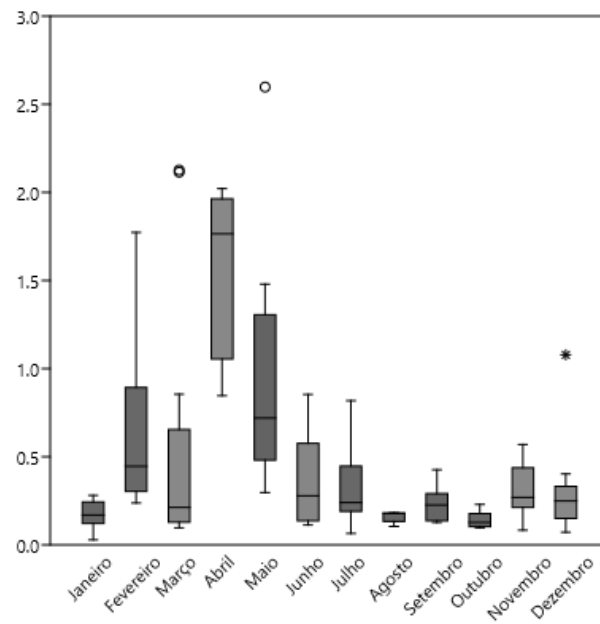


Gráfico 10. Boxplot da variação mensal do índice gonadosomático das fêmeas do budião-batata (*Sparisoma frondosum*) capturados no litoral do Ceará durante o período de janeiro de 2021 a dezembro de 2021.

Fonte: Autor.

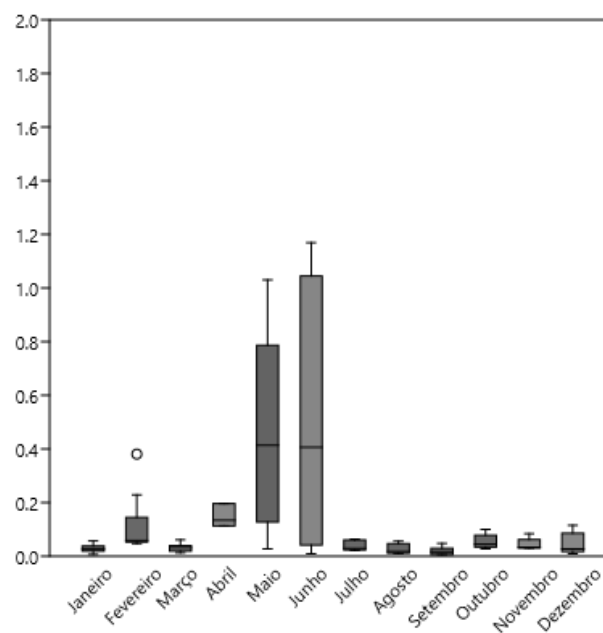


Gráfico 11. Boxplot da variação mensal do índice gonadosomático dos machos do budião-batata (*Sparisoma frondosum*) capturados no litoral do Ceará durante o período de janeiro de 2021 a dezembro de 2021.

Fonte: Autor.

Os valores da precipitação média mensal foram plotados com os valores médios de IGS para os respectivos meses, considerando tanto os sexos agrupados quanto separados (Gráfico 12). Foi observado um aumento do IGS no período chuvoso, no qual os maiores valores médios de precipitação precedem os maiores valores de IGS para as fêmeas e para os machos.

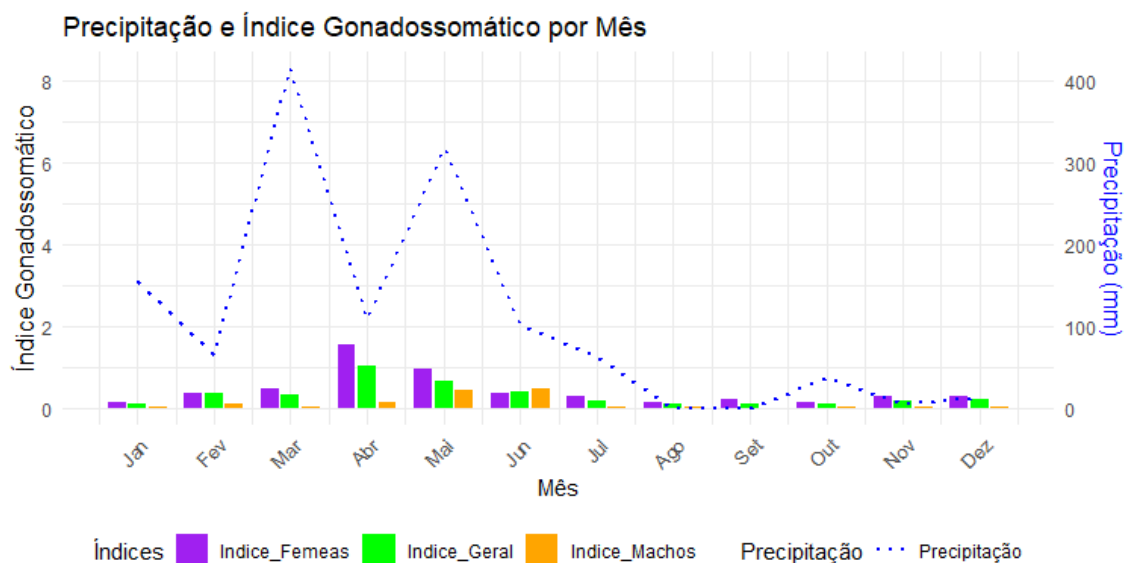


Gráfico 12. Variação do índice gonadossomático do budião-batata (*Sparisoma frondosum*) e da precipitação no litoral do Ceará durante o período de janeiro de 2021 a dezembro de 2021.

Fonte: Autor.

Apenas os indivíduos dos quais as gônadas foram identificadas microscopicamente foram considerados para calcular o comprimento de primeira maturação sexual. Assim, para calcular o L50 através do comprimento padrão, foram utilizados dados de 140 espécimes, dos quais 80 eram fêmeas e 60 eram machos.

O comprimento padrão de primeira maturação sexual para *S. frondosum* no litoral do Ceará foi de 18,4 cm, sendo 19,0 cm para as fêmeas e 17,41 cm para os machos (Gráfico 13).

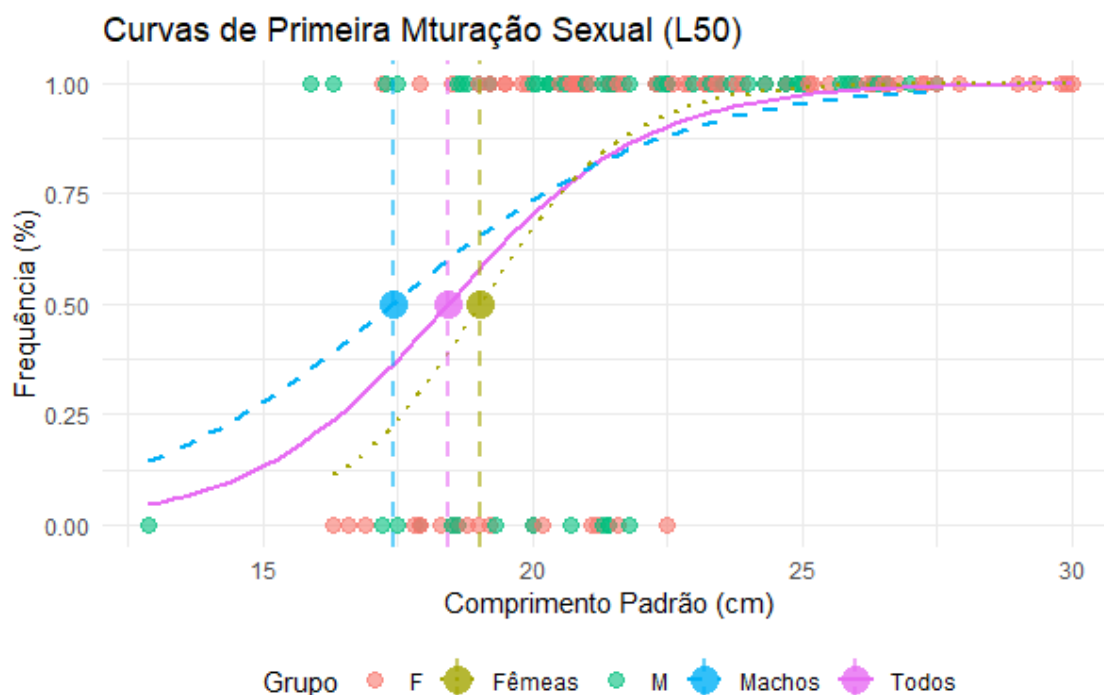


Gráfico 13. Comprimento médio de primeira maturidade (L50) para os sexos agrupados (rosa), fêmeas (verde) e machos (azul) do budião-batata (*Sparisoma frondosum*) capturados no litoral do Ceará durante o período de janeiro de 2021 a dezembro de 2021.

Fonte: Autor.

A fecundidade variou entre 25.955,5 em um espécime de 21,1 cm e 235,0 g até 151.003,82 em um indivíduo de 23,2 cm e 485,0 g. A média de ovócitos foi de 65.383,61 e a mediana foi de 46.590,48.

O diâmetro dos ovócitos variou entre 14,01 e 555,33 μm . A mediana do diâmetro por tipo de ovócito está apresentada no Gráfico 14. Foi observado uma diferença significativa entre todos os estágios de desenvolvimento ovocitário ($H=519,6$, $p=4,91\text{E}-109$; Tabela 6).

Tabela 6. Comparações *post-hoc* pelo teste de Dunn entre os diâmetros dos ovócitos do budião-batata (*Sparisoma frondosum*) capturados no litoral do Ceará durante o período de janeiro de 2021 a dezembro de 2021.

	PG	CA	VTG1	VTG2	VTG3	H
PG		6,87E-05*	8,63E-12*	1,77E-22*	7,31E-36*	1,77E-90*
CA			0,005707*	1,64E-07*	3,07E-15*	5,13E-42*
VTG1				0,02212*	8,57E-07*	6,20E-23*
VTG2					0,005678*	3,63E-14*
VTG3						2,02E-05*
H						
*nível de significância $\alpha = 0,05$						

Fonte: Autor.

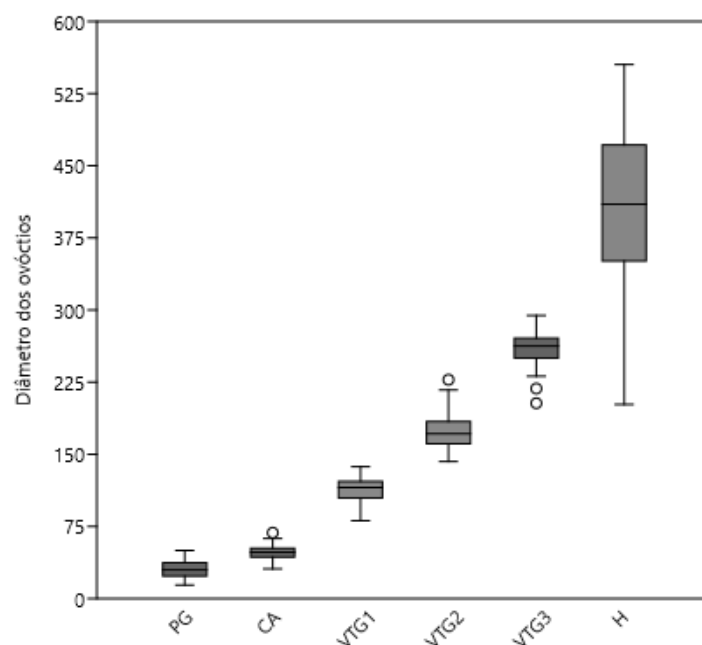


Gráfico 14. Boxplot do diâmetro dos ovócitos por estágio de desenvolvimento ovocitário do budião-batata (*Sparisoma frondosum*) capturados no litoral do Ceará durante o período de janeiro de 2021 a dezembro de 2021. CP – Crescimento primário, CA – Cortical alveolar, Vtg1 – Vitelogênese primária, Vtg2 – Vitelogênese secundária, Vtg3 – Vitelogênese terciária, H – hidratação.

Fonte: Autor.

No Gráfico 15 podemos observar que não há descontinuidades entre as classes de estágios de desenvolvimento ovocitário do budião-batata (*S. frondosum*). Logo, podemos inferir que esta espécie apresenta desenvolvimento ovocitário assincrônico, ou seja, a desova é parcelada.

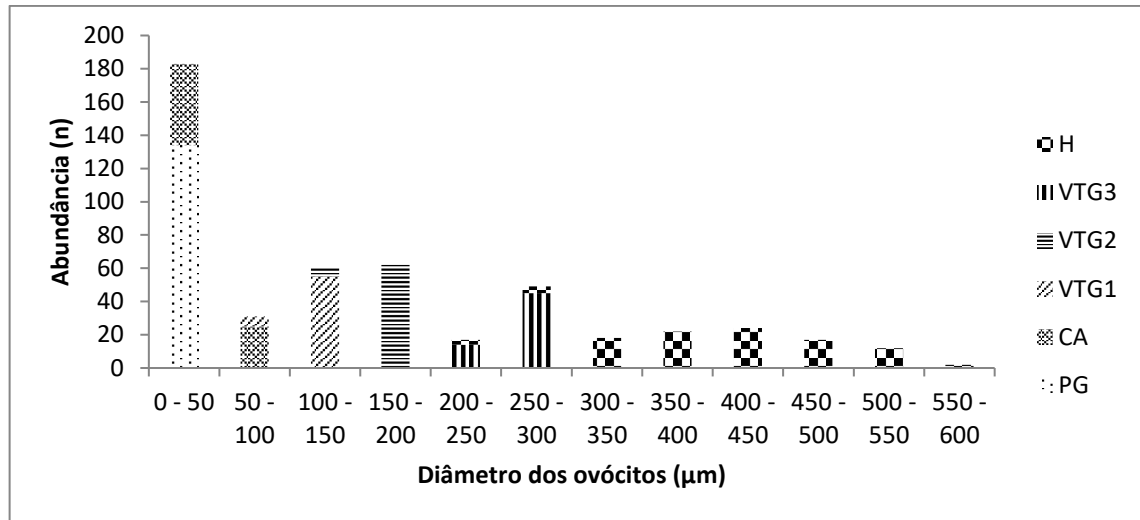


Gráfico 15. Abundância por classe de diâmetro dos ovócitos por estágios de desenvolvimento ovocitário do budião-batata (*Sparisoma frondosum*) capturados no litoral do Ceará durante o período de janeiro de 2021 a dezembro de 2021. CP – Crescimento primário, CA – Cortical alveolar, Vtg1 – Vitelogênese primária, Vtg2 – Vitelogênese secundária, Vtg3 – Vitelogênese terciária, H – hidratação.

Fonte: Autor.

5. DISCUSSÃO

Os budiões-batata foram capturados em sua maioria por armadilhas/viveiros, um petrecho de pesca do tipo passivo, que foi utilizado majoritariamente por apenas uma embarcação a qual pesca ao longo do litoral do Ceará e desembarca no Mercado dos Peixes do Mucuripe, na cidade de Fortaleza. Esse petrecho diferiu por anos daqueles utilizados no Rio Grande do Norte e Pernambuco no que concerne as dimensões. Por ser maior, recebeu o nome de viveiro. Essa arte de pesca é apontada por vários pescadores cearenses que pescam com linha e anzol e/ou rede de emalhe como a responsável pelo declínio nas capturas. Justificam a alegação pelo fato de o viveiro ser retirado da água apenas para ser limpo e por não ser seletivo. Acredita-se que a produção oriunda desse petrecho é diretamente escoada para as indústrias, pois parte da produção é direcionada à exportação (Feitosa, C.V., com. Pes.)

Os demais exemplares foram obtidos por outras embarcações, que utilizavam petrechos diferentes. A raridade de captura do *S. frondosum* por petrechos diferentes de armadilhas pode se dar pelos hábitos e habitats que esta espécie possui. Por ser um peixe característico de ambientes recifais, funcionalmente herbívoro e presente em profundidades de até 54 m (Moura et al., 2001; Wilson et al., 2003; Floeter et al., 2007; Bonaldo; Hoey; Bellwood, 2014; Bellwood et al., 2019; Pereira et al., 2022), torna-se difícil sua captura através de linha e anzol, devido ao hábito alimentar da espécie, e rede, devido à complexidade do fundo de pedra ou cascalho, o qual pode danificar o petrecho de pesca. Para utilizar rede no ambiente recifal, faz necessário o auxílio de um mergulhador. Assim, o recife é rodeado pela rede e o mergulhador, com o auxílio de um arpão, tenta afugentar os peixes que estão nas fendas, reentrâncias, cavernas. Ao sair, os peixes emalham na rede.

Por conta de características intrínsecas das armadilhas utilizadas (e.g. dimensões, isca utilizada, abertura da malha e profundidade de instalação do petrecho), a distribuição de frequência do comprimento padrão talvez não expresse o real tamanho dos espécimes que compõem esta população. Isto porque há um determinado nível de seletividade da arte devido suas características intrínsecas, selecionando assim subpopulações de uma população (Hawkins et al., 2007; Vadziutsina; Riera, 2020), bem como a espécie distribui-se em um gradiente cross-shelf com o desenvolvimento ontogenético (Fonseca et al., 2021). Apesar disso, a amplitude do comprimento padrão observada (15,9 a 30,8 cm CP) está relativamente próxima aquelas obtidas por Verás et al. (2009) (12,6 a 29,5 cm CP) e por Lessa et al. (2016)

(13,1 e 36,8 cm CT), ambos em Pernambuco, que também utilizaram armadilhas (covos) para a captura dos peixes.

No Ceará, a moda de comprimentos se deu no intervalo de 21 a 23 cm CP, semelhante às modas encontradas por Verás et al. (2009), de 18 a 20 cm CP, e por Ribeiro (2004), de 25,0 a 28,0 cm CT. Quanto aos sexos separados, Lessa et al. (2016) encontrou moda nas classes de 27,0 a 31,0 cm CT para machos e 25,0 a 31,0 cm CT para fêmeas, logo, valores um pouco mais altos que às modas do presente estudo (Fêmeas= 19,0 a 21,0 cm CP; Machos = 21,0 a 23,0 cm CP). Os mesmos autores também não encontraram diferenças significativas entre os sexos quanto ao comprimento dos peixes, padrão também observado para a população do Ceará, a qual também demonstrou haver fêmeas relativamente menores que os machos. Tais resultados podem indicar que no geral, armadilhas tendem a selecionar espécimes com ampla variação de comprimento. Ademais, a ausência de espécimes <10 cm sugere que esses petrechos não conseguem reter esses indivíduos ou que são depositadas em recifes mais distantes da costa, visto que a profundidade mínima de operação das embarcações foi de 30 metros.

Esses exemplares apresentaram proporções semelhantes de fêmea e macho 1,15:1 (F:M), sem diferenças significativas entre os sexos. Este resultado foi semelhante aos obtidos em Pernambuco (Verás et al., 2009=1:1,2; Lessa et al., 2016=1:1,07), o qual foi associado tanto à seletividade do petrecho de pesca, quanto à possibilidade de redução no tamanho de maturação dos machos provocada por pressões da pesca sobre o estoque (Verás et al., 2009). A capacidade reprodutiva de peixes, especialmente os protogínicos, pode ser reduzida drasticamente sob os efeitos da pesca, mesmo em níveis moderados (Huntsman; Schaaf, 1994), o que pode levar as espécies a maturar precocemente para contornar a redução na abundância de indivíduos maiores e maduros da população. Portanto, acredita-se que o resultado apresentado esteja refletindo uma possível influência adversa da pesca, uma vez que o maior indivíduo capturado foi uma fêmea de 30,0 cm CP, enquanto que o maior macho media 27,7 cm CP.

Ao longo do ano, a proporção sexual variou entre os meses, com fêmeas mais abundantes nos meses de março, junho e dezembro, enquanto que a abundância dos machos foi superior a das fêmeas apenas em abril. De forma divergente, Lessa et al. (2016) observaram uma predominância de fêmeas em abril, o que pode estar relacionado a características específicas da população, ou mesmo do ano em questão, levando-se em

consideração variáveis que podem interferir direta ou indiretamente nos aspectos reprodutivos da espécie, logo, influenciando na proporção sexual. Já quanto às classes de tamanho, as fêmeas dominaram as classes mais inferiores, assim como foram mais abundantes nas classes superiores (27,0 a 29,0 cm e 29,0 a 31,0 cm), com machos mais abundantes apenas na classe de 25,0 a 27,0 cm CP, refletindo uma possível estabilidade da população.

Em espécies protogínicas, onde as fêmeas, através de gatilhos do ambiente ou da população, passam pelo processo de transição sexual para se tornarem machos em fase terminal, é esperado que os maiores indivíduos fossem compostos em sua maioria por machos na fase terminal. A ausência de machos nas classes de comprimento mais superiores pode ser um indicativo de sobrepesca, uma vez que peixes maiores são mais visados pela pesca e assim tendem a serem priorizados no processo captura.

A distribuição de fêmeas e machos em diferentes estágios de maturação sexual ao longo dos meses (Gráficos 5 e 6) indica que esta espécie tem o potencial de reprodução ao longo de todo o ano. Por exemplo, fêmeas capazes de desovar foram observadas nos meses de fevereiro, abril, maio e setembro, enquanto que machos capazes de espermeiar foram observados em fevereiro, maio, junho e outubro. Ainda, machos e fêmeas em desenvolvimento foram observados em quase todos os meses do ano, exceto nos meses de abril e maio para as fêmeas e de agosto, outubro e novembro para os machos. Esses resultados confirmam que a espécie é apta a se reproduzir ao longo de todo o ano, corroborando com os resultados encontrados por Verás et al. (2009).

Como uma espécie tropical, é esperado que a reprodução do *Sparisoma frondosum* ocorra ao longo de todo o ano, assim como para outras espécies de escaurídeos, com uma atividade mais intensa em épocas mais quentes (Thresher 1984; Choat & Bellwood, 1998; Verás et al., 2009). O pico reprodutivo do *S. frondosum* no Ceará pode ser observado entre os meses de abril e maio para as fêmeas e de maio e junho para os machos, como pode ser observado tanto pelos indivíduos ativamente desovando/espermeando observados (Gráficos 5 e 6), assim como nos maiores índices gonadosômáticos ocorridos (Gráficos 10 e 11). A leve divergência cronológica pode estar relacionada à amostragem dos espécimes. Por ser uma espécie que é capturada visando o mercado externo, a coleta para este estudo se limitou por volta de 20 a 30 indivíduos por mês, ou seja, cerca de 10 a 15 espécimes para cada sexo. Uma amostragem mensal maior (n=50) talvez seja ideal para identificar se há ou não sobreposição entre os picos reprodutivos de cada sexo.

Ainda, foi possível observar que os maiores índices gonadossomáticos, e também os indivíduos ativamente desovando/espermeando, ocorreram nos meses que compreendem a estação chuvosa no Ceará, onde a precipitação aumenta (Gráfico 12). Logo, sugere-se que a precipitação é um gatilho determinante para a reprodução da espécie.

Quanto ao tamanho de primeira maturação sexual, estudos obtiveram L50 de fêmeas sendo inferior ao de machos para *S. frondosum* (Verás et al., 2009; Lessa et al., 2016). No entanto, o presente encontrou um padrão inverso para os peixes analisados, com machos apresentando um comprimento de primeira maturação sexual inferior ao das fêmeas. Em Pernambuco, Lessa et al. (2016) não obteve nenhum macho primário, impossibilitando a estimativa do L50 para os machos, porém, evidenciando que o menor macho nas suas amostras foi um macho secundário de 17,5 cm CT. Enquanto isso, Verás et al. (2009) estimaram L50 com valores aproximados para ambos os sexos, com machos atingindo a maturidade a partir de 17,7 cm CP, resultado que corrobora com a estimativa do Ceará de 17,4 cm CP. Porém, o L50 das fêmeas entre os estudos realizados em Pernambuco difere do L50 das fêmeas do Ceará, uma vez que Lessa et al. (2016) e Verás et al. (2009) encontraram um tamanho de primeira maturação sexual de 17,6 cm CT e 17,0 cm CP, respectivamente, enquanto que no Ceará essa estimativa foi de 19,0 cm CP, superior a ambos trabalhos.

É sabido que o gênero *Sparisoma* apresenta dois padrões de sexualidade, um deles é o gonocorismo e o outro é o hermafroditismo protogínico diândrico, no qual a espécie apresenta tanto machos primários quanto machos secundários, os quais passaram pela transição sexual (Robertson et al., 2006; Sadovy de Mitcheson & Liu, 2008). No caso do Ceará, a descoberta do L50 de machos inferior ao L50 das fêmeas reforça a ocorrência de machos primários. Além disso, também há machos secundários, devido a presença de um indivíduo em transição sexual (Figura 5). A presença deste espécime, com 30,8 cm CP, na população, e a ausência de machos nessa classe de comprimento, pode indicar que 1) fêmeas estão realizando a transição sexual em classes de comprimento com ausência de machos e 2) machos maiores estão ausentes da população devido a sobrepesca ou não estão sendo capturados pelos petrechos utilizados por conta da seletividade ou profundidade/distância da costa onde os aparelhos estão sendo instalados.

Logo, os resultados corroboram com a definição de que *S. frondosum* como uma espécie hermafrodita protogínica diândrica, com presença tanto de machos primários como de machos secundários, além da transição de fêmeas para machos secundários.

A única estimativa de fecundidade encontrada na literatura para *S. frondosum* foi a de Verás et al., (2009), os quais estimaram uma fecundidade média de 80.276 ovócitos/gônada, com valores mínimo e máximo de 7.190 e 273.880 ovócitos respectivamente. No presente estudo, a estimativa média foi de 65.383,61 ovócitos/gônada, variando entre 25.955,5 e 151.003,8. A média entre essas estimativas variou aproximadamente 15.000 ovócitos/gônada, com a população do Ceará apresentando uma fecundidade menor que a população de Pernambuco, sugerindo que o estoque do Ceará está sendo impactado pela pesca com a retirada de indivíduos maiores e mais capazes de desovar. Entretanto, o baixo número de indivíduos utilizados para aferir esta estimativa (n=5) pode ter influenciado os resultados, sendo necessária uma quantidade maior para uma estimativa mais robusta.

Todos os estágios de desenvolvimento ovocitário foram observados durante o período reprodutivo do *S. frondosum*, sem a presença de intervalo entre os estágios, o que, juntamente com o pequeno diâmetro dos ovócitos observados (14,01 a 555,33 μm) indica que há um recrutamento contínuo de ovócitos do estoque de reserva, logo, a espécie apresenta um desenvolvimento ovocitário assincrônico e desova múltipla em lotes, característica que confere a espécie a aptidão de sempre estar pronta para uma nova reprodução (Coward & Bromage, 1998), fato também corroborado pela presença de indivíduos de ambos os sexos capazes de desovar ao longo do ano, não apenas nos meses de maior índice gonadossomático.

6. CONCLUSÃO

O estudo sobre a reprodução do budião-batata (*Sparisoma frondosum*) no litoral do Ceará revela aspectos importantes sobre sua biologia reprodutiva, estrutura populacional e os impactos da pesca. A análise mostra padrões reprodutivos e de tamanho consistentes com estudos anteriores no Nordeste brasileiro, mas também evidencia particularidades locais influenciadas por fatores ambientais e antrópicos.

As armadilhas selecionam uma subpopulação específica, deixando de capturar indivíduos menores ou maiores. A moda de comprimento no Ceará foi maior que em Pernambuco, possivelmente devido a diferenças nas pressões de pesca ou condições ambientais. A ausência de machos nas classes de comprimento maiores indica sobrepesca, já que indivíduos maiores são mais visados.

A proporção sexual no Ceará é consistente com estudos anteriores, mas a predominância de fêmeas em classes de comprimento maiores, sugere que a pesca pode estar capturando mais machos secundários. A presença de um indivíduo em transição sexual confirma que *S. frondosum* é uma espécie hermafrodita protogínica diândrica, com machos primários e secundários.

A espécie apresenta reprodução contínua ao longo do ano alinhada com a estação chuvosa, indicando que a precipitação pode ser um gatilho reprodutivo. Além disso, outros fatores abióticos, como a temperatura superficial do mar e a direção/velocidade dos ventos, não podem ser descartado como influenciadores na reprodução desta espécie, necessitando serem integrados em pesquisas futuras para um completo entendimento da dinâmica oceanográfica associada ao processo de reprodução da espécie.

A redução no tamanho de primeira maturação sexual (L50) dos machos em relação às fêmeas sugere sobrepesca, levando à maturação precoce como estratégia de compensação. Já diferenças ambientais, genéticas ou, ainda, a pressão pesqueira, podem explicar a diferença na fecundidade média entre Estados no Nordeste brasileiro.

Os resultados destacam a necessidade de políticas de manejo pesqueiro que considerem as particularidades reprodutivas e ecológicas de *S. frondosum*, como tamanhos mínimos de captura, restrições sazonais e proteção de habitats recifais. A sobrepesca de indivíduos maiores e a maturação precoce indicam pressão significativa sobre a espécie,

reforçando a importância de monitoramento contínuo e estudos populacionais para orientar estratégias de conservação.

Assim, este estudo contribui para o entendimento da biologia reprodutiva e dinâmica populacional de *S. frondosum*, destacando a influência de fatores ambientais e antrópicos. A conservação da espécie é crucial para a biodiversidade e funcionalidade dos ecossistemas recifais, especialmente em um contexto de mudanças climáticas e aumento da pressão pesqueira.

REFERÊNCIAS

- ALLISON E. H. AND ELLIS F. **The livelihood approach and management of small-scale fisheries.** Marine Policy 23:377–388. 2001.
- BELLWOOD, D.R. & CHOAT, J. H. **A functional analysis of grazing in parrotfishes (family Scaridae): The ecological implications.** Environ. Biol. Fishes, v. 28, p. 189-214, 1990.
- BELLWOOD, D. R.; HOEY, A. S.; HUGHES, T. P. **Human activity selectively impacts the ecosystem roles of parrotfish on coral reefs.** Proc. R. B. 279: 1621 – 1629. 2012.
- BELLWOOD et al., In: Hoey, A. S., & Bonaldo, R. M. (Eds.), **Biology of Parrotfishes** (pp. 211-236). CRC Press. 2019.
- BIRKELAND, Charles and DAYTON, P. K. **The importance in fishery management of leaving the big ones.** Volume 20, Issue 7, July 2005, Pages 356-358. 2005. <https://doi.org/10.1016/j.tree.2005.03.015>
- BONALDO, R.M.; HOEY, A.S.; BELLWOOD, D.R. **The ecosystem roles of parrotfishes on tropical reefs.** *Oceanography and Marine Biology: An Annual Review*, v. 52, p. 81-132, 2014.
- CHOAT AND RANDALL, **A revision of the parrotfishes (family Scaridae) of the Great Barrier Reef of Australia with description of a new species.** Rec. Aust. Mus. 38(4): 175–239. 1986. DOI 10.3853/j.0067-1975.38.1986.181
- CHOAT, H.; BELLWOOD, D. **Wrasses & Parrotfishes**, p. 209-210, in ESCHMEYER, W.N & PAXTON, J.R. (eds.), *Encyclopedia of fishes*. Academic Press, 2nd edition, San Diego, 1998.
- CHOAT, J. H.; ROBERTSON, D. R. **Protogynous hermaphroditism in fishes of the family Scaridae.** Pp. 263–283 in R. Reinboth, ed. *Intersexuality in the animal kingdom*. Springer-Verlag, Heidelberg. 1975.
- COWARD, K. & BROMAGE N.R. **Histological classification of oocyte growth and the dynamics of ovarian recrudescence in *Tilapia zillii*.** J. Fish. Biol., v.53, p.285–302, 1998.

CUNHA, F.E.A.; MONTEIRO-NETO, C.; NOTTINGHAM, M.C. **Temporal and spatial variations in tidepool fish assemblages of the northeast coast of Brazil.** Biota Neotropica, v. 7, n. 1, p. 111-118, 2007.

CUNHA, F.E.A.; CARVALHO, R.A.A.; MONTEIRO-NETO, C.; MORAIS, L.E.S; ARAÚJO, M.E. **Comparative analysis of tidepool fish species composition on tropical coastal rocky reefs at the State of Ceará, Brazil.** Sér. Zool., v. 98, n. 3, p. 379-390, 2008.

CUNHA, F.E.A; CARVALHO, R.A.A; ARAÚJO, M.E. **Exportation of reef fish for human consumption: long-term analysis using data from Rio Grande do Norte, Brazil.** BolInst Pesca, b.38, p. 369–378, 2012.

DA ROCHA, L. O. F. **Manual de identificação de peixes marinhos para a costa central,** 1999.

DIEGUES, A.C. **Etnoconservação: novos rumos para a proteção da natureza nos trópicos.** São Paulo: HICITEC. 290P. 2000.

FERREIRA, B.P. & CAVA, F. **Ictiofauna Marinha da APA Costa dos Corais: Lista de Espécies através de Levantamento da Pesca e Observações Subaquáticas.** Bol. Técn. Cient. CEPENE, Tamandaré, v.9 (1): 167-180. 2001.

FLOETER, S.R.; KROHLING, W.; GASPARINI, J.L.; FERREIRA, C.E.L; ZALMON, I.R. **Reef fish community structure on coastal islands of the southeastern Brazil: the influence of exposure and benthic cover.** Environ. Biol. Fish, v. 78, p. 147-160, 2007.

FONSECA, M. S.; ARAÚJO, F. G.; TEIXEIRA-NEVES, T. P.; CORRÊA, C.; PEREIRA-FILHO, G. H.; NEVES, L. M. **Drivers of distribution of the parrotfish *Sparisoma frondosum* in Southwest Atlantic rocky reefs: Insights for management and conservation.** Ocean and Coastal Management, v. 209, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2021.105642>.

FONTELES, A.A. Oceanografia, biologia e dinâmica populacional de recursos pesqueiros. Expressao Grafica e Editora, Fortaleza. 464 p. 2011.

FRANCINI-FILHO, R.B., MOURA, R.L., FERREIRA. **Dynamics of fish assemblages on coral reefs subjected to different management regimes in the Abrolhos Bank, eastern Brazil.** Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems 18: 1166–1179. 2008.

FREIRE, K.M.F.; PAULY, D. **Fishing down Brazilian marine food webs, with emphasis on the East Brazil Large Marine Ecosystem** Fish Res, v.105, p. 57–62, 2010.

FUNCEME. **Caracterização climática do Ceará: estações seca e chuvosa**. Fortaleza: Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos, 2020. Disponível em: <http://www.funceme.br>. Acesso em: 1 jan. 2025.

GASALLA, M.A. **Impactos da pesca industrial no ecossistema da plataforma continental interna do Sudeste do Brasil: a abordagem ecossistêmica e a integração do conhecimento**. Instituto Oceanográfico, Universidade de São Paulo, São Paulo. 276p. 2004.

GURGEL-LOURENÇO, R.C.; MEDEIROS, L.S.; PINTO, L.M.; SOUSA, W.A.; PEREIRA, F.B.; RAMOS, T.P.A.; LIMA, S.M.Q.; SÁNCHEZ-BOTERO, J.I. **Fish fauna from the estuaries of Ceará state, Brazil: a checklist in support of conservation of the Brazilian semiarid coast**. CheckList, v. 19, n. 1, p. 63-90, 2023.

HASTENRATH, S.; HELLER, L. **Dynamics of climate hazards in Northeast Brazil**. Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society, v. 103, n. 435, p. 77-92, 1977.

HAWKINS, J.P.; ROBERTS, C.M., **Effects of fishing on sex-changing Caribbean parrotfishes**. Biol. Conserv., v.115, p.213–226, 2004. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0006-3207\(03\)00119-8](https://doi.org/10.1016/S0006-3207(03)00119-8).

HAWKINGS, J. P.; ROBERTS, C. M.; GELL, F. R.; DYTHAM, C. **Effects of trap fishing on reef fish communities**. Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems, v. 17, p. 111-132. 2007.

HELFMAN, G.S.; COLLETTE, B.B. & FACEY, D.E., **The diversity of fishes**, p. 528. Blackwell Science, Inc., Malden, MA. 1997.

HUGHES, T. P.; BAIRD, A. H.; BELLWOOD, D. R.; et al. **Climate Change, Human Impacts, and the Resilience of Coral Reefs**. Science, Vol 301, Issue 5635. pp. 929-933. 2003. DOI: 10.1126/science.1085046

HUGHES, T.P.; RODRIGUES, M.J.; BELLWOOD, D.R.; CECCARELLI, D.; HOEGH-GULDBERG, O.; MCCOOK, L.; MOLTSCHANIWSKYJ, N.; PRATCHETT, M.S.; STENECK, R.S. & WILLIS, B. **Phase Shifts, Herbivory, and the Resilience of Coral Reefs**

to **Climate Change**. *Current Biology* 17:360–365. 2007.
<https://doi.org/10.1016/j.cub.2006.12.049>.

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

HUNSTMAN, G. R.; SCHAAF, W. E. **Simulation of the impact of fishing on reproduction of a protogynous grouper, the Grasby**. North American Journal of Fisheries Management, v. 14, n. 1, p. 41-52. 1994.

ICMBIO (Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade). **Boletins Estatísticos de Pesca e Aquicultura**. 2020. Disponível em: <https://www.icmbio.gov.br/cepsul/acervo-digital/37-download/estatistica/111-estatistica.html>. Acesso em: 21 de janeiro 2025.

INMET. **Normais Climatológicas do Brasil 1991-2020: Ceará**. Brasília: Instituto Nacional de Meteorologia, 2021. Disponível em: <https://portal.inmet.gov.br/normais>. Acesso em: 1 jan. 2025.

IPECE. Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará. **Características climáticas do Ceará**. Fortaleza, 2019. Disponível em: <http://www.ipece.ce.gov.br>. Acesso em: 1 jan. 2025.

KITTINGER, J. N.; TENEVA, L. T.; KOIKE, H.; STAMOULIS, K.A.; KITTINGER, D. S.; OLESON, K. L. L.; GOMES, M.; WILCOX, B.; FRIEDLANDER, A.M. **From Reef to Table: Social and Ecological Factors Affecting Coral Reef Fisheries, Artisanal Seafood Supply Chains, and Seafood Security**. Plos One. 2015.

LESSA, R.; SILVA, C. R. da; DIAS, J. F.; SANTANA, F. M. **Demography of the Agassiz's parrotfish *Sparisoma frondosum* (Agassiz, 1831) in north-eastern Brazil**. Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom, v. 96, n. 5, p. 1157-1166, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1017/S0025315415001034>.

LOKRANTZ, J.; NYSTRÖM, M.; NORSTRÖM, A.V.; FOLKE, C. & CINER, J.E. **Impacts of artisanal fishing on key functional groups and the potential vulnerability of coral reefs**. Environmental Conservation 36:327–337 Mumby et al., 2009.

LUCENA-FRÉDOU, F.; EDUARDO, L. N.; LIRA, A. S.; PELAGE, L.; PASSARONE, R.; FRÉDOU, T. Atividade pesqueira artesanal no Nordeste do Brasil. In: VIANA, D. de L.;

OLIVEIRA, J. E. L.; HAZIN, F. H. V.; SOUZA, M. A. C. (Org) **Ciências do Mar: dos oceanos do mundo ao Nordeste do Brasil**. Recife: Via Design Publicações, 2021. p. 374-405.

MAIA, L. P. et al. **Caracterização geomorfológica e sedimentar da plataforma continental do Ceará**. Revista de Geologia, v. 29, n. 1, p. 45-60, 2016.

MARQUES, J. M. L.; CRUZ, R.; FEITOSA, C. V. **Dynamics of artisanal fisheries performed with hook-and-line gear under different management regimes in Brazil**. Ocean & Coastal Management, v. 200, p. 105403, 2020.

MITCHESON, Y. S. de; CRAIG, M. T.; BERTONCINI, A. A.; et al. **Fishing groupers towards extinction: a global assessment of threats and extinction risks in a billion dollar fishery**. Fish and Fisheries, v. 14, n. 2, p. 237-237, 2012. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1467-2979.2011.00455.x>.

MOURA, R.L., J.L. de FIGUEIREDO; I. SAZIMA. **A new parrotfish (Scaridae) from Brazil, and revalidation of *Sparisoma amplum* (Ranzani, 1842), *Sparisoma frondosum* (Agassiz, 1831), *Sparisoma axillare* (Steindachner, 1878) and *Scarus trispinosus* (Valenciennes, 1840)**. Bull. Mar. Sci. 68(3):505-524. 2001.

MUMBY, P. J.; HASTINGS, A.; EDWARDS, H. J. **Thresholds and the resilience of Caribbean coral reefs**. Nature, 450: 98–101, 2007.

MUNRO, J.L. **The scope of tropical reef fisheries and their management**. pages 1-14 in N.V.C. Polinin and C.M. Roberts, editors. Reef fisheries, Chapman and Hall, London. 1996.

MURUA, H.; SABORIDO-REY, F. **Female reproductive strategies of marine fish species of the North Atlantic**. Journal of Northwest Atlantic Fishery Science. v. 33 p. 23-31. 2003.

NOAA. National Oceanic and Atmospheric Administration. **Zona de Convergência Intertropical (ZCIT)**. 2021. Disponível em: <http://www.noaa.gov>. Acesso em: 1 jan. 2025.

PADDACK, M. J.; REYNOLDS, J. D.; AGUILAR, C.; et al. **Recent region-wide declines in Caribbean reef fish abundance**. Current Biology, 19, 590–595, 2009.

PARENTI, P.; RANDALL, J. E. **An annotated checklist of the species of the Labroid fish families Labridae and Scaridae**. Ichthyological Bulletin of the J.L.B. Smith Institute of Ichthyology, No. 68, 97 p., 2000.

PAULY, D.; CHRISTENSEN, V.; DALSGAARD, J.; et al. **Fishing down marine food webs**. Science, v. 279, n. 5352, p. 860-863, 1998. DOI: 10.1126/science.279.5352.860

PEREIRA, P.H.C.; LIMA, G.V.; ARAUJO, J.C.; GOMES, E.; CÔRTEZ, L.; PONTES, A.; **Mesophotic Reefs of the Largest Brazilian Coastal Protected Area: Mapping, Characterization and Biodiversity**. Diversity, v. 14, 2022.

PINHEIRO H.T.; ROCHA L.A.; MACIEIRA R. M. et al. **South-western Atlantic reef fishes: zoogeographical patterns and ecological drivers reveal a secondary biodiversity centre in the Atlantic Ocean**. Divers Distrib 24:951–965. 2018.

QUEIROZ-VÉRAS, L. V. M. V.; FERREIRA, B. P.; FREITAS, M.; et al. **A critical review and knowledge gaps to assess and manage threatened parrotfishes' stocks in Brazil**. Aquatic Sciences, 85, 44. 2023. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00027-023-00939-x>.

RANDALL, J.E. AND H.A. RANDALL. **The spawning and early development of the Atlantic parrot fish, Sparisoma rubripinne, with notes on other scarid and labrid fishes**. Zoologica, 48 (2): 49-59, 1963.

REINBOTH, R. **Diandric Teleost species**. General and Comparative Endocrinology, 9, abstract 146, 1967.

RIBEIRO, F. P. **Composição da biocenose e abundância relativa de peixes capturados com covos nos estados do Rio Grande do Norte e Pernambuco (Brasil)**. Bol. Téc. Cient. CEPENE, Tamandaré, v.12, n.1, p.115-128, 2004.

ROBERTSON, D. R., and R. R. WARNER. **Sexual patterns in the labroid fishes of the western Caribbean. II. The parrotfishes (Scaridae)**. Smithson. Contrib. Zool. 255:1–26. 1978.

ROBERTSON, R. D.; KARG, F.; MOURA, R. L.; DE VICTOR, B. V.; BERNARDI, G. **Mechanisms of speciation and faunal enrichment in Atlantic parrotfishes**. Molecular Phylogenetics and Evolution, v. 40, p. 795-807, 2006.

ROOS N.C.; PENNINO M.G.; LOPES P.F.M.; CARVALHO A.R. **Multiple management strategies to control selectivity on parrotfishes harvesting**. Ocean Coast Manag 134:20–29. 2016.

- SADOVY DE MITCHESON Y.; LIU, M. **Functional hermaphroditism in teleosts**. Fish and Fisheries, v. 9, p. 1–43. 2008.
- SANTOS, M. P. N. D.; SEIXAS, S.; AGGIO, R. B. M.; et al. **A Pesca enquanto atividade humana: pesca artesanal e sustentabilidade**. Revista de Gestão Costeira Integrada, v. 12, p. 405–427, 2012. DOI: <https://doi.org/10.5894/rgci385>
- STREELMAN, J.T.; ALFARO, M; WESTNEAT, M. W.; BELLWOOD, D. R.; KARL, S.A. **Evolutionary history of the parrotfishes: biogeography, ecomorphology, and comparative diversity**. Evolution, v. 56, n. 5, p. 961-971. 2002.
- TEH, L. S. L.; TEH, L. C. L.; SUMALIA, U. R. **A global estimate of the number of coral reef fishers**. Plos One. 2013.
- THRESHER, R. **Reproduction in reef fishes**. T.F.H. Publications, Neptune City, 1984.
- VADZIUTSINA, M.; RIERA, R. **Review of fish trap fisheries from tropical and subtropical reefs: Main features, threats and management solutions**. Fisheries Research, v. 223. 2020
- VAZZOLER, A. E. A. de M. **Biologia da Reprodução de Peixes Teleósteos: Teoria e Prática**. EDUEM. Maringá. p. 169. 1996.
- VÉRAS, D. P.; HAZIN, F. H. V.; SILVA, R. C. O. C.; MOURA, L. R.; TOLOTTI, M. T. **Biologia reprodutiva do budião-batata, *Sparisoma frondosum* (Actinopterygii: Scaridae), capturado na costa central do Estado de Pernambuco**. Arquivos de Ciências do Mar, Fortaleza, v. 42, n. 1, p. 40-51, 2009.
- VITAL, H. et al. **Recifes de beachrock no litoral do Ceará: importância ecológica e geológica**. Anuário do Instituto de Geociências, v. 31, n. 2, p. 78-90, 2008.
- WILSON S.K.; BELLWOOD D.R.; CHOAT J.H.; FURNAS M.J. **Detritus in the epilithical algal matrix and its use by coral reef fishes**. Ocean Mar Biol Ann Rev 41:279–309. 2003.
- WOODHEAD, A. J.; HICKS, C. C.; NORSTRÖM, A. V.; et al. **Coral reef ecosystem services in the Anthropocene**. Functional Ecology, v. 33, n. 6, p. 1023-1034, 2019.

YE, Y.; GUTIERREZ, N. L. **Ending fishery overexploitation by expanding from local successes to globalized solutions.** Nature Ecology & Evolution, 1, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41559-017-0179>.