



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMIÁRIDO - UFERSA

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECOLOGIA E CONSERVAÇÃO - PPGE

BIOLOGIA REPRODUTIVA DE *Donax striatus* (LINNAEUS, 1758) (MOLLUSCA:
BIVALVIA) NA PRAIA DE GADO BRAVO, TIBAU-RN.

MESTRANDA: JANETHY DO NASCIMENTO PEREIRA

MOSSORÓ - RN

2022

JANETHY DO NASCIMENTO PEREIRA

BIOLOGIA REPRODUTIVA DE *Donax striatus* (LINNAEUS, 1758) (MOLLUSCA:
BIVALVIA) NA PRAIA DE GADO BRAVO, TIBAU-RN.

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Conservação da Universidade Federal Rural do Semi-Árido como requisito para obtenção do título de Mestre em Ecologia e Conservação.

Orientador: Prof. Dr. Guelson Batista da Silva

MOSSORÓ - RN

2022

© Todos os direitos estão reservados a Universidade Federal Rural do Semi-Árido. O conteúdo desta obra é de inteira responsabilidade do (a) autor (a), sendo o mesmo, passível de sanções administrativas ou penais, caso sejam infringidas as leis que regulamentam a Propriedade Intelectual, respectivamente, Patentes: Lei nº 9.279/1996 e Direitos Autorais: Lei nº 9.610/1998. O conteúdo desta obra tomar-se-á de domínio público após a data de defesa e homologação da sua respectiva ata. A mesma poderá servir de base literária para novas pesquisas, desde que a obra e seu (a) respectivo (a) autor (a) sejam devidamente citados e mencionados os seus créditos bibliográficos.

PPere Pereira, Janethy do Nascimento.
irab Biologia Reprodutiva de *Donax striatus* (Linnaeus, 1758) (mollusca: Bivalvia) na praia de Gado Bravo, Tibau-RN / Janethy do Nascimento Pereira. - 2022.
40 f. : il.

Orientador: Guelson Batista da Silva.
Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal Rural do Semi-árido, Programa de Pós-graduação em Ecologia e Conservação, 2022.

1. Maturidade. 2. Reprodução. 3. Microscopia.
4. Macroscopia. 5. Bivalves. I. Silva, Guelson Batista da, orient. II. Título.

Ficha catalográfica elaborada por sistema gerador automático em conformidade com AACR2 e os dados fornecidos pelo(a) autor(a).
Biblioteca Campus Mossoró / Setor de Informação e Referência
Bibliotecária: Keina Cristina Santos Sousa e Silva
CRB: 15/120

O serviço de Geração Automática de Ficha Catalográfica para Trabalhos de Conclusão de Curso (TCC's) foi desenvolvido pelo Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação da Universidade de São Paulo (USP) e gentilmente cedido para o Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (SISBI-UFERSA), sendo customizado pela Superintendência de Tecnologia da Informação e Comunicação (SUTIC) sob orientação dos bibliotecários da instituição para ser adaptado às necessidades dos alunos dos Cursos de Graduação e Programas de Pós-Graduação da Universidade.

JANETHY DO NASCIMENTO PEREIRA

BIOLOGIA REPRODUTIVA DE *Donax striatus* (LINNAEUS, 1758) (MOLLUSCA:
BIVALVIA) NA PRAIA DE GADO BRAVO, TIBAU-RN.

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Conservação da Universidade Federal Rural do Semi-Árido como requisito para obtenção do título de Mestre em Ecologia e Conservação.

Linha de Pesquisa: Ecologia e Conservação

Defendida em: 04 / 06 / 2022.

BANCA EXAMINADORA

GUELSON BATISTA DA
SILVA:74089820359

Assinado de forma digital por
GUELSON BATISTA DA
SILVA:74089820359
Dados: 2022.07.06 09:03:02
-03'00'

Prof. Dr. Guelson Batista da Silva
Universidade Federal Rural do Semiárido (UFERSA)

Documento assinado digitalmente
 CRISTINA DE ALMEIDA ROCHA BARREIRA
Data: 07/07/2022 11:19:34-0300
Verifique em <https://verificador.iti.br>

Prof^ª. Dr^ª. Cristina de Almeida Rocha Barreira
Instituto de Ciências do Mar (LABOMAR/UFC)

Inês Xavier Martins

Assinado de forma digital por Inês Xavier Martins
Dados: 2022.07.06 13:49:05 -03'00'

Prof^ª. Dr^ª. Inês Xavier Martins
Universidade Federal Rural do Semiárido (UFERSA)

*Minha mãe Francisca Antonia do Nascimento
Pereira, minha inspiração, fonte de eternas
“Saudades” (In Memoriam).*

*A todas as pessoas que fizeram e fazem parte da
construção da minha história de vida, ao meu
núcleo familiar, pai e irmãos; em especial minha
irmã Edinete e minhas amigas Cyntia e Adlany.*

AGRADECIMENTOS

A Deus, que sempre está presente na minha vida, até mesmo quando não mereço, me guiando a cada passo, enviando pessoas (anjos), que só vem agregando na minha formação, enquanto ser humano.

Ao Prof. Dr. Guelson Batista da Silva, pela orientação, conselhos, confiança, paciência, apoio, dedicação e todo auxílio para a realização deste trabalho.

Ao curso de graduação em Ciências Biológicas da UFRN, a Pós-graduação em Educação e Contemporaneidade do IFRN e a Pós-Graduação em Ecologia e Conservação da UFRSA, por toda formação proporcionada.

Ao Laboratório de Morfofisiologia Animal Aplicada vinculado ao Departamento de Ciências Animais da Universidade Federal Rural do Semiárido, pelo apoio técnico, por me receber e me dar oportunidade de desenvolver parte desta dissertação. Em especial o Prof. Dr. Moacir Franco de Oliveira.

A família Centro de Estudos em Pesca e Aquicultura Sustentável do Semiárido (CEPAS) pelo carinho, recepção, paciência e apoio. Em especial a meus colegas do Laboratório de Tecnologia e Oceanografia Pesqueira (LABTOP): João, Hudhro e o técnico Darlan.

Agradeço à banca examinadora da qualificação, integrada por Prof^a Dra. Inês Xavier Martins e Prof. Dr. Moacir Franco de Oliveira, como também a banca examinadora da defesa da dissertação, integrada por Prof^a Dra. Inês Xavier Martins e Prof^a Dra. Cristina de Almeida Rocha Barreira. Obrigada pelo apoio e grandes conselhos para melhorar este trabalho.

Agradeço aos guerreiros (as) que ajudaram nas coletas em campo: João, Hudhro, Ayko, Murianny, Guelson, Dalvanice, Camila, Edinete, Maria e Gil. Minha sincera gratidão.

Agradeço aos incríveis profissionais psicólogos, que me acompanharam na minha formação acadêmica, na graduação (Angélica) e nessa pós-graduação (Maially). Minha sincera gratidão.

Agradeço aos meus amigos (as) que já estão me apoiando nesse percurso há muito tempo: Cyntia, Adlane, Gleyson (padrinho), Elissandra, Rinaldo, Edlayne, Socorro, Sara, Tiana e aos mais recentemente aos quais também tenho um imenso carinho: Marília, Ayko, Murianny, Ivo e Janaina. E todos os demais aqui não citados, que contribuíram direta ou indiretamente na minha formação acadêmica e enquanto pessoa. Minha sincera gratidão. Aos meus familiares: pai, irmãos e irmãs, mas em especial, a minha maior inspiradora, minha mãe,

que sempre, esteve e “está” ao meu lado, me fazendo acreditar e lutar por meus sonhos. E sempre mostrando que o conhecimento, a sabedoria e a humildade são as maiores armas para enfrentar as durezas da caminhada. Fonte de eternas “Saudades”.

“Tenho a impressão de ter sido uma criança brincando à beira-mar, divertindo-me em descobrir uma pedrinha mais lisa ou uma concha mais bonita que as outras, enquanto o imenso oceano da verdade continua misterioso diante de meus olhos.”

Isaac Newton

RESUMO

Donax striatus é um molusco bivalve marinho, pertencente à família Donacidae, com ampla distribuição em zonas costeiras banhadas pelo Oceano Atlântico. No Brasil, é encontrada na faixa litorânea de areia, enterrado em zonas entre-marés de praias arenosas varridas pelas ondas em posição vertical ao substrato. O seu padrão de zoneamento neste habitat varia de uma região para outra. O objetivo desta pesquisa foi caracterizar a biologia reprodutiva de *Donax striatus* na praia de Gado Bravo no Rio Grande do Norte. A espécie *Donax striatus* é dioica, sua reprodução é sexuada, apresenta desenvolvimento separado de indivíduos machos e fêmeas. Não apresenta características morfológicas externas (conchas) ou interna (diferença de coloração das gônadas) que possibilitem a sua diferenciação sexual visualmente, sendo necessário a observação microscópica dos gametas (células reprodutivas). Do total de 304 indivíduos analisados histologicamente, foram identificados, a partir da visualização de suas estruturas reprodutivas, 29 imaturos, 62 machos, 104 fêmeas e 109 indeterminados. A maioria dos organismos da população de *Donax striatus* estudada está na classe 18,25 e 20mm, com L₅₀ estimado em 14,2 cm de comprimento da concha. O que sugere a importância de estabelecer ações que possam mitigar potenciais impactos para exploração desta espécie de bivalve. Para fomentar a conservação da espécie recomenda-se a possível captura com comprimento superior a 14,75 mm. A população de machos e fêmeas de *Donax striatus* apresentam picos de eliminação de gametas com pausas ao decorrer do ano, porém individualmente apresentam eliminação de gametas contínua ao longo do ano, o período de amadurecimento gonadal ocorre no período chuvoso, com eliminação acontecendo no início do período seco. No final do período seco observa-se o período de reorganização dos tecidos gonadais, não sendo reconhecido o sexo dos organismos. A proporção sexual geral foi de 1F:1,67M, sendo observada diferença significativa ($\chi^2 = 10,63$; p-valor = 0,001).

Palavras-chave: Maturidade; Reprodução; Microscopia; Macroscopia; Bivalves.

ABSTRACT

Donax striatus is a marine bivalve mollusc, belonging to the Donacidae family, with wide distribution in coastal areas bathed by the Atlantic Ocean. In Brazil, it is found in the coastal strip of sand, buried in inter-sea zones of sandy beaches swept by waves in a vertical position to the substrate. Its zoning pattern in this habitat varies from one region to another. The objective of this research was to characterize the reproductive biology of *Donax striatus* at Gado Bravo beach in Rio Grande do Norte. The species *Donax striatus* is dioecious, its reproduction is sexual, it presents separate development of male and female individuals. It does not present external morphological characteristics (shells) or internal (different coloration of the gonads) that allow its visual sexual differentiation, being necessary the microscopic observation of the gametes (reproductive cells). From a total of 304 individuals analyzed histologically, 29 immature, 62 males, 104 females and 109 indeterminate were identified from the visualization of their reproductive structures. Most of the organisms of the population of *Donax striatus* studied are in class 18.25 and 20.15mm, with the size at first maturity (L_{50}) estimated at 14.2 cm of shell length. This suggests the importance of establishing actions that can mitigate potential impacts for the exploitation of this bivalve species. To promote the conservation of the species, it is recommended to capture a possible length greater than 14.75 mm. the population of males and females of *Donax striatus* show peaks of gamete elimination with breaks throughout the year, but individually they present continuous gamete elimination throughout the year, the period of gonadal ripening occurs in the rainy season, with elimination taking place at the beginning of the dry season. At the end of the dry period, the period of reorganization of the gonadal tissues is observed, and the sex of the organisms is not recognized. The general sex ratio was 1F:1.67M, with a significant difference ($\chi^2= 10.63$; p-value =0.001).

Keywords: Maturity; reproduction; Microscopy; Macroscopy; Bivalves.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Localização da área de amostragem em um banco natural de <i>Donax striatus</i> na praia de Gado Bravo, Tibau (RN).....	16
Figura 2 - Frequência absoluta de <i>Donax striatus</i> coletados na Praia Gado Bravo/RN no período de fevereiro de 2021 e janeiro de 2022, por classe de tamanho (comprimento da concha em mm).	19
Figura 3 - Fotomicrografia das células germinativas de <i>Donax striatus</i> no interior dos folículos ovarianos.	21
Figura 4 - Fotomicrografia das células germinativas indeterminado de <i>Donax striatus</i> no interior dos folículos. A seta sinaliza as células-mãe aderidas à parede interna da membrana basal folicular.....	22
Figura 5 - Fotomicrografia de gônadas femininas de <i>Donax striatus</i> em diferentes estágios de desenvolvimento. (a) Em maturação, (b) Maduro, (c) Em eliminação (d) Eliminado.....	23
Figura 6 - Fotomicrografia de gônadas masculinas de <i>Donax striatus</i> em diferentes estágios de desenvolvimento.	24
Figura 7 - Frequência absoluta mensal de <i>Donax striatus</i> , de acordo com os estágios de desenvolvimento gonadal de indivíduos indeterminados, observados entre fevereiro de 2021 e janeiro de 2022, na praia de Gado Bravo.	25
Figura 8 - Frequência absoluta mensal de <i>Donax striatus</i> , de acordo com os estágios de desenvolvimento gonadal de machos, observados entre fevereiro de 2021 e janeiro de 2022, na praia de Gado Bravo.....	25
Figura 9 - Frequência absoluta mensal de <i>Donax striatus</i> , de acordo com os estágios de desenvolvimento gonadal de fêmeas, observados entre fevereiro de 2021 e janeiro de 2022, na praia de Gado Bravo.....	26
Figura 10 - Precipitação pluviométrica acumulada mensal (mm) e frequência de indivíduos nos estágios de desenvolvimento gonadal e de <i>Donax striatus</i> , observados na praia de Gado Bravo, entre fevereiro de 2021 e janeiro de 2022.	27
Figura 11 - Regressão linear entre comprimento e altura das conchas de <i>Donax striatus</i> para juvenis (x) e adultos (o), coletados na praia de Gado Bravo/RN entre o mês de outubro 2020 e janeiro de 2022.	27

- Figura 12** - Probabilidade de maturação de *Donax striatus* considerando a classe de comprimento da concha. A linha pontilhada indica o comprimento em que 50% dos indivíduos atingiram a maturidade sexual morfológica (L50).28
- Figura 13** - Média mensal do índice de condição do *Donax striatus* observada na praia de Gado Bravo, entre fevereiro de 2021 e janeiro de 2022.29

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	12
2	REVISÃO DE LITERATURA.....	13
3	OBJETIVOS	15
3.1	Objetivo geral	15
3.2	Objetivos específicos	15
4	HIPÓTESE	15
5	MATERIAIS E MÉTODOS	15
5.1	Área de amostragem	15
5.2	Coleta e processamento das amostras	16
5.3	Análise histológica	17
5.4	Tamanho de primeira maturação sexual (L ₅₀).....	18
5.5	Determinações do índice de condição (IC)	18
5.6	Análises estatísticas.....	19
6	RESULTADOS	19
6.1	Distribuição do comprimento de exemplares de <i>Donax striatus</i>	19
6.2	Análises macro e microscópica: sexo e estágios reprodutivos da espécie <i>Donax striatus</i>	20
6.3	Ciclo reprodutivo	24
6.3.1	Progressão sazonal dos estágios de maturação	24
6.4	Tamanhos de primeira maturação - L ₅₀	27
6.5	Índice de condição	28
7	DISCUSSÃO	29
8	CONSIDERAÇÕES FINAIS	32
	REFERÊNCIAS.....	32
	ANEXO A - Resumo de um levantamento bibliográfico com denominações distintas para classificação dos estágios de maturação para espécies do gênero <i>Donax</i>	37

1 INTRODUÇÃO

Estudos sobre a reprodução de moluscos permitem compreender aspectos da biologia e ecologia desses organismos e, assim, auxiliar no manejo de populações naturais, bem como na conservação das espécies. As informações sobre o índice de condição, associadas às observações histológicas dos estágios de desenvolvimento gonadal, representam o método mais usado e eficiente para determinação do ciclo reprodutivo de bivalves (ROCHA-BARREIRA; ARAÚJO, 2005; ARAÚJO; NUNES, 2006), sendo também considerada a determinação do tamanho em que os indivíduos atingem a maturidade sexual essencial, principalmente, quando as populações são exploradas comercialmente (OLIVEIRA, 2019). Entre as espécies de bivalves, as do gênero *Donax* pertencem a um grupo globalmente dominante em comunidades de invertebrados em praias arenosas, no entanto, poucos estudos foram feitos sobre sua biologia reprodutiva em regiões tropicais (GADELHA et al., 2019).

A espécie *Donax striatus* (LINNAEUS, 1758) apresenta ampla distribuição em zonas costeiras banhadas pelo Oceano Atlântico, sendo encontrado, no Brasil, nos estados do Rio Grande do Norte, Ceará, Piauí e Maranhão (SOUSA et al., 2014; BARROSO et al., 2013). Esses bivalves vivem enterrados verticalmente em zona entre-marés de praias arenosas varridas pelas ondas, com seu padrão de zoneamento dentro desse habitat variando de uma região para outra (ANSELL, 1983; SOUSA et al., 2014; CHAGAS et al., 2014).

Em algumas regiões litorâneas essa espécie de bivalve é essencial como recurso para alimentação e desenvolvimento do comércio local, dependente da mariscagem e pesca tradicional (WADE, 1967; VASCONCELOS; MARTINS; MATTHEWS-CASCON, 2013; MEIRELES et al., 2007; SOUSA et al., 2014). Essa prática ocorre de forma manual e muitas vezes, de forma desordenada e sem o devido monitoramento, não necessitando de aparatos sofisticados, podendo contribuir, junto com o processo de urbanização das praias, na pressão sobre seus estoques, causando a redução de suas populações (ROCHA-BAREIRA et al., 2002; SOUSA et al., 2014).

As informações disponíveis na literatura referentes à biologia reprodutiva da espécie *Donax striatus* são escassas. Podemos destacar o trabalho realizado por Gadelha et al. (2019), os quais estudaram o ciclo reprodutivo e o desenvolvimento gonadal da espécie em uma praia arenosa na região Norte do Brasil. Nesse contexto, é necessária a realização de estudos que elucidem e promovam avanços na compreensão da biologia reprodutiva da espécie mencionada, levando em consideração a sua relevância para as comunidades locais

(MEDEIROS et al, 2015), buscando agregar novos dados sobre *D. striatus* e contribuindo na compilação e reflexão do comportamento reprodutivo da espécie.

Assim, compreender a biologia reprodutiva desta espécie é essencial para disseminar informações que poderão auxiliar na formulação de estratégias de gerenciamento e conservação deste recurso pesqueiro por parte dos órgãos governamentais responsáveis e assim garantir a exploração sustentável da espécie, fortalecendo a economia local, garantindo a sua sobrevivência e dos indivíduos que dela dependem para obtenção de sustento.

2 REVISÃO DE LITERATURA

Os moluscos, juntamente com poliquetas e crustáceos, são os mais abundantes em praias arenosas ao redor do mundo, Rocha-Barreira et al. (2017), contribuem amplamente para a biodiversidade local (RUELA et al., 2009). A riqueza de diversidade de moluscos registrada atualmente no Brasil é subestimada a 1690 espécies (ROCHA-BARREIRA et al., 2017).

Os moluscos apresentam uma ampla variedade de formas e ocupam diversos habitats., Assim como sua diversidade, a morfologia do sistema reprodutor e os modos de reprodução também se apresentam das mais diversas formas nos mais variados ambientes (ARAUJO, 2004). No filo no qual estão incluídos os bivalves que, em sua maioria, são dióicos, embora ocorra a existência de espécies hermafroditas, com fecundação externa (ROCHA-BAREIRA; ARAÚJO, 2005). Este filo apresenta alta fecundidade, geralmente com um ciclo de vida curto e complexo, marcado por um estágio larval planctônico e uma fase adulta bentônica (MCLATHLAN; DEFEO, 2018a). A sobrevivência das larvas está relacionada às condições ambientais da época de desova (VICTOR; SUBRAMONIUN, 1988).

O gênero *Donax* pertence ao grupo de invertebrados globalmente dominantes em praias arenosas (GADELHA et al., 2019; YAMBEM, 2019). Eles utilizam seu pé em forma de remo para se locomover entre marés, o que se trata de uma característica adaptativa que permite que a espécie “surfe” evitando a dessecação, otimizando as condições de alimentação e fugindo de predadores (ROCHA-BARREIRA et al., 2017). Já foram descritas mais de 60 espécies desse gênero: cerca de 75% são encontradas em águas tropicais, 20% em regiões temperadas quentes e cerca de 5% em águas temperadas frias (MCLATHLAN; DEFEO, 2018b).

O *Donax striatus* é distribuído nas zonas médio litorâneas, supra litorânea ou infralitorânea devido à migração mareal, as quais permitem que o animal tenha condições ótimas de alimentação e que a predação seja mínima (MATTHEWS-CASCON; LOTUFO, 2006). Esses animais são distribuídos nas praias arenosas em três zonas. O supralitoral, correspondente a área que permanece emersa; o mediolitoral que corresponde à região entre-marés e a última zona trata-se do infralitoral que sempre se encontra submersa (MCLACHLAN; ERASMUS, 1983). Durante a descida da maré, são encontrados numa área mais interna, estando distribuídos no substrato estratificado da praia, ocupando diferentes áreas: na parte superior ficam os recrutas; na intermediária, a medida que crescem apresentam maior densidade e, na profunda, os adultos (BARREGO et al., 2010).

Diversos estudos têm sido desenvolvidos sobre a reprodução e desenvolvimento de espécies da família Donacidae, em várias regiões pelo Brasil e no mundo como: na Venezuela - *Donax denticulatus*: (Rojas, 1985), no México - *Donax punctato* (Esqueda-González et al., 2018), em Portugal - *Donax trunculus* (Gaspar; Ferreira; Monteiro, 1999), na Espanha - *Donax semistriatus* e *Donax venustus* (Tirado; Salas, 1999), no Egito *Donax variabilis* (Ek., et al., 2017), na Tunísia - *Donax trunculus* (Boussoufa et al. 2015), na Costa Noroeste da Ibérica - *Donax trunculus* (Patiño et al., 2021), na Indonésia - *Donax purpurascens* (Zakaria et al., 2019), na Argentina - *Donax Hanleyanus* (Herrmann, et. al., 2009) e no Brasil com as espécies *Donax hanleyanus* (Gil; Thome, 2004) e *Donax striatus* (Gadelha et al., 2019).

Os estágios de maturidade sexual do gênero *Donax* podem variar de quatro a seis, podendo haver variações na sua denominação conforme as referências consultadas, ver anexo A.

Entre as diversas formas de avaliação do desenvolvimento gonadal de moluscos bivalves para obter informações sobre o período reprodutivo (período de maturação sexual e eliminação de gametas) das espécies tem sido adotado o método do índice de condição, especialmente relacionando-o com as condições de saúde do animal influenciada por fatores abióticos e fisiológicos. O índice de condição é uma ferramenta útil na descrição da biologia reprodutiva de bivalves (Herrmann, et. al., 2009), inclusive tendo sido explorado em trabalhos com *Donax*, por exemplo: *Donax trunculus* em Portugal (Gaspar et al, 1999), *Donax trunculus* na Tunísia (Boussoufa et al. 2015), *Donax hanleyanus* na Argentina (Herrmann, et. al., 2009) e com a espécie *Donax striatus* no Brasil (Gadelha et al., 2019).

A espécie *Donax striatus* demonstra características do tipo r-estrategista, sendo que fêmeas e machos apresentam sincronismo na evolução gametogênica (GADELHA et al.,

2019). Ainda de acordo com estes autores, a baixa variação de parâmetros ambientais proporciona condições favoráveis para uma estratégia reprodutiva eficaz ao longo do ano, seguindo o padrão de produção postulado para bivalves em ambientes tropicais.

3 OBJETIVOS

3.1 Objetivo geral

Caracterizar a estrutura populacional e a biologia reprodutiva de *Donax striatus*, na praia de Gado Bravo, município de Tibau, Rio Grande do Norte.

3.2 Objetivos específicos

- Caracterizar a estrutura populacional de *D. striatus*;
- Caracterizar os estágios reprodutivos de *D. striatus*;
- Estimar o tamanho de primeira maturação sexual (L_{50}) de *D. striatus*;
- Relacionar o índice de condição com o grau de maturação gonadal identificado pelas análises de células germinativas de *D. striatus*.

4 HIPÓTESE

Para melhor direcionar esse estudo foi elaborada a seguinte hipótese:

- Existe um período definido de eliminação de gametas da espécie *Donax striatus* ao longo do ano na praia de Gado Bravo no Rio Grande do Norte.

5 MATERIAIS E MÉTODOS

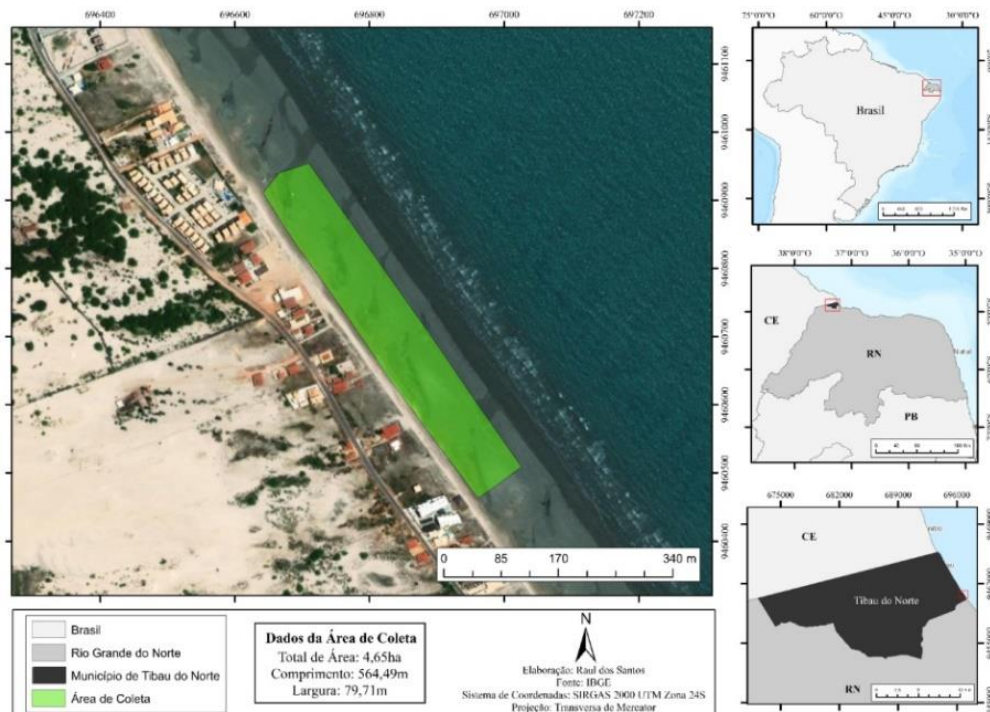
5.1 Área de amostragem

A coleta foi realizada em um banco areno-lamoso natural com 80 m de largura e 565 m de comprimento, localizado na praia de Gado Bravo, pertencente ao município de Tibau, localizada no litoral Oeste Potiguar (Rio Grande do Norte) (Figura 1).

A praia é constituída como depósito de sedimento arenoso, acumulado por ações de ondas, atuando como um importante elemento de conformação litorânea, tendo a pesca como serviço de provisão, junto do serviço de regulação de processos oceânicos e geomorfológicos e cultural através do serviço de lazer e do geoturismo conferido pela praia (TERTO, 2021).

A praia de Gado Bravo tem baixa densidade populacional e de edificações, apresentando residências à beira-mar (SILVA, 2016). Os condomínios nessa praia fazem parte dos “valorizados” de Tibau (GOMES, 2013).

Figura 1 - Localização da área de amostragem em um banco natural de *Donax striatus* na praia de Gado Bravo, Tibau (RN).



Fonte: Santos (2021).

5.2 Coleta e processamento das amostras

O local de captura dos exemplares apresenta as seguintes coordenadas geográficas (04° 52' 34.75" S e 37° 13' 34.54" W) determinadas com um aparelho de posicionamento global (GPS). As coletas ocorreram mensalmente em um período de 16 meses, no período diurno durante a maré baixa de sizígia. Os exemplares de *Donax striatus* foram obtidos por meio de uma varredura nessa área, com participação de duas a três pessoas durante uma hora, por meio de coleta manual com o auxílio de uma peneira de malha de aproximadamente 2 mm para separar o sedimento do material biológico.

Os exemplares foram transportados para o Laboratório de Tecnologia e Oceanografia Pesqueira (LABTOP), vinculado ao Centro de Estudos em Pesca e Aquicultura Sustentável do Semiárido (CEPAS) em sacos plásticos fechados contendo água do mar. Foram conservados 2569 exemplares e preservados em fixador (formol 10%) e analisados no laboratório.

Para determinar o tamanho do animal capturado foi utilizado um paquímetro digital, sendo consideradas as medidas de altura (máxima dimensão entre o umbo e a borda da concha), comprimento (máxima dimensão entre a região anterior-posterior) e largura (máxima dimensão entre as duas válvulas), de acordo com o eixo anatômico.

Para caracterização dos estágios de desenvolvimento gonadal e determinação do tamanho da primeira maturidade sexual, foram selecionados 30 exemplares mensalmente, entre fevereiro de 2021 e janeiro de 2022, que seguiram para etapa do processamento histológico. As amostras foram fixadas com a parte mole ainda no interior da concha, com as valvas entreabertas.

Também foi realizada a pesagem, com auxílio de uma balança de precisão, do animal como um todo e com sua parte mole separada das valvas. Das partes moles de cada exemplar, foi extraída a massa visceral, onde está localizado o par de gônadas.

Os dados de precipitação pluviométrica mensais foram obtidos através da Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos (FUNCEME), posto que se localiza mais próximo do local de coleta.

5.3 Análise histológica

Foram confeccionadas lâminas histológicas de 360 exemplares, referente a um período de 12 meses (de fevereiro de 2021 a janeiro de 2022) seguindo as etapas: submetido a uma sequência de desidratação em álcool e diafanização em xilol, até sua inclusão em parafina, seguindo o protocolo utilizado para *Phacoides pectinata* (SANTANA, 2010). Em seguida, foram realizadas secções transversais com uso do micrótomo manual na espessura de 5µm, de acordo com metodologia adotada por (GADELHA et al. 2019). Posteriormente, foram submetidas ao processo de coloração com os reagentes Hematoxilina e Eosina seguindo os protocolos do Laboratório de Morfofisiologia Animal Aplicada vinculado ao Departamento de Ciências Animais da Universidade Federal Rural do Semiárido, onde foram realizados os procedimentos. Para cada exemplar foram confeccionadas três lâminas histológicas e após a montagem das mesmas, foi realizada a captura de imagens das células reprodutivas, por meio

de microscópio ótico com câmera digital acoplada, com aumentos de 10x e 40x, para posterior análise.

As imagens capturadas foram analisadas por meio do programa Image J para a contagem de células reprodutivas. A classificação dos estágios gonadais foram realizadas de acordo com Gadelha et al. (2019); Lamine et al. (2021); Gil; Thomé (2004); Corte (2011) e Araújo (2004). As análises quantitativas dos ovócitos foram realizadas e utilizadas para uma melhor caracterização do ciclo gametogênico das fêmeas. Para a determinação do diâmetro médio foram coletadas quatro medidas de cada ovócito e calculada a média dessas medidas (adaptado de CORTE, 2011). Adotando o núcleo no centro de cada ovócito. Apenas células com o núcleo aparente foram selecionadas.

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

O comprimento de primeira maturação (L_{50}), o qual indica o tamanho em que 50% da população atingiu a maturidade sexual, foi estimado na proporção entre indivíduos maduros/imaturos por classes de tamanho da concha através do pacote SizeMat (Torrejon-Magallanes, 2020), disponível no software R (R Core Team, 2022), de acordo com a seguinte fórmula:

$$P = \frac{1}{1 + e^{-(a+b \times L)}}$$

Onde: P - probabilidade de um indivíduo estar maduro em um determinado comprimento; a - intercepto; b - coeficiente angular e L - comprimento da concha e por meio da maturidade morfométrica que envolve dois processos de classificação dos indivíduos em dois grupos (juvenis e adultos). A segunda é a estimativa que faz utilidade da classificação anterior para estimar o tamanho da primeira maturidade morfológica.

As relações morfométricas entre comprimento e altura foram avaliadas para juvenis e adultos, posteriormente; os respectivos coeficientes lineares e angulares estimados foram comparados por meio da análise de covariância (ANCOVA) (OLIVEIRA, 2019).

5.5 Determinações do índice de condição (IC)

O índice de condição (IC) de cada indivíduo foi estimado a partir da relação entre a massa total da parte do corpo do animal, à fresco, e a massa da concha, com base em Santana (2010):

$$IC = (P_{MT}/P_C) \times 100$$

Onde: P_{MT} - peso da massa total mole á fresco, em gramas e P_C - peso da concha, em gramas.

5.6 Análises estatísticas

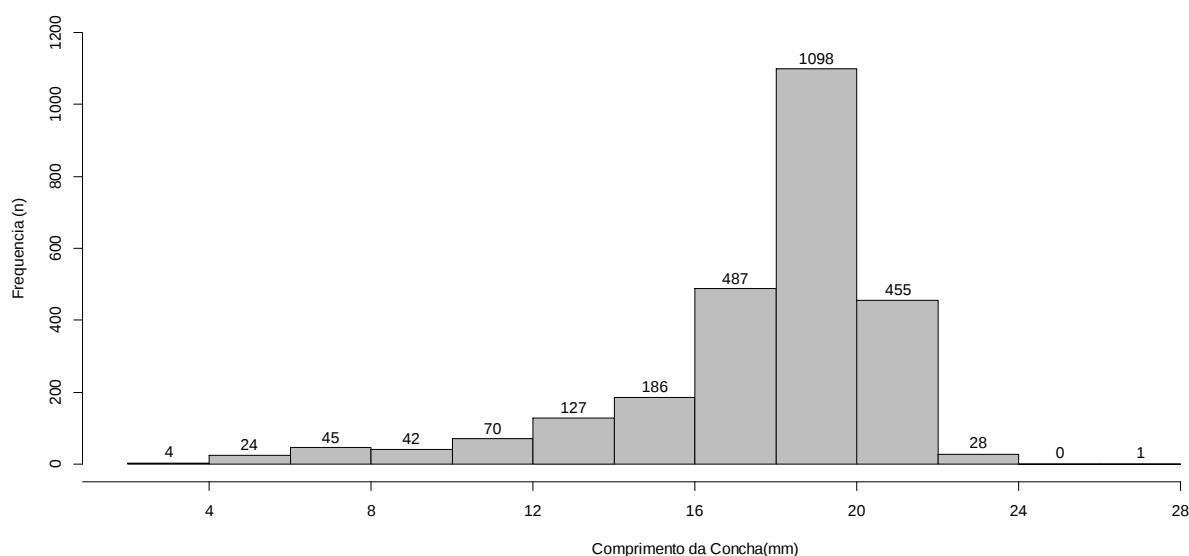
As análises estatísticas utilizadas foram descritivas. A proporção sexual foi avaliada por meio do teste Qui-quadrado (χ^2). A variação sazonal do índice de condição, foi avaliada por de medias e desvio padrão.

6 RESULTADOS

6.1 Distribuição do comprimento de exemplares de *Donax striatus*

No período entre outubro de 2020 e janeiro de 2022, foram amostrados 2.569 exemplares do bivalve *Donax striatus*. O maior indivíduo apresentou comprimento de 27,63 mm e o menor de 3,95 mm. Os exemplares analisados apresentaram comprimento médio amostral e desvio padrão de $17,97 \pm 2,89$ mm, respectivamente. A distribuição de frequência por classes de comprimento está apresentada na figura 2.

Figura 2 - Frequência absoluta de *Donax striatus* coletados na Praia Gado Bravo/RN no período de fevereiro de 2021 e janeiro de 2022, por classe de tamanho (comprimento da concha em mm).



Fonte: Autoria própria (2022).

6.2 Análises macro e microscópica: sexo e estágios reprodutivos da espécie *Donax striatus*

A espécie *Donax striatus* se apresentou como dioica, sua reprodução é sexuada, com desenvolvimento separado de indivíduos machos e fêmeas. Não apresenta características morfológicas externas (conchas) ou interna (diferença de coloração das gônadas) que possibilitem a sua diferenciação sexual visualmente, sendo necessário a observação microscópica dos gametas (células reprodutivas). Macroscopicamente, a espécie *Donax striatus* apresenta as vísceras esbranquiçadas. O que se destaca é a glândula digestiva com tons esverdeado, amarelado e/ou amarronzado. Do total de 304 indivíduos analisados histologicamente, foram identificados, a partir da visualização de suas estruturas reprodutivas, 29 imaturos, 62 machos, 104 fêmeas e 109 indeterminados. A proporção sexual geral foi de 1F:1,67M, sendo observada diferença significativa ($\chi^2 = 10,63$; p-valor = 0,001).

As células germinativas foram identificadas e descritas de acordo com o grau de desenvolvimento gonadal de fêmeas e machos. Nas fêmeas, com base nas alterações morfológicas sofridas por suas células germinativas, foram identificados os seguintes tipos de células: I- ovogônias; II- ovócitos pré-vitelogênicos; III- ovócitos vitelogênicos e IV- ovócitos maduros. Estas células estão localizadas dentro de envoltórios formados por células foliculares, nomeados de folículos ovarianos.

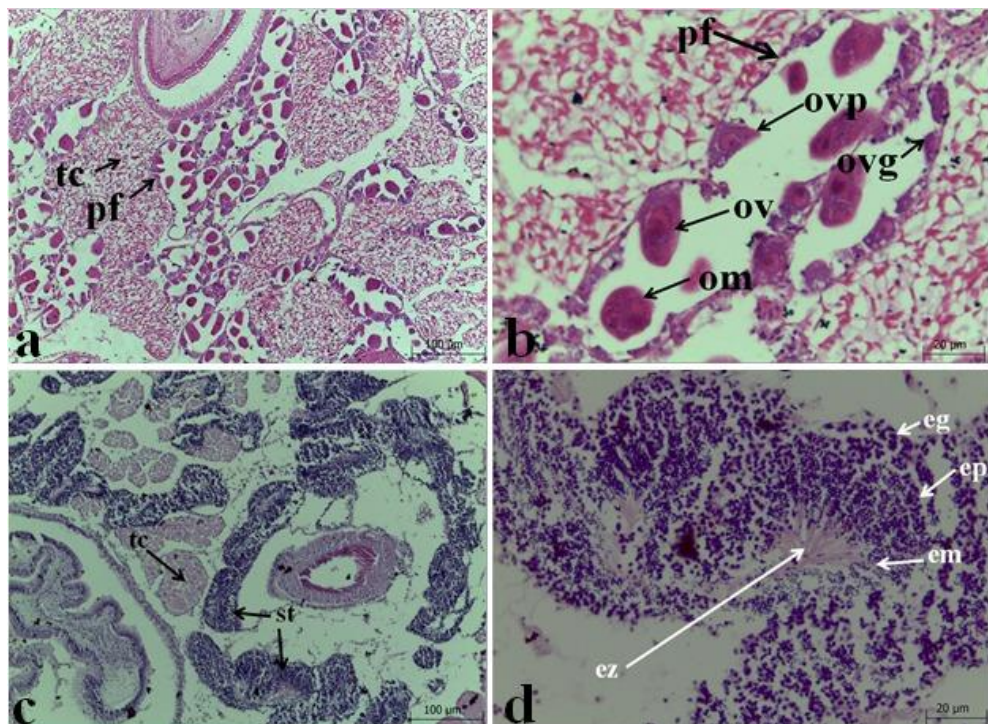
As ovogônias são as células fixadas na parede folicular germinativa e apresentaram diâmetro variando entre 1,5 e 11,25 μm . Os ovócitos pré-vitelogênicos possuíam um formato oval, com diâmetro entre 3,75 e 19,25 μm estando ainda preso à parede folicular. O citoplasma se apresentava pouco acidófilo e o núcleo é volumoso e muito basófilo. Os ovócitos vitelogênicos também apresentavam formato oval e peduncular, podendo estar com uma menor área fixada à parede germinativa ou estar livre no interior do folículo, com o diâmetro entre 7,5 e 34,5 μm . Ovócitos maduros são células maduras livres no centro do folículo com formato oval, núcleo basófilo e citoplasma acidófilo. Possuíam um diâmetro entre 7,5 e 28,75 μm (Figura 3a e 3b).

Nos machos, foram observadas as seguintes células germinativas: I- espermatogônias; II-espermatócitos; III- espermátides e IV- espermatozoides. Estas células estão localizadas nos túbulos testiculares. É nos túbulos testiculares que ocorre o desenvolvimento da célula germinativa, localizada ao longo da parede folicular. As espermatogônias são células pioneiras que sofrem a mitose e meiose originando várias células. À medida que essas células

vão sofrendo modificações morfológicas, elas migram em direção ao centro do túbulo (lúmen) até ficarem maduras.

Os espermatócitos são células menores que as espermatogônias. Estão localizadas mais distantes da parede do túbulo. As espermatídes são menores que os espermatócitos e foram originadas das divisões meióticas dos espermatócitos. Os espermatozoides são células maduras com características que se desenvolvem a partir das espermatídes. Podem ser encontrados no lúmen dos túbulos testiculares. Eles são morfológicamente bem diferenciados, são alongados, ao comparar com as células citadas anteriormente (Figura 3c e 3d).

Figura 3 – Fotomicrografia das células germinativas de *Donax striatus* no interior dos folículos ovarianos.



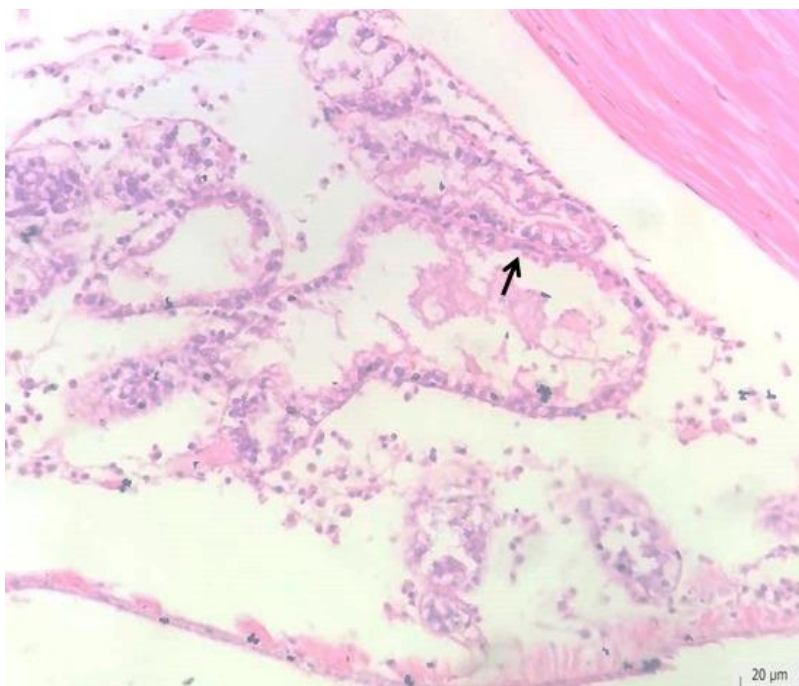
Fonte: Autoria própria (2022).

Legenda: Folículo ovariano com células germinativas femininas (a e b); onde: pf = parede do folículo; tc = tecido conjuntivo; ovg = ovogonia; ovp = ovócito pré-vitelogênico; ov = ovócito vitelogênico; om = ovócito maduro; Folículo ovariano com células germinativas masculinas (c e d); onde: st = túbulos espermáticos (folículos); tc = tecido conjuntivo; eg = espermatogônia; ep = espermatócitos; em = espermatíde; ez = espermatozoide.

Foram descritos um total de cinco estágios gonadais: Indefinidos, em maturação, maduro, em eliminação e eliminado.

Organismos considerados Indeterminados (Figura 4) apresentaram o início da formação dos folículos, com aglomerados de células-mãe aderidas à parede interna da membrana basal folicular com espaço vazio, as quais originarão as primeiras células germinativas (espermatogônias e ovogônias) onde não é possível diferenciar o sexo.

Figura 4 – Fotomicrografia das células germinativas indeterminado de *Donax striatus* no interior dos folículos. A seta sinaliza as células-mãe aderidas à parede interna da membrana basal folicular.



Fonte: Autoria própria (2022).

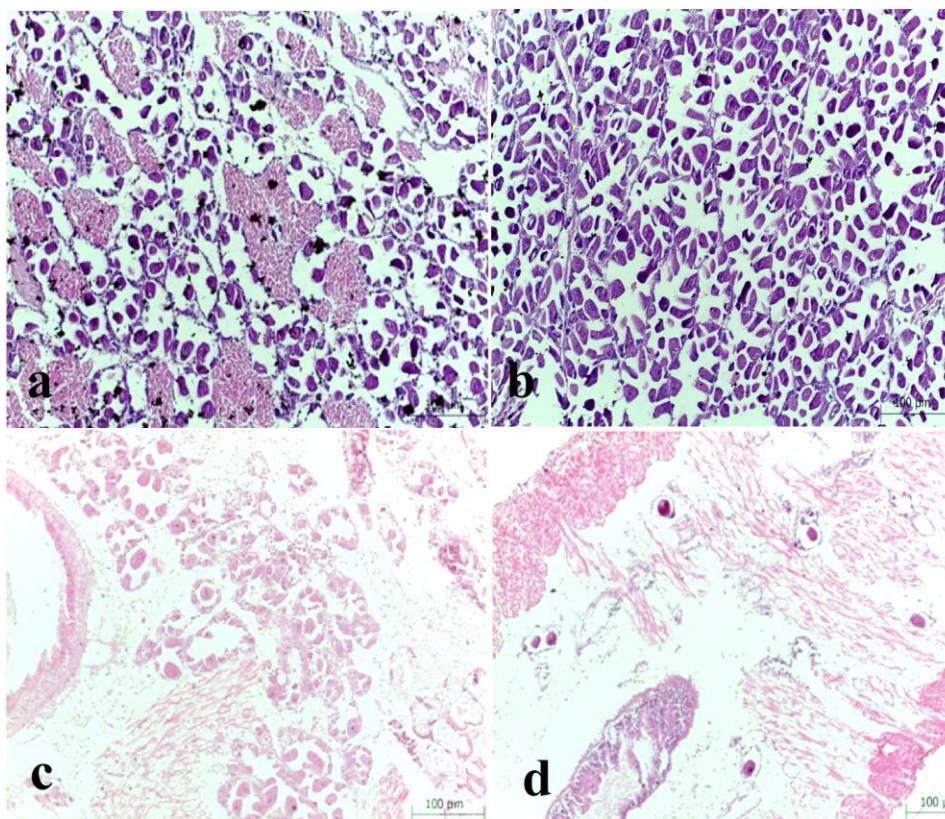
Para as Fêmeas (figura 5) os estágios foram identificados de acordo com as seguintes características:

- Em maturação (figura 5a) - apresentou diferentes fases de células germinativas, com predominância de ovogônias, pré-vitelogênicos e vitelogênicos. Enquanto as células maduras apresentaram menor frequência; os folículos ovarianos são pequenos, bem delimitados, com paredes espessas. E foi observada uma considerável quantidade de tecido conjuntivo extrafolicular;

- Maduro (figura 5b) – apresentou predominância de ovócitos maduros livres no lúmen, podendo ser observados os demais tipos de células germinativas; parede folicular distendida; considerável quantidade de ovócitos. Observou-se ainda uma redução no tecido interfolicular.

- Em eliminação (Figura 5c) – foi observada redução de células germinativas nas fases pré-vitelogênica, vitelogênica e maduras, deixando espaço dentro dos folículos ovarianos.
- Eliminado (Figura 5d) – apresentou parede folicular fina, com folículos ovarianos vazios ou com células residuais em citólise.

Figura 5 – Fotomicrografia de gônadas femininas de *Donax striatus* em diferentes estágios de desenvolvimento. (a) Em maturação, (b) Maduro, (c) Em eliminação (d) Eliminado.



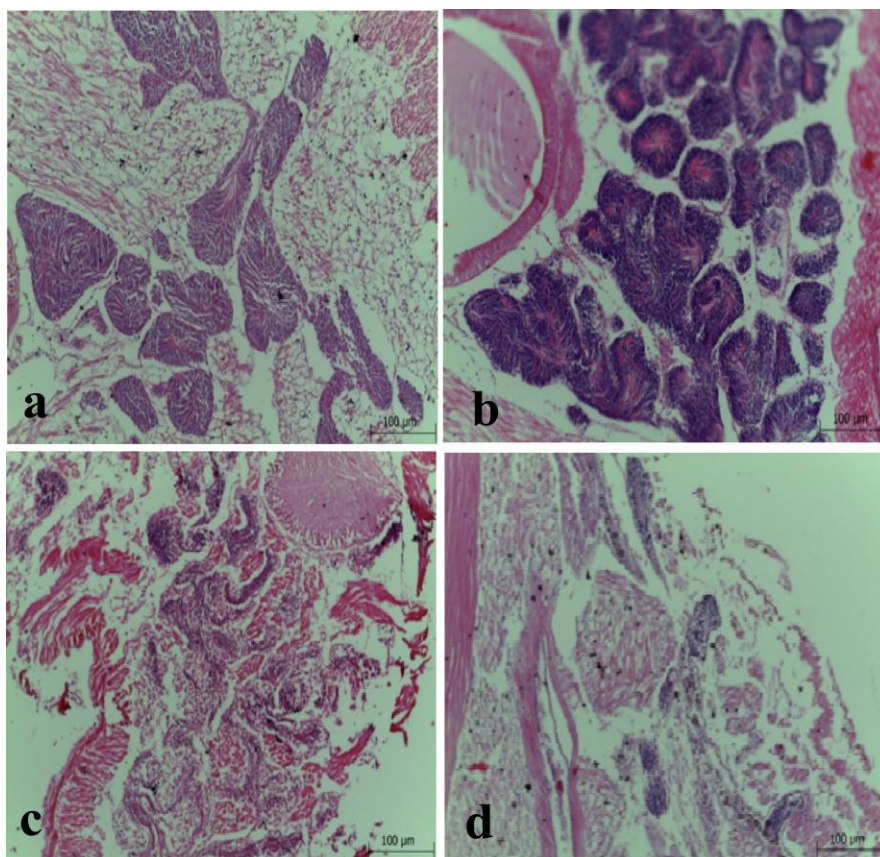
Fonte: Autoria própria (2022)

Para os Machos (figura 6) os estágios foram identificados de acordo com as seguintes características:

- Em maturação (figura 6a) – apresentou células germinativas nas fases espermatogônias, espermatócitos e espermátides. Numa fase mais avançada foram observados espermatozoides, dispersos no lúmen testicular; parede folicular espessa e folículos tornando gradativamente mais larga e espaço intrafolicular reduzido.
- Maduro (figura 6b) – foi observada ocorrência de parede folicular fina e uma grande quantidade de espermatozoides no lúmen.
- Em eliminação (figura 6c) – apresentou sinais de esvaziamento na qual o espermatozoide foi expelido, deixando espaços intrafolicular e interfolicular;

- Eliminado (figura 6d) – foi observado que a maioria dos espermatozoides foram expelidos dos tubos testiculares deixando os folículos mais estreitos; tecido conjuntivo preencheu os espaços entre os folículos. Parede folicular um pouco mais espessa em virtude da formação de novas células germinativas.

Figura 6 - Fotomicrografia de gônadas masculinas de *Donax striatus* em diferentes estágios de desenvolvimento.



Fonte: Autoria própria (2022)

Legenda: (a) Em maturação, (b) Maduro, (c) Em eliminação (d) Eliminado.

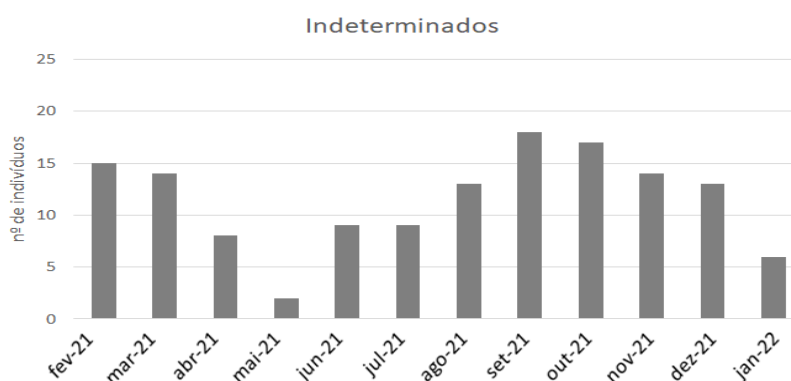
6.3 Ciclo reprodutivo

6.3.1 Progressão sazonal dos estágios de maturação

Conforme descrito anteriormente, no decorrer de 12 meses de estudo, foram observadas cinco fases de desenvolvimento gonadal na população de *Donax striatus* da praia de Gado Bravo em Tibau, Rio Grande do Norte.

Durante todo o período de estudo, foi possível observar organismos no estágio de desenvolvimento indeterminado, com maior ocorrência, no mês de setembro e menor ocorrência no mês maio (Figura 7).

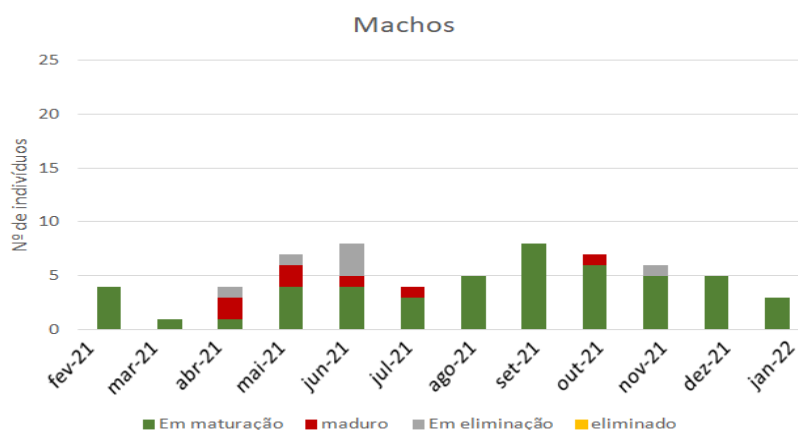
Figura 7 - Frequência absoluta mensal de *Donax striatus*, de acordo com os estágios de desenvolvimento gonadal de indivíduos indeterminados, observados entre fevereiro de 2021 e janeiro de 2022, na praia de Gado Bravo.



Fonte: Autoria própria (2022)

Os machos apresentaram o estágio em maturação durante todos os meses estudados, o estágio maduro nos meses abril a julho e outubro de 2021, já o estágio em eliminação nos meses de abril a junho e novembro (Figura 8).

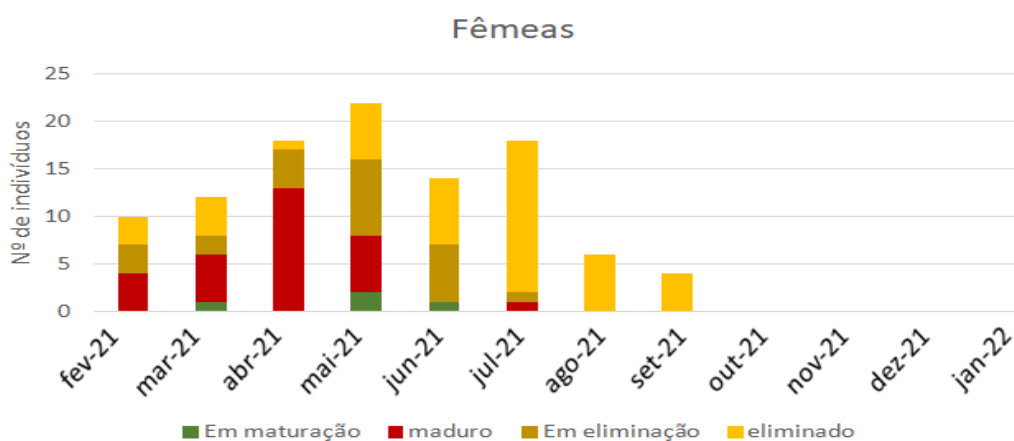
Figura 8 - Frequência absoluta mensal de *Donax striatus*, de acordo com os estágios de desenvolvimento gonadal de machos, observados entre fevereiro de 2021 e janeiro de 2022, na praia de Gado Bravo.



Fonte: Autoria própria (2022)

Nas fêmeas, foi possível identificar o estágio de eliminado entre os meses de fevereiro e setembro de 2021, já entre os meses de fevereiro a julho foi observado o estágio em eliminação. Nesses mesmos meses citados anteriormente, com exceção do mês de junho, foram detectados organismos no estágio maduro. Nos meses de março, maio e junho foram encontrados indivíduos em maturação (Figura 9).

Figura 9 - Frequência absoluta mensal de *Donax striatus*, de acordo com os estágios de desenvolvimento gonadal de fêmeas, observados entre fevereiro de 2021 e janeiro de 2022, na praia de Gado Bravo.

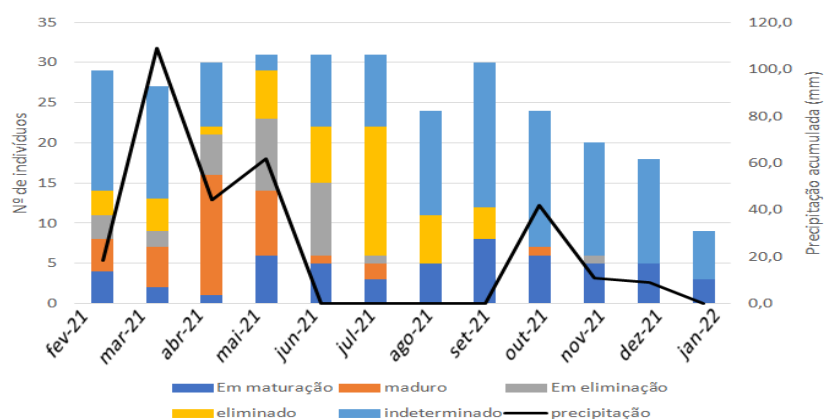


Fonte: Autoria própria (2022)

Com base no descrito, notou-se que a população de machos e fêmeas de *Donax striatus* apresentam picos de eliminação de gametas com pausas ao decorrer do ano, porém individualmente apresentam maturação e eliminação contínua de gametas ao longo do ano.

O índice pluviométrico registrado na região para o mês de março de 2021 foi de 109,0 mm período mais chuvoso, seguido do mês de maio de 2021 com 60mm de precipitação, nos quais foi possível verificar a presença dos cinco estágios de maturação. O último, e menor pico pluviométrico, foi verificado em outubro de 2021 com 40mm e a ocorrência de organismos em maturação, maduro e indeterminado. O período de estiagem foi observado em junho à setembro de 2021, onde houve o predomínio de organismos nos estágios eliminado e indeterminado (Figura 10).

Figura 10 - Precipitação pluviométrica acumulada mensal (mm) e frequência de indivíduos nos estágios de desenvolvimento gonadal e de *Donax striatus*, observados na praia de Gado Bravo, entre fevereiro de 2021 e janeiro de 2022.

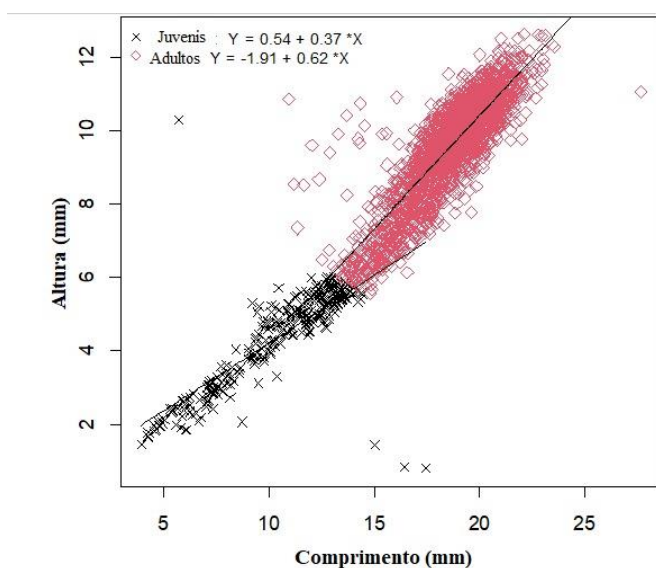


Fonte: Autoria própria (2022)

6.4 Tamanhos de primeira maturação - L50

A análise de agrupamento (K-means) dividiu o conjunto de dados em duas categorias. A prova identificou juvenis e adultos, sendo o intervalo de comprimento entre 12,95 e 14,75 mm a transição entre essas categorias (Figura 11).

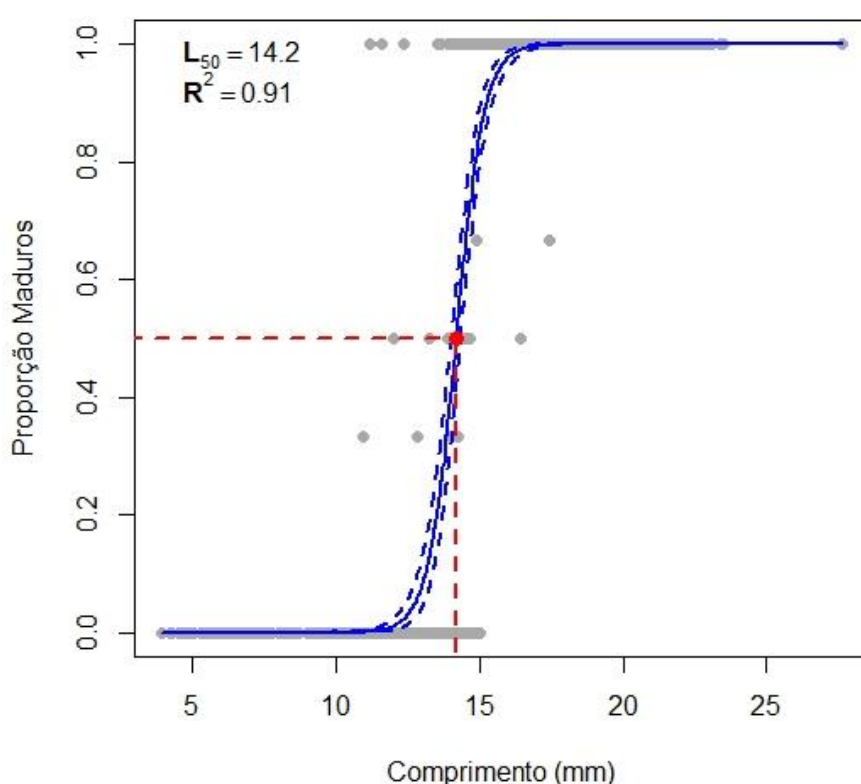
Figura 11 - Regressão linear entre comprimento e altura das conchas de *Donax striatus* para juvenis (x) e adultos (o), coletados na praia de Gado Bravo/RN entre o mês de outubro 2020 e janeiro de 2022.



Fonte: Autoria própria (2022)

Os resultados fornecidos pelas médias de K foram utilizados como referência para a análise do crescimento entre comprimento e altura de conchas de juvenis e de adultos. O ajuste do modelo logístico indicou que 50% dos indivíduos (L50) atingiram a maturidade sexual a partir de 14,2 mm de comprimento (Figura 12).

Figura 12 - Probabilidade de maturação de *Donax striatus* considerando a classe de comprimento da concha. A linha pontilhada indica o comprimento em que 50% dos indivíduos atingiram a maturidade sexual morfológica (L50).

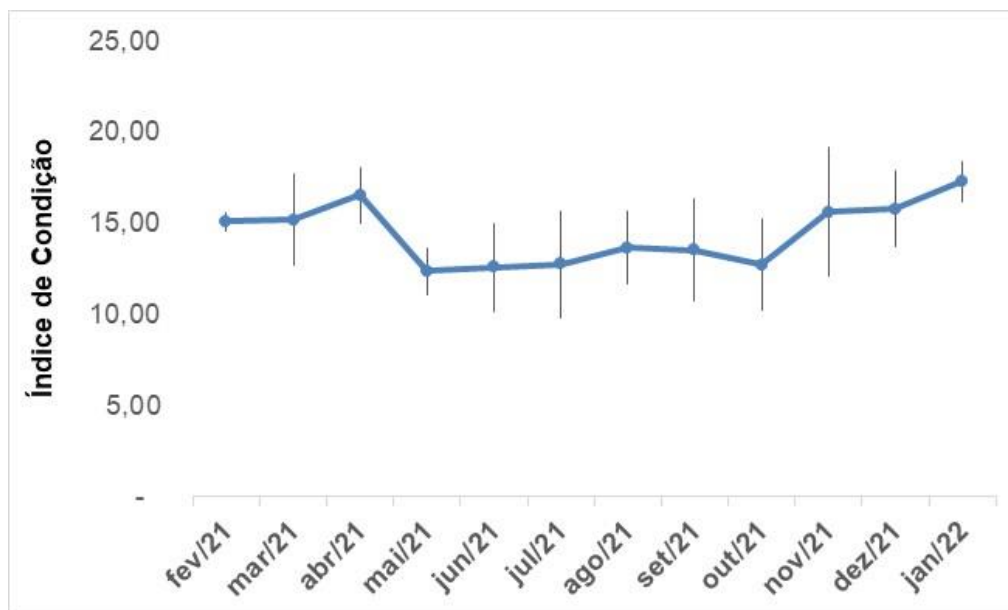


Fonte: Autoria própria (2022)

6.5 Índice de condição

Durante doze meses de estudo, de fevereiro de 2021 à janeiro 2022, foi observado as maiores medias do índice de condição entre fevereiro e abril e decréscimo entre o mês de maio e outubro (Figura 13).

Figura 13 – Média mensal do índice de condição do *Donax striatus* observada na praia de Gado Bravo, entre fevereiro de 2021 e janeiro de 2022.



Fonte: Autoria própria (2022)

7 DISCUSSÃO

O tamanho dos indivíduos é importante para estabelecer a faixa etária a qual está correlacionada aos seus respectivos estágios de maturação, sejam esses estágios identificados, de forma microscópica, com observações dos folículos germinativos, ou macroscópica por tonalidades de cores. A amplitude de tamanhos amostrada no presente estudo, se assemelha com os padrões observados por Medeiros et al. (2015), os quais estudaram a densidade populacional de *D. striatus* em uma área vizinha a do presente estudo e observaram a presença de indivíduos juvenis e adultos em todos os períodos amostrais, corroborando a teoria de desova continuada ao longo do ano.

Em outras pesquisas realizadas com espécies do gênero *Donax* como a exemplo o *Donax hanleyanus* no Sul do Brasil, Gil e Thomé (2004) estabeleceram o tamanho de 1ª de maturação (L_{50}) por meio da combinação de dois métodos: cálculo da média dos comprimentos do menor indivíduo no estágio de emissão/desova e do menor indivíduo e o método de distribuição do comprimento da primeira maturação sexual. A primeira maturidade de *D. hanleyanus* foi estimada em comprimento da concha de 12,0 mm e a maior frequência de indivíduos em atividade sexual se encontrou entre as classes de comprimento de 13,0 a 15,0mm (GIL; THOMÉ, 2004).

Para *Donax punctatostriatus*, em Sinaloa México, o tamanho de primeira de maturidade foi estimado em 12,14 mm, 12,63 mm e 12,03 mm para fêmeas, machos e ambos os sexos, respectivamente, por meio do modelo logístico de acordo com a fórmula proposta por Gunderson, Callahan e Goiney (1980); Esqueda-González et al. (2018). Para *Donax trunculus* em seu primeiro ano de vida na Costa Argentina foi estimado o L_{50} em 16 mm e o tamanho dos juvenis variou entre 8mm e 16mm (MOUEZA e FRENKIEL-RENAWT, 1973); *Donax trunculus* na Costa Sul do Adriático na Itália apresentou primeira maturidade no segundo ano de vida com 18mm (ZEICHEN et al., 2002); no mar da Mármara Turquia apresentou L_{50} com 19,1mm (Deval, 2009) e atualmente uma pesquisa realizada na Costa Ibérica, entre as águas do Atlântico e do Mediterrâneo, foi estimado em 19,04mm (PATIÑO et al., 2021). A maturidade sexual é uma função da idade e não do tamanho, de modo que essas espécies iniciariam a maturidade reprodutiva no primeiro ano de vida (13mm a 21mm) (GASPAR et al., 1999). O resultado da presente pesquisa se aproxima do que foi apresentado por Gadelha et al. (2019) que as espécies do gênero *Donax* iniciam a maturidade independente do ambiente climático ao qual estão submetidas, dentro do intervalo de tamanho de 10 a 20mm.

Podemos inferir que essa variação, pode estar sendo influenciada por questões regionais e demais particularidades as quais esses indivíduos enfrentam, sejam elas antrópicas, físicas, químicas e/ou biológicas. As diferenças geográficas nos traços da história de vida em função do ambiente é um fenômeno generalizado dentro dos táxons marinhos (PATIÑO et al. 2021). Fatores ambientais são levados em consideração por influenciar o ciclo reprodutivo em bivalves, como, temperatura, salinidade e disponibilidade de alimento (LUNETTA, 1969). A diferença de comprimento na primeira maturidade sexual normalmente é afetada pelo padrão de crescimento e tamanho das partículas do substrato (ZAKARIA et al., 2019).

O *Donax striatus* localizado em uma praia arenosa em Ajuruteua, região Amazônica, apresentou maior abundância de indivíduos do sexo feminino e estágios distintos de desenvolvimento gonadal na maioria dos meses, sendo considerado com ciclo de reprodução contínuo e também por apresentar eliminação de gametas durante todo o período de estudo (GADELHA et al., 2019). O mesmo foi constatado, no presente estudo. Para a população de *D. striatus* na praia de Gado Bravo localizada no litoral Oeste Potiguar. Para outras espécies desse mesmo gênero distribuídas pelo mundo foram também observados padrões de uma reprodução contínua, como o *Donax purpurascens* na Indonésia (Zakaria et al., 2019); *Donax*

Denticulatus na Venezuela (Rojas et al., 1985); *Donax trunculus* na Costa Ibérica entre as águas do Atlântico e do Mediterrâneo (Patiño et al., 2021) e para o *Donax punctatostriatus*, no México (Esqueda-González et al., 2018).

As maiores ocorrências de indivíduos eliminando gametas em Ajuretueua, foram registradas na estação chuvosa e maior incidência de indivíduos maduros ocorre no período de estação seca (GADELHA et al., 2019). Contrastando ao observado no presente trabalho, no qual o período de amadurecimento gonadal ocorreu no período chuvoso, com eliminação acontecendo no início do período seco. Talfato também foi registrado por Boussoufa et al. (2015), os quais observaram que o principal evento de eliminação de gametas para a espécie *Donax trunculus* da Baía de Tunis, no norte da Tunísia, ocorreu de junho a outubro marcado por temperaturas mais altas, como o verificado para a espécie na praia Gado Bravo/RN.

O índice de condição indica mudanças na massa gonadal ao longo do ano, com maiores valores refletindo quando as gônadas estão maduras (HERRMANN, et. al., 2009; GASPAR et al, 1999). O mesmo foi observado nesse trabalho, que notificou no período seco os menores índices de condição, com maior ocorrência de eliminação e reorganização do tecido gonadal já no período chuvoso os maiores valores de índices de condição com maior presença de indivíduos maduros.

O comportamento e características reprodutivas do *Donax striatus* podem ser considerados como reprodução contínua, tendo sido observado um período em que parte da população apresenta uma redução da atividade reprodutiva, representando um período de reorganização do tecido gonadal. Não foram observados organismos hermafroditas e o comprimento da sua primeira maturação e faixa de tamanho está conforme definido por outros trabalhos, para espécies do gênero *Donax* como os anteriormente citados.

É importante salientar a necessidade de promover mais pesquisas sobre a biologia reprodutiva dessa espécie, nessa e em outras regiões do país, especialmente porque são poucos estudos sobre a reprodução da espécie a qual é utilizada como recurso extrativista que garante a sobrevivência de muitas comunidades litorâneas e ribeirinhas. Desse modo, será possível estabelecer ações de manejo e conservação apropriados para a espécie, especialmente, para o estabelecimento de políticas regulatórias para a extração da de *D. striatus* no litoral Potiguar.

8 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Para a espécie de *Donax striatus* na praia de Gado Bravo no Rio Grande do Norte o L_{50} estimado em 14,2 mm, sugere a importância de estabelecer ações que possam mitigar potenciais impactos para exploração desta espécie de bivalve. Para fomentar a conservação da espécie recomenda-se a possível captura com comprimento superior a 14,75mm. É necessário pesquisas mais prolongadas nessa região, com coleta de dados robustos referente a fatores biótico, abióticos e antrópicos que possam vir a reforçar e complementar o descrito nessa pesquisa. A compreensão entre maturidade e estudos morfológicos pode auxiliar no entendimento do comportamento reprodutivo e dinâmica da população dessa espécie nessa praia.

REFERÊNCIAS

- ANSELL A. D. The Biology of the Genus *Donax*. In: MCLACHLAN A.; ERASMUS T. (eds). **Sandy Beaches as Ecosystems**. Developments in Hydrobiology. Dordrecht: Springer, 1983. vol. 19. Disponível em: https://doi.org/10.1007/978-94-017-2938-3_46. Acesso em: 22 jan. 2020.
- ARAÚJO, M. L. R. **Ciclo reprodutivo e distribuição espacial de *Anomalocardia brasiliensis* (Gmelin, 1791) (Mollusca: Bivalvia: Veneriidae) na praia do Canto da Barra, Fortim, Ceará**. 2004. Dissertação (Mestrado em Ciências Marinhas Tropicais) - Ciências Marinhas Tropicais do Instituto de Ciências do Mar, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2004.
- ARAÚJO, C. M. Y.; NUNES, C. G. A Guideline to Molluscan Bivalve Reproductive Studies in Brazilian Marine Management Areas. **Journal of Coastal Research**, [s. l.], v.39, 2006. (Special Issue).
- BARREGO, F. A. O. et. al. Estructura poblacional de *Donax striatus* (bivalvia, donacidae) en playa Las Balsas, Gibara, Cuba. **Revista Ciências Marinas y Costeiras**, v. 2, p. 27-38, 2010.
- BARROSO, C. X. An extended geographical distribution of *Donax gemmula* Morrison, 1971(Bivalvia: Donacidae): new record from the Brazilian Northeastern coast. **Check List**, v. 9, n. 5, p. 1087-1090, 2013. Disponível em: https://www.biotaxa.org/cl/article/view/9.5.1087_. Acesso em: 6 fev. 2020.
- BOUSSOUFA, D. et. al. Reproductive cycle and gonad development of the commercial clam *Donax trunculus* from the Bay of Tunis (Northern Tunisia, South Mediterranean coast): effects of environmental variability. **Cah. Biol. Mar.** v. 56, n. 4, p. 369-380, 2015.
- CHAGAS, R. A. et al. Rendimento do corpo mole de *Donax striatus* Linnaeus, 1767 (bivalvia, donacidae). In: SEMINÁRIO ANUAL DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA UFRA, 12., 2014, Amazonas. **Anais eletrônicos** [...]. Amazonas: UFRA, 2014. Disponível em:

https://www.academia.edu/9482936/Rendimento_do_corpo_mole_de_Donax_striatus_Linnaeus_1767_Bivalvia_Donacidae_. Acesso em: 6 fev. 2020.

COBB, J. C.; STEPHENSON, S. P.; ARNALD, W. S. Reproductive cycle and recruitment patterns of coquina clam *Donax variabilis* say along the central gulf coast of Florida. **Journal of Shellfish Research**, [s. l.], v. 30, n. 1, p. 25-34, 2011.

CORTE, G. N. **Biologia populacional e reprodutiva de *Anomalocardia brasiliana* (Gmelin, 1791) (Bivalvia: Veneridae)**. 2011. Dissertação (Mestrado em Ecologia) - Instituto de Biologia da Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2011.

ESQUEDA-GONZÁLEZ, M. C. et. al. Reproductive Cycle of *Donax punctatostriatus* (Hanley, 1843) (Bivalvia: Donacidae) in a Sandy Beach of Sinaloa, Mexico. **American Malacological Bulletin**, [s. l.], v. 36, n. 1, p. 274-285, dez. 2018.

EK, K. et al. Reproductive cycle of the bivalve clams “*Donax variabilis* (Say, 1822)” in New Damietta shore, Egypt. **International Journal of Fisheries and Aquatic Studies**, [s. l.], v.5, n. 5, p. 346-352, ago. 2017.

DEVAL, By M. C. Growth and reproduction of the wedge clam (*Donax trunculus*) in the Sea of Marmara, Turkey. **Journal of Applied Ichthyol**, Turkey, v. 25, n. 5, p. 551–558, 2009.

GADELHA, E. et al. Reproductive cycle and gonadal development of *Donax striatus* (Bivalvia: Donacidae) on an Amazon sandy beach in northern Brazil. **SCI. MAR.**, Barcelona (Spain), v. 83, n. 1, p. 31-39, mar. 2019.

GASPAR, M. B.; FERREIRA, R.; MONTEIRO, C.C. Growth and reproduction cycle of *Donax trunculus* L., (Mollusca; Bivalvia) off Faro, southern. **Fisheries Revacch**, Portugal, v. 41. n. 3, p. 309-316, jul. 1999.

GIL, G. M.; THOMÉ, J. W. Descrição do ciclo reprodutivo de *Donax hanleyanus* (Bivalvia, Donacidae) no sul do Brasil. **Iheringia, Sér. Zool.**, Porto Alegre, v. 3, n. 94, p. 271-276, set. 2004.

GOMES. I. R. **Vilegiatura além da metrópole: urbanização em Tibau (RN)**. 2013. Tese (Doutorado em Geografia) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2013.

HAMDANI1, A.; SOLTANI, N.; ZAIDI, N. Growth and reproduction of *Donax trunculus* from the Gulf of Annaba (Northeast Algeria) in relation to environmental conditions. **Environmental Science and Pollution**, Algeria, v. 27, n. 33, p. 41656-41667, 2020.

HERRMANN, M. et. al. Testing the habitat harshness Hypothesis: Reproductive Biology of the wedge clam *Donax hanleyanus* (Biologia: Donacidae) on Three Argentinean Sandy beaches with contrasting morphodynamics. **Journal of Molluscan Studies**, Oxford University, p1-5, 2009.

IBRAHIM, R. M.; Aspects on the reproductive cycle of *Donax semistriatus* and *Donax trunculus* (Mollusca:bivalvia) in Idku, Egypt. **Indian journal of Marine sciences**, v. 44, n. 3, p. 287-296, Man. 2015.

- LAMINE, I. et al. Assessment of reproductive cycle, parasitism and biological indices of the wedge clam *Donax trunculus* along the Taghazout coastline (on the Moroccan Atlantic Coast). **Regional Studies in Marine Science**, v. 47, sep. 2021.
- LUNETTA, J. E. Fisiologia da reprodução dos mexilhões (*Mytilus perna* – Mollusca lamellibranchia). **Zoologia e Biologia Marinha**, São Paulo, V. 26 n. 26, 1969. (Boletim da Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras da Universidade de São Paulo).
- MATTHEWS-CASCON, H.; LOTUFO, T. M. C. **Biota marinha da costa oeste do Ceará**. Brasília: MMA, 2006.
- MCLATHLAN, A.; DEFEO, O. Fisheries. In: MCLATHLAN, A.; DEFEO, O. **The Ecology of Sandy Shores**. 3. ed. United State: Elsevier, 2018a, p. 331-374. (chaptetr 14).
- MCLATHLAN, A.; DEFEO, O. Sandy-Beach Invertebrates. In: MCLATHLAN, A.; DEFEO, O. **The Ecology of Sandy Shores**. 3. ed. United State: Elsevier, 2018b, p. 75-101. (chaptetr 5).
- MCLACHLAN, A.; ERASMUS, T. (eds). **Sandy Beaches as Ecosystems**. Developments in Hydrobiology. Dordrecht: Springer, 1983.
- MEDEIROS, E. L.; FERNANDES, G. V.; HENRY-SILVA, G. G. Distribution and density of the mollusk *Donax striatus* (Linnaeus, 1767) in a tropical estuarine region in the Brazilian semi-arid. **Braz. J. Biol.**, [s. l.], v. 75, n. 4, p. 914-922, 2015.
- MEIRELES, A. J. A. et al. Impactos ambientais decorrentes das atividades da carcinicultura ao longo do litoral Cearense, Nordeste do Brasil. **Mecartor – Revista de geografia da UFC**, Fortaleza- CE, v. 6, n. 12, p. 83-106, 2007.
- MOUEZA, M.; FRENKIEL-RENAWT, L. Contribution à l'étude de la biologie de *Donax trunculus* L. (Mollusques Lamellibranches) Dans L'Algérois: la reproduction. **Cahiers de Biologie Marine**, v. 14, n. 3, p. 261-283, 1973.
- NAGABHUSHANAM, R.; TALIKHEDKAR, P. M. Reproductive biology of the wedge Clam *Donax cuneatus*. **Indian jornal of Marine sciences**, India, v. 6, p. 35-38, jun. 1977.
- OLIVEIRA, I. A. **Ecologia populacional e dinâmica pesqueira de *Anomalocardia flexuosa* (Linnaeus, 1767) (Bivalvia: Veneridae) em um estuário hipersalino do semiárido brasileiro**. 2019. Tese (Doutorado em Ciências Marinhas Tropicais) - Instituto de Ciências do Mar, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2019.
- PATÍÑO, D. M. et. al. Wedge clam (*Donax trunculus* Linnaeus, 1758) reproduction: reproductive traits and environmental influence in the NW Iberian coast and contrast across Atlantic and Mediterranean waters, **Hydrobiologia**, [s. l.], v. 848, n. 6, p. 1347-1366, 2021.
- RAO, B. K. S. Annual reproductive cycle of the wedge clam, *Donax cuneatus linnaeus*. **J. Mar. biol. India**, India, v.9, n.1 p. 141-146, 1967.

R CORE TEAM. R: a language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria, 2021. Disponível em: <https://www.R-project.org/>. Acesso em: 15 ago. 2021.

ROCHA-BARREIRA, C. A. et al. Ecology of Mollusc Communities in Marine environments: central region of the Semiarid Coast of Brasil. In: JENKINS, Owen P. **Advances in Animal Science and Zoology**. New York: Nova Publishers, 2017. p. 165-208 (chapetr 9).

ROCHA-BARREIRA, C. A.; ARAÚJO, M. L. R. Ciclo reprodutivo de *Anomalocardia brasiliiana* (Gmelin, 1791) (Mollusca, Bivalvia, Veneridae) na praia do canto da barra, fortim, ceará, brasil. **B. Inst. Pesca**, São Paulo, v. 31, n. 1, p. 9-20, 2005.

ROCHA-BARREIRA, C. A. et al. Aspectos da estrutura populacional de *Donax striatus* (Linnaeus, 1758) (Mollusca: donacidae) na Praia do Futuro, Fortaleza - CE. **Arquivos de Ciências do Mar**, Fortaleza, n. 35, n. 1-2, p. 51-55, 2002.

ROJAS, A.V. Reproductive biology of the tropical clam *Donax denticulatus* in eastern Venezuela, **J. Sci, Carib.**, [s. l.], v. 21, n. 3 - 4, p. 125 -136, 1985.

RUELA, J. L. et al. A highly diverse molluscan assemblage associated with eelgrass beds (*Zostera marina* L.) in the Alboran Sea: Micro-habitat preference, feeding guilds and biogeographical distribution, **Scientia Marina**, Barcelona (Spain), v. 73, n. 4, p. 679 -700, dec. 2009.

SANTANA, L. M. B. M. **Biologia reprodutiva e considerações sobre parasitismo em *Lucina pectinata* (MOLLUSCA: bivalvia) em um estuário tropical**. 2010. Dissertação (Mestrado em Ecologia e Recursos Naturais) - Universidade Federal do Ceara, Fortaleza, 2010.

SILVA, P. P.; PESO-AGUIAR, M. C.; RIBEIRO, G. Ciclo gametogênico e comportamento reprodutivo de *Iphigenia brasiliiana* (Mollusca, Bivalvia, Donacidae) no estuário do rio Subaé, Baía de Todos os Santos, Bahia, Brasil. **Iheringia, Série Zoologia**, Porto Alegre, v. 102, n. 4, p. 359-369, dez. 2012.

SILVA, A. L. B. **Análise socioambiental da orla marítima nos municípios de Tibau e Grossos (RN)**. 2016. Dissertação (Mestrado em Ciências Naturais) - Universidade Estadual do Rio Grande do Norte, Mossoró, RN, 2016.

SOUSA, M. A. N. et al. Cariótipos inéditos de *Anomalocardia brasiliiana* (Gmelin, 1791) (bivalvia: veneridae) e *Donax striatus* (Linnaeus, 1767) (Bivalvia: Donacidae) de praias do litoral potiguar. **Revista Saúde e Ciência on line**, [s. l.], v. 3, n. 3, p. 217-228, set-dez, 2014. Disponível em: <https://rsc.revistas.ufcg.edu.br/index.php/rsc/article/view/326/321>. Acesso em: 22 jan. 202.

STURGES, H. A. The choice of a class interval. **Journal of the American Statistical Association**, [s. l.], v. 21, n. 153, p. 65-66, 1926.

TERTO, M. L. O. **Inventário, quantificação e mapeamento de geomorfossítios em Tibau, Grossos e Areia Branca/RN**. 2021. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Centro de

Ciências Humanas, Letras e Artes, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2021.

TIRADO, C.; RUEDA J. L.; SALAS, C. Reproduction of *Donax trunculus* in the littoral of Huelva (southern Atlantic Spain): is there any difference with the Mediterranean population from the Andalusian coast. **Sociedad Española de Malacología**. España, v. 29, n.1, p.47-57. 2011.

TIRADO, C.; SALES, C. Reproduction of *Donax venustus* Poli 1795, *Donax semistriatus* Poli 1795 and Intermediate Morphotypes (Bivalvia: Donacidae) in the Littoral of Málaga (Southern Spain). **Marine Ecology**, [s. l.], v. 20, n. 2, p.111-130. 1999.

TLILI, S. et al. Is the reproduction of *Donax trunculus* affected by their sites of origin contrasted by their level of contamination? **Chemosphere**, [s. l.], v. 84, n. 10, p. 1362-1370, Sep. 2011.

TORREJON-MAGALLANES, J. sizeMat: An R Package to Estimate Size at Sexual Maturity. 2020. Disponível em: <https://cran.rproject.org/web/packages/sizeMat/vignettes/sizeMat.html>. Acesso em: 20 jan. 2020.

VASCONCELOS, S. J. R; MARTINS, I. X; MATTHEWS-CASCON, H. Desova e desenvolvimento larval de *Natica marochiensis* (Gastropoda: Naticidae) no Nordeste do Brasil, sob condições de laboratório. **Arquivos de Ciências do Mar**. Fortaleza, v. 46, n. 1, p. 96-101, 2013.

VICTOR, A. C. C.; SUBRAMANIAN, T. Reproductive biology of the wedge clam, *Donax cuneatus* Linnaeus. **CMFRI Bulletin**, [s. l.], v. 42, n. 1, p. 177-183. 1988.

WADE, B. A. On the taxonomy, morphology, and ecology of the beach clam, *Donax striatus* Linné. **Bulletin of Marine Science**, [s. l.], v. 17, n. 3, p. 723-740, Set. 1967

YAMBEM T. S. Population dynamics of edible wedge clam, *Donax lubricus* Hanley, 1845 (Bivalvia: Donacidae): a first study in Asia. **Regional Studies in Marine Science**, [s. l.], v. 32, p.1-9, Nov. 2019.

ZAKARIA, I. J, et al. Sexual reproduction pattern of *Donax purpurascens* (Gmelin, 1791) in Tiku Beach, Agam District, West Sumatra, Indonesia. **AACL Bioflux**, , [s. l.], v. 12, n.1, p. 363-372. 2019.

ZEICHEN, M. M. et al. Biology and population dynamics of *Donax trunculus* L. (Bivalvia: Donacidae) in the South Adriatic Coast (Italy). **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, [s. l.], v. 54, n. 6, p. 971–982. 2002.

ANEXO A - Resumo de um levantamento bibliográfico com denominações distintas para classificação dos estágios de maturação para espécies do gênero *Donax*.

País	Espécie	Denominações dos estágios		Autor/ano
		♀	♂	
Brasil	<i>Donax hanleyanus</i>	Início da maturação Maturação máxima Proliferação Desova total	Início de maturação Maturação máxima Emissão parcial Emissão total	Gil; Thomé (2004)
Argentina	<i>Donax hanleyanus</i>	Pré-ativo Ativo Desova Citolisado		Herrmann et. al. (2009)
México	<i>Donax punctato</i>	Gametogênese inicial Gametogênese avançada Maduro Parcialmente gasto Gasto		Esqueda-González et al. (2018)
Tunísia	<i>Donax trunculus</i>	Gametogênese ativo precoce Gametogênese ativo tardio Maduro Parcialmente gerado Totalmente gerado		Boussoufa et al. (2015)
Brasil	<i>Iphigenia brasiliana</i>	Maturação Eliminação Eliminação avançada Recuperação		Silva; Peso-Aguiar, Ribeiro. (2012)
Egito	<i>Donax variabilis</i>	Ativo inicial Ativa tardia Maduro Desova parcial Desova completamentar Inativo		Ek et al. (2017)
Brasil	<i>Donax striatus</i>	Imaturo Maturidade Desova Citólise		Gadelha et al. (2019)
India	<i>Donax cuneatus</i>	Gametogênese inicial Gametogênese avançada Maduro Parcialmente gasto Gasto		Nagabhusham; Talikhedkar (1977)
India	<i>Donax cuneatus</i>	Imaturo Em maturação Maduro Parcialmente desovado Gasto Indeterminada		Rao (1967)

India	<i>Donax cuneatus</i>	Ativo inicial Ativa tardia Maduro Parcialmente gasto Gasto indeterminada		Victor;T.Subramonian(1988)
Venezuela	<i>Donax denticulatus</i>	Ativo inicial Ativa tardia Maduro Parcialmente desovado Indiferenciado Inativo tardio		Rojas (1985)
Egito	<i>Donax venustus</i> Poli 1795 <i>Donax semistriatus</i> Poli 1795	Pré-ativo (em desenvolvimento) Ativo (em desenvolvimento gônadal; início ativo da gônada madura) Pós-ativo (estágios 2, 1 gônada de desova) Desova (Estágios 3, 2: gônada de desova) Citolise (gônada em repouso)		Tirado; Salas (1999)
Egito	<i>Donax semistriatus</i> <i>Donax trunculus</i>	Inativo Ativo cedo Ativo tardio Maduro Parcialmente gasto Gasto	Inativo Ativo cedo Ativo tardio Maduro	Ibrahim (2015)
Florida	<i>Donax variabilis</i>	Inativo Ativo Maduro Desova Citolisado		Cobb; Stephenson, Arnald (2011).
	<i>Donax trunculus</i>	Estágio 0: período de repouso sexual. Estágio I: m multiplicação da gonía. Estágio II: ovogênese e espermatogênese. Estágio III: período reprodutivo. Estágio A: o sexo não é determinável. Estágio B: individualização da gônada.		Moueza; Frenltiel-Renault (1973)
Tunis no Golfo	<i>Donax trunculus</i>	Indiferenciado Em Desenvolvimento Maduro Desovando Gasto		Tlili et al. (2011)
Espanha	<i>Donax trunculus</i>	Pré-ativo Ativo Pós-ativo Desova Citolizado.		Tirado; Rueda; Salas (2011)
Portugal	<i>Donax trunculus</i>	Inativo Ativo precoce Ativo tardio Maduro Parcialmente desovado Gasto		Gaspar; Ferreira; Monteiro (1999)

Turquia	<i>Donax trunculus</i>	Gônada imatura ou pós-desova (sexo indeterminado) Sexo microscopicamente determinável Gônada madura(visível e de cor azulada)	Imaturo Maturação Amadorecimento	Deval (2009)
Argélia	<i>Donax trunculus</i>	O estágio 0 é o estágio de repouso, O estágio 1 é o desenvolvimento gametogênico inicial, o estágio 2 é o desenvolvimento gametogênico, O estágio 3A é o morfologicamente maduro, O estágio 3B é a desova, O estágio 3C é o redensenvolvimento O estágio 3D é o recentemente gasto.		Hamdani1; Soltani; Zaidi (2020)
Indonésia	<i>Donax purpurascens</i>		Pré-ativo Ativo Desova Pós-desova	Zakaria et al. (2019)
Costa Ibérica, entre as águas do Atlântico e do Mediterrâneo	<i>Donax trunculus</i>	S0 (gametogênese inativa) S1 (desenvolvimento gametogênico) S2 (gametogênese avançada) S3 (maturidade) S4 (pós-postura). Todos os indivíduos esta como S3 e S4 foram considerados maduros.		Patiño et al. (2021)
Costa do Atlântico Marroquino	<i>Donax trunculus</i>		Indiferenciado em desenvolvimento maduro desova gasto.	Lamine et al. (2021)
Itália	<i>Donax trunculus</i>	Estágio I, gônadas imaturas ou pós-desovadas (o sexo não é determinável); Estágio II, destacando-se a gônada (sexo microscopicamente determinável); Estágio III, gônada madura (gônada é visível e de cor azulada).	-----	Zeichen, et al. (2002)