



UNIVERSIDADE ESTADUAL DA PARAÍBA
CAMPUS I
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECOLOGIA E CONSERVAÇÃO
MESTRADO EM ECOLOGIA E CONSERVAÇÃO

NIVIANE FERREIRA LAFITE CERQUEIRA

DINÂMICA POPULACIONAL, MICRO-HÁBITAT, BIOLOGIA REPRODUTIVA E ALIMENTAR DE *Ophioderma appressum* (Say, 1825) (Ophiodermatidae, Ophiuroidea, Echinodermata) EM RECIFES COSTEIROS DA PARAÍBA, BRASIL

CAMPINA GRANDE-PB

2020

NIVIANE FERREIRA LAFITE CERQUEIRA

DINÂMICA POPULACIONAL, MICRO-HÁBITAT, BIOLOGIA REPRODUTIVA E ALIMENTAR DE *Ophioderma appressum* (Say, 1825) (Ophiidermatidae, Ophiuroidea, Echinodermata) EM RECIFES COSTEIROS DA PARAÍBA, BRASIL

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Conservação da Universidade Estadual da Paraíba, como requisito para obtenção do título de mestre em Ecologia.

Área de concentração: Ecologia e Conservação

Orientadora: Dr^a Anne Isabelley Gondim

CAMPINA GRANDE – PB

2020

É expressamente proibido a comercialização deste documento, tanto na forma impressa como eletrônica. Sua reprodução total ou parcial é permitida exclusivamente para fins acadêmicos e científicos, desde que na reprodução figure a identificação do autor, título, instituição e ano do trabalho.

C416d Cerqueira, Niviane Ferreira Lafite.
Dinâmica populacional, micro-hábitat, biologia reprodutiva e alimentar de *Ophioderma appressum* (Say, 1825) (*Ophiodermatidae, Ophiuroidea, Echinodermata*) em recifes costeiros da Paraíba, Brasil [manuscrito] / Niviane Ferreira Lafite Cerqueira. - 2020.

101 p. : il. colorido.

Digitado.

Dissertação (Mestrado em Ecologia e Conservação) - Universidade Estadual da Paraíba, Pró-Reitoria de Pós-Graduação e Pesquisa, 2021.

"Orientação : Profa. Dra. Anne Isabelley Gondim, UFPB - Universidade Federal da Paraíba."

1. Biologia alimentar. 2. Distribuição espacial. 3. Estrutura populacional. 4. Echinodermata. I. Título

21. ed. CDD 577.78

NIVIANE FERREIRA LAFITE CERQUEIRA

DINÂMICA POPULACIONAL, MICRO-HÁBITAT, BIOLOGIA REPRODUTIVA E ALIMENTAR DE *Ophioderma appressum* (Say, 1825) (Ophiodermatidae, Ophiuroidea, Echinodermata) EM RECIFES COSTEIROS DA PARAÍBA, BRASIL

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Conservação da Universidade Estadual da Paraíba, como requisito para obtenção do título de mestre em Ecologia.

Área de concentração: Ecologia e Conservação

Aprovada em: 28/02/2020

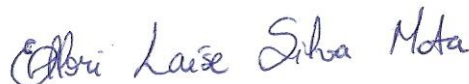
BANCA EXAMINADORA:



Dr^a Anne Isabelley Gondim - UFPB
(Orientadora)



Dr Rafael Bendayan de Moura
Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ)



Dr^a Ellori Laíse Silva Mota
Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)

A minha família, pelo apoio, carinho e
por sempre acreditar em mim.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus por ter me dado força e coragem para chegar até aqui.

Aos meus pais, Osmir e Márcia por terem me apoiado o tempo inteiro, sempre acreditando que eu conseguiria chegar onde eu desejasse.

Ao meu marido, Daniel César, por toda ajuda, carinho, incentivo e paciência nos momentos difíceis.

Aos professores do mestrado, pelas aulas e ensinamentos maravilhosos. Amei cada disciplina feita. Reflexo da alta qualidade da UEPB.

À minha orientadora Anne Isabelley, por ter aceitado me receber como orientanda, mesmo sem experiência em biologia marinha, obrigada pelos ensinamentos.

Ao PPGEC pela oportunidade de tornar o sonho do mestrado, realidade. Ao secretário Júlio por sempre estar disposto a atender e ajudar sempre que necessário.

Ao sistema de transporte da UEPB, que tornou possível as coletas em locais distantes.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa de mestrado durante todo o período de pesquisa.

Aos meus colegas de classe Júlia, Gracielle, Dayane, Malu, Diele, Lamara, Diele, Zé e Camile pelos momentos maravilhosos de descontração, riso, companheirismo, tornando a caminhada mais doce, e por toda ajuda prestada a mim.

Aos meus parceiros de coletas, meu pai, uma pessoa sempre disposta a me ajudar em tudo que eu precisasse e que encontrava mais ofiúros do que eu, Henrique, Diele e Karina, obrigada por tudo.

Aos colegas de laboratório, Henrique, Lais, Karina e Anderson que tornaram o dia a dia mais legal e divertido.

Ao prof. Dr Martin Lindsey Christoffersen (UFPB) por ter me cedido um espaço e a infraestrutura do LIPY durante todo o mestrado, o que foi de suma importância para a realização desta pesquisa.

Ao professor Dr Rivete Silva (UFPB), por fornecer toda infraestrutura e materiais necessários, do Laboratório de Botânica, para a realização da histologia.

Aos professores Dr Felipe Wartchow e Dr Sherlan Guimarães Lemos (UFPB) por me receber no LEQA, onde realizei partes importantes do trabalho.

Ao professor Dr Miodeli Nogueira (UFPB) pela ajuda nas análises estatísticas.

À Dr^a Michela Borges por ter aceitado me receber no Instituto de Biologia – UNICAMP, onde pude aprender um pouco sobre as etapas necessárias para a realização dos cortes histológicos.

Ao Dr Rafael B. de Moura (UFRJ) e ao Dr. Gordon Hendler (Museu de História Natural de Los Angeles) pelo envio de diversos trabalhos que foram essenciais para o desenvolvimento desta pesquisa.

À banca examinadora por aceitar o convite e pelas valiosas contribuições ao trabalho.

A todos que de alguma forma me ajudaram a concluir este trabalho.

“A persistência é o caminho do êxito.”
(Charles Chaplin)

RESUMO

Ophioderma appressum é uma espécie comum no litoral brasileiro. Contudo, estudos sobre os aspectos ecológicos e biológicos da espécie são inexistentes para a região, estando eles documentados apenas para o Caribe. Tendo em vista que, informações sobre a biologia e a ecologia das espécies são fundamentais para a sua conservação, este estudo teve como objetivos analisar o padrão de distribuição espacial, abundância, estrutura de tamanho, características do micro-habitat e biologia alimentar e reprodutiva de *O. appressum*. O estudo ecológico foi realizado em dois recifes costeiros da Paraíba (recifes de Barra de Mamanguape – BM e Seixas – RS), através de transectos lineares, totalizando 1.600m² de área amostrada por recife. Para a caracterização da dieta e reprodução foram realizadas coletas apenas no RS, através de buscas intensivas durante 12 meses, com uma média mensal de 14 indivíduos amostrados. Variáveis abióticas (salinidade e temperatura) foram aferidas mensalmente visando avaliar as possíveis associações entre estas e IG de machos e fêmeas através de uma Regressão de Múltiplos. Foi registrada uma abundância de 27 espécimes com densidade de 0.016 ind.m² no Seixas e abundância de 14 indivíduos com densidade de 0.008 ind.m² em BM. A população do RS se distribuiu de forma aleatória (ID = 1.86), já em BM ela se distribuiu de forma agregada (ID = 4.0), isto pode ter ocorrido devido as diferenças entre as características ambientais de cada recife, visto que a distribuição desigual de micro-habitats pode influenciar o padrão de distribuição espacial de espécies que vivem sob rochas. A estrutura de tamanho diferiu entre os recifes, no RS predominaram indivíduos adultos, o oposto foi encontrado em BM. O principal componente do micro-habitat registrado para a espécie no RS foi alga calcária (66%). Enquanto em BM foi alga filamentosa (57%). Os principais itens alimentares registrados foram: material não identificado, foraminíferos, fragmentos de crustáceos e sedimento, indicando que a espécie apresenta hábito onívoro e oportunista, visto que a dieta apresentou variação temporal. O índice gonadal apresentou picos em dezembro/2018 e janeiro/2019. Entretanto, a análise histológica evidenciou oócitos e testículos maduros durante todos os meses do ano, indicando que a espécie tem reprodução anual longa, com aumento da atividade gonadal nos meses de verão. Contudo, quando a temperatura e a salinidade parecem não interferir no ciclo reprodutivo da espécie para o período estudado.

Palavras-chave: biologia alimentar. distribuição espacial. estrutura populacional. reprodução. echinodermata.

ABSTRACT

Ophioderma appressum is a common species on the Brazilian coast. However, studies about the ecological and biological aspects of the species are absent for this region, being documented only for the Caribbean. Considering that information about the biology and ecology of species is essential for their conservation, this study aimed to analyze the pattern of spatial distribution, abundance, size structure, characteristics of the micro-hábitat, diet and reproductive biology of *O. appressum*. The ecological study was carried out on two shallow reefs at Paraíba State (Barra de Mamanguape and Seixas reefs), using linear transects, totaling 1,600m² of area sampled per reef. To describe the diet and reproduction, sampling was conducted only in the Seixas reef, through intensive searches for 12 months, with a monthly average of 14 individuals sampled. Salinity and temperature were measured monthly aiming to evaluate their possible relationship with the reproductive period. An abundance of 27 specimens with a density of 0.016 ind.m² was recorded in the Seixas reef and an abundance of 14 individuals with a density of 0.008 ind.m² in Barra de Mamanguape. The population from the Seixas was a randomly distributed (ID = 1.86), while in Barra de Mamanguape they showed aggregate distribution (ID = 4.0), this may have occurred due to differences in the environmental characteristics of each reef, since the unequal distribution of micro-hábitats can influence the pattern of spatial distribution of species that live under rocks. The size structure differed between reefs. In Seixas reef adult individuals predominated, while the opposite was found in Barra de Mamanguape. The main component of the micro-hábitat recorded for the species in the Seixas reef was calcareous algae (66%), while in Barra de Mamanguape it was filamentous algae (57%). The main food items found were: unidentified material, foraminifera, crustacean fragments and sediment, indicating that the species has an omnivorous and opportunistic habit, since its diet showed temporal variation. As for the gonadal index, it showed peaks in December / 2018 and January / 2019, however, with the histological analysis it was possible to observe mature oocytes and testicles during all months of the year, indicating that the species has long annual reproduction, with increased activity gonadal in the summer months. However, temperature and salinity do not seem to affect the species' reproductive cycle for the period studied.

Key words: feeding biology. spatial distribution. population structure. reproduction. echinodermata.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1 - Características morfológicas externas da classe Ophiuroidea. (A) Vista dorsal do disco; (B) Vista dorsal do braço; (C) Vista oral do disco; (D) Vista ventral do braço e (E) Detalhe da estrutura da mandíbula. dd: diâmetro do disco. (Figura extraída e modificada de Hendler *et al.*, 1995).. 15
- Figura 2 - Caracteres morfológicos externos das espécies de *Ophioderma*. (A) Vista dorsal de parte do disco e braços e (B) Vista ventral de parte da superfície do disco e braços de *Ophioderma devaneyi* Hendler & Miller, 1984. EAD: escudo adoral; EB: espinho braquial; EO: escudo oral; ER: escudo radial; ET: escama tentacular; FB: fenda bursal; MD: madreporito; PBD: placa braquial dorsal; PBL: placa braquial lateral; PBV: placa braquial ventral; PO: papilas orais; SAD: superfície aboral do disco; ZIO: Zona interbraquial oral. (Figura extraída de Hendler & Miller, 1984..... 21

ARTIGO I

- Figura 1 - Localização dos pontos de amostragem no litoral paraibano. RBM (recife de Barra de Mamanguape) e RS (recife do Seixas)..... 29
- Figura 2 - Imagens dos recifes estudados. (A) Recife do Seixas; (B) recife de Barra de Mamanguape (Fontes: <https://indiospotiguaraparaibaemfoco.blogspot.com/2016/11/litoral-norte-da-paraiba-e-pauta-de.html>; Antônio, 2018.....) 29
- Figura 3 - Porcentagem de ocupação dos indivíduos de *Ophioderma appressum* nos recifes de Barra de Mamanguape (RBM) e Seixas (RS) para cada item que compõe seu micro-hábitat. AC: alga calcária; AF: alga frondosa/folhosa; AR: areia; ASC: ascídia; CAS: cascalho; CD: coral duro; CM: coral mole; ES: esponja; ROC: rocha..... 33
- Figura 4 - Frequência de ocorrência da cobertura bêntica nos transectos realizados nos recifes do Seixas (RS) e de Barra de Mamanguape (RBM). AC: alga calcária; AF: alga frondosa/folhosa; AR: areia; ASC: ascídia; CAS: cascalho; CD: coral duro; CM: coral mole; ES: esponja; ROC: rocha..... 33

Figura 5 -	Dendograma gerado com base na similaridade da cobertura bêntica entre os transectos realizados nos recifes do Seixas (RS) e Barra de Mamanguape (RBM).....	34
Figura 6 -	Porcentagem de ocupação dos indivíduos de <i>Ophioderma appressum</i> para cada intervalo de tamanho das rochas analisadas nos recifes de Barra de Mamanguape (RBM) e Seixas (RS).....	35
Figura 7 -	Estrutura de tamanho dos indivíduos das populações ($p < 0,05$) de <i>O. appressum</i> nos recifes do Seixas (RS) e Barra de Mamanguape (RBM).....	35

ARTIGO II

Figura 1	Localização geográfica da área de estudo, em destaque os Recifes do Seixas, João Pessoa. (Modificado de Gondim <i>et al.</i> , 2011). Imagem de satélite extraída do Google Earth. RS: Recifes dos Seixas. PB: Paraíba.....	49
Figura 2	Imagens das piscinas naturais dos Recifes do Seixas que se formam durante a maré baixa. Fonte das imagens: https://www.luckreceptivo.com.br/passeio/joao-pessoa/piscinas-naturais-do-extremo-oriental_61	49
Figura 3	Relação entre os itens alimentares de <i>O. appressum</i> , número de estômagos analisados e suas frequências de ocorrências (FO%) e frequências numérica (FN%). m.n.i: material não identificado; frag: fragmentos.....	54
Figura 4	Relação entre o número total de indivíduos de <i>Ophioderma appressum</i> analisados por mês e o número de indivíduos que apresentaram conteúdo estomacal.....	56
Figura 5	Espécimes de <i>Ophioderma appressum</i> parcialmente dissecados evidenciando a diferença de coloração das gônadas (seta) entre indivíduos machos e fêmeas. (A) Gônadas com coloração alaranjada observada nas fêmeas; (B) Gônadas com coloração esbranquiçada observado nos machos; (C) Indivíduos com gônadas pouco desenvolvidas. fd: Fenda bursal.....	58
Figura 6	Média mensal do Índice Gonadal (IG) para machos e fêmeas da população de <i>O. appressum</i> do recife do Seixas, João Pessoa. Barras verticais correspondem ao erro padrão dos valores de cada mês.....	59
Figura 7	Relação entre o diâmetro do disco e o Índice Gonadal (IG) de <i>Ophioderma appressum</i>	59

Figura 8	Cortes histológicos dos ovários e testículos de <i>Ophioderma appresa</i> em microscopia óptica comum. (A) ovário, (B) testículo. se: saco externo, si: saco interno. (Escala: A = 100 μ m, B = 150 μ m).....	60
Figura 9	Imagens histológicas da oôgenese de <i>O. appressum</i> . (A) crescimento, (B) parcialmente liberado, (C) oócito pré-maduro, (D) vazio, (E) recuperação. fa: fagócitos, n: núcleo, pm: oócito pré-maduro, pv: oócito pré vitelogênico e vi: oócito em vitelogênese inicial (Escala: A, B, D = 300 μ m, C, E = 200 μ m).....	62
Figura 10	Imagens histológicas da espermatogênese de <i>O. appressum</i> . (A) recuperação, (B) crescimento, (C) maduro, (D) parcialmente liberado, (E) vazio, (F) gônada em processo de reabsorção. eg: espermatogônia, ec: espermatócitos, ez: espermatozoides, fa: fagócitos e lú: lúmen. (Escala: A = 100 μ m, B, D, E, F = 200 μ m e C = 300 μ m).....	63
Figura 11	Ciclo gametogênico das fêmeas de <i>Ophioderma appressum</i> entre julho de 2018 a junho de 2019 no Recife do Seixas, João Pessoa, Brasil.....	64
Figura 12	Ciclo gametogênico dos machos de <i>Ophioderma appressum</i> entre julho de 2018 a junho de 2019 no Recife do Seixas, João Pessoa, Brasil.....	65
Figura 13	Histograma da distribuição de frequências relativas para cada classe de tamanho dos oócitos. N: número de fêmeas, n: número de oócitos.....	66

LISTA DE TABELAS

ARTIGO I

Tabela 1 -	Categorias utilizadas para as análises de similaridade da cobertura bêntica entre os recifes estudados e frequência de ocorrência.....	31
------------	--	----

ARTIGO II

Tabela 1 -	Lista dos itens alimentares encontrados no conteúdo estomacal de <i>O. appressum</i>	111
Tabela 2 -	Variação, média e porcentagem de diferentes variáveis relacionadas ao tamanho dos indivíduos e a dieta de <i>O. appressum</i> ao longo do período de estudo. dd: diâmetro do disco (mm); N°: Número.....	55
Tabela 3 -	Relação entre o número de estômagos de <i>O. appressum</i> que apresentaram cada item alimentar mensalmente e o total de estômagos onde foram encontrados cada item (TS).....	56
Tabela 4 -	Relação entre o número total de estômagos com conteúdo mensalmente e os itens associados com habito depositívoro de <i>O. appressum</i> . Simultâneo: estômagos com foraminíferos + sedimento.....	57
Tabela 5 -	Variáveis aferidas mensalmente do Recife do Seixas. dd: diâmetro do disco; IG: índice gonadal; N°: número; T: temperatura.....	58

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	14
1.1 Aspectos gerais da ecologia de Ophiuroidea	17
1.2 Aspectos gerais da biologia alimentar de Ophiuroidea	18
1.3 Aspectos gerais da biologia reprodutiva de Ophiuroidea	19
1.4 Aspectos gerais da família Ophiidermatidae Ljugman, 1867	20
1.5 Perguntas norteadoras do trabalho	22
1.6 Hipóteses	22
2 OBJETIVOS	24
2.1 Objetivo geral	24
2.2 Objetivos específicos	24
3 ARTIGO I	25
4 ARTIGO II	45
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	68
REFERÊNCIAS	73
ANEXO A - Normas para a Formatação de Manuscrito - AQUATIC BIOLOGY	90
ANEXO B - Normas para a Formatação de Manuscrito MARINE BIOLOGY	
RESEARC	92

1. INTRODUÇÃO

Ophiuroidea constitui o grupo mais abundante e diverso entre os equinodermos, com 2.091 espécies conhecidas (Stöhr *et al.*, 2019). Apresentam ampla distribuição geográfica e batimétrica, sendo encontrados em todos os mares e oceanos ao redor do mundo (Hyman, 1955), onde figuram entre os principais componentes da macrofauna bêntica. Ofiuroides ocorrem frequentemente em grandes números, podendo literalmente formar tapetes no fundo do mar (Hendler, 1996; Stöhr *et al.*, 2012). Em algumas localidades da Flórida (EUA) os ofiuroides podem constituir de 27 a 52% da macrofauna encontrada sob cascalhos de recifes (Hendler *et al.*, 1995). Seus representantes exibem uma grande variedade de modos de vida, sendo principalmente crípticos (Brusca & Brusca, 2002). São animais cuja biologia e ecologia são bastante variada, já que as espécies se reproduzem tanto sexuada quanto assexuadamente (por fissão) e podem ocupar diferentes níveis tróficos (Hyman, 1955), apresentam ainda hábitos alimentares e reprodutivos marcadamente diversos (Hendler *et al.*, 1995). Contudo, apesar da relevante função nos ecossistemas marinhos, os aspectos da ecologia e biologia das espécies de ofiuroides são pouco documentados (Hendler, 1996).

Morfologicamente a classe se caracteriza por apresentar um disco central bem definido de onde partem, geralmente, cinco braços simples ou ramificados (apenas em *Euryalida* Lamarck, 1816). Entretanto, algumas espécies podem apresentar seis ou sete braços (Laguarda-Figueras *et al.*, 2009) (Figura 1). O disco pode ser coberto por escamas, grânulos, espinhos, placas ou tegumento ou o conjunto deles. Muitas espécies apresentam na superfície dorsal do disco na base de cada braço um par de placas denominadas escudos radiais (Hendler, 1996), os quais podem estar ou não cobertos por grânulos ou espinhos (Figura 1A). A região central da superfície oral do disco é ocupada por um complexo de placas orais que circundam a boca e formam cinco mandíbulas triangulares. Cada mandíbula é formada por um escudo oral, um par de escudos adorais, uma placa dental, um par de hemimandíbulas, dentes e papilas orais (Figura 1C, E). O madreporito dos ofiuroides está localizado ventralmente e consiste de um escudo oral modificado, geralmente maior que os demais (Hendler *et al.*, 1995). Ainda na região oral, há invaginações especializadas denominadas bursas na base de cada braço, que se comunicam com o exterior através das fendas bursais (Figura 1C). Os braços dos ofiuroides são constituídos por um ossículo interno denominado vértebra, que se articula com as demais vértebras com as quais se conectam. Estes ossículos estão protegidos por um conjunto de placas que recobrem completamente o braço em cada segmento (Figura 1B, D), sendo uma placa braquial dorsal,

uma placa braquial ventral e duas placas braquiais laterais. As placas braquiais laterais suportam uma série de espinhos (espinhos braquiais) que variam em número, forma e tamanho de acordo com a espécie (Brogger, 2010). A classe não possui sulco ambulacral e desta forma os pés ambulacrais emergem através de poros localizados ventralmente entre as placas braquiais ventrais e laterais. Os pés ambulacrais têm várias funções como, locomoção, alimentação e trocas gasosas (Brusca & Brusca 2002) e estão protegidos pelas escamas tentaculares (Figura 1D).

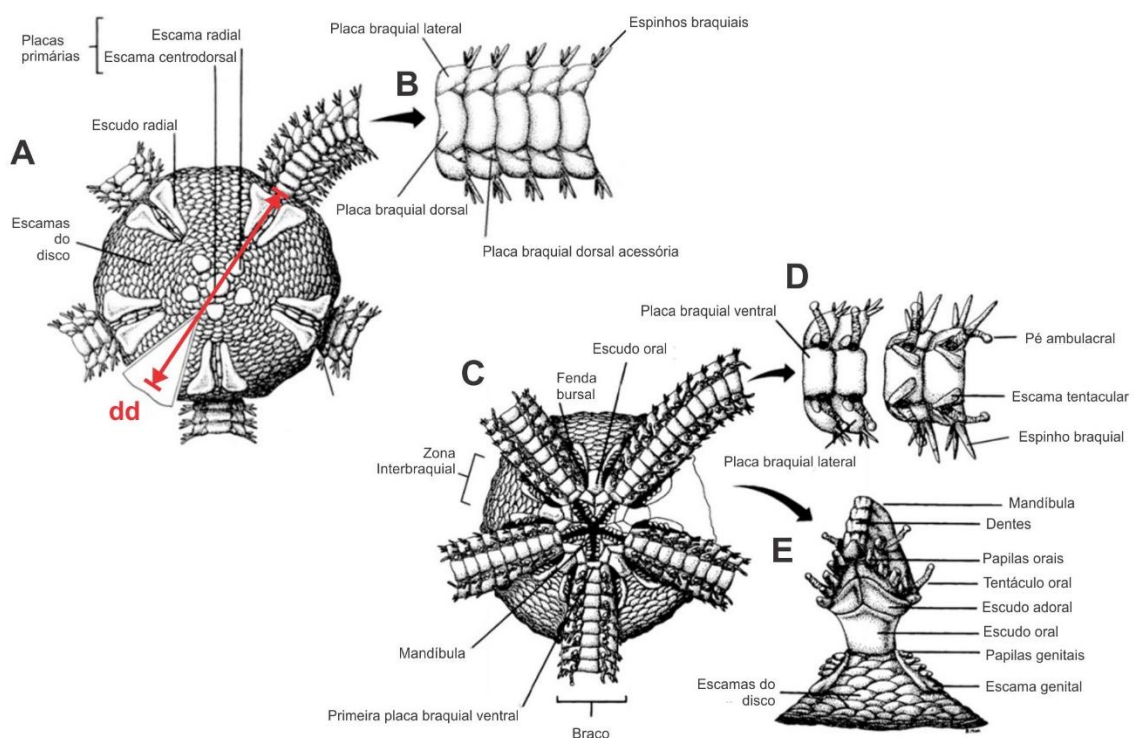
Ao longo dos anos os estudos sobre os Ophiuroidea no Brasil versaram predominantemente sobre a caracterização da sua diversidade, taxonomia e distribuição (ex. Brito, 1960; Tommasi, 1965, 1967, 1970; Manso, 1988a, b, c, d, 1993; Albuquerque & Guille, 1991; Albuquerque *et al.*, 2001; Borges *et al.*, 2002, 2006; Borges & Amaral, 2007; Barboza *et al.*, 2010, 2015; Barboza & Borges, 2012; Gondim *et al.*, 2010, 2012, 2013a, b; 2015a, b; Manso *et al.*, 2014; Paim *et al.*, 2015; Santana *et al.*, 2017; Alitto *et al.*, 2018, 2019). Poucos estudos tiveram por objetivo analisar ou descrever aspectos biológicos e ecológicos da classe (Boffi, 1972; Yokoyama *et al.*, 2008; Borges *et al.*, 2009; Neves *et al.*, 2007; Yokoyama & Amaral, 2008; 2011; Lima *et al.*, 2014; Tavares *et al.*, 2019). Sendo esta, a primeira contribuição que visou caracterizar aspectos da biologia e ecologia de uma espécie de Ophiuroidea no litoral nordeste do Brasil.

Dentre as 10 famílias registradas no litoral Nordeste (Magalhães *et al.*, 2005; Gondim *et al.*, 2008; Lima & Fernandes, 2009; Gondim *et al.*, 2013b; Manso *et al.*, 2014), Ophiidermatidae Ljungman, 1867 representa um dos táxons mais abundante e frequentemente encontrado em águas rasas. Sendo representada em ambientes recifais rasos apenas pelo gênero *Ophioderma* Müller & Troschel, 1840 (Manso *et al.*, 2014). No litoral paraibano são encontradas três espécies do gênero [*Ophioderma appressum* (Say, 1825), *O. cinereum* Müller & Troschel, 1842 e *O. januarii* Lütken, 1856], sendo as duas primeiras as mais comuns (Gondim *et al.*, 2008). Apesar de *O. appressum* ser uma espécie comum, apenas dois estudos forneceram informações sobre algum aspecto da sua biologia reprodutiva e alimentar, ambos desenvolvidos na costa do Panamá (Reimer & Reimer, 1975; Hendler, 1979). Estas investigações demonstraram que as espécies de *Ophioderma* apresentam características (dieta e período de desova) diferentes entre as áreas estudadas.

Tendo em vista que, informações sobre biologia e ecologia das espécies são fundamentais para a sua conservação e compreensão dos sistemas ecológicos (Ventura & Pires, 2002), descrever os aspectos da ecologia e biologia de *O. appressum*, uma espécie tropical

comum e com ampla distribuição geográfica, é um passo importante para o conhecimento sobre as necessidades ecológicas e o papel dos ofiuroides nos ambientes recifais no litoral paraibano e nordestino. Sendo assim, o presente estudo teve como objetivo caracterizar o micro-hábitat, a dieta, o ciclo reprodutivo, a estrutura de tamanho e a distribuição espacial de *O. appressum* em recifes costeiros da Paraíba. Estes resultados são apresentados ao longo de dois capítulos. No capítulo 1 são apresentados e discutidos os dados da distribuição espacial, estrutura de tamanho e caracterização do micro-hábitat das populações de *O. appressum* em dois ambientes recifais (recife do Seixas e de Barra de Mamanguape). No capítulo seguinte são descritas e analisadas a dieta e o ciclo reprodutivo da espécie no recife do Seixas. Por fim, é apresentado as conclusões finais sobre o estudo.

Figura 1 - Características morfológicas externas da classe Ophiuroidea. (A) Vista dorsal do disco, (B) Vista dorsal do braço; (C) Vista oral do disco; (D) Vista ventral do braço e (E) Detalhe da estrutura da mandíbula. dd: diâmetro do disco. (Figura extraída e modificada de Hendler *et al.*, 1995).



Fonte: Sea Stars, Sea Urchins and Alliens (1995, p. 92 e 93, com adaptações).

1.1 Aspectos gerais da ecologia de Ophiuroidea

Os ofiuroides são importantes componentes da macrofauna bentônica, sendo frequentemente dominantes e estruturadores dessas comunidades (Birkeland, 1988). Constituem organismos geralmente grandes, facilmente observáveis e ecologicamente importantes, entretanto, pouca atenção tem sido dada ao grupo sob este aspecto (Guillén *et al.*, 2008). Alguns ofiúros podem ocorrer em altas densidades podendo inclusive formar “bancos” em algumas áreas do fundo do mar. Isso sugere que o grupo atua no fluxo da matéria orgânica para níveis superiores sendo elos importantes nas teias tróficas (Pearson & Gage, 1984; Duineveld & Van Noort, 1986; Dearborn *et al.*, 1996), além de desempenharem importante papel na dinâmica do sedimento, como a bioturbação (Guillén *et al.*, 2008).

São animais extremamente bem adaptados, possuindo ampla distribuição batimétrica e geográfica (Hendler *et al.*, 1995) e capacidade de viver em diversos tipos de habitats (Gondim *et al.*, 2008). Suas espécies podem ser encontradas habitando substratos rochosos, sedimento macios e substratos biológicos (Boffi, 1972; Barboza & Borges, 2012; Boschen *et al.*, 2013). Chavarro *et al.* (2004) registraram 11 tipos diferentes de micro-habitats sendo habitados por espécies de ofiúros no Caribe colombiano, dentre estes, micro-habitats biológicos como esponjas, hidrocorais e octocorais, além de substratos abióticos.

Diversos tipos de relações ecológicas já foram registrados entre a classe Ophiuroidea e outros táxons, tais como protozoários, esponjas, cnidários, platelmintos, nemátodes, moluscos, poliquetas, crustáceos, picnogonidos e ascídias (Millot, 1953; Hyman, 1955; Devaney, 1967; Hendler & Meyer, 1982a; Hendler, 1984, 1991; Santa-Isabel *et al.*, 1996; Hughes & Gage, 2004; Neves *et al.*, 2007; Mosher & Watling, 2009; Assis *et al.*, 2012; Gondim *et al.*, 2015a). Espécies de *Ophiactis* Lütken, 1856, por exemplo, são geralmente encontradas habitando a superfície externa ou interna de esponjas, pois estes organismos oferecem proteção física contra predadores, sendo este, possivelmente, um caso de comensalismo (Henkel & Pawlik, 2004). Ofiuroides possuem alta capacidade de autotomizar seus braços quando se sentem ameaçados, para fugir de predadores, ou ainda devido a interações competitivas, contudo, possuem altas taxas de regeneração (Hendler *et al.*, 1995; Tanure & Cerqueira, 2007). Suas espécies exibem ainda hábito noturno, pois possuem fototaxia negativa (Hendler *et al.*, 1995).

1.2 Aspectos gerais da biologia alimentar de Ophiuroidea

O comportamento alimentar dos ofiuroides é flexível e marcadamente diverso. Eles podem absorver compostos dissolvidos na coluna d'água através do tegumento e transportar alimentos particulados para a boca com os pés ambulacrais ou através de laçadas dos braços, alguns são capazes ainda de capturar pequenos organismos, incluindo peixes, enrolando rapidamente a extremidade afilada de seus braços (Hendler, 1996).

Suas espécies apresentam diversas estratégias alimentares o que lhes confere sucesso no ambiente marinho (Fontaine, 1965). Elas podem ser basicamente englobadas em dois grupos, as que se alimentam de presas macroscópicas (carnívoros e carniceiros) e as que se alimentam de presas microscópicas (alimentadores de suspensão e depósito) (Warner, 1982; Lawrence, 1987). Elas podem ainda se tornar especialista em um método alimentar, ou podem se alimentar de maneiras diferentes (generalista) (Lawrence, 1987). Diversas espécies apresentam hábito generalista oportunista, alternando os itens alimentares de acordo com a disponibilidade no ambiente (Feder, 1981; Fratt & Dearborn, 1984, Dearborn *et al.*, 1996).

Ophiuroides possuem quimiorreceptores que os permite sentir a presença de alimentos a certa distância e quanto maior a variedade de receptores químicos mais generalistas eles são (Reimer & Reimer, 1975). Segundo May & Mikalian (2019), indivíduos juvenis de *Ophioderma cinereum* respondem mais rapidamente a percepções químicas do que os adultos. Para estes autores, este comportamento reflete a necessidade competitiva com animais maiores. Além disso a morfologia bucal de alguns ofiuroides se modifica durante o crescimento, sugerindo mudança no modo de alimentação dos indivíduos (Hendler, 2018).

As principais e mais amplas contribuições sobre a biologia e comportamento alimentar da classe foram realizadas por Warner (1982) e Hendler (2018). Ademais todos os estudos que analisaram detalhadamente a biologia alimentar de espécies de Ophiuroidea relatam uma grande variedade de itens alimentares compondo a dieta dos ofiuroides, sendo os mais comuns: algas, crustáceos, equinodermos, gastrópodes e poliquetas (Dearborn *et al.*, 1965; Feder, 1981; Fratt & Dearborn, 1984; Pearson & Gage, 1984; Yokoyama & Amaral, 2008; Harris *et al.*, 2009; Brogger *et al.*, 2015).

1.3 Aspectos gerais da biologia reprodutiva de Ophiuroidea

Como mencionado anteriormente, os ofiuroides apresentam uma ampla gama de estratégias reprodutivas. A maioria de suas espécies são gonocóricas, com alguns representantes hermafroditas, tais como *Ophionereis olivacea* HL Clark, 1900 (Byrne, 1991; Hendler, 1991). Muitos ofiúros possuem fecundação externa, a qual geralmente ocorre durante a noite. No momento da desova as fêmeas, geralmente, assumem uma postura de flexão, elevando o disco do substrato e assim expelindo os gametas (Hendler & Meyer, 1982b; Babcock *et al.*, 1992; Hendler *et al.*, 1995; Hagman & Vize, 2003). Essa postura é fundamental para potencializar a dispersão dos gametas (Hendler, 1991). Entretanto, existem espécies com fecundação interna, na qual a incubação é feita dentro da bursa. Os filhotes permanecem no interior da bursa até a fase juvenil ser atingida, quando então o animal rasteja para fora da mesma (Stöhr *et al.*, 2009), como é o caso de *Ophioderma wahlbergii* Müller & Troschel, 1842. De acordo com Landschoff & Griffiths (2015), *O. wahlbergii* pode abrigar até 33 jovens em estágios de desenvolvimentos distintos dentro de suas bursas.

As bursas são estruturas exclusivas da classe Ophiuroidea e correspondem a cavidades celômicas laterais na base dos braços tendo contato com o meio externo através das fendas bursais, elas têm com finalidade funções respiratória e reprodutiva (Lawrence, 1987; Hendler *et al.*, 1995). A grande maioria dos ofiúros apresentam um par de bursas/fendas bursais na base de cada braço (Hendler, 1991), entretanto, na família Ophiodermatidae existem dois pares de fendas bursais em cada zona inter-radial (Ziesenhenné, 1955). As gônadas ficam fixadas a bursa, e em muitos ofiuroides, estas ficam restritas a cavidades celômicas, com exceção de alguns ofiúros que não possuem fendas bursais (Lawrence, 1987).

Em ofiuroides, assim como para outros invertebrados, o ciclo reprodutivo é comumente analisado através do Índice de Maturidade (IM) e do Índice Gonadal (IG) (Valentine 1991; Yokoyama *et al.*, 2008; Borges *et al.*, 2009; Billett *et al.*, 2013; Brogger *et al.*, 2013). O primeiro método é realizado por intermédio de observações histológicas, no qual é analisado os diferentes estágios de desenvolvimento das gônadas (gametogênese), que geralmente são classificadas em quatro etapas: em crescimento, madura, parcialmente desovada e vazia (Yokoyama *et al.*, 2008; Borges *et al.*, 2009). Já o índice gonadal (IG) é avaliado mediante a relação entre o peso úmido das gônadas dividido pelo peso corporal úmido multiplicado por cem (Hendler & Tyler 1986; Valentine, 1991). Este último índice tem como princípio básico a ideia de que variações temporais no tamanho da gônada refletem as fases do ciclo reprodutivo.

Assim, o acúmulo de nutrientes na gônada antes da gametogênese, bem como a produção de gametas, leva ao crescimento gonadal e, portanto, a um IG alto. Ocorrendo o oposto quando os gametas são liberados. Embora ele seja amplamente utilizado para descrever e analisar o ciclo reprodutivo de espécies marinhas, possui limitações uma vez que, não leva em consideração variações individuais e ambientais e fornece pouca indicação sobre o que está ocorrendo dentro das gônadas (Ouréns *et al.*, 2012). Desta forma, um bom estudo deve utilizar os dois métodos em conjunto.

1.4 Aspectos gerais da família Ophiidermatidae Ljungman, 1867

A família se caracteriza morfológicamente por apresentar grânulos recobrando a superfície oral e aboral do disco, dois pares de fendas bursais em cada zona interradial, espinhos braquiais curtos, numerosos e lateralmente comprimidos e braços inseridos lateralmente no disco (Ziesenhenné, 1955; Fell, 1960; Tommasi, 1970). A maioria de suas espécies ocorrem em águas tropicais rasas e algumas poucas são temperadas ou abissais (O’Hara, 2017). Dentre os seus 21 gêneros (Stöhr *et al.*, 2012), apenas três tem registro para o litoral brasileiro (Barboza & Borges, 2012; Manso *et al.*, 2014). Em ambientes recifais rasos, a família é representada apenas pelo gênero *Ophioderma* Müller & Troschel, 1840 (Manso *et al.*, 2014).

Ophiodermatídeos tropicais de águas quentes são essencialmente carnívoros ativos, alimentando-se principalmente de anfípodas (O’Hara, 2017). Embora também já tenham sido reportados micrófagos comedores de depósito (Hendler, 1982; Warner, 1982). De maneira geral, eles agregam e depositam seu alimento usando seus pés ambulacrais e parecem não cessar a alimentação durante os períodos de desova. Suas espécies liberam grandes ovos, que se desenvolvem através de uma larva vitelária que não se alimenta. A maioria é monoica. Porém, espécies hermafroditas também são conhecidas [ex. *Ophiopeza espinosa* (Ljungman, 1867)] (O’Hara, 2017). Além disso, a fissiparidade não foi observada na família (Emson & Wilkie, 1980).

Ophioderma é o gênero mais comum em águas rasas, principalmente em marés tropicais e subtropicais (Stöhr *et al.*, 2009), tendo como limite sul de distribuição o litoral de São Paulo (Martínez & Del Rio, 2008). Suas espécies são, de maneira geral, robustas com até 45 mm de diâmetro de disco e apresentam estratégias alimentares variadas, sendo geralmente onívoras oportunistas (Hendler *et al.*, 1995). Elas habitam ambientes recifais, bancos de fanerógamas marinhas ou sob rochas, onde tipicamente são encontradas junto com outros gêneros de águas

rasas tais como, *Ophiocoma* L. Agassiz, 1836, *Ophiothrix* Müller & Troschel, 1840, *Ophiolepis* Müller & Troschel, 1840 e *Ophiactis* (Pineda-Enríquez *et al.*, 2013).

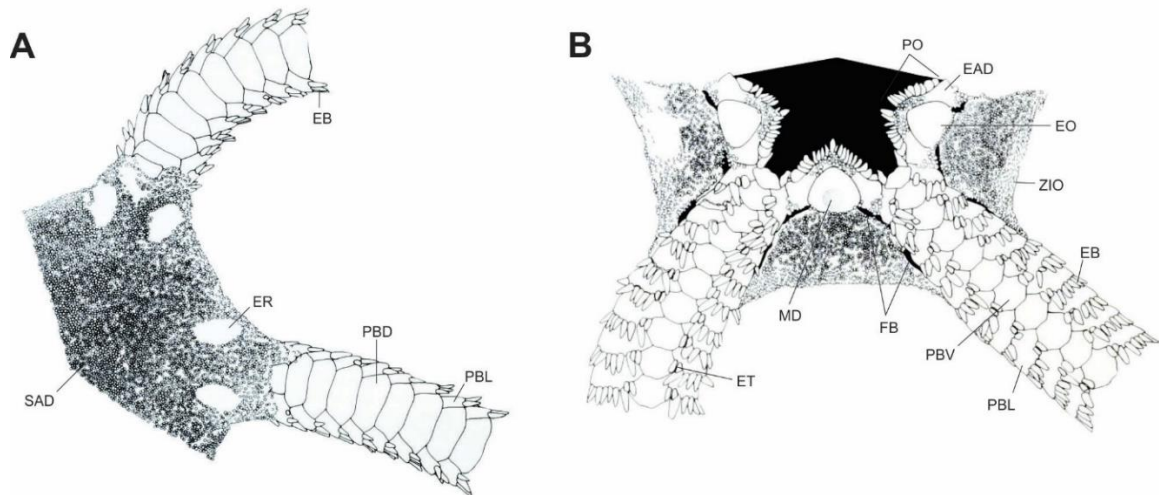
Morfológicamente o gênero se caracteriza por apresentar a superfície dorsal e ventral do disco coberta por grânulos, incluindo as mandíbulas, dois pares de fendas bursais, de 6 a 13 espinhos braquiais curtos e adpressos, escudos radiais amplamente afastados e cobertos ou não por grânulos e duas escamas tentaculares (Figura 2) (Tommasi, 1970; Stöhr *et al.*, 2020). Os caracteres utilizados para separar suas espécies incluem a forma dos grânulos que recobrem o disco, tamanho do disco, comprimento do braço, forma e grau de fragmentação da placa braquial dorsal, número e forma dos espinhos braquiais e coloração. Entretanto, estes caracteres são frequentemente bastante variáveis, o que pode causar algumas dificuldades para a identificação das suas espécies (Stöhr *et al.*, 2009).

De acordo com Weber *et al.* (2019), o surgimento do gênero *Ophioderma* provavelmente ocorreu ao redor do Mar do Caribe, antes do fechamento do Istmo do Panamá. Pois, a maioria das espécies viventes atualmente reconhecidas (27/29 spp.) do gênero prosperam nessa região (Stöhr *et al.*, 2009; Pineda-Enríquez *et al.*, 2013). O mais antigo registro fóssil confirmado (com cerca de 10 milhões de anos) foi encontrado na Argentina (Martínez & Ríos, 2008).

Apesar de constituírem um grupo comum e abundante em ambientes marinhos rasos, grande parte dos estudos sobre o gênero versam sobre sua sistemática e distribuição (Zieshenne, 1955; Caso, 1986; Hendler & Miller, 1984; Stöhr *et al.* 2009; Hernández-Díaz *et al.*, 2013; Pineda-Enríquez *et al.*, 2013; Weber *et al.* 2019). A biologia e ecologia de suas espécies é pouco documentada, estando concentrada para espécies que ocorrem no litoral da América do Norte e Caribe (ex. Grave, 1916; Reimer & Reimer, 1975; Hendler, 1982; Hendler & Tyler, 1986; Hagman & Vize; 2003; Landschoff & Griffiths, 2015).

No Brasil, são atualmente conhecidas seis espécies do gênero [*O. appressum* (Say, 1825), *O. besnardi* Tommasi, 1970, *O. brevispinum* (Say, 1825), *O. cinereum* Müller & Troschel, 1842, *O. divae* Tommasi, 1971 e *O. januarii* Lütken, 1856] (Barboza & Borges, 2012). Contudo, até a presente data a única contribuição que se dedicou a caracterizar algum aspecto da biologia de *Ophioderma* foi Borges *et al.* (2009), que descreveram o ciclo gametogênico de *Ophioderma januarii* no sudeste do Brasil.

Figura 2 - Caracteres morfológicos externos das espécies de *Ophioderma*. **(A)** Vista dorsal de parte do disco e braços e **(B)** Vista ventral de parte da superfície do disco e braços de *Ophioderma devaneyi* Hendler & Miller, 1984. EAD: escudo adoral; EB: espinho braquial; EO: escudo oral; ER: escudo radial; ET: escama tentacular; FB: fenda bursal; MD: madreporito; PBD: placa braquial dorsal; PBL: placa braquial lateral; PBV: placa braquial ventral; PO: papilas orais; SAD: superfície aboral do disco; ZIO: Zona interbraquial oral. (Figura extraída de Hendler & Miller, 1984).



Fonte: Hendler and Miller (1984, p. 448).

1.5 Perguntas norteadoras do trabalho

1. Qual o padrão de distribuição espacial das populações de *Ophioderma appressum* nos recifes estudados? Há diferenças entre eles?
2. Qual a estrutura de tamanho das populações de *O. appressum* nos recifes costeiros da Paraíba?
3. Quais são as características, em termos de composição e tipo de substrato, dos micro-habitats de *O. appressum* nos recifes estudados?
4. Há um padrão alimentar na dieta de *O. appressum*? Quais os principais itens que compõe sua dieta?
5. Qual a duração do ciclo reprodutivo da espécie?

1.6 Hipóteses

1. De acordo com a biologia das espécies de *Ophioderma* e a semelhanças entre os recifes estudados, o padrão de distribuição não diferirá entre os locais.
2. As populações de *O. appressum* são formadas por indivíduos de todas as faixas de tamanho (jovens e adultos) sem segregação espacial entre eles.
3. O micro-hábitat da espécie será constituído, principalmente, por esponjas, acídias, briozoários e macroalgas com substrato arenoso ou de cascalho, visto que este é a constituição mais frequentemente encontrada sob as rochas soltas dos recifes que serão estudados.
4. A espécie é onívora, se alimentando de algas, crustáceos, equinodermos, gastrópodes e poliquetos.
5. Tendo em vista o ciclo reprodutivo apresentado por outras espécies do gênero e as características abióticas dos mares tropicais, espera-se que *O. appressum* apresenta reprodução anual longa.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral:

Analisar e descrever a dinâmica populacional, o micro-hábitat, a biologia alimentar e reprodutiva de *Ophioderma appressum* em recifes costeiros da Paraíba.

2.2 Objetivos específicos:

- i. Analisar o padrão de distribuição espacial da espécie ao longo destes recifes;
- ii. Caracterizar as populações de *O. appressum* em termos de abundância e estrutura de tamanho nos recifes costeiros estudados;
- iii. Caracterizar o micro-hábitat da espécie;
- iv. Analisar a similaridade entre os recifes estudados, por meio da cobertura bêntica;
- v. Caracterizar os principais componentes da dieta de *O. appressum*;
- vi. Caracterizar o ciclo reprodutivo da mesma, verificando se o ciclo é anual (com um evento de desova por ano) ou contínuo ao longo do ano;
- vii. Verificar se fatores abióticos como temperatura e salinidade interferem no ciclo reprodutivo da espécie.

3 ARTIGO 1

**Distribuição espacial, estrutura de tamanho e caracterização do micro-hábitat de
Ophioderma appressum (Say, 1825) (Ophiodermatidae, Ophiuroidea) em recifes
costeiros no litoral nordeste do Brasil**

Manuscrito a ser submetido ao periódico Marine Biology Research (F.I. 1.291)

Distribuição espacial, estrutura de tamanho e caracterização do micro-hábitat de *Ophioderma appressum* (Say, 1825) (Ophiidermatidae, Ophiuroidea) em recifes costeiros no litoral nordeste do Brasil

Resumo

O conhecimento sobre o padrão de distribuição espacial, estrutura de tamanho e micro-hábitat das espécies nos fornece informações importantes sobre como os indivíduos interagem com o ambiente e entre si, além de ajudar na compreensão da dinâmica populacional. Neste estudo nós avaliamos o padrão de distribuição espacial, a estrutura de tamanho, a densidade, abundância e fornecemos uma caracterização do micro-hábitat das populações de *Ophioderma appressum* nos recifes do Seixas e de Barra de Mamanguape, localizados na região nordeste do Brasil. Coletas diurnas por meio de mergulho livre foram realizadas entre janeiro e junho de 2019. Foram realizados 40 transectos (20 por recife), totalizando uma área amostrada de 1.600 m² em cada recife. A população do recife do Seixas se distribuiu de forma aleatória, estando constituída predominantemente por indivíduos adultos com uma densidade de 0.016m². Já em Barra de Mamanguape foi observado um padrão espacial agregado, maior parte da população era formada por indivíduos jovens e a densidade registrada foi de 0.008m². O principal componente do micro-hábitat da espécie no Seixas foi alga calcária (66%) e em Barra de Mamanguape foi alga filamentosa (57%). O padrão de distribuição espacial das populações estudadas foi modelado pela quantidade de rochas soltas disponíveis em cada ambiente. Aparentemente o recife de Barra de Mamanguape é utilizado como área de recrutamento pela espécie. Este é o primeiro estudo que se dedicou a caracterizar aspectos ecológicos da espécie no Atlântico Sul.

Palavras-chave: Ecologia, estrutura populacional, hábitat, padrão de distribuição, ofiuroides.

Abstract

Knowledge about the spatial distribution pattern, size structure and microhábitat of species provides important information about how individuals interact with the environment and with each other, in addition to helping to understand population dynamics. In this study, we analyze the spatial distribution pattern, the structure size, density, abundance of *Ophioderma appressum* populations from Seixas and Barra de Mamanguape reefs, northeastern of Brazil. We also

provided a characterization of the microhábitat of these populations. Daytime samples through freediving were carried out between January and June 2019. A total of 40 transects (20 per reef) were performed, consisting of a sampled area of 1,600 m² on each reef. The population from Seixas reef was a randomly distributed (ID = 1.86), density of 0.016m² and was predominantly made up of adults. In contrast, in Barra de Mamanguape the distribution was aggregate (ID = 4.0), the majority of this population was composed of young individuals and the density was 0.008m². The main component of the micro-hábitat of the species in Seixas was calcareous algae (66%) and in Barra de Mamanguape was filamentous algae (57%). The spatial distribution pattern of these populations was modeled by the amount of loose rocks available in each environment. Apparently, Barra de Mamanguape reef is used as a recruitment area by the species. This is the first study dedicated to describing ecological aspects of the species in the South Atlantic.

Keys-words: Ecology, population structure, hábitat, distribution pattern, brittle stars.

1 Introdução

O ofiuroides *Ophioderma appressum* é uma das espécies mais comuns e conspícuas de Ophiodermatidae de águas rasas na costa da Flórida, Caribe e no litoral nordeste brasileiro (entre 01° e 18° S) (Hendler et al. 1995). A espécie se distribui deste as Bermudas até o sul do Brasil e do mesolitoral até 364 m de profundidade (Hendler et al. 1995; Gondim et al. 2013). Assim como suas congêneres, esta espécie é um predador ativo com uma alimentação bastante diversificada e que também serve de fonte alimentar para diversas espécies de peixes, além de ser extremamente rápida para escapar quando perseguida. Ela pode ser encontrada debaixo de rochas e de corais mortos (Hendler et al. 1995). Apesar de não ser conhecida na literatura como uma espécie de importância econômica, Martins et al. (2012) registraram-na como a segunda espécie mais capturada para fins de aquarofilia no litoral do estado Bahia (Brasil).

A abundância, o comportamento alimentar e os altos níveis de atividade, são aspectos que levam os ofiuroides a causar um impacto significativo na energia e na ecologia das comunidades marinhas, através da utilização, processamento e redistribuição da matéria orgânica no fundo do mar, aumento das taxas de bioturbação e como um dos principais elos nas cadeias alimentares locais (Pearson and Gage 1984; Duineveld and Van Noort 1986; Dearborn et al. 1996; Summers and Nybakken 2000; Guillén et al. 2008). Contudo, pouca atenção do

ponto de vista ecológico tem sido dada a esse grupo (Guillén et al. 2008), sobretudo, em ambientes recifais.

Dentre os vários parâmetros estudados na ecologia, sabe-se que compreender os diversos aspectos que englobam a ecologia de população, tais como, densidade, razão sexual, interações entre indivíduos, distribuição e estrutura de tamanho e etária das espécies são fundamentais para a compreensão dos processos que regem a dinâmica populacional (Agrawal 2007; Ricklefs 2010). Apesar da reconhecida importância ecológica dos ofiuróides nos ecossistemas marinhos, os estudos sobre sua ecologia no litoral brasileiro ainda são incipientes (e.x. Boffi 1972; Absalão 1990; Capítoli and Monteiro 2000; Tanure and Cerqueira 2007; Yokoyama and Amaral 2011; Assis et al. 2012; Gondim et al. 2014; Lima et al. 2014; Barboza et al. 2015; Lawlel et al. 2018; Tavares et al. 2019).

Assim como outros fatores, a distribuição de uma população é limitada pela presença de habitats ecologicamente adequados, dentro dos quais a população pode apresentar diferentes padrões espaciais, conforme a dispersão dos indivíduos e as condições ambientais. Ela pode ocorrer de a forma agregada ou uniforme, quando processos populacionais estão presentes e na ausência desses processos, o espaçamento entre os indivíduos tende a ser aleatório, resultado do acaso (Ricklefs 2010). Logo, informações sobre a distribuição espacial é de grande importância pois ajuda a compreender as escalas de interações dos indivíduos com o ambiente e as relações intraespecíficas (Underwood and Chapman 1996).

Por sua vez, a estrutura de tamanho, refere-se à frequência de indivíduos de uma população dentro de diferentes classes de tamanho, fornecendo importantes informações sobre a biologia da espécie, sendo eficaz para estimar crescimento, biomassa, dados sobre mortalidade ao longo do tempo e recrutamento (Noro and Buckup 2008; Benke and Huryn 2017). Assim essas informações são fundamentais para compreensão da dinâmica populacional em escalas espaciais e temporais.

Tendo em vista as fortes pressões antrópicas que os ambientes recifais sofrem atualmente (Costa et al. 2007; Melo et al. 2014; Williamson et al. 2017; Barroso et al. 2018) e que o estabelecimento de políticas públicas dependem inicialmente do conhecimento ecológico do ambiente e de suas espécies (Wagner 2005; Costa et al. 2007), o presente trabalho tem como objetivo analisar o padrão de distribuição espacial, a estrutura de tamanho de populações naturais e caracterizar o micro-habitat de *Ophioderma appressum* em dois recifes rasos no litoral paraibano. Este estudo se configura na primeira contribuição que visou caracterizar aspectos ecológicos da espécie no Atlântico Sul.

2 Materiais e Métodos

2.1 Área de estudo

O presente estudo foi realizado nos ambientes recifais de Barra de Mamanguape ($6^{\circ}45'53.33''S$; $34^{\circ}55'04.1''W$) (litoral norte) e Seixas ($7^{\circ}09'23.32''S$; $34^{\circ}47'09.86''W$) (litoral central), situados no estado da Paraíba (Figura 1). Foram elegidas áreas recifais localizadas em duas porções diferentes do litoral paraibano visando uma maior representatividade do mesmo. Cada uma dessas áreas apresenta características particulares, as quais são descritas a seguir.

O recife de Barra de Mamanguape (RBM) está inserido na Área de Proteção Ambiental da Barra do Rio Mamanguape, situado no município de Rio Tinto (MMA 2014), litoral norte do estado. Apresenta-se como um extenso paredão de arenito, que fica exposto durante a maré baixa e onde são encontradas algumas rochas soltas (Figura 2), fendas e poças de maré de diversos tamanhos, que fornecem uma diversidade de micro-habitat para a fauna marinha local. Esta formação possui uma extensão de 14 km se interpondo entre o rio e o mar na foz do estuário do rio Mamanguape (Araújo et al. 2008). Este recife recebe grande aporte de sedimentos, o qual é visualmente caracterizado pela presença de uma grande quantidade de sedimento lamacento sobre as rochas da porção do recife voltada para o rio. Costa et al. (2007) reportaram a utilização deste ambiente apenas para usos relacionados a pesca artesanal das comunidades de pescadores que residem na área, para fins de conservação (ex. peixe boi) e para atividades relacionadas a pesquisa científica.

O recife do Seixas (RS) constitui uma área recifal com aproximadamente 1 km^2 a qual está localizada a ~ 600 metros da praia do Seixas, no município de João Pessoa. Esse ambiente se caracteriza pela formação de diversas piscinas naturais rasas (Figura 2), que exibem uma multiplicidade de micro-habitats, podendo ser observados setores com crescimento de bancos de algas, bancos de rodólito e piscinas com fundo de cascalho de *Halimeda* (Samiguel et al. 2010), entre outros. Podendo ainda ser encontradas rochas removíveis em diversas áreas do recife. Sua constituição é heterogênea, sendo encontradas formações rochosas, coral-algal e calcária. Essa heterogeneidade propicia a formação de diversos micro-habitats, que contribuem para a fixação de várias espécies (Gondim et al. 2008). A profundidade encontrada na área varia de 1 a 4 m durante a maré baixa, atingindo 6,5 m na frente recifal na maré alta (Dias and Gondim 2016). De acordo com Dias and Gondim (2016), o recife do Seixas está submetido à ação de

ondas e turbidez a maior parte do ano, mas nos meses de seca a ação do vento diminui e a água apresenta maior visibilidade. Durante a realização deste estudo a visibilidade variou de 3 m a 6 m. Ressaltamos que a utilização deste ambiente recifal para fins recreativos e turísticos tem crescido exponencialmente nos últimos anos, sendo uma das áreas mais procuradas para este fim no litoral paraibano juntamente com Picãozinho e Areia Vermelha.

Figura 1 - Localização dos pontos de amostragem no litoral paraibano. RBM (recife de Barra de Mamanguape) e RS (recife do Seixas).

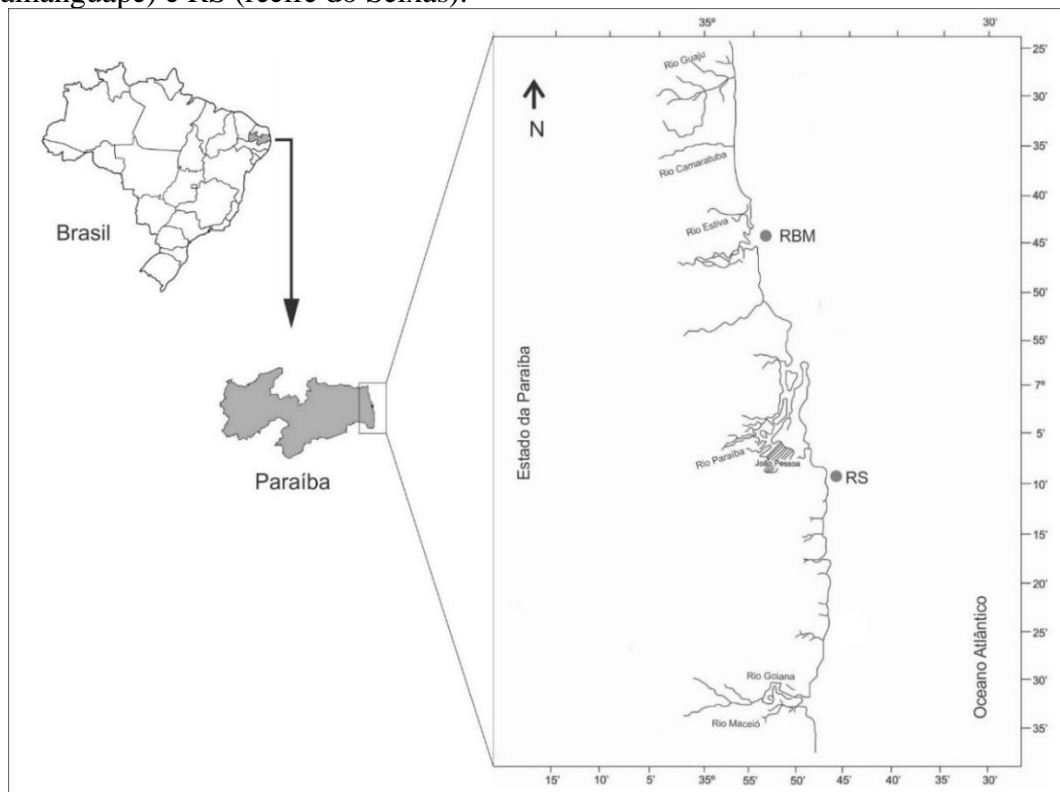
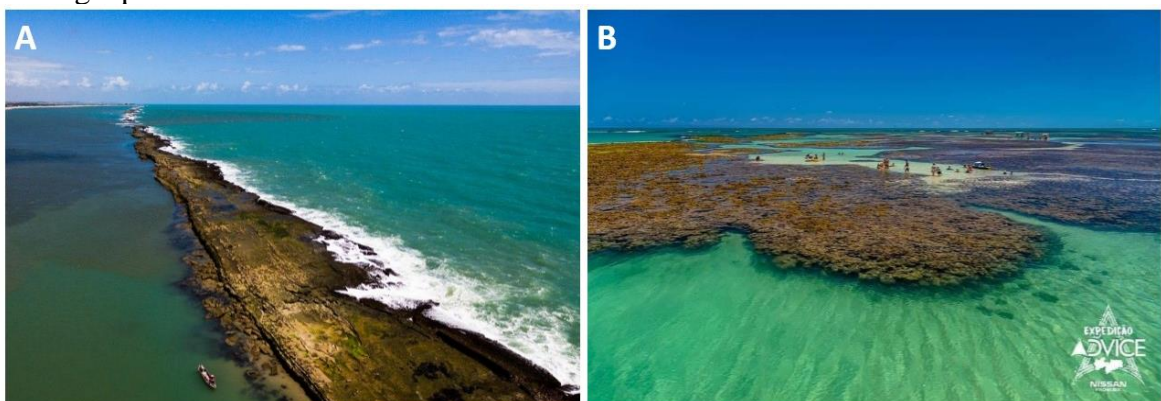


Figura 2 - Imagens dos recifes estudados. (A) Recife do Seixas; (B) recife de Barra de Mamanguape



Fontes: <https://indiospotiguaraparaibaemfoco.blogspot.com/2016/11/litoral-norte-da-paraiba-e-pauta-de.html>; Antônio, 2018.

2.2 Amostragem

Foram realizadas coletas diurnas por meio de mergulho livre (*snorkeling*) durante marés baixas de sizígia (0,0 a 0,3 m) entre janeiro a junho de 2019. Em cada recife estudado foram realizados 20 transectos lineares com 20 m de comprimento por 4 m de largura (sendo 2 m para cada lado do transecto), totalizando 40 censos. Cada transecto foi aleatoriamente posicionado perpendicularmente a linha de costa na zona do platô recifal. Tendo em vista a área de cada recife, os transectos foram posicionados respeitando uma distância de 5 m do seu anterior.

Para avaliar a abundância e o padrão de distribuição espacial de *O. appressum* nos recifes estudados, todas as rochas removíveis contidas dentro da área de cada transecto (80 m²) eram avaliadas, ou seja, as rochas eram erguidas e observado se havia a presença do ofiuroide. A estrutura de tamanho populacional para cada recife foi aferida a partir das medidas do diâmetro do disco (dd) dos indivíduos. O dd de cada espécime foi medido *in situ* com o auxílio de um paquímetro digital de 0,01 mm.

Para caracterização do micro-hábitat, sempre que pelo menos um exemplar do ofiuroide era observado, tomava-se nota das características do ambiente. As características avaliadas para a descrição do micro-hábitat foram: tipo de substrato (areia e/ou cascalho) composição da fauna e flora (em categorias taxonômicas elevadas) que se encontravam fixadas as rochas (Tabela 1), tamanho da rocha (medida a partir do maior comprimento) e profundidade, ambos aferido com auxílio de uma fita métrica.

Foi utilizado o método de censo em banda (BT – “*Belt*” transecto) para a análise de similaridade da cobertura bêntica entre os recifes. Para isto, em cada transecto foram delimitados cinco pontos de amostragem, situados nos pontos 0, 5, 10, 15 e 20 m do transecto. Com base em cada ponto amostrado foram catalogados todos os componentes do ambiente (Tabela 1) contidos dentro de uma distância de até 2 m de cada lado da linha do transecto. Estes componentes foram previamente estabelecidos seguindo a tabela proposta por Araújo (2016) com pequenas alterações. Em cada transecto foram medidos dados de profundidade e de visibilidade, este último através de um disco de Secchi de 25 cm de diâmetro posicionado horizontalmente. Ao final do estudo uma área de 1.600 m² (transecto de 20 m x 4 m de largura x 20 repetições) foi analisada por recife.

Tabela 1- Categorias utilizadas para as análises de similaridade da cobertura bêntica entre os recifes estudados e frequência de ocorrência.

Sigla	Categoria observada	Descrição
AC	Alga calcária	Incrustante, por exemplo <i>Halimeda sp.</i>
AF	Alga folhosa	Macroalgas (ex: <i>Dictyota spp</i> , <i>Sargassum spp</i>)
AR	Areia	Sedimento fino
ASC	Ascídia	Ascídias coloniais ou solitárias
CAS	Cascalho arenoso	Sedimento grosso
CD	Coral duro	Corais pétreos, construtores de recifes
CM	Coral mole	Somente zoantídeos, não inclui gorgônias ou anêmonas
ROC	Rocha	Substrato duro móvel ou fixo
ROD	Rodolito	Algas calcárias não articuladas, nodulares
ES	Espanja	Todas as espécies de esponjas

2.3 Análises estatísticas

Para a análise do padrão de distribuição espacial das populações de *O. appressum* foi utilizado o índice de dispersão, que por sua vez faz relação entre a variância e a média ($ID = \text{variância}^2/\text{média}$), quando o $ID < 1,96$ a distribuição é aleatória, se $ID < - 1,96$ é considerada regular e se $ID > 1,96$ a distribuição é agregada (Ludwig and Reynolds 1988). A densidade foi obtida valendo-se da divisão entre o número total de espécimes encontrados por recife, pela área total avaliada (1600 m²). A comparação da abundância da espécie entre as áreas foi avaliada segundo o teste de Wilcoxon.

O cálculo utilizado para a análise do micro-habitat para cada recife (separadamente) foi o de porcentagem de ocupação (Chavarro et al. 2004). Para isto, empregou-se a fórmula: $PO\% = (Ni/Nt) \times 100$, sendo **PO** a porcentagem de ocupação de cada item (substrato, composição da fauna e flora fixado a rocha onde o indivíduo foi encontrado, tamanho da rocha e profundidade), **Ni** o número de indivíduos associado ao item e **Nt** o número total de espécimes encontrados. Para avaliar se o tamanho das rochas onde os indivíduos foram encontrados nos RS e RBM tinha diferença significativa, foi feito um teste de Wilcoxon. A normalidade de todos os dados acima, foram avaliados mediante o teste de Shapiro-Wilk e a significância estatística de todos os testes foi avaliada com $p < 0,05$.

A estrutura de tamanho foi avaliada por meio da frequência de tamanho com base no diâmetro do disco. Para avaliar a similaridade da composição bêntica entre os transectos, foi empregado a análise de similaridade de Jaccard a partir de uma matriz com dados de presença e ausência, com o método UPGMA. A cobertura bêntica também foi avaliada quanto a frequência de ocorrência para cada categoria analisada, no qual $FO\% = (N/Nt) \times 100$, sendo, N é o número de transectos onde foi registrado cada componente presente na tabela 1 e Nt a quantidade de transectos totais realizados. Todos os testes estatísticos e o cluster foram realizados no programa de linguagem aberta R Core Team (2019). Para a construção da matriz de similaridade o pacote Vegan foi utilizado. A significância considerada dos testes estatísticos foi $p < 0,05$.

3 Resultados

A população de *O. appressum* do recife do Seixas apresentou um padrão de distribuição espacial aleatório ($ID = 1,86$), enquanto que a população do recife de Barra de Mamanguape ocorreu de forma agregada ($ID = 4,0$). A abundância média registrada por transecto no RS foi de 1,35 indivíduo e em RBM foi de 0,7 indivíduo, não sendo observada diferença significativa entre as duas áreas ($p > 0,05$), ao passo que a densidade para o RS foi de 0,016 ind./m² e para RBM foi de 0,008 ind./m².

No RS os principais componentes do micro-hábitat de *O. appressum* foram alga calcária (66%), ascídia (45%) e alga folhosa (41%). Dentre os espécimes observados, 91,6% estavam em fundo de areia + cascalho, 8% em áreas de substrato arenoso e nenhum em áreas com substrato constituído apenas por cascalho. Por sua vez, em RBM os itens com maior porcentagem de ocupação foram: alga filamentosa (63%) e rocha nua (quando não havia nenhum organismo fixado) (27%). Neste recife 64% dos indivíduos foram registrados em fundos de cascalho e 36% em substrato de areia. É importante destacar que, em todos os pontos de observações no recife de RBM o substrato era formado apenas por um item, sendo ele areia ou cascalho (Figura 3). A profundidade mínima na qual *O. appressum* foi registrado no RS foi de 54 cm e de 1 cm em RBM. Já a profundidade máxima registrada foi de 24 cm e 1.20 m nos RBM e RS, respectivamente.

Quanto à cobertura bêntica, o item com maior frequência de ocorrência para o RS foi alga folhosa/frondosa (100%). No RBM o item mais frequente foi algas filamentosas (98%). De maneira geral, poucas algas frondosas são encontradas no platô deste último recife. Os

demais itens que apresentaram maior frequência da cobertura para o RS foram cascalho e rodolito, ambos com 89% e para o RBM foram rocha (98%) e coral duro (28%) (Figura 4). Quando construído o dendograma a partir da matriz de similaridade baseado na cobertura bêntica dos transectos, foi possível observar uma clara diferença quanto a cobertura bêntica entre os dois recifes (Figura 5).

Figura 3 - Porcentagem de ocupação dos indivíduos de *Ophioderma appressum* nos recifes de Barra de Mamanguape (RBM) e Seixas (RS) para cada item que compõe seu micro-hábitat. AC: alga calcária; AF: alga frondosa/folhosa; AR: areia; ASC: ascídia; CAS: cascalho; CD: coral duro; CM: coral mole; ES: esponja; ROC: rocha.

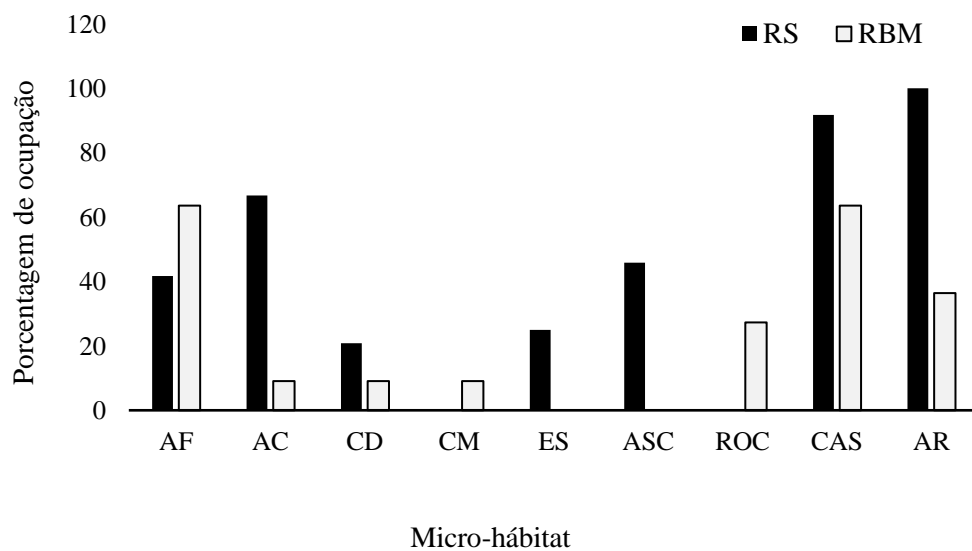


Figura 4 - Frequência de ocorrência da cobertura bêntica nos transectos realizados nos recifes do Seixas (RS) e de Barra de Mamanguape (RBM). AC: alga calcária; AF: alga frondosa/folhosa; AR: areia; ASC: ascídia; CAS: cascalho; CD: coral duro; CM: coral mole; ES: esponja; ROC: rocha.

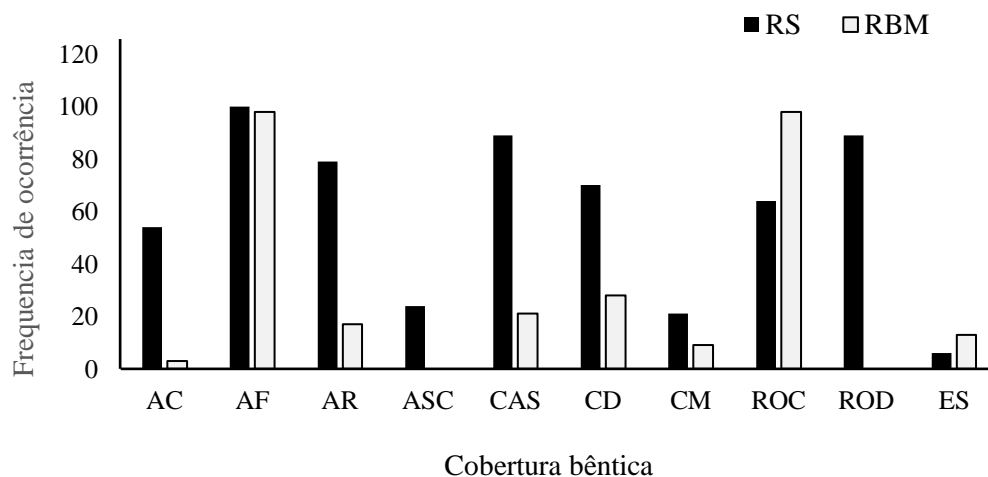
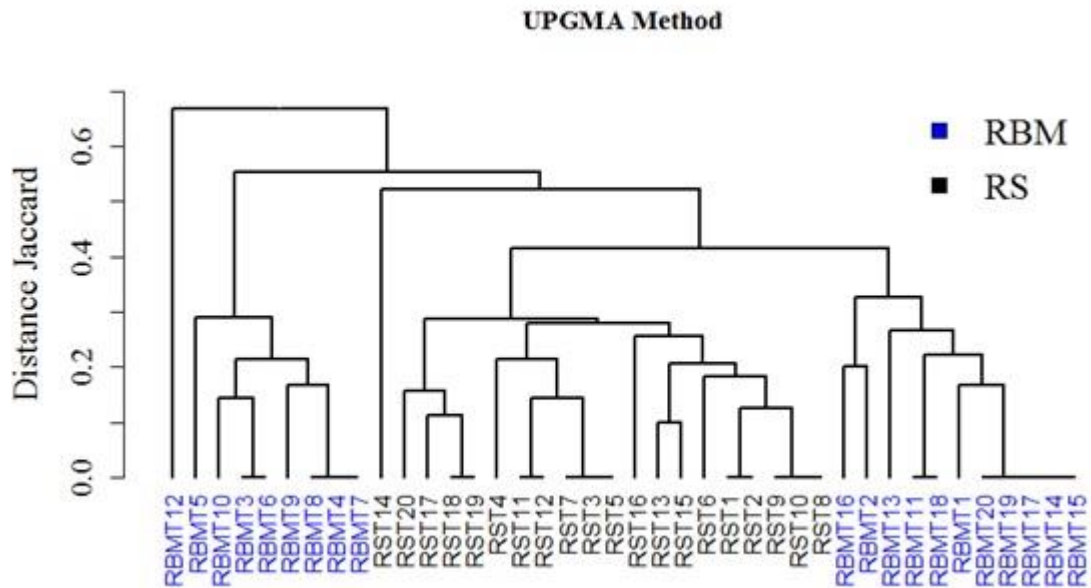


Figura 5 - Dendrograma gerado com base na similaridade da cobertura bêntica entre os transectos realizados nos recifes do Seixas (RS) e Barra de Mamanguape (RBM).



De acordo com a classificação do tamanho das rochas sob as quais os indivíduos foram encontrados, verificamos que no recife do Seixas 37% dos indivíduos foram registrados sob rochas com intervalos de tamanho de 21 a 40 cm. Em RBM a mesma porcentagem de espécimes (40%) foi observada em dois intervalos distintos de tamanho de rochas, sendo eles de 0 a 20 cm e 21 a 40 cm (Figura 6). Estatisticamente não houve diferença significativa no tamanho das rochas entre o RS e o RBM ($w = 127,5$, $p > 0,05$).

A frequência de tamanho da população de *O. appressum* (Figura 7) para o RS apresentou distribuição normal (Shapiro-Wilk, $w = 0,9$, $p > 0,05$). Entretanto, para o RBM a distribuição dos dados não apresentou normalidade (Shapiro-Wilk, $w = 0,8$, $p < 0,05$). A estrutura de tamanho entre os recifes estudados apresentou diferença, a média de tamanho dos indivíduos do RS foi maior do que a média em RBM. No RS a média foi de $13,8 \pm 2,55$ mm, com tamanho máximo registrado de 18,09 mm e mínimo de 6,56 mm, predominando indivíduos adultos nesta população. Em RBM a média registrada foi de $6,4 \pm 3,1$ mm, com máximo de 12,63 mm e mínimo de 3,6 mm, caracterizando uma população formada principalmente por indivíduos jovens.

Figura 6 - Porcentagem de ocupação dos indivíduos de *Ophioderma appressum* para cada intervalo de tamanho das rochas analisadas nos recifes de Barra de Mamanguape (RBM) e Seixas (RS).

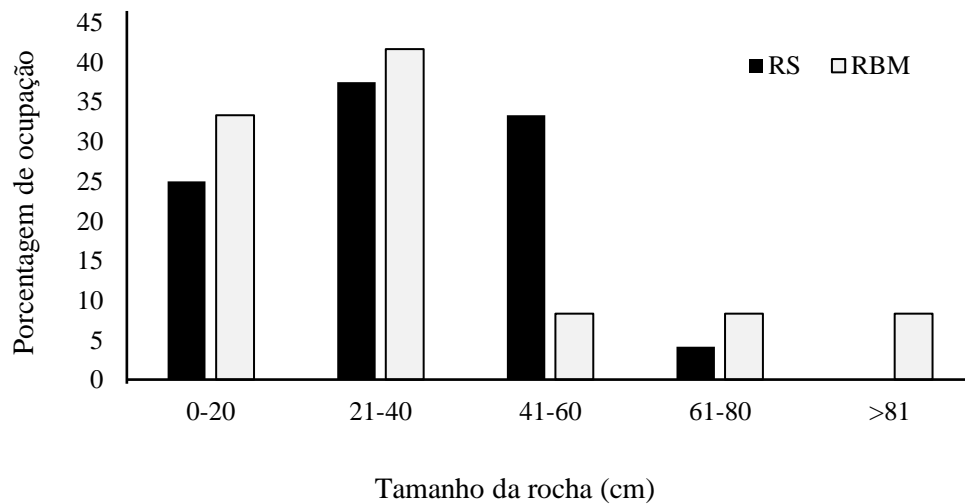
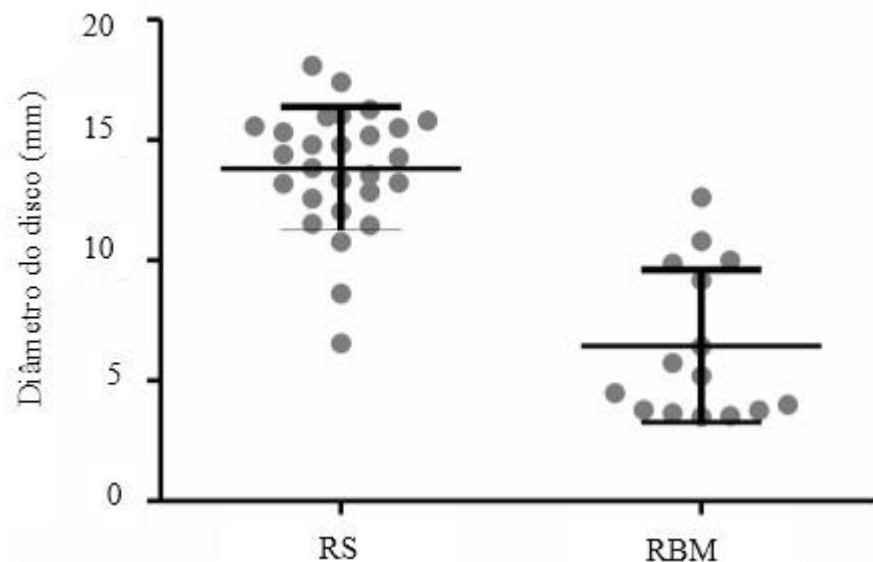


Figura 7 - Estrutura de tamanho dos indivíduos das populações de *O. appressum* nos recifes do Seixas (RS) e Barra de Mamanguape (RBM).



4 Discussão

As populações de *Ophioderma appressum* apresentaram padrões de distribuição espaciais diferentes entre os recifes estudados. A distribuição de forma aleatória registrada no RS pode estar relacionada à presença do grande número de rochas removíveis ao longo de toda a

área. Assim como, a distribuição agregada observada no RBM pode estar relacionada com a pequena quantidade dessas rochas quando comparada ao RS. Neste caso, tendo em mente as características ambientais das áreas estudadas, o que modelou o padrão de distribuição espacial destas populações foi, provavelmente, a presença de rochas soltas e a distância das rochas entre si. Assim como, a distribuição desigual de micro-hábitats também pode influenciar o padrão espacial de espécies que vivem sob rochas (Chapman 2002). Resultados semelhantes foram encontrados por Entrambasaguas et al. (2008), que observaram que o número de rochas de tamanhos diferentes exerceu um efeito significativo sobre a distribuição espacial de uma assembleia de equinodermos no Arquipélago de Cabo Verde. Contudo, é importante destacar que a natureza e as causas dos padrões de distribuição de ofiuroides dentro de uma mesma área ou entre áreas geográficas distintas podem ser complexas, mesmo para uma única espécie, e podem variar tanto no espaço quanto no tempo em resposta a densidade (Summers and Nybakken 2000).

Embora existam poucos dados disponíveis sobre a densidade e abundância das espécies de ofiuroides nos recifes brasileiros, consideramos a densidade aqui registrada baixa (0,01 ind/m²no RS e 0,008 ind/m²em RBM) quando comparada com a densidade média (DM) de *O. appressum* observada em outras áreas do litoral nordestino [Attrill et al. (2004) – DM = 0,09 ind.m⁻²; Gondim et al. (2014) – DM = 0,07 ind. 0.25 m²]. Por sua vez, quando comparamos a abundância absoluta (AB) no RS (27 indivíduos) e no RBM (14 ind.) com os resultados de Gondim et al. (2013) [AB = 166 ao longo de toda a plataforma continental da Paraíba entre 10 e 35 m] e Morales-Quijano et al. (2017) [AB = 8 no sistema recifal de Lobos-Tuxpan – México] e levando em consideração o tamanho das áreas amostradas, podemos concluir que a abundância da espécie nos recifes paraibanos foi relativamente alta (41 indivíduos em 3.200 m²). Desta forma, *O. appressum* parece ser uma espécie geralmente abundante, mas que ocorre em baixas densidades. Todavia, é importante destacar que há relatos de pesquisadores e espécimes testemunho na Coleção de Invertebrados Paulo Young (CIPY), localizada na Universidade Federal da Paraíba (UFPB), que sugerem que *O. appressum* era mais comum nos recifes do litoral paraibano a 5-10 anos atrás.

Ophioderma appressum é uma espécie críptica conhecida por viver sob rochas, utilizando este ambiente para a proteção contra predadores e luminosidade (Hyman 1955; Boffi 1972; Hendler et al. 1995; Alves and Cerqueira 2000; Gondim et al. 2008). Ela ainda pode ser encontrada dentro de fendas, em bancos de fanerógamas marinhas, em corais ramificados e folhosos (Hendler et al. 1995) e em rodolitos (Gondim et al. 2014). Nossos dados evidenciaram

que o micro-hábitat ocupado por *O. appressum* diferiu levemente entre as áreas de estudo. Mas que pode ser caracterizado por ser constituído, principalmente, por substrato de areia e/ou cascalho com algas folhosas, algas calcárias, corais duros, ascídias e esponjas fixados as rochas ou mesmo rochas nuas. Gondim et al. (2008), registraram um micro-hábitat similar para a espécie no recife da praia de Cabo Branco (João Pessoa, Paraíba).

Durante a amostragem dificilmente foi observado mais de um indivíduo de *O. appressum* debaixo da mesma rocha, mas quando havia mais de um, esse número não ultrapassava três indivíduos. De acordo com Hendler et al. (1995), *O. appressum* pode ocorrer junto com outras espécies como *Ophioderma cinereum*, *O. rubicunda*, *O. guttatum*, *Ophiocoma echinata* e *Ophiomastix wendtii*. No presente estudo a espécie foi observada ocorrendo junto com *Ophionereis reticulata*, entretanto a frequência deste encontro foi extremamente baixa. Ainda segundo Hendler et al. (1995), *O. appressum* é mais propensa a autotomizar seus braços do que outras espécies de *Ophioderma* de águas rasas. Todavia, ao longo do estudo pouquíssimos espécimes apresentaram braços em algum estágio de regeneração.

Nossos resultados demonstraram que a estrutura de tamanho dos indivíduos das populações dos RS e RBM diferiram consideravelmente. No RS a população se caracterizou por ser constituída por espécimes adultos, enquanto no RBM foi principalmente formada por indivíduos jovens. O resultado encontrado para o RS corrobora os estudos realizados por Chavarro et al. (2004), Gondim et al. (2008) e Tanure and Cerqueira (2007), que registraram apenas indivíduos adultos dessa espécie sob rochas. Ao compararem a diversidade e abundância de ofiúros entre os hábitats de um recife vivo, um recife morto e rochas, Lewis & Bray (1983) observaram que *O. appressum* apresentou diferenças significativas no tamanho do disco entre os hábitats, sendo os indivíduos maiores encontrados no ambiente formado por escombros. Por sua vez, Gondim et al. (2014) encontraram indivíduos jovens da espécie habitando rodolito, além de juvenis de outras espécies de *Ophioderma* já terem sido encontrados em hábitats como algas *Halimeda* spp., *Lobophora variegata* e nos escombros do coral *Porites porite* (Chavarro et al. 2004). No RBM o maior indivíduo encontrado mediu 12,63 mm, com oito indivíduos medindo abaixo de 6,5 mm ($n = 13$), logo a população encontrada neste recife é formada em sua maioria por juvenis, possivelmente este ambiente deve ser usado como local de recrutamento.

As diferenças encontradas na cobertura bêntica entre os recifes podem ser responsáveis pelas disparidades identificadas na estrutura de tamanho das populações e nos seus padrões de distribuições espaciais, além do fator exposição que difere completamente entre os ambientes.

No RS grande parte do recife permanece submerso durante a maré baixa, todavia, o RBM fica completamente exposto, mas algumas poças podem ser encontradas. Isto provavelmente explicaria a pequena quantidade de indivíduos adultos encontrados nesse ambiente, visto que as poças onde os ofiúros foram observados eram extremamente pequenas e com profundidade de no máximo 24 cm.

Sabemos que caracterizar aspectos ecológicos em pequena escala nos leva a resultados pontuais da dinâmica populacional, contudo, as respostas que obtemos em pequena escala é essencial para compreensão de padrões em larga escala (Chapman and Underwood 2008). De acordo com Hutchinson (1953), os conceitos de escalas e padrões são inevitavelmente entrelaçados, e a identificação dessas escalas nas variações espacial e temporal das espécies é um primeiro passo no processo de compreensão das forças que governam a estrutura da comunidade. Portanto, é importante o desenvolvimento de estudos observacionais para fornecer o contexto e a base para o estudo de mecanismos e processos (Underwood et al. 2000). Desta forma, esperamos que os resultados aqui apresentados possam contribuir tanto para a melhor compreensão dos aspectos ecológicos das espécies de *Ophioderma*, como também, indiretamente, para o estabelecimento de políticas públicas que visem a conservação da espécie e dos ambientes recifais.

5 Referências

- Absalão RS. 1990. Ophiuroid assemblages off the Lagoa dos Patos outlet, southern Brazil. *Ophelia*. 31:133–143.
- Agrawal AA, Ackerly DD, Adler F, Arnold AE, Cáceres C, Doak DF, Post E, Hudson PJ, Maron J, Mooney KA and et al. 2007. Filling key gaps in population and community ecology. *Frontiers in Ecology and the Environment*. 5:145–152. doi:10.1890/1540-9295(2007)5[145:FKGIPA]2.0.CO;2
- Alves OFS, Cerqueira WRP. 2000. Echinodermata das praias de Salvador (Bahia, Brasil). *Revista Brasileira de Zoologia*. 17(2):543–553.
- Araújo AFL. 2016. Caracterização do hábitat e aspectos ecológicos de *Anisotremus moricandi* (Perciformes: Haemulidae) em dois ambientes recifais costeiros da Paraíba, Brasil. [dissertação]. João Pessoa (PB): Universidade Federal da Paraíba.
- Araújo PG, Miranda GEC, Kanagawa AI. 2008. Repartição espacial da comunidade macrobêntica dos recifes da APA da Barra do Rio Mamanguape, Paraíba, Brasil. *Revista Nordestina de Biologia*. 19(1):29–50.
- Assis JE, Bezerra EAS, Brito RJ, Gondim AI, Christoffersen ML. 2012. An Association between *Hesione picta* (Polychaeta: Hesionidae) and *Ophionereis reticulata* (Ophiuroidea: Ophionereididae) from the Brazilian coast. *Zoological Studies*. 51(6):762–767.
- Attrill MJ, Kelmo F, Jones MB. 2004. Impact of the 1997-98 El Niño event on the coral reef-associated echinoderm assemblage from northern Bahia, northeastern Brazil. *Climate Research*. 26:151–158. doi:10.3354/cr026151
- Barboza CAM, Martins CC, Lana PC. 2015. Dissecting the distribution of brittle stars along a sewage pollution gradient indicated by organic markers. *Marine Pollution Bulletin*. 100(1):438–444. doi:10.1016/j.marpolbul.2015.08.008
- Barroso MS, Silva BJ, Montes MJF, Santos PJP. 2018. Anthropogenic Impacts on Coral Reef Harpacticoid Copepods. *Diversity*. 10 (32):2–16. doi:10.3390/d10020032
- Benke AC, Hurn AD. 2017. Secondary Production and Quantitative Food Webs. Department of Biological Sciences, University of Alabama. p. 237–239. doi:10.1016/B978-0-12-813047-6.00013-9
- Boffi E. 1972. Ecological aspects of ophiuroids from the phytal of S.W. Atlantic Ocean warm waters. *Marine Biology* 15:316–328. doi.10.1007/BF00401391

- Capítoli RR, Monteiro AMG. 2000. Distribuição e abundância de ofiuroides na plataforma interna do extremo Sul do Brasil. *Atlântica*. 22:41–56.
- Chapman MG. 2002. Patterns of spatial and temporal variation of macrofauna under boulders in a sheltered boulder field. *Austral Ecology*. 27:211–228. doi:10.1046/j.1442-9993.2002.01172.x
- Chapman MG, Underwood AJ. 2008. Scales of variation of gastropod densities over multiple spatial scales: comparison of common and rare species. *Marine Ecology Progress Series*. 354:147–160. doi:10.3354/meps07205
- Chavarro SB, Zea S, Díaz JM. 2004. Esponjas y otros microhábitats de ofiuros (Ophiuroidea: Echinodermata) em ambientes arrecifales del archipiélago de San Bernardo (Caribe Colombiano). *Boletín de Investigaciones Marinas y Costeras*. 33:29–47. doi:10.25268/bimc.invemar.2004.33.0.246
- Costa CF, Sassi R, Costa MAJ, Brito ACL. 2007. Recifes costeiros da Paraíba, Brasil: usos, impactos e necessidades de manejo no contexto da sustentabilidade. *Gaia Scientia*. 1(1): 37–45.
- Dearborn JH, Hendler G, Edwards KC. 1996. The diet of *Ophioparte gigas* (Echinodermata: Ophiuroidea) along the Antarctic Peninsula, with comments on its taxonomic status. *Polar Biology*. 16(5):309–320. doi:10.1007/s003000050058
- Dias TLP, Gondim AI. 2016. Bleaching in scleractinians, hydrocorals, and octocorals during thermal stress in a northeastern Brazilian reef. *Marine Biodiversity*. 46:303–307. doi:10.1007/s12526-015-0342-8
- Duineveld, GCA & Van Noort, GJ. 1986. Observations on the population dynamics of *Amphiura filiformis* (Ophiuroidea: Echinodermata) in the Southern North Sea and its Exploitation by the dab, limanda limanda. *Netherlands Journal of Sea Research*. 20 (1):85–94. doi:10.1016/0077-7579(86)90064-5
- Entrambasaguas L, Pérez-Ruzafa A, García-Charton JA, Stobart B, Bacalladoc JJ. 2008. Abundance, spatial distribution and hábitat relationships of echinoderms in the Cabo Verde Archipelago (eastern Atlantic). *Marine and Freshwater Research*. 59: 477–488. doi:10.1071/MF07109
- Gondim AI, Alonso C, Dias TLP, Manso CLC, Christoffersen ML. 2013. A taxonomic guide to the brittle-stars (Echinodermata, Ophiuroidea) from the State of Paraíba continental shelf, Northeastern Brazil. *Zookeys*. 307:45–96. doi:10.3897/zookeys.307.4673

- Gondim AI, Dias TLP, Duarte RCS, Riul P, Lacouth P, Christoffersen ML. 2014. Filling a knowledge gap on the biodiversity of rhodolith-associated Echinodermata from northeastern Brazil. *Tropical Conservation Science*. 7 (1):87–99. doi:10.1177/194008291400700112
- Gondim AI, Lacouth P, Alonso C, Manso CLC. 2008. Echinodermata da Praia do Cabo Branco, João Pessoa, Paraíba, Brasil. *Biota Neotrópica*. 8(2):151–159. doi:10.1590/S1676-06032008000200016
- Guillén J, Soriano S, Demestre M, Falqués A, Palanques A, Puig P. 2008. Alteration of bottom roughness by benthic organisms in a sandy coastal environment. *Continental Shelf Research*. 28: 2382–2392. doi:10.1016/j.csr.2008.05.003
- Hendler G, Mülle, JE, Pawson DL, Kier PM. 1995. Sea stars, sea urchins and allies: echinoderms of Florida and the Caribbean. Smithsonian Institution Press, Washington, 390pp.
- Hutchinson GE. 1953. The concept of pattern in ecology. *Proceedings of the National Academy of Science*. 105:1–12.
- Hyman LH. 1955. *The Invertebrates: Echinodermata*. Volume 4. McGraw-Hill, New York 763pp.
- Lawley JW, Fonseca AC, Júnior EF, Lindner A. 2018. Occurrence of the non-indigenous brittle star *Ophiothela cf. mirabilis* Verrill, 1867 (Echinodermata, Ophiuroidea) in natural and anthropogenic habitats off Santa Catarina, Brazil. *Check List*. 14(2):453–459. <https://doi.org/10.15560/14.2.453>
- Lewis JB, Bray RD. 1983. Community structure of Ophiuroids (Echinodermata) from three different habitats on a Coral Reef in Barbados, West Indies. *Marine Biology*. 73:171–176. doi:10.1007/BF00406885
- Lima MLF, Sovierzoski HH, Correia MD. 2014. Temporal variation of ophiuroids associated with the macroalga *Amphiroa fragilissima* on a Southwest Atlantic coral reef. *Marine Ecology*. 34:420–431. doi:10.1111/maec.12042
- Ludwig, J. A. & Reynolds, J. F. 1988. *Statistical Ecology: a primer on methods and computing*. A Wiley-Interscience Publication. Estados Unidos. 340 pp.
- Martins L, Souto C, Magalhães WF, Alves OFS, Rosa IL, Sampaio CLS. 2012. Echinoderm harvesting in Todos-os-Santos Bay, Bahia State, Brazil: the aquarium trade. *Sitentibus série Ciências Biológicas*. 12(1):53–59.

- Melo RS, Lins RPM, Eloy CC. 2014. O impacto do turismo em ambientes recifais: caso Praia Seixas-Penha, Paraíba, Brasil. REDE – Revista Eletrônica do Prodepa. 8(1):67–83.
- Morales-Quijano I, de la Cruz-Francisco V, González-González M, Argüelles-Jiménez J. 2017. Diversidad y abundancia de los equinodermos y su relación con la cobertura bentónica del arrecife Enmedio, Sistema Arrecifal Lobos-Tuxpan, México. Revista Ciencias Marinas y Costeras. 9(2):51–74. doi:10.15359/revmar.9–2.3
- Noro CK, Buckup L. 2008. Estrutura populacional e biologia reprodutiva de *Parastacus defossus* (Crustacea: Decapoda: Parastacidae). Revista Brasileira de Zoologia. 25(4):624–629. doi:10.1590/S0101-81752008000400007
- Pearson M, Gage JD. 1984. Diets of some deep-sea brittle stars in the Rockall Trough. Marine Biology. 82:247–258. doi:/10.1007/BF00392406
- Ricklefs RE. 2010. A Economia da Natureza. Rio de Janeiro, Guanabara Koogan. 550 pp.
- Samiguel CA, Dias TLP, Gondim AI. 2010. PROJETO BIOTA PARAÍBA: Macrofauna de Praias com Substrato Consolidado da Zona de Entre-Marés ao Infralitoral. Relatório interno apresentado ao CNPq. 112 pp.
- Summers AC, Nybakken J. 2000. Brittle star distribution patterns and population densities on the continental slope off central California (Echinodermata: Ophiuroidea). Deep-Sea Research II. 47:1107–1137. doi:10.1016/S0967-0645(99)00138-1
- Tanure BM, Cerqueira WRP. 2007. Crescimento de *Ophioderma cinereum* (Müller & Troschel, 1842) (Echinodermata: Ophiuroidea) em duas praias rochosas da cidade de Salvador, Bahia, Brasil. Sitientibus Série Ciências Biológicas. 7(4):360–369.
- Tavares MR, Costa PAS, Ventura CRR. 2019. Population size structure, asexual reproduction, and somatic growth estimates of the non-indigenous brittle star *Ophiothela mirabilis* (Echinodermata: Ophiuroidea) on the southeastern coast of Brazil. Marine Biodiversity 49: 1713–1725. <https://doi.org/10.1007/s12526-019-00938-y>
- Underwood AJ, Chapman MG, Connell SD. 2000. Observations in ecology: you can't make progress on processes without understanding the patterns. Journal of Experimental Marine Biology and Ecology. 250:97–115. [https://doi.org/10.1016/S0022-0981\(00\)00181-7](https://doi.org/10.1016/S0022-0981(00)00181-7)
- Underwood AJ, Chapman MG. 1996. Scales of spatial patterns of distribution of intertidal invertebrates. Oecologia. 107:212–224. doi:10.1007/BF00327905
- Wagener ALR. 2005. Constraints to the Implementation of Effective Environmental Management in Coastal Areas of Developing Countries. Anais da Academia Brasileira de Ciências. 77(4):613–623. doi:10.1590/S0001-37652005000400004

- Williamson JE, Byrnes EE, Clark JA, Connolly DM, Schiller SE, Thompson JA, Tosetto L, Martinelli JC, Raoult V. 2017. Ecological impacts and management implications of reef walking on a tropical reef flat community. *Marine Pollution Bulletin*. 114:742–750. doi:10.1016/j.marpolbul.2016.10.069
- Yokoyama LQ, Amaral ACZ. 2011. Recruitment and growth variation of *Ophionereis reticulata* (Echinodermata: Ophiuroidea). *Invertebrate Reproduction & Development*. 55(2):73–81. doi:10.1080/07924259.2011.553402

4 ARTIGO 2

**Biologia alimentar e reprodutiva de *Ophioderma appressum* (Say, 1825)
(Ophiuroidea, Ophiodermatidae) em recife costeiro no litoral nordeste do Brasil**

Manuscrito a ser submetido ao periódico Aquatic Biology (F.I. 1.297)

Biologia alimentar e reprodutiva de *Ophioderma appressum* (Say, 1825) (Ophiuroidea, Ophiodermatidae) em recife costeiro no litoral nordeste do Brasil

Resumo

Ophioderma appressum é uma espécie comum e abundante em comunidades recifais. Mas apesar disto, poucos estudos têm se dedicado a analisar e descrever sua biologia. Neste trabalho nós avaliamos e caracterizamos a dieta e o ciclo reprodutivo da espécie no recife do Seixas (João Pessoa, Brasil). Coletas mensais diurnas foram realizadas entre julho/18 a junho/19, onde uma média de 14 indivíduos foram capturados mensalmente através de buscas intensivas, sendo analisados um total de 170 espécimes. A dieta registrada foi variada, sendo constituída principalmente por material não identificado, foraminífero, fragmentos de crustáceos e partículas de sedimento, indicando assim onivoria e hábito oportunista, além de apresentar diferença temporal significativa na composição do conteúdo estomacal. O índice gonadal apresentou picos nos meses de dezembro/2018 e janeiro/2019. Contudo, foram observados oócitos e testículos maduros durante todo o ano, evidenciando que a espécie tem uma desova anual longa com pico reprodutivo no verão, todavia, a temperatura e a salinidade não interferiram no ciclo reprodutivo da espécie durante o período estudado. Diferente do encontrado na América central, onde a espécie apresenta reprodução anual curta marcada pela sazonalidade, logo, outros fatores como endógenos, ciclos lunares e fotoperíodo, podem ser determinantes no período reprodutivo para a população estudada.

Palavras-Chave: Dieta, ciclo reprodutivo, histologia, recife de arenito, Echinodermata.

Abstract

Ophioderma appressum is a common and abundant species in reef communities. Nevertheless, few studies have been dedicated to analyzing and describing its biology. In this work, we evaluated and characterized the diet and the reproductive cycle of this species at the Seixas reef (João Pessoa, Brazil). Monthly daytime samples were realized between July/2018 to June/2019. An average of 14 specimens were collected monthly through intensive searches. Altogether, 170 individuals were analyzed. The diet was varied, consisting mainly of unidentified material, foraminiferous, fragments of crustaceans and sediment particles. Thus indicating omnivory and opportunistic habit, since there was a temporal difference in the composition of stomach

contents. The gonadal index showed peaks in the months of December/2018 and January/2019. However, mature oocytes and testicles were observed throughout the year, showing that the species has a long annual spawning with reproductive peak in the summer, however, temperature and salinity did not interfere with the reproductive cycle of the species during the studied period. Differently from that found in Central America, where the species presents short annual reproduction marked by seasonality, therefore, other factors such as endogenous, lunar cycles and photoperiod, can be determinants in the reproductive period for the studied population.

Keys-words: Diet, reproductive cycle, histology, sandstone reef, Echinodermata.

1. Introdução

Os ofiuroides apresentam hábitos alimentares e reprodutivos marcadamente diversos, se reproduzindo tanto sexuada quanto assexuadamente (por fissão) e ocupando diferentes níveis tróficos nos ecossistemas marinhos (Hendler et al. 1995). Suas espécies apresentam uma ampla gama de estratégias alimentares, incluindo espécies carnívoras, onívoras, carniceiras, alimentadores de suspensão e de depósitos (Oak & Scheibling 2006, Yokoyama & Amaral 2008, Harris et al. 2009). Além desta diversidade de hábitos alimentares, o grupo possui diversos mecanismos para a obtenção do alimento, que difere entre presas microscópicas ou macroscópicas, ou seja, micrófagos e macrófagos (Fontaine 1965), respectivamente. De acordo com Lawrence (1987), espécies macrófagas são predadores ativos, carnívoros e/ou carniceiros, já as micrófagas são mais sedentárias alimentando-se de partículas do sedimento e da coluna d'água.

Sabe-se que o hábito alimentar está diretamente associado ao comportamento e a morfologia funcional de cada grupo, logo em ofiuroides seus braços, assim como seus apêndices, espinhos braquiais e pés ambulacrais, são características associadas a alimentação (Lawrence 1987). Reimer & Reimer (1975) descreveram uma variedade de métodos alimentares para o gênero *Ophioderma*, entre eles: “Coil-arm ingest” que consiste em enrolar o braço ao redor do alimento e leva-lo até a boca; “Carry-down-arm” baseia-se no transporte do alimento a boca por meio dos pés ambulacrais e “Arm-waving” que se resume em movimentar os braços a procura de alimento. Sendo esta diversidade de estratégias um fator importante para o sucesso do grupo (Fontaine 1965).

Como resultado dessa diversidade os ofiuroides desempenham um papel relevante nas teias tróficas, podendo tanto ser predadores ativos (Dearborn et al. 1996), como facilmente predados (Lawrence 1987), sendo por exemplo, importante fonte de alimento para espécies de peixes com alto interesse comercial, incluindo pelo menos 33 espécies de peixes recifais no Caribe, além de caranguejos, camarões, ermitões, estrelas do mar e outros ofiuroides (Hendler et al. 1995, Hendler 1996, Flores-Ortega et al. 2014). Eles ainda desempenham importantes funções ecológicas, participando da transferência do material sedimentado para níveis tróficos superiores aos organismos bentônicos (Pearson & Gage 1984) e estando adaptados a inúmeras interações ecológicas (Hendler 1991).

O ciclo reprodutivo consiste em épocas sucessivas de desova, alternando com o período de crescimento (gametogênese) e uma fase de repouso, com exceção de espécies que apresentam desova contínua (Hendler 1991). Ofiuroides com reprodução sexuada apresentam basicamente três estratégias reprodutivas, que incluem espécies com desova única e curta (anual), espécies com desovas anuais mais longas com muitos meses de duração e espécies que se reproduzem durante o ano todo (contínua) (McClintock et al. 1993, Bowmer 1982, Benítez-Villalobos et al. 2012). Em regiões temperadas ciclos reprodutivos anuais são mais comuns, possuindo padrão sazonal, com a reprodução ocorrendo nos meses mais quentes do ano (Yokoyama et al. 2008). Para regiões tropicais, em razão das condições isotérmicas do ambiente, outros fatores físicos e químicos parecem ser mais decisivos no período reprodutivo (Benítez-Villalobos et al. 2012), dentre estes fatores estão: fotoperíodo, salinidade, disponibilidade de alimento, fatores endógenos, marés e ciclos lunares (Hendler 1991, Morgan & Jangoux 2002, Benítez-Villalobos et al. 2012). Além disso, fatores como grande produção de gametas para garantir a fertilização e conseqüentemente o recrutamento, sincronia na desova, agregação e tamanho populacional, são necessários para que ocorra o sucesso reprodutivo (Lawrence 1987, Babcock et al. 1992).

Ao longo dos anos, poucos estudos se dedicaram a analisar a biologia reprodutiva das espécies do gênero *Ophioderma* (Hendler 1979, Hendler & Tyler 1986, Hagman & Vize 2003, Borges et al. 2009). É importante destacar que, todas as investigações já realizadas demonstraram que as espécies do gênero apresentam períodos de desovas diferentes entre as áreas estudadas. Dentre os estudos citados acima, apenas dois forneceram dados sobre a biologia reprodutiva e alimentar de *Ophioderma appressum*, ambos desenvolvidos na costa do Panamá (Reimer & Reimer 1975, Hendler 1979). Apesar da significativa importância dos ofiuroides nos ecossistemas marinhos, até a presente data, não há informações sobre a biologia

alimentar e reprodutiva de *O. appressum* para os recifes do nordeste brasileiro. Tendo em vista que, informações sobre biologia e ecologia das espécies são fundamentais para a sua conservação e compreensão dos sistemas ecológicos (Ventura & Pires 2002). O presente trabalho tem como objetivo caracterizar a dieta e o ciclo reprodutivo de *O. appressum* no recife costeiro do Seixas, Paraíba, litoral nordeste do Brasil.

2. Materiais e Métodos

2.1 Área de estudo

O recife do Seixas (RS) (7°9'S 34°47'W) constitui uma formação recifal em franja com uma área de aproximadamente 1.7 km de extensão, a qual está localizada a ~ 600 metros da praia do Seixas, no município de João Pessoa, Paraíba, Brasil (Figura 1). É caracterizado pela formação de diversas piscinas naturais durante a maré baixa (Figura 2), que exibem uma variedade de micro-habitats que contribuem para a fixação de várias espécies, podendo ser observados setores com crescimento de bancos de algas, bancos de rodólito e piscinas com fundo de cascalho de *Halimeda* (Samiguel et al. 2010), entre outros. Sua constituição é heterogênea, sendo encontradas formações rochosas, coral-algal e calcária. Acredita-se que, assim como em outras formações recifais do Nordeste, o RS esteja formado sobre uma estrutura de recife de arenito (Melo et al. 2014). Segundo Souza (2018), a costa recifal possui uma transição suave em direção a costa, já na frente recifal (em direção ao mar aberto) observa-se um paredão abrupto com cerca de 5 m.

A profundidade na área varia de 1 a 4 m durante a maré baixa, atingindo 6,5 metros na frente recifal na maré alta, durante a maré baixa várias áreas do platô recifal ficam emersas (Dias & Gondim). A maior parte do ano o recife apresenta alta turbidez devido a ação das ondas, mas na época de seca a água apresenta maior visibilidade como consequência da diminuição dos ventos (Dias & Gondim 2016). Durante a realização deste estudo (entre julho de 2018 a junho de 2019) a visibilidade horizontal variou de 3 m a 6 m.

Por apresentar uma beleza natural singular, características como águas calmas, mornas e transparentes e, por estar localizado no ponto mais oriental das Américas, a utilização do Recife do Seixas para fins recreativos e turísticos tem crescido exponencialmente nos últimos anos. Sendo atualmente uma das áreas mais procuradas para este fim no litoral paraibano, juntamente com o recife de Picãozinho e o Parque Estadual Marinho de Areia Vermelha

(PEMAV). Recentemente, foi criada uma nova Unidade de Conservação (UC) no estado, a Área de Proteção Ambiental Naufrágio Queimado (APA Naufrágio Queimado) através do Decreto 38.981 de 28 de dezembro de 2018, a qual compreende uma área de 422,69 km² (SUDEMA) e que engloba entre outras áreas, o Recife do Seixas, Paraíba, litoral nordeste do Brasil.

Figura 1- Localização geográfica da área de estudo, em destaque os Recifes do Seixas, João Pessoa. (Modificado de Gondim et al., 2011). Imagem de satélite extraída do Google Earth. RS: Recifes dos Seixas. PB: Paraíba

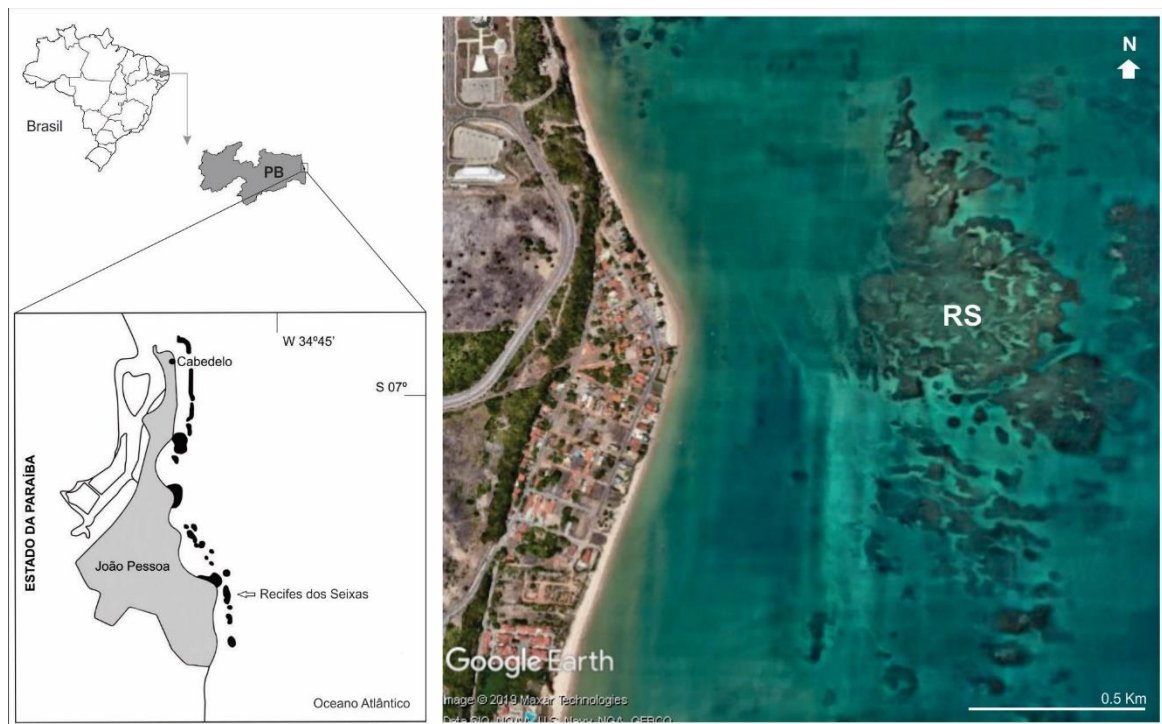
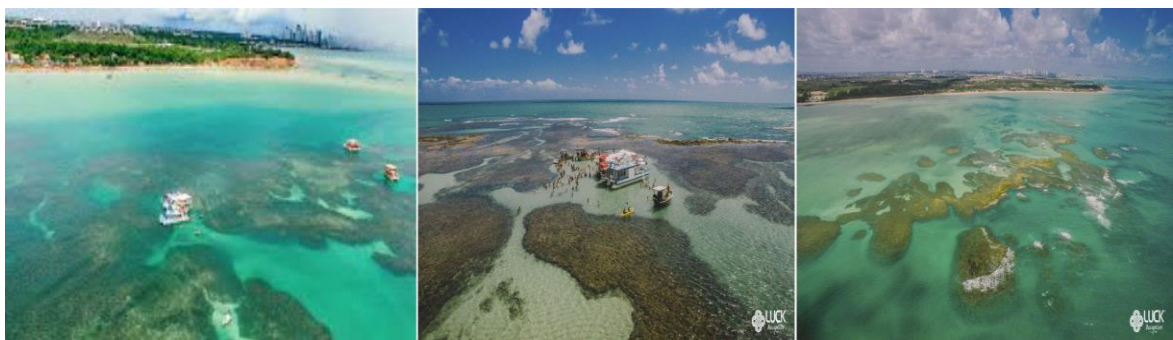


Figura 2 - Imagens das piscinas naturais dos Recifes do Seixas que se formam durante a maré baixa. Fonte das imagens: https://www.luckreceptivo.com.br/passeio/joao-pessoa/piscinas-naturais-do-extremo-oriental_61



2.2 Amostragem e procedimentos laboratoriais

Foram realizadas coletas diurnas mensais, durante marés baixa de sizígia (0.0 a 0.3 m) entre julho de 2018 a junho de 2019. Os espécimes foram coletados manualmente durante mergulho livre (*snorkeling*) através de buscas intensivas (*ad libitum*) ao longo do recife. Uma média de 14 indivíduos foram capturados por coleta, independente da sua faixa de tamanho. Cada espécime coletado foi armazenado individualmente em sacos plásticos contendo água do mar para a posterior análise do conteúdo estomacal e para a identificação e extração das gônadas. Dados ambientais como salinidade e temperatura superficial da água também foram aferidos mensalmente para avaliar se há influência destas variáveis no período reprodutivo da espécie. Os dados de temperatura foram retirados da plataforma de dados NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration) e a salinidade foi medida através de um refratômetro portátil.

No Laboratório de Invertebrados Paulo Young (LIPY), da Universidade Federal da Paraíba, os espécimes foram individualmente anestesiados (em solução isotônica de cloreto de magnésio + água do mar), fixados (em solução de formalina 4%) e conservados (em álcool 70%). Os líquidos nos quais os espécimes foram transportados e anestesiados, foram filtrados e analisados ao estereomicroscópio. Os itens regurgitados encontrados nestes líquidos foram conservados em álcool 70° para posterior identificação.

O tamanho dos exemplares (diâmetro do disco – dd) foi mensurado com auxílio de um paquímetro digital EDC 6". O disco de cada indivíduo foi dissecado sob o estereomicroscópio Olympus SZ40 para a remoção de todas as gônadas e do conteúdo estomacal. Os itens estomacais foram identificados até o menor nível taxonômico possível com auxílio do estereomicroscópio ou do microscópio ótico Olympus BX41.

A determinação do sexo dos indivíduos foi realizada inicialmente mediante observação da coloração das gônadas. Fêmeas geralmente apresentam gônadas na cor laranja e em machos elas são esbranquiçadas (Hendler 1991, Selvakumaraswamy & Byrne 1995, Falkner & Byrne 2003). Estas determinações foram posteriormente confirmadas com base em observações histológicas. Em indivíduos com gônadas pouco desenvolvidas, a determinação do sexo foi realizada apenas através da análise histológica das mesmas.

O índice gonadal (IG) foi calculado para cada espécime valendo-se do peso úmido das gônadas dividido pelo peso úmido do indivíduo, multiplicado por 100 [$IG = (PUG/PUI) \times 100$]. Vale ressaltar que todos os indivíduos foram pesados sem o conteúdo estomacal. O peso úmido

de cada exemplar foi mensurado em balança digital modelo Shimadzu AY220 0,0001 g de precisão.

Para os estudos histológicos seguiu-se o método utilizado por Borges et al. (2009) com pequenas adaptações. Inicialmente, as gônadas foram desidratadas em uma concentração crescente de álcool, da seguinte forma:

1. 30' álcool 80°;
2. 30' álcool 96°;
3. 25' álcool 99,8° (3x seguidas).

Em seguida as gônadas passaram pelo processo de pré-infiltração em historesina Leica, que consiste em colocá-las em uma solução de álcool 99,8° e resina (1:1) e levá-las a geladeira por 24 horas. Na sequência as mesmas foram colocadas em resina pura, passando por um dessecador a vácuo durante 30 minutos, depois permaneceram durante 48 h no refrigerador. Após esse processo, as gônadas foram transferidas para moldes de silicone com resina mais endurecedor e colocadas em uma estufa a 40°C durante um período mínimo de 12 horas, para garantir a secagem completa do material. Posteriormente, elas foram fixadas em bloco de madeira e seccionada com espessura de 5 a 6 µm em um micrótomo deslizante Leica. As lâminas foram coradas com hematoxilina e eosina aquosa, seguindo o método utilizado por Brogger (2010), com pequenas adaptações, seguindo as etapas listadas a baixo:

1. Hidratado com água destilada;
2. Hematoxilina 0.5 % durante 20 minutos;
3. Lavagem em água corrente;
4. Eosina aquosa 2% durante 8 minutos;
5. Lavagem em água corrente;
6. Colocado na estufa a 50°C durante aproximadamente 30 minutos (para secagem das lâminas);
7. Montagem em Entellan.

Para as observações histológicas foram utilizados 120 exemplares (10 indivíduos mensais) e sempre que possível foram analisados o mesmo número de indivíduos machos e fêmeas. Com o objetivo de analisar as taxas oocitárias, aproximadamente 30 oócitos por fêmea foi medido (quando o núcleo estava visível) utilizando o programa Image J. Através dessas medidas os indivíduos foram classificados de acordo com estágios de maturação estabelecidos por Selvakumaraswamy & Byrne (1995) e Borges et al. (2009). Os gráficos de frequência do diâmetro dos ovócitos foram elaborados no software Excel.

2.3 Análises dos dados

A razão sexual 1:1 entre macho e fêmea foi testada usando o teste qui quadrado (X^2). As variações dos Índices Gonadais (IG) que ocorreram ao longo dos meses de coleta foi avaliada por meio de uma Anova one-way. Um teste de Correlação de Spearman foi realizado para verificar se o IG dos machos e fêmeas estão correlacionados. As possíveis diferenças no dd entre machos e fêmeas foi investigada usando um teste de Wilcoxon. Em seguida, para avaliar se o peso (biomassa do corpo) difere entre os sexos foi realizado um teste T, partindo da premissa da normalidade mediante o teste de Shapiro. A provável relação entre o dd de todos os espécimes e o IG, foi analisada através de uma regressão linear. As possíveis associações entre as variáveis ambientais (salinidade e temperatura) e IG de machos e fêmeas foram testadas por uma regressão múltipla.

Foram utilizados os mesmos indivíduos tanto para o estudo da dieta quanto para a reprodução. Grande parte do conteúdo estomacal analisado foi proveniente do material regurgitado pelos espécimes, que pode ter ocorrido possivelmente pelo estresse causado durante o transporte dos animais até o laboratório. Para a dieta foram analisados 143 espécimes (dos 170 coletados), pois por motivos logísticos os indivíduos dos meses de julho e agosto de 2018 não puderam ser incluídos nessa análise.

A análise da dieta seguiu o método descrito por Dearborn *et al.* (1996), no qual o conteúdo estomacal é avaliado mediante o percentual de frequência de ocorrência, baseados em dados de presença e ausência. Este cálculo foi realizado da seguinte maneira: $FO\% = (Ni/Nt) \times 100$, sendo **FO** a frequência de ocorrência de um item estomacal, **Ni** o número de estômagos com o item e **Nt** o número total de estômagos que apresentaram conteúdo.

Com o objetivo de quantificar os componentes da dieta todos os itens foram contabilizados, com exceção do sedimento e do material não identificado (avançado estado de digestão). Para isso um cálculo de frequência numérica foi realizado, em que $FN\% = (Ni/Nt) \times 100$, sendo **FN** a frequência numérica de um item estomacal, **Ni** o número total de um item e **Nt** o número total de todos os itens contabilizados. Para subfilo Crustacea em especial, os itens foram identificados e separados da seguinte forma: “fragmentos de crustáceos” se refere a todos os crustáceos que se encontravam fragmentados (ex: pernas, abdômen, antena, entre outras partes do corpo), com exceção dos fragmentos de Brachyura, os demais itens pertencentes a

Crustacea que se encontravam em estado mais conservados (ou inteiro) foram identificados até o menor táxon possível. Cada fragmento foi contabilizado com um item.

A Análise Multivariada Permutacional de Variância não Paramétrica (PERMANOVA), foi utilizada para verificar se há diferença temporal na dieta de *Ophioderma appressum*, através de uma matriz de similaridade de Bray-Curtis, baseado na quantificação mensal dos itens estomacais, com 999 permutações. Como os itens sedimento e material não identificado não foram quantificados, os indivíduos (n = 11 exemplares) que só apresentaram estes conteúdos no estômago foram removidos da matriz de similaridade. Os itens alimentares foram, sempre que possível, identificados até o menor táxon possível. Para os itens com fragmentação intensa a classificação ocorreu a nível de grandes categorias taxonômicas (ex. filo ou classe). Todas as análises estatísticas foram realizadas no software de linguagem aberta R Core Team (2019), para a execução da PERMANOVA o pacote Vegan foi utilizado.

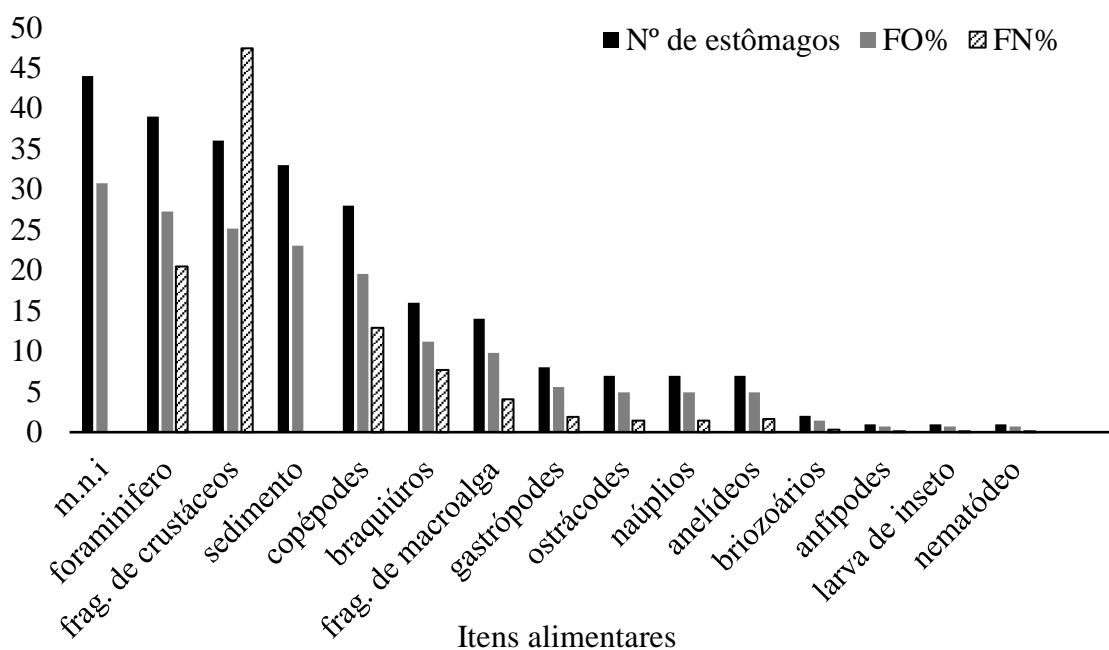
3. Resultados

3.1 Dieta

Foi analisado o conteúdo estomacal de 143 indivíduos de *O. appressum*, dos quais 53% (76 exemplares) apresentou algum tipo de item alimentar. Um total de 26 itens foram registrados compondo a dieta da população (Tabela 1), sendo 24 táxons e 2 itens (material não identificado e sedimento/cascalho), que foram classificados em 15 itens (Figura 3) para a Permanova, para o cálculo de frequência de ocorrência e para a frequência numérica. Os itens estomacais que apresentaram maior frequência de ocorrência foram: material não identificado (devido ao processo de digestão avançado), foraminíferos, fragmentos de crustáceos e partículas de sedimento, respectivamente. Analisando a frequência numérica, os itens que apresentaram maior quantidade foram: fragmentos de crustáceos, foraminíferos e copépodes (Figura 3).

Tabela 1- Lista dos itens alimentares encontrados no conteúdo estomacal de *O. appressum*.

Item alimentar	Item alimentar
Material não identificado	Annelida (não identificado)
Sedimento/cascalho	Polychaeta (Annelida)
Fragmento de macroalga	Fragmentos de crustáceos
Bryozoa	Brachyura (Crustacea)
Foraminifera	Amphipoda (Crustacea)
Miliolida (Foraminifera)	Copepoda (não identificados)
Rotaliida (Foraminifera)	Calanoida (Copepoda, Crustacea)
Spirillinida (Foraminifera)	Cyclopoida (Copepoda, Crustacea)
Textulariida (Foraminifera)	Harpacticoida (Copepoda, Crustacea)
Nematoda	Poecilostomatoida (Copepoda, Crustacea)
Gastropoda (não identificados) (Mollusca)	Nauplii (Crustacea)
Cerithidae (Gastropoda, Mollusca)	Ostracoda (Crustacea)
Rissooidea (Gastropoda, Mollusca)	Larva de inseto

Figura 3 - Relação entre os itens alimentares de *Ophioderma appressum*, número de estômagos analisados e suas frequências de ocorrências (FO%) e frequências numérica (FN%). m.n.i: material não identificado; frag: fragmentos.

Com relação à variedade de itens por estômago/indivíduo, 15 apresentaram apenas um tipo de item, 19 estômagos continham dois tipos de itens, 13 possuíam três tipos e em 29 exemplares foram encontrados mais de três tipos de itens (Tabela 2). O dd dos exemplares com conteúdo estomacal teve média de 14.9 mm, sendo 18.95 mm o dd máximo e 11.15 mm o mínimo. Examinando o número de itens alimentares entre intervalos de dd, observamos que dentro do grupo de 11 e 13 mm (n = 8) apresentaram até nove tipos de itens alimentares, ao passo que intervalos entre 13.1 mm a 15 mm (n = 28) exibiram uma variedade de 15 itens e dd >15 mm (n = 37) de dd foram identificados até 13 tipos de itens estomacais.

O número de espécimes com item(s) no conteúdo estomacal variou ao longo do ano (Figura 4), sendo os meses de maio e junho de 2019 os que apresentaram maior número de indivíduos com itens estomacais, com 13 e 12 respectivamente, seguido por setembro/2018 e janeiro/2019 (n = 18, 9 em cada mês). Já os meses que tiveram maior número de indivíduos com estômagos vazios foram abril/2019 (n = 11), outubro/2018 (n = 10).

De acordo com a PERMANOVA a composição da dieta apresentou diferença temporal significativa entre os meses do ano ($p < 0,05$) (Tabela 3). Os meses que apresentaram maior variedade na composição da dieta foram junho/19, maio/19 e setembro/18, com 11, 10 e 10 itens, respectivamente. Em relação a quantidade de itens alimentares, os períodos com maior abundância também foram maio/19, junho/19 e setembro/18.

Os itens sedimento e foraminíferos foram registrados ao longo de todo o período do estudo na grande maioria dos estômagos que continham algum tipo de item alimentar. Além disso, eles geralmente ocorriam simultaneamente (Tabela 4). Contudo, apesar de frequentes eles sempre ocorreram em baixas quantidades.

Tabela 2 - Variação, média e porcentagem de diferentes variáveis relacionadas ao tamanho dos indivíduos e a dieta de *O. appressum* ao longo do período de estudo. dd: diâmetro do disco (mm); N°: Número.

Variável	Total
Número total de indivíduos analisados	143
Variação do dd (mm)	18.95–6.56
Média do dd (mm)	14.7
N° de estômagos vazios	67
N° de estômagos com conteúdo estomacal	76
N° de estômagos com 1 tipo de item estomacal	15

Nº de estômagos com 2 tipos de itens estomacais	19
Nº de estômagos com 3 tipos de itens estomacais	13
Nº de estômagos com mais de 3 tipos de itens estomacais	29
Média de tipos de itens estomacais por indivíduo	3.14

Figura 4 - Relação entre o número total de indivíduos de *Ophioderma appressum* analisados por mês e o número de indivíduos que apresentaram conteúdo estomacal.

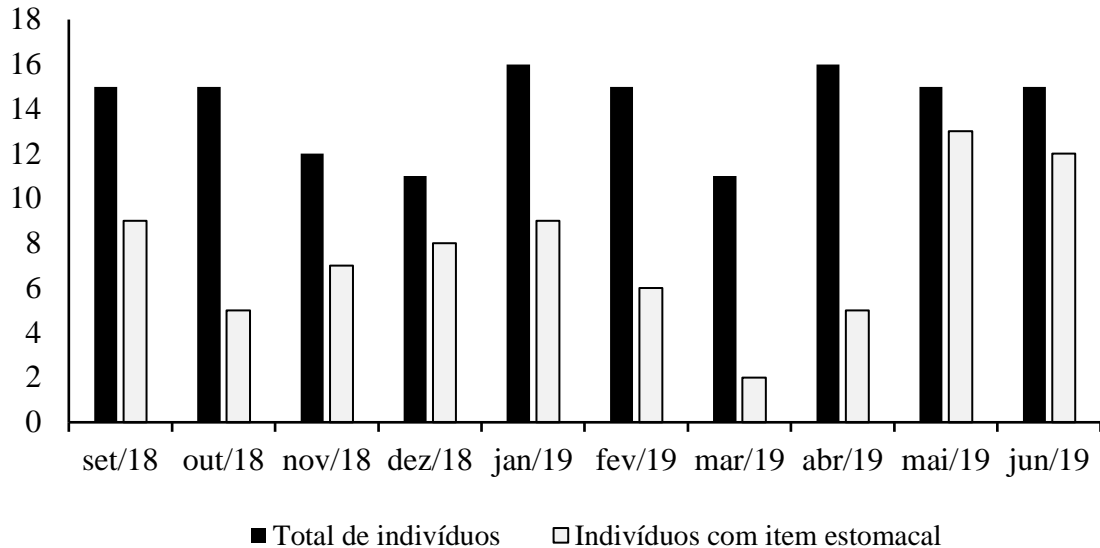


Tabela 3 - Relação entre o número de estômagos de *Ophioderma appressum* que apresentaram cada item alimentar mensalmente e o total de estômagos onde foram encontrados cada item (TS).

Itens estomacais	Período de coleta										TS
	Set/1	Out/1	Nov/1	Dez/1	Jan/1	Fev/1	Mar/1	Abr/1	Mai/1	Jun/1	
Material digerido	1	1	5	1	8	4	1	5	9	9	44
Foraminífero	9	3	2	0	5	4	1	2	9	5	40
Fragmento de crustáceo	5	2	3	3	6	2	1	4	5	5	36
Sedimento	8	4	5	0	3	4	0	3	3	3	33
Copépode	4	1	2	0	0	0	2	5	9	5	28
Braquiúro	2	1	1	2	4	0	0	1	2	3	16
Fragmento de macroalga	2	0	0	3	2	1	0	2	2	3	15
Anelídeo	0	0	0	0	1	0	0	0	3	3	7
Gastrópode	1	0	1	1	0	2	0	0	0	2	7
Ostrácode	1	1	0	0	1	0	1	2	0	1	7
naúplio	0	0	0	0	0	0	0	0	5	0	5

Anfípode	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1
Briozoário	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	2
Larva de inseto	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1
Nematódeo	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1

Tabela 4 - Relação entre o número total de estômagos de com conteúdo mensalmente e os itens associados com habito depositívoro de *O. appressum*. Simultâneo: estômagos com foraminíferos + sedimento.

Mês	Nº de estômagos c/ item alimentar	Nº de estômagos com foraminíferos	Nº de estômagos com sedimento	Nº de Simultâneo
Set/18	9	9	8	8
Out/18	5	3	4	3
Nov/18	7	2	5	1
Dez/18	8	0	0	0
Jan/19	9	5	3	2
Fev/19	6	4	4	3
Mar/19	2	1	0	0
Abr/19	5	2	3	2
Mai/19	13	9	3	2
Jun/19	12	5	3	3

3.2 Reprodução

3.2.1 Morfologia das gônadas, razão sexual e Índice Gonadal (IG)

Ophioderma appressum não apresentou dimorfismo sexual externo. Contudo, foram observadas pequenas diferenças na morfologia/formato das gônadas entre indivíduos machos e fêmeas na população de estudada. Nas fêmeas as gônadas têm formato esférico, enquanto que nos machos elas são alongadas e algumas vezes “ramificadas”. Ambos os sexos apresentam um grande número de gônadas em cada bursa (Figura 5A, B). Dentre os espécimes coletados (n = 170), foi possível a identificação do sexo com base na coloração das gônadas de 158 indivíduos, sendo 85 fêmeas e 73 machos. Os demais exemplares (n = 12) não puderam ser visualmente identificados, pois não apresentavam gônadas bem desenvolvidas. Posteriormente, através da análise histológica das gônadas foi possível identificar o sexo destes exemplares. Caracteristicamente as fêmeas de *O. appressum* apresentaram gônadas com coloração laranja avermelhado e em machos elas eram esbranquiçadas (Figura 5). Todos os exemplares

examinados apresentaram sexos separados, confirmando assim que se trata de uma espécie gonocórica.

A razão sexual encontrada na população de *O. appressum* no recife do Seixas não diferiu da proporção 1:1 ($\chi^2 = 0.77$; $p > 0,05$). Contudo, quando a razão sexual foi analisada de forma separada, mês a mês, ela diferiu da proporção 1:1 ($p < 0,05$), pois em alguns meses a diferença entre o número de machos e fêmeas foi alta (Tabela 4).

Figura 5 - Espécimes de *Ophioderma appressum* parcialmente dissecados evidenciando a diferença de coloração das gônadas (seta) entre indivíduos machos e fêmeas. **(A)** Gônadas com coloração alaranjada observada nas fêmeas; **(B)** Gônadas com coloração esbranquiçada observado nos machos; **(C)** Indivíduos com gônadas pouco desenvolvidas. fd: Fenda bursal.

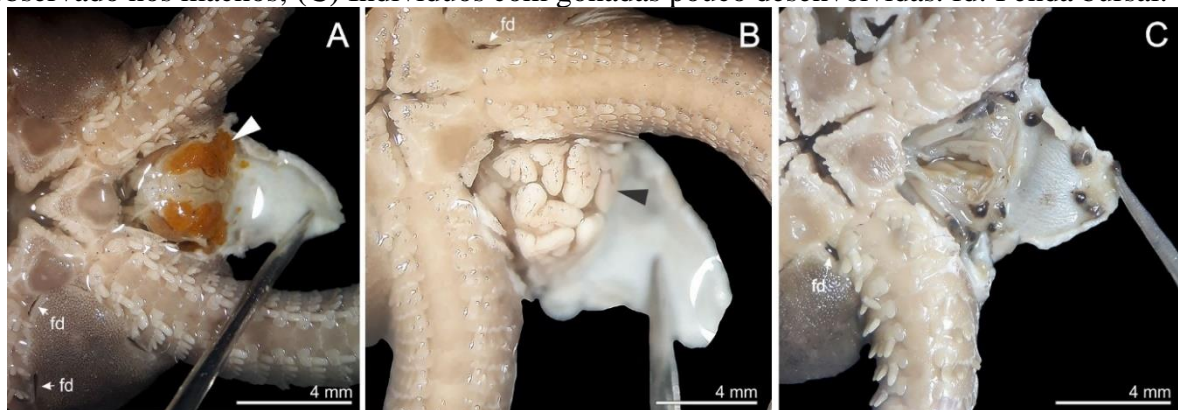


Tabela 5 - Variáveis aferidas mensalmente do Recife do Seixas. dd: diâmetro do disco; IG: índice gonadal; N°: número; T: temperatura.

Variáveis	2018						2019					
	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun
T média (°C)	27.5	26	27	27	28	28	28	30	29	30	29.6	28.6
Salinidade	34	37	36	36	35	36	35	33	33	34	38	35
Maré (m)	0.0	0.3	0.3	0.2	0.3	0.2	0.1	0.0	0.1	0.0	0.1	0.3
Horário da maré	10:30	11:58	11:28	11:02	9:23	9:49	11:09	11:36	11:56	10:56	9:56	11:00
N° de fêmeas	2	9	9	12	10	8	6	7	5	7	6	4
N° de machos	12	2	4	3	1	5	10	8	6	8	9	5
IG	1.68	2.93	5.43	6.77	3.96	8.26	10.69	4.3	5.55	4.31	2.33	1.35
dd máximo	16.85	18.03	18.5	17	16.46	18.95	18.09	17.2	15.97	17.78	16.3	18.05
dd médio	13.9	15.89	15.65	15.19	14.61	15.64	14.07	14.62	13.44	14.69	14.52	14.96
dd mínimo	11.8	14.1	13.26	13.27	12.66	13.1	6.56	13.44	8.63	11.21	11.15	11.82

Os valores do IG diferiram significativamente ao longo dos meses ($p < 0,05$) (Figura 6). Os maiores valores foram registrados em janeiro de 2019 (IG = 10,69) e em dezembro de 2018 (IG = 8,26). O IG de machos e fêmeas foram correlacionados positivamente ($r = 0,76$, $p < 0,05$),

apresentando médias de $4,82 \pm 3,19$ para fêmeas e $5,92 \pm 4,61$ para machos. A média de peso dos machos foi de $2,8 \pm 0,93$ g e das fêmeas de $3,6 \pm 0,82$ g, sendo significativa a diferença entre eles ($t = 2,62$; $p < 0,05$). O dd também apresentou diferença significativa entre os sexos ($w = 3563.5$; $p < 0,05$), com média de $15,2 \pm 1,46$ mm para fêmeas e $14,3 \pm 2,06$ para machos. Quando realizada uma regressão linear entre o diâmetro do disco de todos os indivíduos e o IG, verificou-se que não houve relação entre eles ($p > 0,05$) (Figura 7). Ou seja, indivíduos com dd maiores não necessariamente serão os indivíduos que terão os maiores IG. Não houve relação entre IG, salinidade e temperatura ($p > 0,05$) no período estudado.

Figura 6 - Média mensal do Índice Gonadal (IG) para machos e fêmeas da população de *O. appressum* do recife do Seixas, João Pessoa. Barras verticais correspondem ao erro padrão dos valores de cada mês.

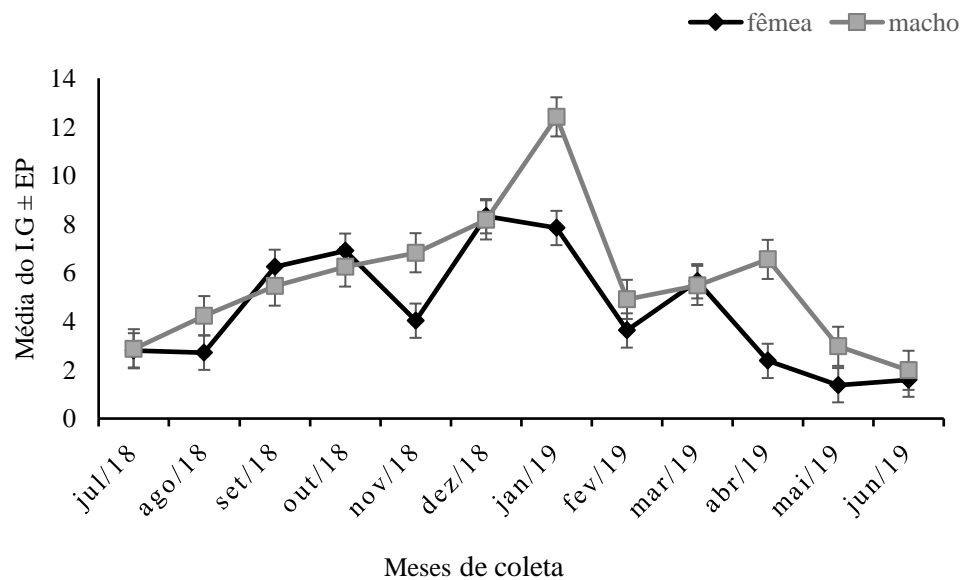
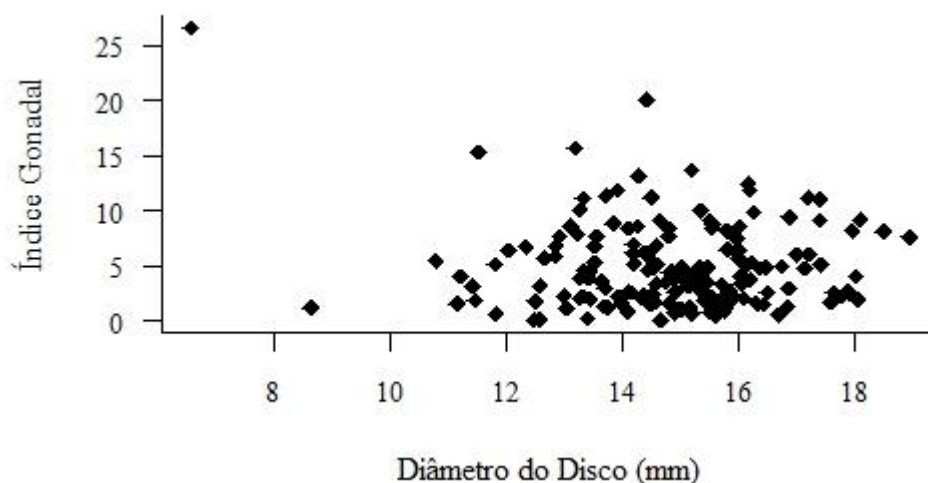


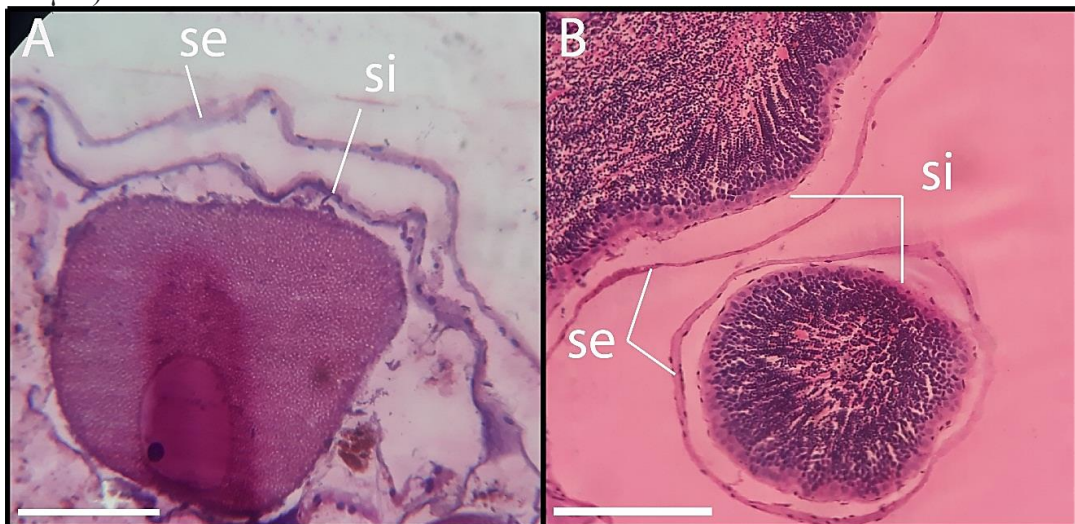
Figura 7 - Relação entre o diâmetro do disco e o Índice Gonadal (IG) de *Ophioderma appressum*.



3.2.2 Histologia

Foram confeccionadas e analisadas lâminas para 65 indivíduos fêmeas e 55 machos. Um total de 2.155 oócitos foram medidos. Morfologicamente a parede das gônadas de *O. appressum* é constituída por duas camadas de tecido, sendo um saco externo e um saco interno, os quais estão separados por um celoma genital (Figura 8). Ainda é importante destacar que não foi observado a formação de gonodutos em ambos os sexos.

Figura 8 - Cortes histológicos dos ovários e testículos de *Ophioderma appressum* em microscopia óptica comum. (A) ovário, (B) testículo. **se**: saco externo, **si**: saco interno. (Escala: A = 100 μ m, B = 150 μ m).



Histologia dos ovários

A partir das medidas oocitárias foram reconhecidas quatro categorias de maturação de acordo com Selvakumaraswamy & Byrne (1995) e Borges et al. (2009). Sendo estas categorias: oócitos pré-vitelogênicos, com diâmetro de até 75 μ m (média = 52.79 μ m); oócitos em vitelogênese inicial, com diâmetro entre 76 e 150 μ m (média = 103.15 μ m); oócitos pré-maduros, com diâmetro entre 151 e 300 μ m (média = 232.35 μ m) e oócitos maduros, com diâmetro maior que 300 μ m (média = 334.60 μ m).

O desenvolvimento gonadal foi registrado através de 5 estágios de maturação baseado na frequência do diâmetro oocitário e na presença de fagócitos (Selvakumaraswamy & Byrne 1995, Borges et al. 2009). Estes estágios são descritos a baixo.

- I. **Recuperação:** predomínio de oócitos pré-vitelogênicos, podendo ocorrer alguns em vitelogênese inicial; o lúmen geralmente está preenchido por fagócitos ou vazio,

ocasionalmente com poucos oócitos maduros que não foram liberados. Estes podem ser mantidos para desova fora do período reprodutivo ou serem reabsorvidos (Figura 9A).

- II. **Crescimento:** predomínio de oócitos em vitelogênese inicial e pré-maduros, podendo também ser encontrados oócitos pré-vitelogênicos e maduros (Figura 9B).
- III. **Maduro:** grande parte dos oócitos encontrados são maduros, entretanto, outras categorias também podem ocorrer em menor frequência.
- IV. **Parcialmente desovado:** os oócitos maduros estão dispostos de forma espaçada devido a liberação. Ainda podem ser observados oócitos em vitelogênese inicial e pré-maduros (Figura 9C).
- V. **Vazio:** os ovários têm aparência encolhida, com pouquíssimos oócitos pré-vitelogênicos e em vitelogênese inicial. O lúmen geralmente está vazio (Figura 9D).

Histologia dos testículos

Através das análises das lâminas histológicas, foi possível discernir cinco estágios de maturação gonadal. São eles:

- I. **Recuperação:** neste estágio os testículos são pequenos, com espermatogônias na periferia, podendo ser encontrado espermatozoides não liberados no lúmen e/ou fagócitos. Diversas gônadas apresentaram estágios de desenvolvimento mais avançado, contudo apresentavam também fagócitos, logo, estes foram classificados neste estágio (Figura 10A).
- II. **Crescimento:** apresentam espermatogônias aderidas ao epitélio germinativo e colunas de espermatócitos com espermatozoides se acumulando no lúmen (Figura 10B).
- III. **Maduro:** densa quantidade de espermatozoides ocupando quase todo o testículo. Possuem ainda espermatogônias e espermatócitos, porém em pequena quantidade (Figura 10C).
- IV. **Parcialmente desovado:** estágio similar ao maduro, entretanto, com espaços vazios no lúmen indicando liberação dos gametas (Figura 10D).
- V. **Vazio:** o lúmen encontra-se vazio ou preenchido por fagócitos, geralmente só apresentam espermatogônias aderidas ao epitélio germinativo (Figura 10E).

Figura 9 - Imagens histológicas da oôgenese de *O. appressum*. **(A)** crescimento, **(B)** parcialmente liberado, **(C)** oócito pré-maduro, **(D)** vazio, **(E)** recuperação. **fa:** fagócitos, **n:** núcleo, **pm:** oócito pré-maduro, **pv:** oócito pré vitelogênico e **vi:** oócito em vitelogênese inicial (Escala: A, B, D = 300µm, C, E = 200 µm)

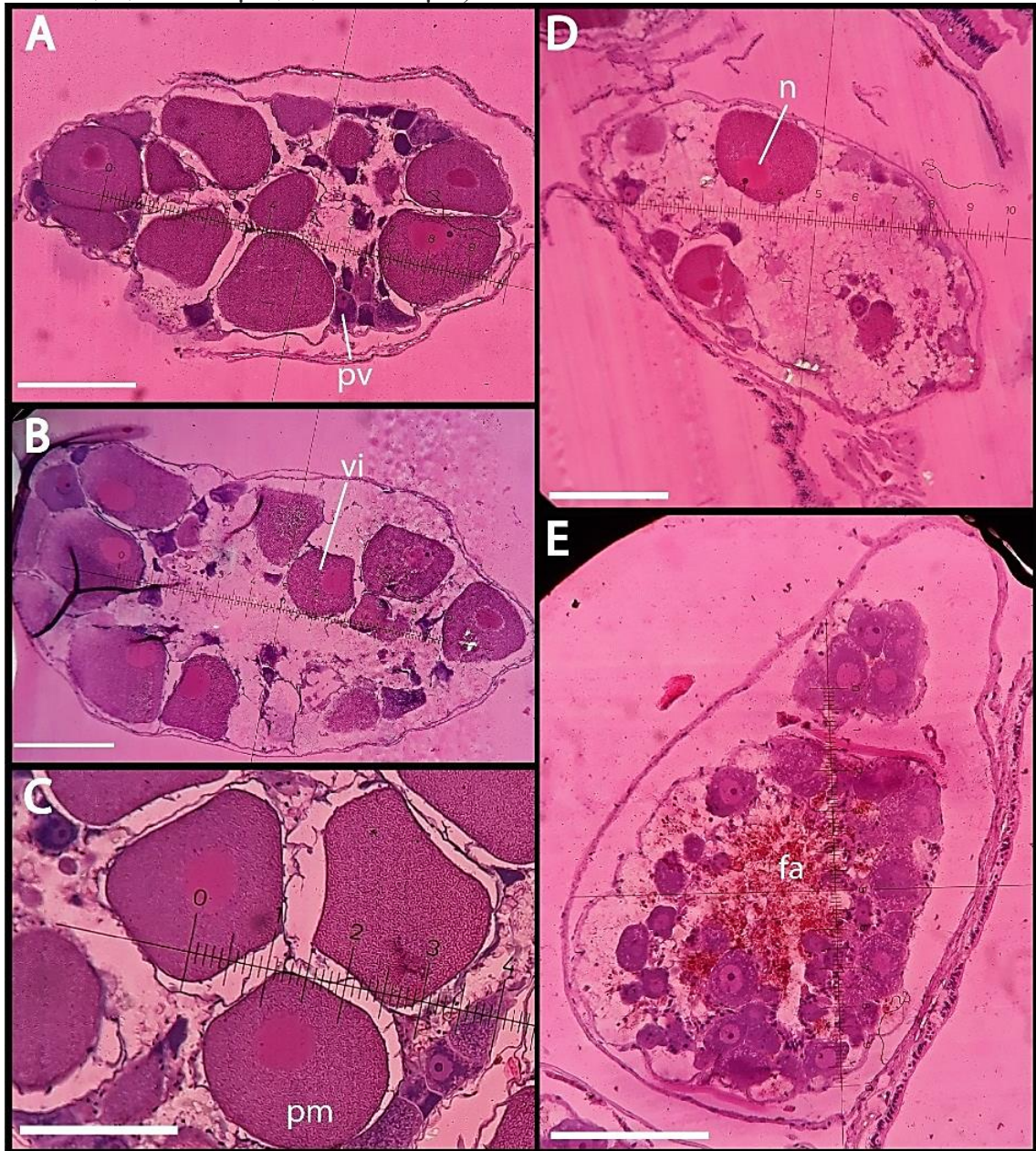
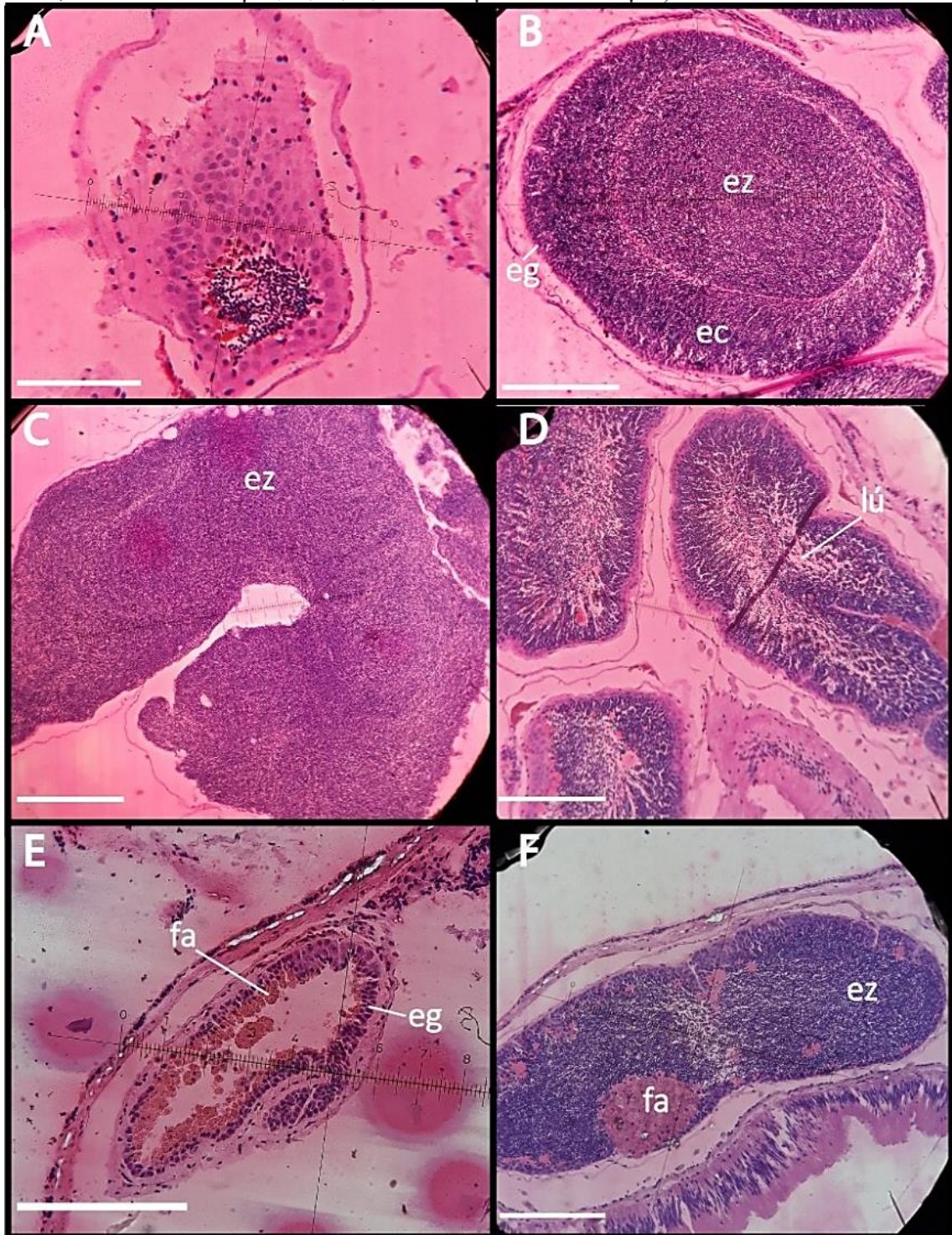


Figura 10 - Imagens histológicas da espermatogênese de *O. appressum*. (A) recuperação, (B) crescimento, (C) maduro, (D) parcialmente liberado, (E) vazio, (F) gônada em processo de reabsorção. **eg**: espermatogônia, **ec**: espermatócitos, **ez**: espermatozoides, **fa**: fagócitos e **lú**: lúmen. (Escala: A = 100 μ m, B, D, E, F = 200 μ m e C = 300 μ m).

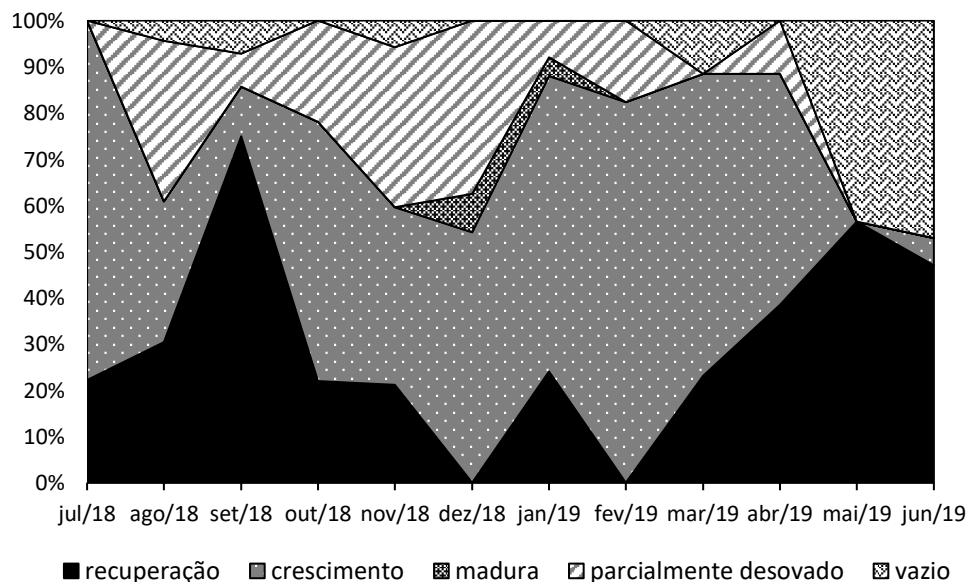


3.2.3 Ciclos reprodutivos

Ciclo Oogênico

Setembro (início da primavera) foi o mês que apresentou a maior porcentagem de gônadas em recuperação (75%), posteriormente essa porcentagem diminuiu voltando a crescer em maio (56%) (final do outono) (Figura 11). Na maior parte do ano houve presença de gônadas em crescimento, com maior ocorrência em fevereiro (verão), período no qual 82% dos ovários se encontravam nesse estágio. A fase com menor frequência foi o estágio maduro (consiste no predomínio de oócitos maduro dentro da gônada), ocorrendo apenas em dezembro (com 8% de ocorrência) e janeiro (com 4%) (verão) (Figura 11). Durante todo o ano observou-se o estágio parcialmente desovado, porém com maior ocorrência em dezembro (37%). A categoria “vazio” ocorreu com maior frequência em maio (43%) e junho (47%). Durante este período observou-se também as menores gônadas (menos desenvolvidas). Embora, as mesmas não tenham sido mensuradas, elas eram visivelmente menores do que nos demais meses analisados, além de não apresentarem coloração típica de gônadas desenvolvidas (alaranjada para fêmeas e esbranquiçada nos machos). De abril a junho (outono-inverno) e de agosto a novembro (inverno-primavera), foi possível observar fagócitos no lúmen das gônadas, possivelmente indicando um processo de reabsorção (Figura 11). É importante ressaltar que durante todo o ano houveram gônadas em crescimento e oócitos em estágio vitelogênico tardio, indicando que a espécie apresenta uma desova anual longa.

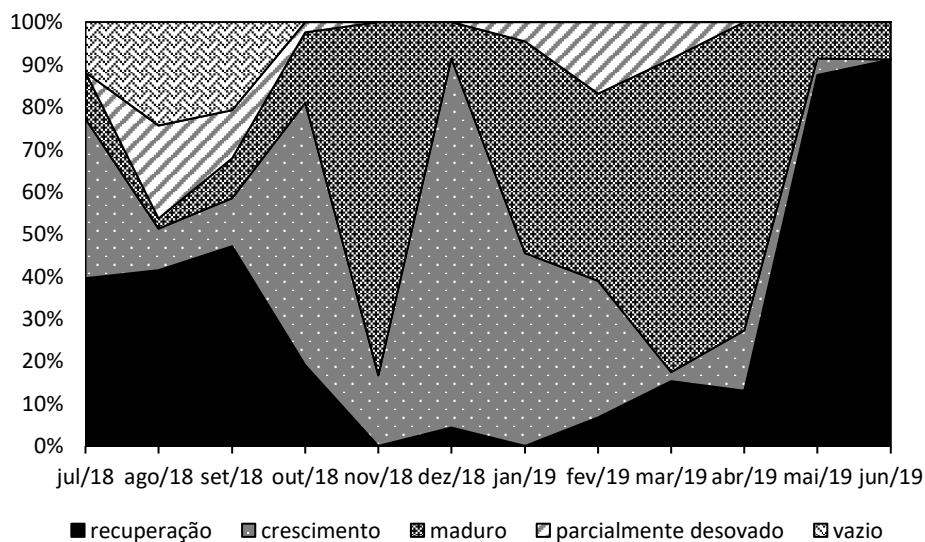
Figura 11 - Ciclo gametogênico das fêmeas de *Ophioderma appressum* entre julho de 2018 a junho de 2019 no Recife do Seixas, João Pessoa, Brasil.



Ciclo Espermatogênico

Durante todo o período do estudo foi possível observar gônadas em estágio de maturação avançado, com aumento considerável entre novembro/2018 a abril/2019, com exceção de dezembro, no qual houve um declínio na frequência de gônadas maduras, mas uma alta ocorrência de estágios em crescimento (87%) (Figura 12). Gônadas parcialmente liberadas só ocorreram entre agosto a outubro/2018 e de janeiro a março/2019 (verão), porém em baixas porcentagens, sendo sua maior frequência em agosto com 21% (inverno) (Figura 12). Gônadas vazias só ocorreram durante os meses de julho, agosto e setembro/2018 (inverno-primavera). Testículos em estágios em crescimento foram observados durante todos os meses do estudo, exceto em junho, que corresponde ao mês com maior número de gônadas em estágio de recuperação ($n = 124$; 91%) (Figura 12). É importante ressaltar que nos meses de julho, agosto e setembro ocorreram diversas gônadas que apesar de estarem em estágios similares as fases crescimento e maduro, foram categorizadas em fase de recuperação devido à presença de fagócitos, possivelmente indicando uma transição recente entre os estágios. Em algumas ocasiões estes fagócitos foram observados em grandes quantidades, indicando possivelmente, que estas gônadas apesar de apresentarem espermatozoides maduros, estavam em processo de reabsorção (Figura 10F).

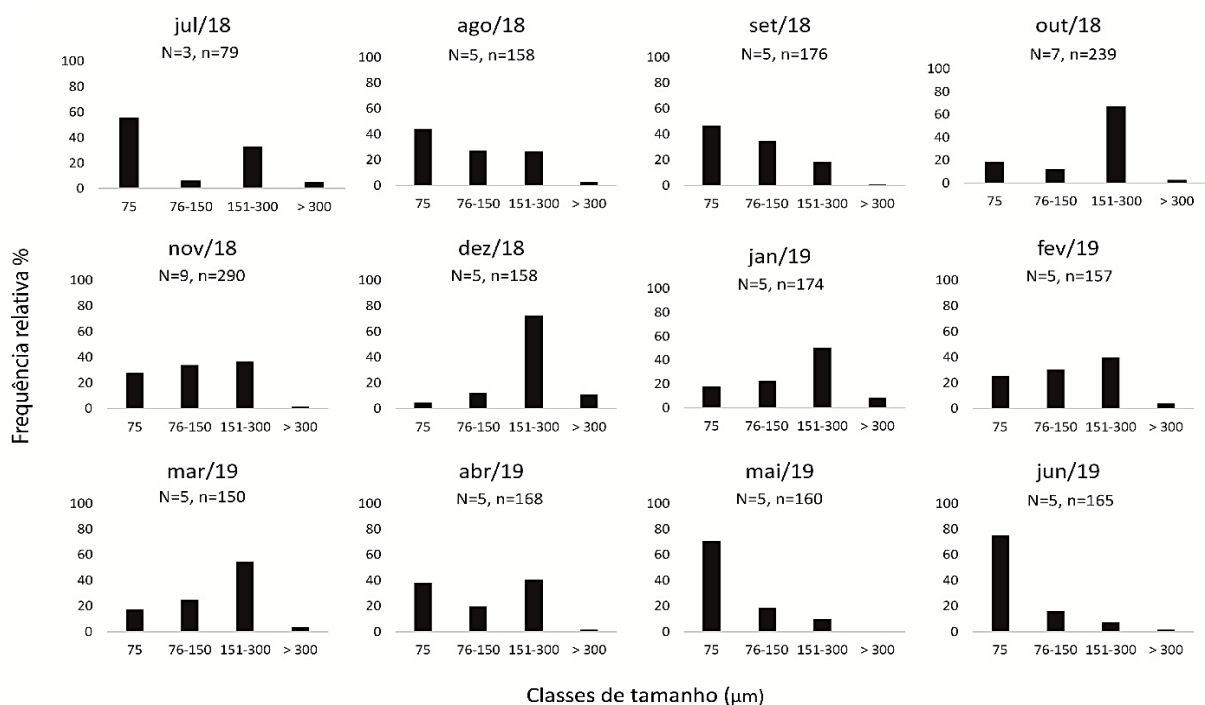
Figura 12 - Ciclo gametogênico dos machos de *Ophioderma appressum* entre julho de 2018 a junho de 2019 no Recife do Seixas, João Pessoa, Brasil.



Taxa de frequência oocitária

Foram medidos 2.155 oócitos, destes apenas 3% estavam em estágio de vitelogênese avançada. Apesar da baixa frequência de gônadas maduras, é possível observar, através das taxas oocitárias, que oócitos maduros ocorreram durante todo o ano, embora, sempre em baixa quantidade, ocorrendo um leve aumento entre dezembro (10.7%) e janeiro (8.6%). A análise evidenciou ainda uma ampla variação entre as classes de tamanho dos oócitos dominantes ao longo dos meses de estudo (Figura 13). Oócitos pré-vitelogênicos ($< 75 \mu\text{m}$) foram mais comuns em maio (70%) e junho (75%), seguido por julho, agosto e setembro, e decrescendo substancialmente em dezembro (4%) e janeiro (8%) (Figura 13). Estes últimos meses tiveram as maiores porcentagens de oócitos pré-maduros (151-300 μm), que continuou até abril. Estes dados concordam com os resultados da maturidade gonadal, no qual os estágios em recuperação e desovado (vazio) foram predominantes nos meses de junho a setembro (Figura 13). Já em dezembro e janeiro o estágio de maior ocorrência foi em crescimento (Figura 13). Oócitos com vitelogênese inicial mantiveram-se com baixa frequência de ocorrência durante todos os meses, variando de 6% a 34%.

Figura 13 - Histograma da distribuição de frequências relativas para cada classe de tamanho dos oócitos. N: número de fêmeas, n: número de oócitos.



4. Discussão

A população de *Ophioderma appressum* estudada apresentou uma dieta bastante variada, principalmente composta por material não identificado, foraminíferos, fragmentos de crustáceos, partículas de sedimento e copépodes. Estes itens alimentares também foram registrados por Hendler (1982) compondo a dieta de *Ophioderma brevispinum*. Ventura et al. (2007) ainda citaram briozoários, conchas de gastrópodes e espinhos de ouriços como componentes da dieta de *O. appressum*. Segundo Hendler et al. (1995), *O. appressum* é um necrófago com hábito noturno, que se alimenta de fezes de peixes e de material encontrado no hábitat da espécie. Reimer & Reimer (1975) observaram em campo espécies do gênero saindo de seus abrigos para se alimentar de fragmentos de crustáceos e víscera de ouriços e Queiroz (2016) observou, em condições laboratoriais, indivíduos *O. appressum* se alimentando de um espécime debilitado de *Echinometra lucunter*. Nossos resultados sugerem que *O. appressum* é onívoro com hábito oportunista.

Ofiodermatídeos são principalmente carnívoros ativos, porém algumas espécies micrófagas comedoras de depósito também são conhecidas (Hendler 1982, Warner 1982, Byrne & O'Hara 2017). Diante da diversidade de itens alimentares registrada na população do RS, podemos inferir que *O. appressum* é primariamente um predador macrófago ativo. Pois, espécies que apresentam comportamento macrófago são consideradas predadores ativos (Lawrence 1987). Além disso, Reimer & Reimer (1975) corroboraram este comportamento em *O. appressum* ao estudar o controle químico na alimentação de quatro espécies do gênero. A presença de foraminíferos e partículas de sedimento sugere ainda que a espécie pode utilizar a alimentação por depósito como um método alimentar secundário.

Nossos resultados confirmaram o hábito noturno da espécie. Pois, grande parte do conteúdo estomacal já se encontrava em avançado estado de digestão, sugerindo que aqueles alimentos foram consumidos a noite (ver tabela 5). Hendler (1982) observou que fragmentos de poliquetas oferecidos a espécie congênera *O. brevispinum* só foram completamente digeridos após 10 h de sua ingestão (taxa de digestão de ~1mg/hr). Além disso, as espécies de *Ophioderma* parecem utilizar o aparato mandibular e os dentes apenas para agarrar os alimentos entre as mandíbulas fechadas e reter os itens nas cavidades bucais (Hendler 2018).

O papel nutricional do sedimento na dieta dos ofiuroides é desconhecido, mas ele é frequentemente encontrado nos estômagos de diversas espécies do grupo, seja por consumo ativo ou por ingestão acidental. Dearborn et al. (1996) e Yokoyama et al. (2008) registraram

altas taxas de frequência de ocorrências de partículas de sedimento na dieta de *Ophiosparte gigas* e *Ophionereis reticulata*, respectivamente. Entretanto, para a população estudada, este item ocorreu apenas em 23% dos indivíduos analisados. Apesar de não ter sido quantificado, quando presente, as partículas de sedimento ocorriam em pequenas quantidades podendo estar relacionado com a ingestão de foraminíferos. Hendler (1982) também registrou uma baixa porcentagem de indivíduos de *Ophioderma brevispinum* com sedimento em seus estômagos, associando sua presença ao consumo de hidróides, algas e esponjas. Logo, é provável que a presença do sedimento na dieta de alguns ofiuroides seja consequência da manipulação do alimento (Fratt & Dearborn 1984).

A variação temporal significativa na composição da dieta da população de *Ophioderma appressum*, sugere que a espécie se alimenta do que está disponível no ambiente. A mudança na alimentação pode ocorrer também entre diferentes localidades para diferentes espécies de ofiuroides. Dearborn et al. (1996), ao estudar *O. gigas*, registraram diferenças nas porcentagens e volumes de itens alimentares de acordo com a localidade em que a espécie ocorria. Segundo estes autores, isto configura um hábito oportunista. Esta plasticidade alimentar também está presente em outras espécies, tais como *Ophiura ophiura* e *Ophionotus victoriae* (Feder 1981, Fratt & Dearborn 1984).

O número de indivíduos com item (s) no conteúdo estomacal variou ao longo do ano, sendo maio e junho (outono e inverno) os meses com maior número de espécimes com itens estomacais, seguido por setembro e janeiro (primavera-verão). Estes resultados diferem de Hendler (1982) para *O. brevispinum*, no qual as maiores porcentagens de indivíduos alimentados ocorreram nos meses correspondentes a primavera e verão, devido ao aumento da temperatura. Segundo o autor, nos meses de baixa temperatura a espécie permaneceu letárgica, não respondendo a presença de alimento. Todavia, nossos resultados se assemelham aos de Yokoyama & Amaral (2008) para *O. reticulata* no litoral de São Paulo, que registraram a maior quantidade e diversidade de itens durante o inverno.

O período em que ocorreu a maior quantidade de estômagos com algum tipo de alimento, correspondeu a época de menores índices gonadais. Contudo não houve relação significativa entre a porcentagem de indivíduos alimentados e os valores dos índices gonadais ($r = -0.32$, $p > 0,05$). O mesmo foi observado por Hendler (1982) e Feder (1981) para *O. brevispinum* e *O. ophiura*, respectivamente, onde não houve diminuição da alimentação destas espécies na época de desova. Por sua vez, o oposto foi registrado para *O. reticulata* e *Ophiocten gracilis*, nestas espécies o número de indivíduos com conteúdo estomacal diminuiu na época

de desova (Pearson & Gage 1984, Yokoyama et al. 2008). Hendler (1982) observou que a temperatura alterou o comportamento alimentar de *O. brevispinum* no Mar do Caribe. Contudo, nenhuma variação no comportamento alimentar de *O. appressum* relacionada a temperatura da água foi registrada durante este estudo, provavelmente porque a temperatura variou pouco ao longo do ano.

Apesar de muitas espécies de ofiuroides diferirem significativamente nas proporções entre machos e fêmeas (Hendler 1991), a população estudada não diferiu da razão esperada entre os sexos. A razão sexual de 1:1 é comum em espécies que possuem sexos separados, sendo considerada normal e desvios desta igualdade ocorrem por motivos específicos (Ricklefs 2010), tais como: hermafroditismo, recrutamento diferencial (Hendler 1991).

Na população de *O. appressum* estudada foram observados apenas indivíduos dioicos sem dimorfismo sexual externo aparente. Mas, nossos resultados sugerem que as fêmeas tendem a ser levemente maiores e mais pesadas do que os machos. Além disso, o formato das gônadas diferiu entre os sexos. Este dimorfismo sexual relacionado ao formato das gônadas também é conhecido para outras espécies de ofiúros (ex. *Ophiocreas oedipus*, *Amphioplus albidus*, *Ophiocoma nigra*, *Bathypectinura heros*) (Lyman 1881, Hendler 1991). Casos de hermafroditismo, embora raros, já foram registrados em espécies congêneres. Por exemplo, Borges et al. (2009) registraram um indivíduo de *O. januarii* hermafrodita no litoral de São Paulo e Hendler & Tyler (1986) encontraram um único hermafrodita dentre 100 indivíduos examinados de *O. brevispinum*. Na população estudada nenhum caso de hermafroditismo foi registrado.

Em ofiuroides a coloração das gônadas é um aspecto útil e amplamente utilizado para a distinção entre indivíduos machos e fêmeas. Pois, os oócitos e os espermatozoides destes organismos são diferentemente pigmentados o que confere o contraste de cores entre ovários e testículos. A coloração dos ovários varia entre as espécies, enquanto que os testículos são sempre brancos, com poucas exceções (Hendler 1991). A coloração das gônadas das fêmeas da população do RS (vermelho alaranjado) diferiu da coloração registrada para a espécie (verde acastanhado) (ver Hendler 1991). Outros casos de variação intraespecífica na coloração dos ovários são conhecidos para as espécies *O. brevispinum* e *O. longicaudum*, nas quais a coloração dos ovários varia de verde-azeitona a amarelo alaranjado e de verde a vermelho, respectivamente (Grave 1900, Hendler & Tyler 1986, Hendler 1991).

Os mecanismos com os quais as gônadas liberam seus gametas no interior da bursa ainda permanece desconhecido para a maioria das espécies (Hyman 1955, Bröoger 2010).

Presumivelmente, quando maduras, cada gônada descarga seus gametas por ruptura ou pela formação de um gonoduto temporário na bursa ao qual ela está ligada (Hyman 1955). Nós não observamos a formação de gonodutos em *O. appressum*. Por sua vez, Borges et al. (2009) observaram a formação desta estrutura em *O. januarii*. Ressaltamos que gonodutos podem ou não estar presentes em fêmeas e machos ou em apenas um dos sexos de uma mesma espécie (Hendler 1991).

A partir dos dados do IG foi possível observar que a espécie apresenta um ápice na atividade gonadal entre dezembro e janeiro (verão). Contudo, os dados histológicos evidenciaram que a espécie apresenta oócitos e testículos maduros durante a maior parte do ano. Estes dados conflitantes entre o IG e o IM podem ter ocorrido porque o índice gonadal não oferece uma estimativa confiável, visto que os indivíduos podem apresentar crescimento alométrico (Ouréns et al. 2012). Além disso, o valor do IG pode estar relacionado com a disponibilidade de alimento (Morgan & Jangoux 2002) e por vezes, suas variações podem estar associadas a quantidade de gametas nas gônadas e não ao estágio de desenvolvimento dos mesmos (Brogger et al. 2013). Tudo isso provavelmente explica a divergência observada entre o IG e o IM. Todavia, em algumas populações estes índices apresentam um mesmo padrão (Hendler & Tyler 1986), por isto é aconselhável a utilização de ambos.

Com base no índice de maturidade (IM) foi possível inferir que *O. appressum* apresenta um ciclo reprodutivo anual longo, com pequenos picos de desova e um curto intervalo de recuperação. Embora não tenha sido possível descrever os estágios a nível individual, pois fêmeas e machos apresentaram oócitos e testículos em diversos estágios de maturidade durante a maior parte do tempo, nos meses de maio e junho todos os indivíduos de ambos os sexos apresentavam gônadas em estágios de recuperação ou vazio (época pós-desova), sendo perceptível uma sincronia entre os sexos durante a fase de repouso. Segundo Hendler (1991), o estágio de recuperação corresponde a um período de armazenamento de gametas e intermédio entre as fases de desova e crescimento. Em ambos os sexos é ainda notório o aumento da gametogênese em outubro, atingindo o ápice em dezembro nos machos e em fevereiro nas fêmeas.

É importante destacar ainda que a população investigada apresentou uma pequena variação no período de liberação dos gametas (desova) em relação aos meses de estudo. Nos machos foi possível observar gônadas parcialmente desovadas de agosto a outubro de 2018 e de janeiro a março de 2019. Entretanto, nas fêmeas o estágio parcialmente desovado ocorreu de agosto/18 a fevereiro/19 e em abril/19. Evidenciando que as fêmeas têm um maior período de

liberação das gônadas. De acordo com Hendler (1991), parece haver uma tendência nas espécies de latitudes menores em apresentarem um maior período de desova, como consequência de uma possível assincronia na desova das populações. Ressaltamos ainda que, o padrão do ciclo reprodutivo, os períodos de picos e a duração da desova da população de *O. appressum* estudada diferiu do registrado para o Panamá, onde a população tem desova anual curta entre setembro e novembro (Hendler et al. 1995). Todavia, é similar ao da população de *O. cinereum* da mesma região (Panamá), que apresenta reprodução contínua, com ápice de desova de outubro a maio (Hendler et al. 1995).

O padrão de desova anual longa foi ainda observado por Borges et al. (2009) para *Ophioderma januarii*, no sudeste do Brasil. Estes autores concluíram que apesar da espécie apresentar gônadas madura durante todo o ano, a atividade gametogênica é maior quando há um aumento da temperatura. Nossos dados corroboram a previsão de Brogger et al. (2013) de que espécies com distribuição mais ao norte do Brasil teriam desova mais longa devido à ausência de sazonalidade local na temperatura. Espécies congêneres de regiões com altas variações na temperatura, no entanto, se reproduzem nos meses mais quentes do ano e com curtos períodos de desova, como por exemplo *O. brevispinum*, *O. rubicunda*, *O. squamosissima* (Hendler & Tyler 1986, Hagman & Vize 2003).

Diversos estudos têm relatado que as estações reprodutivas dos ofiuroides podem ser influenciadas pela temperatura da água do mar. Contudo, as evidências que sustentam esta relação permanecem um tanto ambíguas (Mercier & Hamel 2009). Tanto a temperatura quanto a salinidade parecem não ter exercido influência sobre o ciclo reprodutivo da população estudada, possivelmente devido as condições isotérmicas dos recifes tropicais e a pouca variação da salinidade ao longo do ano. Outras variáveis como duração do dia, ciclos lunares, e fatores endógenos, podem ser responsáveis por estimular a desova das espécies (Hendler & Tyler 1986, Hendler 1991). Por sua vez, Tyler (1977) acreditava que a disponibilidade de alimentos era um fator importante no controle do ciclo gametogênico dos ofiuroides. Esta hipótese vem desde então ganhando força (Mercier & Hamel 2009). Contudo, nossos resultados demonstraram que *O. appressum* se alimenta com frequência ao longo de todo o ano, não havendo pausas ou alterações na sua alimentação durante o período de desova.

5 - Referências

- Byrne M, O'Hara TD (2017) Australian Echinoderms: Biology, Ecology and Evolution. CSIRO Publishing, Austrália. 630 pp.
- Babcock R, Mundy C, Keesing J, Oliver J (1992) Predictable and unpredictable spawning events: in situ behavioural data from free-spawning coral reef invertebrates. *Invertebrate Reproduction & Development* 22(1–3): 213–227. <https://doi.org/10.1080/07924259.1992.9672274>
- Barboza CAM, Borges M (2012) A checklist of the extant species of Ophiuroids (Echinodermata: Ophiuroidea) from Brazilian waters. *Zootaxa* 3447: 1–21.
- Benítez-Villalobos F, Aguilar-Duarte C, Avila-Poveda OH (2012) Reproductive biology of *Ophiocoma aethiops* and *O. alexandri* (Echinodermata: Ophiuroidea) from Estacahuite Bay, Oaxaca, Mexico. *Aquatic Biology* 17: 119–128. <https://doi.org/10.3354/ab00467>
- Borges M, Yokayama LQ, Amaral ACZ (2009) Gametogenic cycle of *Ophioderma januarii*, a common Ophiodermatidae (Echinodermata: Ophiuroidea) in Southeastern Brazil. *Zoologia* 26: 118–126. <http://dx.doi.org/10.1590/S1984-46702009000100018>
- Bowmer T (1982) Reproduction in *Amphiura filiformis* (Echinodermata: Ophiuroidea): Seasonality in Gonad Development. *Marine Biology* 69: 281–290. <https://doi.org/10.1007/BF00397493>
- Brogger MI (2010) Crecimiento, reproducción y alimentación del ofiuroido *Ophioplocus januarii* (Lütken, 1856) (Echinodermata: Ophiuroidea) en Costas de Patagonia, Argentina. Tese (Doutorado em Ciências Biológicas) – Universidade de Buenos Aires, Buenos Aires.
- Brogger MI, Martinez MI, Zabala S, Penchaszadeh PE (2013) Reproduction of *Ophioplocus januarii* (Echinodermata: Ophiuroidea): a continuous breeder in northern Patagonia, Argentina. *Aquatic Biology* 19: 275–286. <https://doi.org/10.3354/ab00537>
- Byrne M (1991) Reproduction, development and population biology of the Caribbean ophiuroid *Ophionereis olivacea*, a protandric hermaphrodite that broods its young. *Marine Biology* 111: 387–399. <https://doi.org/10.1007/BF01319411>
- Byrne M, Cisternas P, O'Hara T (2008) Brooding of pelagic-type larvae in *Ophiopeza spinosa*: reproduction and development in a tropical ophiodermatid brittlestar. *Invertebrate Biology* 127: 98–107. DOI: 10.1111/j.1744-7410.2007.00110.x

- Dearborn JH, Hendler G, Edwards KC (1996) The diet of *Ophiosparte gigas* (Echinodermata: Ophiuroidea) along the Antarctic Peninsula, with comments on its taxonomic status. *Polar Biology* 16(5): 309–320. <https://doi.org/10.1007/s003000050058>
- Dias TLP, Gondim AI (2016) Bleaching in scleractinians, hydrocorals, and octocorals during thermal stress in a northeastern Brazilian reef. *Marine Biodiversity* 46: 303–307. <https://doi.org/10.1007/s12526-015-0342-8>
- Falkner I, Byrne M (2003) Reproduction of *Ophiactis resiliens* (Echinodermata: Ophiuroidea) in New South Wales with observations on recruitment. *Marine Biology* 143: 459–466
- Feder HM (1981) Aspects of the feeding biology of the brittle star *Ophiura texturata*. *Ophelia* 20: 215–235. <https://doi.org/10.1007/s00227-003-1066-z>
- Fell HB (1960) Synoptic Keys to the Genera of Ophiuroidea Zoology Publications, Victoria University of Wellington, New Zealand 26: 1–44
- Flores-Ortega JR, Avila-Castro E, Haro-Preciado HJ, Godínez-Domínguez E (2014) Hábitos alimentarios e interacciones tróficas de *Anisotremus interruptus* (Pisces: *Haemulidae*) y *Lutjanus argentiventris* (Pisces: *Lutjanidae*) en el Pacífico Central Mexicano. *Latin American Journal Aquatic of Research* 42(1): 276–282. <https://doi.org/103856/vol42-issue1-fulltext-24>
- Fontaine AR (1965) The feeding mechanisms of the ophiuroid *Ophiocomina nigra*. *Journal Marine Biology Ass U.K* 45: 373–385. <https://doi.org/10.1017/S0025315400054904>
- Fratt DB, Dearborn JH (1984) Feeding Biology of the Antarctic Brittle Star *Ophionotus victoriae* (Echinodermata: Ophiuroidea). *Polar Biology* 3: 127–139. <https://doi.org/10.1007/BF00442644>
- Grave C (1916) *Ophiura brevispinum*. II. An embryological contribution and a study of the effect of yolk substance upon development and developmental process. *Journal of Morphology* 27: 413–445
- Gondim AI, Lacouth P, Alonso C, Manso CLC (2008) Echinodermata da Praia do Cabo Branco, João Pessoa, Paraíba, Brasil. *Biota Neotrópica* 8(2): 151–159. <http://dx.doi.org/10.1590/S1676-06032008000200016>
- Hagman DK, Vize PD (2003) Mass spawning by two brittle star species, *Ophioderma rubicundum* and *O. squamosissimum* (Echinodermata: Ophiuroidea), at the Flower Garden Banks, Gulf of Mexico. *Bulletin of Marine Science* 72: 871–876.

- Harris JL, MacIsaac K, Gilkinson KD, Kenchington EL (2009) Feeding biology of *Ophiura sarsii* Lütken, 1855 on Banquereau bank and the effects of fishing. *Marine Biology* 156: 1891–902. <https://doi.org/10.1007/s00227-009-1222-1>
- Hendler G (1979) Reproductive periodicity of ophiuroids (Echinodermata: Ophiuroidea) on the Atlantic and Pacific coast of Panamá. In: S.E. Stancyk (ed), *Reproductive Ecology Marine Invertebrates*. University of South Carolina Press, Columbia, South Carolina, 145–156.
- Hendler G (1982) The feeding biology of *Ophioderma brevispinum* (Ophiuroidea: Echinodermata). Pp. 21–27. In Lawrence, J.M. (ed.) *Echinoderms. Proceedings of the International Conference, Tampa Bay*. Rotterdam, A.A. Balkema, 529 pp.
- Hendler G, Tyler PA (1986) The reproductive cycle of *Ophioderma brevispinum* (Echinodermata: Ophiuroidea). *Marine Ecology* 7: 115–122. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0485.1986.tb00151.x>
- Hendler G (1991) Echinodermata: Ophiuroidea. In: Giese, A.C., Pearse, J.S. & Pearse, V.B. (Eds.) *Reproduction of marine invertebrates: echinoderms and lophophorates*. The Boxwood Press, Pacific Grove 355–511.
- Hendler G, Miller JE, Pawson DL, Kier PM (1995) *Sea Stars, Sea Urchins and Allies: Echinoderms of Florida and Caribbean*. Smithsonian Institution Press, Washington, DC: 390 pp.
- Hendler G (1996) Class Ophiuroidea. In: Blake, J.A., Scott, P.H., Lissner, A. (Eds.), *Taxonomic Atlas of the Benthic Fauna of the Santa Maria Basin and Western Santa Barbara Channel. Miscellaneous Taxa*. Santa Barbara Museum of Natural History, Santa Barbara, California (14): 113–179.
- Hyman LH (1955) *The Invertebrates: Echinodermata: The coelomate Bilateria*. MacGraw-Hill, New York, 763 pp.
- Lawrence JM (1987) *A functional biology of echinoderms*. Functional biology series, 340 pp.
- Lyman T (1881) The stomach and genital organs of Astrophytidae. *Bulletin of the Museum of Comparative Zoology* 8: 117–126.
- Manso CLC, Gondim AI, Ventura CRR (2014) New records of Ophiuroidea (Echinodermata) of the Brazilian coast, with notes on its taxonomy and distribution. *Marine Biodiversity Records* 7 (e124): 1–7. <https://doi.org/10.1017/S1755267214001237>
- Martínez S, Del Rio CJ (2008) A new, first fossil species of *Ophioderma* Müller & Troschel, 1842 (Echinodermata: Ophiuroidea) (Late Miocene, Argentina). *Zootaxa* 1841: 43–52. <https://doi.org/10.11646/zootaxa.1841.1.3>

- McClintock JB, Hopkins T, Marion K, Watts S, Schinner G (1993) Populations structure, growth and reproductive biology of the gorgonocephalid brittlestar *Asteropora annulata*. *Bulletin of Marine Science* 52(3): 925–936.
- Melo RS, Lins, RPM, Eloy CC (2014) O impacto do turismo em ambientes recifais: caso Praia Seixas-Penha, Paraíba, Brasil. *REDE – Revista Eletrônica do Prodepa*, 8(1): 67–83. Disponível em: <<http://www.revistarede.ufc.br/rede/article/view/226>>. Último acesso em 08 fev. 2020.
- Mercier A, Hamel JF (2009) Gametogenesis. In: Mercier A & Hamel JF (Eds), *Endogenous and exogenous control of gametogenesis and spawning in echinoderms*. *Advances in Marine Biology* 55: 1–302
- Morgan R, Jangoux M (2002) Reproductive cycle and spawning induction in the gregarious brittle star *Ophiothrix fragilis* (Echinodermata) in the Oosterschelde (Netherlands). *Invertebrate Reproduction & Development* 42(2-3): 145–155. <https://doi.org/10.1080/07924259.2002.9652771>
- Oak T, Scheibling RE (2006) Tidal activity pattern and feeding behaviour of the ophiuroid *Ophiocoma scolopendrina* on a Kenyan reef flat. *Coral Reefs* 25: 213–222. <https://doi.org/10.1007/s00338-006-0089-6>
- Ouréns R, Freire J, Fernández L (2012) Definition of a new unbiased gonad index for aquatic invertebrates and fish: its application to the sea urchin *Paracentrotus lividus*. *Aquatic Biology* 17: 145–152. <https://doi.org/10.3354/ab00476>
- Pearson M, Gage JD (1984) Diets of some deep-sea brittle stars in the Rockall Trough. *Marine Biology*. 82: 247–258. <https://doi.org/10.1007/BF00392406>
- Pineda-Enríquez T, Solís-Marín FA, Hooker Y, Laguarda-Figueras A (2013) *Ophioderma peruana*, a new species of brittle star (Echinodermata, Ophiuroidea, Ophiodermatidae) from the Peruvian coast. *Zookeys* 357: 53–65. <https://doi.org/10.3897/zookeys.357.6176>
- Queiroz V (2016) Opportunity makes the thief—observation of a sublethal predation event on an injured sea urchin. *Marine Biodiversity*. DOI 10.1007/s12526-016-0530-1
- Reimer RD, Reimer AA (1975) Chemical control of feeding in four species of tropical Ophiuroids of the Genus *Ophioderma*. *Smithsonian Tropical Research Institute, Canal Zone, Panama. Comparative Biochemistry and Physiology* 51A: 915–927. [https://doi.org/10.1016/0300-9629\(75\)90075-4](https://doi.org/10.1016/0300-9629(75)90075-4)
- Ricklefs RE (2010) *A Economia da Natureza*. Rio de Janeiro, Guanabara Koogan. 550 pp.

- Samiguel CA, Dias TLP, Gondim AI (2010) PROJETO BIOTA PARAÍBA: Macrofauna de Praias com Substrato Consolidado da Zona de Entre-Marés ao Infralitoral. Relatório interno apresentado ao CNPq. 112 pp.
- Selvakumaraswamy P, Byrne M (1995) Reproductive cycle of two populations of *Ophionereis schayeri* (Ophiuroidea) in New South Wales. *Marine Biology* 124: 85–97. <https://doi.org/10.1007/BF00349150>
- Souza MCS (2018) Análise espacial a partir do uso de sistemas de informações geográficas para a conservação dos recifes do Seixas – PB. Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal da Paraíba. 150 pp.
- Stöhr S, Boissin E, Chenuil A (2009) Potential cryptic speciation in Mediterranean populations of *Ophioderma* (Echinodermata: Ophiuroidea). *Zootaxa* 2071: 1–20. <https://doi.org/10.11646/zootaxa.2071.1.1>
- Stöhr S, O’Hara TD, Thuy B (2012). Global diversity of brittle stars (Echinodermata: Ophiuroidea). *PlosOne* 7: 1–14. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0031940>
- SUDEMA. <http://sudema.pb.gov.br/unidades-de-conservacao-1/unidade-de-conservacao-queimado>
- Tommassi LR (1970) Os Ofiuróides recentes do Brasil e de regiões vizinhas. *Contribuições Avulsas do Instituto Oceanográfico, Série Oceanografia Biológica* 20: 1–146.
- Tyler PA (1977) Seasonal variation and ecology of gametogenesis in the genus *Ophiura* (Ophiuroidea: Echinodermata) from the Bristol Channel. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 30: 185–197.
- Ventura CRR, Pires DO (2002) Ciclos de vida de invertebrados marinhos. In: Pereira, R.C. Soares-Gomes (eds). *A. Biologia Marinha. Interciência*, Rio de Janeiro, p. 49–67.
- Ventura CRR, Veríssimo I (2007) Filo Echinodermata. In: Lavrado, H.P. & Viana, M.S. (eds). *Atlas de invertebrados marinhos da região central da Zona Econômica Exclusiva brasileira. Parte 1. (Série Livros, 25)*. Museu Nacional, Rio de Janeiro, pp. 217–258.
- Yokoyama LQ, Amaral ACZ (2008) The diet of *Ophionereis reticulata* (Echinodermata: Ophiuroidea) in Southeastern Brazil. *Revista Brasileira de Zoologia* 25(3): 576–578. <http://dx.doi.org/10.1590/S0101-81752008000300029>.
- Yokoyama LQ, Duarte LFL, Amaral ACZ (2008) Reproductive cycle of *Ophionereis reticulata* (Ophiuroidea, Echinodermata) on the southeast coast of Brazil. *Invertebrate Reproduction and Development* 51(2): 111–118. <https://doi.org/10.1080/07924259.2008.9652261>

- Ziesenhenne FC (1955) A review of the genus *Ophioderma* Müller and Troschel. Essays in the Natural Sciences in honor of Captain Allan Hancock, on the occasion, of his birthday, July 26, 1955. University of Southern California Press, Los Angeles, 185–201.
- Warner G (1982) Food and feeding mechanisms: Ophiuroidea. In: Jangoux M, Lawrence JM (eds) Echinoderm nutrition. Balkema, Rotterdam, 161–181.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Apesar da abundância dos ofiodermatídeos nos ecossistemas tropicais, existe pouca informação sobre sua ecologia e biologia. Nosso estudo sobre descreveu os primeiros dados sobre aspectos biológicos como dieta e o ciclo reprodutivo de *O. appressum* em um recife costeiro, além de comparar fatores ecológicos como padrão de distribuição espacial, caracterização do micro-hábitat, estrutura de tamanho populacional em dois ambientes recifais distintos. Com bases nos resultados é possível afirmar que:

1. *Ophioderma appressum* é uma espécie dioica, sem dimorfismo sexual externo, mas com dimorfismo gonadal em relação a sua forma e coloração. Apresenta ciclo reprodutivo anual longo (contínuo), com os picos de desova ocorrendo entre outubro e abril, seguidos por uma pequena fase de repouso entre maio e junho.
2. A duração e o período de desova das populações de *O. appressum* do Panamá e do Nordeste do Brasil são distintamente diferentes. Embora os fatores ambientais aferidos (temperatura e salinidade) não tenham sido determinantes no ciclo reprodutivo da população analisada. Nós acreditamos que as diferenças no tempo de reprodução das populações do Brasil e Panamá devem estar possivelmente mais relacionadas as características do ambiente (ex: fotoperíodo, taxas de produtividade, ciclo lunar, etc.) de cada população do que a fatores endógenos (ex: hormônios, estresse, etc.). Contudo, é necessário a realização de novos estudos que avaliem a influência destes distintos fatores na reprodução da espécie.
3. É uma espécie onívora, com hábito generalista oportunista e com variação temporal na composição da dieta. Por se tratar de uma espécie generalista que se alimenta bem durante todo o ano, não houve relação entre a porcentagem de indivíduos com conteúdo estomacal e o período reprodutivo. Contudo, a espécie parece não diminuir, cessar ou variar sua dieta de acordo com seu ciclo reprodutivo. Os principais componentes da sua dieta foram: material não identificado (avançado estado de digestão), foraminíferos, fragmentos de crustáceos e partículas de sedimento.

4. As populações estudadas não apresentaram padrão de distribuição espacial uniforme, o qual provavelmente foi modelado pela presença ou ausência de rochas removíveis no ambiente. Apesar da abundância da espécie nos recifes paraibano, ela tende a ocorrer de forma espaçada, conseqüentemente apresentando baixas densidades.
5. Em relação a caracterização do micro-hábitat, os principais itens encontrados associados as rochas onde os indivíduos foram encontrados no recife do Seixas foi alga calcária e no Recife de Barra de Mamanguape foi alga filamentosa. O substrato era formado por areia e/ou cascalho.
6. A estrutura de tamanho das populações também variou entre os recifes estudados. A população do recife do Seixas foi formada por indivíduos adultos. Nenhum juvenil foi observado nos transectos realizados, sinalizado uma provável mudança de micro-hábitat ao longo do crescimento. Todavia, a população de Barra de Mamanguape foi predominantemente formada por indivíduos juvenis, indicando que este ambiente é utilizado para o recrutamento. Apesar das diferenças encontradas na estrutura de tamanho populacional, vale ressaltar que todos os espécimes registrados foram encontrados sob rochas.

A partir dos resultados obtidos nesse estudo foi possível compreender melhor alguns aspectos ecológicos e biológico da espécie. Com isso, espera-se que as informações aqui compiladas possam ser futuramente utilizadas com propósitos conservacionistas não só da espécie, mas também dos ambientes recifais paraibanos, que vem sofrendo com o turismo desenfreado ao longo dos últimos anos.

REFERÊNCIAS

- Albuquerque, M.N. & Guille, A. (1991) Ophiuroidea (Echinodermata) ao largo do Brasil: Banco dos Abrolhos, Cadeia Submarina Vitória-Trindade e plataforma continental adjacente. *Boletim do Museu Nacional, Nova Série* 353: 1–30.
- Albuquerque, M.N.; Campos-Creasey, L.S. & Guille, A. (2001) Two new species of Amphiuroidae (Echinodermata, Ophiuroidea) from the southeastern coast of Brazil. *Zoosystema* 23(3): 591–602.
- Alitto, R.A.S.; Bueno, M.L.; Guilherme, P.D.B.; Di Domenico, M.; Christensen, A.B. & Borges, M. (2018) Shallow-water brittle stars (Echinodermata: Ophiuroidea) from Araçá Bay (Southeastern Brazil), with spatial distribution considerations. *Zootaxa* 4405 (1): 001–066. <https://doi.org/10.11646/zootaxa.4405.1.1>
- Alitto, R.A.S.; Amaral, A.C.Z.; Oliveira, L.D.O.; Serrano, H.; Seger, K.R.; Guilherme, P.D.B.; Di Domenico, M.; Christensen, A.B.; Lourenço, L.B.; Tavares, M. & Borges, M. (2019) Atlantic West *Ophiothrix* spp. in the scope of integrative taxonomy: Confirming the existence of *Ophiothrix trinidadensis* Tommasi, 1970. *PLoS ONE* 14(1): e0210331. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0210331>
- Assis, J.E.; Bezerra, E.A.S.; Brito, R.J.; Gondim, A.I.; & Christoffersen M.L. (2012) An association between *Hesione picta* (Polychaeta: Hesionidae) and *Ophionereis reticulata* (Ophiuroidea: Ophionereididae) from the Brazilian coast. *Zoological Studies* 51(6): 762–767.
- Babcock, R.; Mundy, C.; Keesing, J & Oliver, J. (1992) Predictable and unpredictable spawning events: in situ behavioural data from free-spawning coral reef invertebrates. *Invertebrate Reproduction & Development*, 22(1-3): 213–227. <https://doi.org/10.1080/07924259.1992.9672274>
- Barboza, C.A.M & Borges, M. (2012) A checklist of the extant species of Ophiuroids (Echinodermata: Ophiuroidea) from Brazilian waters. *Zootaxa*. 3447:1–21.
- Barboza, C.A.M.; Mattos, G. & Paiva, P.C. (2015) Brittle stars from the Saint Peter and Saint Paul Archipelago: morphological and molecular data. *Marine Biodiversity Records* 8: e16. <https://doi.org/10.1017/S1755267214001511>
- Barboza, C.A.M.; Mendes, F.M.; Adalben, A. & Tommasi, L.R. (2010) Echinodermata, Ophiuroidea, *Gorgonocephalus* Leach, 1815: First report of the genus for the Brazilian continental margin. *CheckList* 6(2): 289–291.
- Billett, D.S.M.; Bett, B.J.; Evans, R.; Cross, I.; Tyler, P.A. & Wolff, G.A. (2013) The reproductive ecology of deep-sea ophiuroids around the Crozet plateau, Southern Indian ocean, under contrasting productivity regimes. *Deep-Sea Research II* 92: 18–26. <http://dx.doi.org/10.1016/j.dsr2.2013.03.002>
- Birkeland, C. (1988) The influence of echinoderms on coral-reef communities. *Echinoderm studies*. AA Balkema, Rotterdam. 80 pp.

- Boffi, E. (1972) Ecological aspects of ophiuroids from the phytal of S.W. Atlantic Ocean warm waters. *Marine Biology* 15: 316–328. <https://doi.org/10.1007/BF00401391>
- Borges, M. & Amaral, A.C.Z. (2007) Ophiuroidea (Echinodermata): quatro novas ocorrências para o Brasil. *Revista Brasileira de Zoologia* 24(4): 855–864.
- Borges, M.; Monteiro, A.M.G. & Amaral, A.C.Z. (2002) Taxonomy of Ophiuroidea (Echinodermata) from the continental shelf and slope of the southern and southeastern Brazilian coast. *Biota Neotropica* 2(2): 1–69.
- Borges, M.; Monteiro, A.M.G. & Amaral, A.C.Z. (2006) A new species of *Ophiomisidium* (Echinodermata: Ophiuroidea) from the continental shelf and slope of southern Brazil. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom* 86: 1449–1454. <https://doi.org/10.1017/S0025315406014500>
- Borges, M.; Yokoyama, L.Q. & Amaral, A.C.Z. (2009) Gametogenic cycle of *Ophioderma januarii*, a common Ophiodermatidae (Echinodermata: Ophiuroidea) in southeastern Brazil. *Zoologia* 26(1): 118–126.
- Boschen, R.E.; Tyler, P.A. & Copley, J.T. (2013) Distribution, population structure, reproduction and diet of *Ophiolimna antarctica* (Lyman, 1879) from Kemp Caldera in the Southern Ocean. *Deep-Sea Research II* 92: 27–35.
- Brito, I.M. (1960) Os ofiuróides do Rio de Janeiro. Parte I – Ophiothrichidae, Ophiochitonidae e Ophiactidae. *Contribuições avulsas da Universidade do Brasil, Faculdade Nacional de Filosofia, Centro de Estudos Zoológicos* 6: 1–4.
- Brogger, M.I. (2010) Crecimiento, reproducción y alimentación del ofiuroideo *Ophioplocus januarii* (Lütken, 1856) (Echinodermata: Ophiuroidea) en Costas de Patagonia, Argentina. Tese (Doutorado em Ciências Biológicas) – Universidade de Buenos Aires, Buenos Aires.
- Brogger, M.I.; Martinez, M.I.; Zabala, S. & Penchaszadeh, P.E. (2013) Reproduction of *Ophioplocus januarii* (Echinodermata: Ophiuroidea): a continuous breeder in northern Patagonia, Argentina. *Aquatic Biology* 19: 275–286. <https://doi.org/10.3354/ab00537>
- Brogger, M.I.; Martinez, M.I.; Cadierno, M.P. & Penchaszadeh, P.E. (2015) Tooth microstructure and feeding biology of brittle star *Ophioplocus januarii* (Echinodermata: Ophiuroidea): a continuous breeder in northern Patagonia, Argentina. *Revista de Biología Tropical* 63: 353–360. <https://doi.org/10.15517/rbt.v63i2.23169>
- Brusca, R.C. & Brusca, G.J. (2002) *Invertebrates*. 2º edição. Sunderland, Massachusetts: Sinauer Associates. 966p
- Byrne, M. (1991) Reproduction, development and population biology of the Caribbean ophiuroid *Ophionereis olivacea*, a protandric hermaphrodite that broods its young. *Marine Biology* 111: 387–399. <https://doi.org/10.1007/BF01319411>
- Caso, M.E. (1986) Descripción de una nueva especie de ofiuroideo de la Bahía de Mazatlan, sin. *Ophioderma sodipallaresi* sp. nov. y comparación con *Ophioderma variegatum* Lütken.

Anales del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, Universidad Autónoma de México 13(2): 223–248.

Chavarro, S.B.; Zea, S. & Díaz, J.M. (2004) Esponjas y otros microhábitats de ofiuros (Ophiuroidea: Echinodermata) em ambientes arrecifales del archipiélago de San Bernardo (Caribe Colombiano). Boletín de Investigaciones Marinas y Costeras 33: 29–47.
<https://doi.org/10.25268/bimc.invemar.2004.33.0.246>

Dearborn, J.H.; Hendler, G. & Edwards, K.C. (1996) The diet of *Ophioparte gigas* (Echinodermata: Ophiuroidea) along the Antarctic Peninsula, with comments on its taxonomic status. Polar Biology 16(5): 309–320. <https://doi.org/10.1007/s003000050058>

Devaney, D. M. (1967) An ectocommensal polynoid associated with Indo-Pacific echinoderms, primarily ophiuroids. Occasional papers of Bernice P. Bishop Museum 23: 287–304.

Duineveld, G.C.A. & Van Noort, G.J. (1986) Observations on the population dynamics of *Amphiura filiformis* (Ophiuroidea: Echinodermata) in the Southern North Sea and its Exploitation by the dab, limanda limanda. Netherlands Journal of Sea Research 20(1): 85–94.
[https://doi.org/10.1016/0077-7579\(86\)90064-5](https://doi.org/10.1016/0077-7579(86)90064-5)

Emson, R.H. & Wilkie, I.C. (1980) Fission and autotomy in echinoderms. Oceanography and Marine Biology: Annual Review 18: 155–250.

Feder, H.M. (1981) Aspects of the feeding biology of the brittle star *Ophiura texturata*. Ophelia 20: 215–235. <https://doi.org/10.1007/s00227-003-1066-z>

Fell, H.B. (1960) Synoptic Keys to the Genera of Ophiuroidea Zoology Publications, Victoria University of Wellington, New Zealand 26: 1–44.

Fratt, D.B. & Dearborn, J.H. (1984) Feeding Biology of the Antarctic Brittle Star *Ophionotus victoriae* (Echinodermata: Ophiuroidea). Polar Biology 3: 127–139.
<https://doi.org/10.1007/BF00442644>

Fontaine, A.R. (1965) The feeding mechanisms of the ophiuroid *Ophiocomina nigra*. Journal Marine Biology Ass. U.K., 45: 373–385. <https://doi.org/10.1017/S0025315400054904>

Gondim, A.I.; Alonso, C.; Dias, T.L.P.; Manso, C.L.C. & Christoffersen, M.L. (2013a) A taxonomic guide to the brittle stars (Echinodermata: Ophiuroidea) from the State of Paraíba continental shelf, Northeastern Brazil. ZooKeys 307: 45–96.
<http://dx.doi.org/10.3897/zookeys.307.4673>

Gondim, A.I.; Dias, T.L.P. & Christoffersen, M.L. (2013b) Annotated checklist of Echinoderms from Maranhão and Piauí States, Northeastern Brazil. Check List 9(3): 510–518.

Gondim, A.I.; Dias, T.L.P.; Christoffersen, M.L. & Stöhr, S. (2015a) Redescription of *Hemieuryale pustulata* von Martens, 1867 (Echinodermata, Ophiuroidea) based on Brazilian specimens, with notes on systematics and hábitat association. Zootaxa 3925 (3): 341–360.
<http://dx.doi.org/10.11646/zootaxa.3925.3.2>

- Gondim, A.I.; Dias, T.L.P. & Christoffersen, M.L. (2015b) First record of basket stars *Astrocyclus caecilia* (Lütken, 1856) and *Astrophyton muricatum* (Lamarck, 1816) (Echinodermata, Ophiuroidea, Euryalida) for the state of Rio Grande do Norte, northeastern Brazil. Check List 11(1): 1541. <http://dx.doi.org/10.15560/11.1.1541>
- Gondim, A.I.; Dias, T.L.P. & Manso, C.L.C. (2012) Updated morphological description of *Asteroporpa* (*Asteroporpa*) *annulata* (Euryalida: Gorgonocephalidae) from the Brazilian coast, with notes on the geographic distribution of the subgenus. *Revista de Biología Marina y Oceanografía* 47(1): 141–146.
- Gondim, A.I.; Lacouth, P.; Alonso, C. & Manso, C.L.C. (2008) Echinodermata da Praia do Cabo Branco, João Pessoa, Paraíba, Brasil. *Biota Neotrópica* 8(2): 151–159. <http://dx.doi.org/10.1590/S1676-06032008000200016>
- Gondim, A.I.; Manso, C.L.C. & Alonso, C. (2010) First record of *Ophionereis dolabriformis* (Echinodermata: Ophiuroidea: Ophionereididae) for the Brazilian coast. *Marine Biodiversity Records* 3: e34. <https://doi.org/10.1017/S1755267210000096>
- Grave, C. (1916) *Ophiura brevispinum*. II. An embryological contribution and a study of the effect of yolk substance upon development and developmental process. *Journal of Morphology* 27: 413–445.
- Guillén, J.; Soriano, S.; Demestre, M.; Falqués, A.; Palanques, A. & Puig, P. (2008) Alteration of bottom roughness by benthic organisms in a sandy coastal environment. *Continental Shelf Research* 28: 2382–2392. <https://doi.org/10.1016/j.csr.2008.05.003>
- Hagman, D.K. & Vize, P.D. (2003) Mass spawning by two brittle star species, *Ophioderma rubicundum* and *O. squamosissimum* (Echinodermata: Ophiuroidea), at the Flower Garden Banks, Gulf of Mexico. *Bulletin of Marine Science* 72(3): 871–876.
- Harris, J.L.; MacIsaac, K.; Gilkinson, K.D. & Kenchington, E.L. (2009) Feeding biology of *Ophiura sarsii* Lütken, 1855 on Banquereau bank and the effects of fishing. *Marine Biology* 156: 1891–902. <https://doi.org/10.1007/s00227-009-1222-1>
- Hendler, G. (1979) Reproductive periodicity of ophiuroids (Echinodermata: Ophiuroidea) on the Atlantic and Pacific coast of Panamá. In: S.E. Stancyk (ed), *Reproductive Ecology Marine Invertebrates*. University of South Carolina Press, Columbia, South Carolina 145–156.
- Hendler, G. (1982) The feeding biology of *Ophioderma brevispinum* (Ophiuroidea: Echinodermata). Pp. 21–27. In Lawrence, J.M. (ed.) *Echinoderms*. Proceedings of the International Conference, Tampa Bay. Rotterdam, A.A. Balkema, 529 pp.
- Hendler, G. (1984) The association of *Ophiothrix lineata* and *Callyspongia vaginalis*: A brittlestar sponge cleaning symbiosis? *Marine Ecology* 5(1): 9–27.
- Hendler, G. (1991) Echinodermata: Ophiuroidea. In: Giese, A.C., Pearse, J.S. & Pearse, V.B. (Eds.) *Reproduction of marine invertebrates: echinoderms and lophophorates*. The Boxwood Press, Pacific Grove, 355–511.

- Hendler, G. (1996) Class Ophiuroidea. In: Blake, J.A., Scott, P.H., Lissner, A. (Eds.), Taxonomic Atlas of the Benthic Fauna of the Santa Maria Basin and Western Santa Barbara Channel. Miscellaneous Taxa. Santa Barbara Museum of Natural History, Santa Barbara, California (14): 113–179.
- Hendler, G. (2018) Armed to the teeth: A new paradigm for the buccal skeleton of brittle stars (Echinodermata: Ophiuroidea). *Contributions in Science* 526: 189–311.
- Hendler, G. & Meyer, D.L. (1982a) An association of a Polychaete, *Branchiosyllis exilis* with an Ophiuroid, *Ophiocoma echinata*, in Panama. *Bulletin of Marine Science* 32(3): 736–744.
- Hendler, G. & Meyer, D.L. (1982b) Ophiuroid flagrante delicto and notes on the spawning behavior of others echinoderms in their natural hábitat. *Bulletin of Marine Science* 32(2): 600–607.
- Hendler, G. & Miller, J.E. (1984) *Ophioderma devaney* and *Ophioderma ensiferum*, new brittlestar species from the Western Atlantic (Echinodermata: Ophiuroidea). *Proceedings of the Biological Society of Washington* 97(2): 442–461.
- Hendler, G. & Tyler, P.A. (1986) The reproductive cycle of *Ophioderma brevispinum* (Echinodermata: Ophiuroidea). *Marine Ecology* 7:115–122. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0485.1986.tb00151.x>
- Hendler, G.; Miller J.E.; Pawson D.L. & Kier P.M. (1995) *Sea Stars, Sea Urchins and Allies: Echinoderms of Florida and Caribbean*. Smithsonian Institution Press, Washington, DC: 390 pp.
- Henklel, T.P. & Pawlik J.R. (2004) Hábitat use by sponge-dwelling brittlestars. *Marine Biology* 146: 301–313. DOI 10.1007/s00227-004-1448-x.
- Hughes, D.J. & Gage, J.D. (2004) Benthic metazoan biomass, community structure and bioturbation at three contrasting deep-water sites on the northwest European continental margin. *Progress in Oceanography* 63: 29–55.
- Hyman, L.H. (1955) *The Invertebrates: Echinodermata: The coelomate Bilateria*. MacGraw-Hill, New York, 763 pp.
- Laguarda-Figueroa, A.; Hernández-Herrejón, L.A.; Solís-Marín, F.A. & Durán-González, A. (2009) Ophiuroideos del Caribe Mexicano y Golfo de México. México: Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad UNAM, Instituto de Ciencias del Mar y Limnología. 249 pp.
- Landschoff, J. & Griffiths, C.L. (2015) Brooding behavior in the shallow-water brittle star *Ophioderma wahlbergii*. *Invertebrate Biology* 1–12. <https://doi.org/10.1111/ivb.12081>
- Lawrence, J. M. (1987) *A functional biology of echinoderms*. Functional biology series, 340 pp.
- Lima, E.J.B; Fernandes, M.L.B. (2009) Diversidade de equinodermos (Echinodermata) no Estado de Pernambuco (Brasil). *Revista Brasileira de Zoociências* 11(1): 55–63.

- Lima, M.L.F.; Sovierzoski, H.H. & Correia, M.D. (2014) Temporal variation of ophiuroids associated with the macroalga *Amphiroa fragilissima* on a Southwest Atlantic coral reef. *Marine Ecology* 34(4): 420–431. <https://doi.org/10.1111/maec.12042>
- Magalhães, W.F.; Martins, L.R. & Alves, O.F.S. (2005) Inventário dos Echinodermata do estado da Bahia. *Brazilian Journal of Aquatic Science and Technology* 9(1): 61–65.
- Manso, C.L.C. (1988a) Ophiuróides da plataforma continental brasileira. Parte I: Rio de Janeiro. (Echinodermata: Ophiuroidea). *Revista Brasileira de Biologia* 48(4): 845–850.
- Manso, C.L.C. (1988b) Sobre a ocorrência de *Amphilepis sanmatiensis* Bernasconi and D'Agostino, 1975 na costa sul do Brasil (Echinodermata: Ophiuroidea). *Revista Brasileira de Biologia* 48(2): 371–373.
- Manso, C.L.C. (1988c) Uma nova espécie de *Ophiactis* (Echinodermata: Stelleroidea) da costa sudeste do Brasil. *Revista Brasileira de Biologia* 48(2): 375–379.
- Manso, C.L.C. (1988d) Sobre a ocorrência de *Ophionema intricata* Lütken, 1869 e *Ophiophragmus brachyatis* H.L. Clark, 1915 no Brasil (Echinodermata, Ophiuroidea, Amphiuridae). *Revista Brasileira de Biologia* 48(4): 965–968.
- Manso, C.L.C. (1993) Ophiuróides da plataforma brasileira. Parte II: Norte do Estado do Rio de Janeiro, Estado do Espírito Santo, sul do Estado da Bahia e Bancos Royal Charlotte, Hostpur e Davis. (Echinodermata: Ophiuroidea). *Revista Brasileira de Biologia* 53(2): 189–195.
- Manso, C.L.C.; Gondim, A.I. & Ventura, C.R.R. (2014) New records of Ophiuroidea (Echinodermata) of the Brazilian coast, with notes on its taxonomy and distribution. *Marine Biodiversity Records* 7: e124. <https://doi.org/10.1017/S1755267214001237>
- Martínez, S. & Del Rio, C.J. (2008) A new, first fossil species of *Ophioderma* Müller & Troschel, 1842 (Echinodermata: Ophiuroidea) (Late Miocene, Argentina). *Zootaxa* 1841: 43–52. <https://doi.org/10.11646/zootaxa.1841.1.3>
- May, S. A. & Mikalian, A. M. (2019) Size specific chemoreception and ontogenic responses to food in the brittlestar *Ophioderma cinerea* (Echinodermata: Ophiuroidea). *Caribbean Journal of Science* 49(2-3): 185–191.
- Millot, N. (1953) A remarkable association between *Ophionereis reticulata* (Say) and *Harmothoe lunulata* (Delle Chiaje). *Bulletin of Marine Science* 3: 96–99.
- Mosher, C.V. & Watling, L. (2009) Partners for life: a brittle star and its octocoral host. *Marine Ecology Progress Series* 397: 81–88. <http://dx.doi.org/10.3354/meps08113>
- Neves, B.M.; Lima, E.J.B. & Pérez, C.D. (2007) Brittle stars (Echinodermata: Ophiuroidea) associated with the octocoral *Carijoa riisei* (Cnidaria: Anthozoa) from the littoral of Pernambuco, Brazil. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom* 87: 1263–1267. <https://doi.org/10.1017/S0025315407056263>

O'Hara, T. (2017) Class Ophiuroidea. In: Byrne M. & O'Hara, T. (Eds.), *Australian Echinoderms: Biology, Ecology and Evolution*. CSIRO Publishing, Melbourne & ABRIS, Canberra, p: 295–350.

Ouréns, R.; Juan Freire, J. & Fernández, L. (2012) Definition of a new unbiased gonad index for aquatic invertebrates and fish: its application to the sea urchin *Paracentrotus lividus*. *Aquatic Biology* 17: 145–152. <https://doi.org/10.3354/ab00476>

Paim, F.G.; Guerrazzi, M.C. & Borges, M. (2015) Descriptive and illustrated diagnosis of Ophiuroidea fauna (Echinodermata) in the shallow waters of North-eastern Brazil. *Marine Biodiversity Records* 8: e86. <http://dx.doi.org/10.1017/S1755267215000652>

Pearson, M. & Gage, J.D. (1984) Diets of some deep-sea brittle stars in the Rockall Trough. *Marine Biology* 82: 247–258. <https://doi.org/10.1007/BF00392406>

Pineda-Enríquez, T.; Solís-Marín, F.A.; Hooker, Y. & Laguarda-Figueras, A. (2013) *Ophioderma peruana*, a new species of brittle star (Echinodermata, Ophiuroidea, Ophiodermatidae) from the Peruvian coast. *Zookeys* 357: 53–65. <https://doi.org/10.3897/zookeys.357.6176>

Reimer, R.D & Reimer, A.A. (1975) Chemical control of feeding in four species of tropical Ophiuroids of the Genus *Ophioderma*. Smithsonian Tropical Research Institute, Canal Zone, Panama. *Comparative Biochemistry and Physiology*, 51A: 915–927. [https://doi.org/10.1016/0300-9629\(75\)90075-4](https://doi.org/10.1016/0300-9629(75)90075-4)

Santa-Isabel, L.M.; Cerqueira, W.R.P. & Alves, O.F.S. (1996) Associação entre *Ophionereis reticulata* (Say, 1825) (Ophiuroidea, Ophiunereididae) e *Malmgreniella variegata* (Treadwell) (Polychaeta, Polyonoidae) das praias de Salvador, Bahia, Brasil. *Revista Brasileira de Zoologia* 13: 137–142.

Santana, A.; Manso, C.L.C.; Almeida, A.C.S. & Alves, O.F.S. (2017) Redescription and designation of a neotype for *Ophiothrix angulata* (Say, 1825) (Echinodermata: Ophiuroidea: Ophiotrichidae). *Zootaxa* 4344 (2): 291–307. <https://doi.org/10.11646/zootaxa.4344.2.5>

Stöhr, S.; Boissin, E. & Chenuil, A. (2009) Potential cryptic speciation in Mediterranean populations of *Ophioderma* (Echinodermata: Ophiuroidea). *Zootaxa*, 2071: 1–20. <https://doi.org/10.11646/zootaxa.2071.1.1>

Stöhr, S.; O'Hara, T. & Thuy, B. (2012) Global diversity of brittle stars (Echinodermata: Ophiuroidea). *PlosOne* 7: 1–14. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0031940>

Stöhr, S.; O'Hara, T. & Thuy, B. (Eds) (2019) World Ophiuroidea Database. <http://www.marinespecies.org/ophiuroida>. Acessado em 18/12/2019. <https://doi.org/10.14284/358>

Stöhr, S.; Weber, A.A.T.; Boissin, E. & Chenuil, A. (2020) Resolving the *Ophioderma longicaudum* (Echinodermata: Ophiuroidea) cryptic species complex: five sisters, three of them new. *European Journal of Taxonomy* 600: 1–37. <https://doi.org/10.5852/ejt.2020.600>

- Tanure, B.M. & Cerqueira, W.R.P. (2007) Crescimento de *Ophioderma cinereum* (Müller & Troschel, 1842) (Echinodermata: Ophiuroidea) em duas praias rochosas da cidade de Salvador, Bahia, Brasil. *Sitientibus Série Ciências Biológicas* 7(4): 360–369.
- Tavares, M.R.; Costa, P.A.S. & Ventura, C.R.R. (2019) Population size structure, asexual reproduction, and somatic growth estimates of the non-indigenous brittle star *Ophiothela mirabilis* (Echinodermata: Ophiuroidea) on the southeastern coast of Brazil. *Marine Biodiversity* 49: 1713–1725. <https://doi.org/10.1007/s12526-019-00938-y>
- Tommasi, L.R. (1965) Alguns Amphiuridae (Ophiuroidea) do litoral de São Paulo e Santa Catarina. *Contribuições Avulsas do Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo, série Oceanografia Biológica* 8: 1–9.
- Tommasi, L.R. (1967) Sobre dois Amphiuridae da fauna marinha do Sul do Brasil. *Contribuições Avulsas do Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo, série Oceanografia Biológica* 12: 1–5.
- Tommasi, L.R. (1970) Os ofiuróides recentes do Brasil e de regiões vizinhas. *Contribuições Avulsas do Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo, Série Oceanografia Biológica* 20: 1–146.
- Valentine, J.F. (1991) The reproductive periodicity of *Microphiopholis atra* (Stimpson, 1852) and *Hemipholis elongata* (Say, 1825) (Echinodermata: Ophiuroidea) in Eastern Mississippi Sound. *Ophelia* 33 (2): 121–129.
- Ventura, C.R.R. & Pires, D.O. (2002) Ciclos de vida de invertebrados marinhos. In: Pereira, R.C. Soares-Gomes (eds). *A. Biologia Marinha*. Interciência, Rio de Janeiro, p. 49–67.
- Yokoyama, L.Q. & Amaral, A.C.Z. (2008) The diet of *Ophionereis reticulata* (Echinodermata: Ophiuroidea) in southeastern Brazil. *Revista Brasileira de Zoologia* 25(3): 576–578.
- Yokoyama, L.Q.; Duarte, L.F.L. & Amaral, A.C.Z. (2008) Reproductive cycle of *Ophionereis reticulata* (Ophiuroidea, Echinodermata) on the southeast coast of Brazil. *Invertebrate Reproduction and Development* 51: 111–118.
- Yokoyama, L.Q. & Amaral, A.C.Z. (2011) Recruitment and growth variation of *Ophionereis reticulata* (Echinodermata: Ophiuroidea). *Invertebrate Reproduction & Development* 55(2): 73–81. <http://dx.doi.org/10.1080/07924259.2011.553402>
- Warner, G. (1982) Food and feeding mechanisms: Ophiuroidea. In: Jangoux M, Lawrence JM (eds) *Echinoderm nutrition*. Balkema, Rotterdam, 161–181.
- Weber, A. A.-T.; Stöhr, S. & Chenuil, A. (2019) Species delimitation in the presence of strong incomplete lineage sorting and hybridization: Lessons from *Ophioderma* (Ophiuroidea: Echinodermata). *Molecular Phylogenetics and Evolution* 131: 138–148. <https://doi.org/10.1016/j.ympev.2018.11.014>

Zieshenne, F.C. (1955) A review of the genus *Ophioderma* Müller and Troschel. Essays in the Natural Sciences in honor of Captain Allan Hancock, on the occasion, of his birthday, July 26, 1955. University of Southern California Press, Los Angeles, 185–201.

ANEXO A - Normas para a Formatação de Manuscrito - AQUATIC BIOLOGY

Submitting your manuscript

A submitted manuscript must:

- not be simultaneously submitted to any other publication outlet
- be original, i.e. not previously published whole or in part as a peer-reviewed publication (including in different languages). Inter-Research may check submissions using anti-plagiarism software.
- list all (and only) those authors deserving authorship (see [IR's authorship policy](#))
- have been approved by all immediately involved, e.g. authors and institutional authorities
- meet ethics guidelines (i.e. institutional, national and international guidelines concerning the use of animals in research, sampling of endangered species, and ethics in publication). All conflicts of interest must be declared.

If the manuscript was previously submitted to a publication outlet, this must be disclosed and a rationale for its current submission provided. It is the expectation that such submissions incorporate any previous recommendations and address any reviewer concerns prior to submission to any Inter-Research (IR) journal. Submissions of manuscripts that have been archived as preprint (defined as the manuscript version initially submitted to a publication outlet for review, i.e. not yet peer-reviewed) in an online depository are allowed (see <http://www.int-res.com/journals/open-access/> for details) but such deposits must be disclosed in the cover letter upon submission. Take note of any restrictions in the license agreement of the preprint archive that may affect or limit your desired IR publication model (e.g. by depositing a manuscript in a preprint archive you may be required to publish it with Open Access). Permission to re-use any previously published material must have been obtained by the authors from the copyright holders. Submitting a manuscript implies agreement to IR terms of publication related to [Open Access](#), [copyright](#) and manuscript processing. Please submit your manuscript using the **online manuscript submission system** (click on the appropriate journal):

Note: We are switching to a new online submission system (Manuscript Manager). New submissions must be submitted via the following links. For revision submissions, please refer to the instructions you received from the Editorial Office in your decision letter.
[MEPS](#) | [AB](#) | [AEI](#) | [AME](#) | [CR](#) | [DAO](#) | [ESEP](#) | [ESR](#)

In the unlikely event that you have problems, please email the submission to the **editorial office** of the journal (click on the appropriate journal):

[MEPS](#) | [AB](#) | [AEI](#) | [AME](#) | [CR](#) | [DAO](#) | [ESEP](#) | [ESR](#)

The submission must contain 2 separate files:

- a cover letter (see 'Cover Letter' tab for details)
- the manuscript, which must:
 - be correctly formatted to match journal style (see 'Manuscript' tab for details)
 - be in one file (it includes all text, with tables, figures and their captions at the end)
 - include page numbers and line numbers throughout (restart line numbering on each page; do not use 'continuous' line numbering)
 - be smaller than 5 MB (for accepted manuscripts, higher-resolution figures can be provided later)

Appendices: supporting material not longer than 2 printed pages may be published at the end of the main article. Figures, tables and equations should be numbered A1, A2, A3, etc. Longer materials or those not suitable for printing may be published as electronic supplements (see below).

Electronic supplements: material unsuitable for inclusion within the article (overlong tables, mathematical derivations, video clips, computer code, etc.) may be published on the Inter-Research website as an electronic supplement (linked to the article and abstract page). This material will not be copyedited, typeset, or checked for accuracy; responsibility for its content and presentation rests with the author(s). Figures, tables and equations should be numbered S1, S2, S3, etc.; if references are used, the supplement must contain its own complete Literature Cited section.

After you submit: Peer-review

Manuscripts are pre-screened to ensure that the submission fits the scope of the journal and that language and formatting requirements are met. Manuscripts sent for review will usually be critically evaluated by 3 reviewers. The Contributing Editor decides on acceptance, revision, or rejection.

If your manuscript is accepted: Next Steps

You will be contacted with a request for appropriate file types if needed (send them to [Acceptance](#)). You will receive an Acceptance Form that includes a copyright agreement and reader access options (subscriber-only or Open Access) for your article. Our open access fees can be found [here](#). Titles of accepted manuscripts are added within a few days to 'Forthcoming publications' on the journal's web site, together with a prepress abstract and a DOI, making them citable. Proofs are sent a few weeks later. You can order offprints and, if desired, revise your access options when returning the proof. Final articles, fully paginated and citable, are published 1–3 weeks after corrected proofs have been returned by the corresponding author. The corresponding author will be sent a watermarked pdf of their article.

ANEXO B -Normas para a Formatação de Manuscrito - MARINE BIOLOGY RESEARCH

Instructions for authors

Thank you for choosing to submit your paper to us. These instructions will ensure we have everything required so your paper can move through peer review, production and publication smoothly. Please take the time to read and follow them as closely as possible, as doing so will ensure your paper matches the journal's requirements.



For general guidance on every stage of the publication process, please visit our [Author Services website](#).



For editing support, including translation and language polishing, explore our [Editing Services website](#)

SCHOLARONE MANUSCRIPTS™

This journal uses ScholarOne Manuscripts (previously Manuscript Central) to peer review manuscript submissions. Please read the [guide for ScholarOne authors](#) before making a submission. Complete guidelines for preparing and submitting your manuscript to this journal are provided below.

Use these instructions if you are preparing a manuscript to submit to ***Marine Biology Research (MBRJ)***. To explore our journals portfolio, visit <http://www.tandfonline.com/>, and for more author resources, visit our [Author Services](#) website.

Marine Biology Research considers all manuscripts on the strict condition that

- The manuscript is your own original work, and does not duplicate any other previously published work, including your own previously published work.
- The manuscript has been submitted only to *MBRJ*; it is not under consideration or peer review or accepted for publication or in press or published elsewhere.
- The manuscript contains nothing that is abusive, defamatory, libellous, obscene, fraudulent, or illegal.

Please note that *MBRJ* uses **CrossCheck™** software to screen manuscripts for unoriginal material. By submitting your manuscript to *MBRJ* you are agreeing to any necessary originality checks your manuscript may have to undergo during the peer-review and production processes.

Any author who fails to adhere to the above conditions will be charged with costs which *MBRJ* incurs for their manuscript at the discretion of *MBRJ*'s Editors and Taylor & Francis, and their manuscript will be rejected.

This journal is compliant with the Research Councils UK OA policy. Please see the licence options and embargo periods [here](#).

This title utilises format-free submission. Authors may submit their paper in any scholarly format or layout. References can be in any style or format, so long as a consistent scholarly citation format is applied. For more detail see [the format-free submission section below](#).

Contents List

[Contacts for author queries](#)

[Scope of this journal](#)

[Thematic Issues](#)

[Preparation and submission of manuscripts](#)

[Data Sharing Policy](#)

[Format-Free Submissions](#)

[Latest Articles](#)

[Publication charges](#)

[Reproduction of copyright material](#)

[Copyright and authors' right](#)

[Free article access](#)

[Reprints and journal copies](#)

[Open Access](#)

Contacts for author queries

Editorial Office (for submission queries and manuscripts under review): **SMAR-peerreview@journals.tandf.co.uk**

Taylor & Francis (for accepted and published manuscripts or publisher-related questions): <http://authorservices.taylorandfrancis.com/contact/>

Scope of this journal

Marine Biology Research (MBRJ) welcomes the submission of research reports on all aspects of marine biology (ecology, biodiversity, evolution, physiology, behaviour, taxonomy, etc.). Regional studies should include more than local populations or communities composed only of higher order taxa and should be presented in a broader and **comparative context**. The Journal will only publish lists of regional fauna and flora when these are part of a research article. The Journal will consider applied aspects (i.e., environmental or fisheries research) insofar as they contribute to biological insight on rates or processes, but not purely descriptive sets of biological oceanography or environmental background data. Work containing biotechnological (molecular, cellular or biochemical) components will be considered only if the focus is primarily on studying environmental problems in a wider ecological context. Submissions should be written in correct English (UK style) and must be prepared by strictly following the Author Instructions provided below, including journal formatting of references. For additional information on journal scope, please see the **Aims & Scope** of *MBRJ*.

The following categories of submissions will be considered:

1. **Original article**
2. **Short report**
3. **Review article**
4. **Taxonomic revision**
5. **Book review**
6. **Obituary and bibliography**

Alpha-taxonomic accounts including regional reviews or taxonomic reviews of species groups (see this **Editorial**) are published as original articles or short reports. **Short reports** should be no longer than six printed pages and may either represent short research articles or, published under a separate subcategory: **Comments** on recent article(s) in *MBRJ*. An online sample of the latter is available for free download by clicking the link above. Review articles with less than seven printed pages will be published as a **Mini Review**.

Findings on the range extension of marine organisms must be accompanied by:

1. Detailed biogeographic information,
2. systematically oriented comparative data featuring **alpha-taxonomic accounts**, or
3. Ecological data revealing impacts or interactions.

Please also consult the **Editorial** on this matter, which provides published examples.

Invitations for reviews may come directly from the editors. Authors who wish to publish a *Review article*, *Taxonomic revision*, *Book review*, or *Obituary and bibliography* should preferably contact the editors to reach agreement on the topic and structure, schedule for submission, and maximum length. Regarding *Taxonomic revisions*, see this **Editorial**.

Thematic Issues

Thematic Issues in *MBRJ* are devoted to specific research themes and present the results of larger collaborative efforts deriving from projects or meetings. Thematic Issues will appear as regular issues with a coordinator ('Thematic Issue Coordinator') having responsibility for

concerted submission after having reached agreement with the editors. For further information and instructions, see ' **Special issues** ' under 'About this journal' in the left-hand menu on this page. Upon interest, consult the Editorial Office (**SMAR-peerreview@journals.tandf.co.uk**) already in the early planning stage towards Thematic Issues.

Preparation and submission of manuscripts

All submissions should be made online at the *Marine Biology Research* **Scholar One Manuscripts** website. New users should first create an account. Once logged on to the site, submissions should be made via the Author Centre. Online user guides and access to a helpdesk are available on this website.

1. Click on 'Online Submission' which directs you to the log-in page. Here authors may either create a new account or enter an existing account.
2. Click on 'Author Center' to upload manuscripts. For authors having difficulties in submitting their manuscripts, the 'Get Help Now' link appears at the upper right-hand corner of every screen.
3. Upload manuscript text and tables as Microsoft Word documents.
4. Each manuscript must begin with a title page that includes the authors' full names and addresses including e-mail addresses, any acknowledgements and funding information. The main text starts on the next page with Abstract and Key words. At the end the tables and figure legends should be included.
5. Figures have to be loaded as separate files each created in either JPG, EPS, or TIFF format. All uploaded figure files need to have a minimum resolution of 300x300dpi at final size, i.e., the desired maximum size they are intended to appear in the print version. Scale bars should be used to indicate the size of any objects shown in figures. Numbers accompanying all axes of two- or three-dimensional diagrams should be horizontally oriented.

All submissions will be acknowledged by an e-mail which includes the Manuscript ID number. This ID number must be referred to in the subject line of any correspondence with the Editorial Office, **SMAR-peerreview@journals.tandf.co.uk** . Status of submitted manuscripts can be viewed via the Author Centre of ScholarOne Manuscripts: **<http://mc.manuscriptcentral.com/mbrj>**

All submissions will be checked for technical consistency, language quality, and scientific scope according to *MBRJ* standards and then taken over by selected editors who supervise the refereeing process. Decisions on publication are usually based on the opinions of at least two anonymous reviewers, after having passed pre-review by the editors.

Click **here** for information regarding anonymous peer review.

After manuscripts have been returned for revision, authors must resubmit the revised manuscript within 30 days for minor revisions and within 60 days for major revisions. Revised manuscripts must be resubmitted using the ScholarOne Manuscripts website; upload the revised manuscript, as a marked copy of the original version, indicating where changes have been made, any figures in separate electronic files, and confirmation of modification or rebuttals in response to the referees' and editor's comments.

Data Sharing Policy

This journal applies the Taylor & Francis **Basic Data Sharing Policy**. Authors are encouraged

to share or make open the data supporting the results or analyses presented in their paper where this does not violate the protection of human subjects or other valid privacy or security concerns.

Authors are encouraged to deposit the dataset(s) in a recognized data repository that can mint a persistent digital identifier, preferably a digital object identifier (DOI) and recognizes a long-term preservation plan. If you are uncertain about where to deposit your data, please see [this information](#) regarding repositories.

Authors are further encouraged to cite any data sets referenced in the article and provide a Data Availability Statement.

At the point of submission, you will be asked if there is a data set associated with the paper. If you reply yes, you will be asked to provide the DOI, pre-registered DOI, hyperlink, or other persistent identifier associated with the data set(s). If you have selected to provide a pre-registered DOI, please be prepared to share the reviewer URL associated with your data deposit, upon request by reviewers.

Where one or multiple data sets are associated with a manuscript, these are not formally peer reviewed as a part of the journal submission process. It is the author's responsibility to ensure the soundness of data. Any errors in the data rest solely with the producers of the data set(s).

Format-Free Submission

Authors may submit their paper in any scholarly format or layout. Manuscripts may be supplied as single or multiple files. These can be Word, rich text format (rtf), open document format (odt), or PDF files. Figures and tables can be placed within the text or submitted as separate documents. Figures should be of sufficient resolution to enable refereeing.

- There are no strict formatting requirements, but all manuscripts must contain the essential elements needed to evaluate a manuscript: abstract, author affiliation, figures, tables, funder information, references. Further details may be requested upon acceptance.
- References can be in any style or format, so long as a consistent scholarly citation format is applied. Author name(s), journal or book title, article or chapter title, year of publication, volume and issue (where appropriate) and page numbers are essential. All bibliographic entries must contain a corresponding in-text citation. The addition of DOI (Digital Object Identifier) numbers is recommended but not essential.
- The journal reference style will be applied to the paper post-acceptance by Taylor & Francis.
- Spelling can be US or UK English so long as usage is consistent.
- Please provide the DOI for all references listed as this is mandatory for this journal.

Note that, regardless of the file format of the original submission, an editable version of the article must be supplied at the revision stage.

Manuscript format

Manuscripts should be compiled in the following order: *Title Page* (including *Acknowledgements* and *Funding*) , *Abstract*, *Keywords*, *Manuscript Proper*,

References, *Table(s)* with caption(s) (on individual pages); *Figure caption(s)* (as a list); *Figure(s)* (each as a separate file); *Supplementary online material*, *Suggestions for reviewers*.

1. **Title Page.** The title must be short and concise, followed by the full names of the authors. One author should be identified as the corresponding author. All authors of a manuscript should include their full name and affiliation on the cover page of the manuscript, and then any acknowledgements or funding information. Author affiliations should be given using letters in superscript to distinguish clearly between each affiliation. Please give the affiliation where the research was conducted. If any of the named co-authors moves affiliation during the peer review process, the new affiliation can be given as a footnote. Please note that no changes to affiliation can be made after the manuscript is accepted.

All persons who have a reasonable claim to authorship must be named in the manuscript as co-authors; the corresponding author must be authorized by all co-authors to act as an agent on their behalf in all matters pertaining to publication of the manuscript, and the order of names should be agreed by all authors.

2. **Abstract.** This should be a single paragraph limited to a maximum of 300 words. It must be informative and complete in itself and – in qualitative terms – report on the main result or discovery presented in the paper. *Taxonomic papers:* Any taxa newly described or revised should be mentioned by name and short diagnoses be given in the abstract.

Each manuscript should have 4 to 6 **keywords** to be included below the abstract.

3. **Manuscript Proper.** This is usually organized into an *Introduction*, *Material and Methods*, *Results (or Taxonomy)*, and *Discussion*. *Material and Methods* should be condensed, but contain sufficient details to allow reproduction of experimental procedures. Points of insertion of figures and tables should be indicated in the final revision. Authors should avoid extensive reviews or excessive references in the Introduction and Discussion. Section headings should be concise. Footnotes will not be accepted and hyperlinking within the document should not be used.

4. **Acknowledgements** should be kept brief and included on the title page of the manuscript. Full names of persons mentioned in this section should be provided.

Please supply all details required by any funding and grant-awarding bodies in a separate **Funding** paragraph, as follows:

- *For single agency grants:* "This work was supported by the [Funding Agency] under Grant [number xxxx]."
- *For multiple agency grants:* "This work was supported by the [Funding Agency 1] under Grant [number xxxx]; [Funding Agency 2] under Grant [number xxxx]; and [Funding Agency 3] under Grant [number xxxx]."

5. **References.** For correct reference formatting in both the text and the reference list, please see the **reference style guide**. Hyperlinking between the text and the reference list should not be used.

Unpublished results and personal communications must not appear in the reference list and reference to unpublished master's and doctoral theses should be avoided. Reference to unpublished results and personal communications should be restricted to a maximum of three occurrences in the manuscript overall; full name of the person(s) involved and year of origin

should be provided.

In references, journal names should not be abbreviated, and DOIs should always be included for all the references.

6. **Species Names and Citations.** Scientific species names should always be provided and written in full at first occurrence in each section, subsection, table or figure legend, and at the beginning of sentences. At first mention in the main text (but not in title or abstract) each scientific species name should be accompanied by the name of the taxonomic authority followed by the year of publication (separated by a comma). For algae and plants the year shall not be given. In taxonomic papers this citation may also be included in the reference list. Reports with large species numbers should preferentially include those details in a table. Authors should provide all the genus/species names in *Italic* both in text and reference as per style while submitting the source.

7. **Tables.** These should be given a concise heading and numbered with Roman numerals in the order in which they appear in the manuscript. Excessive use of tables should be avoided.

8. **Figure Legends and Figures.** Figures should be numbered with Arabic numerals; figure legends should be self-explanatory. Colour illustrations are very welcome and will be published in colour online. A limited number of colour images can be published for free in each printed issue; additional ones can be reproduced at the author's expense.

- Please submit each Figure as a separate file and in the highest quality possible. Make sure that all imported scanned material is scanned at the appropriate resolution of 300x300 dpi.
- Each file should be saved, with a dots per inch (dpi) value, in one of the following formats: TIFF (tagged image file format), PostScript or EPS (encapsulated PostScript), or JPG and should contain all the necessary font information and the source file of the application (e.g. CorelDraw/Mac, CorelDraw/PC). Minimum resolution for all figures is 300x300 dpi, line art preferably at 600x600 dpi; all figures should be submitted at the maximum size they are intended to appear in the print version and no smaller than c. 15 cm in the longest dimension. Scale bars should be used to indicate the size of any objects shown in figures. Numbers accompanying all axes of two- or three-dimensional diagrams should be horizontally oriented.
- All figures must be numbered in the order in which they appear in the manuscript (e.g. Figure 1, Figure 2). For figures composed of several parts, each part should be labelled in alphabetical order.

9. **Supplementary online material.** Authors are encouraged to submit animations, movie files, sound files or any additional information for online publication. Additional or very large tables, or other supporting material (figures, text, video clips etc.), should be provided with numbers (e.g. Table SI, Table SII; Figure S1, Figure S2) and referred to in the text as follows: "Table SI", "Figure S1". All supplementary material needs to be provided at the very end of the submission as separate file(s). For further information on supplementary material, please see <https://authorservices.taylorandfrancis.com/enhancing-your-article-with-supplemental-material/>.

10. **Data availability statement.** If there is a data set associated with the paper, please provide information about where the data supporting the results or analyses presented in the paper can be found. Where applicable, this should include the hyperlink, DOI or other persistent identifier associated with the data set(s). Templates are also available to support authors.

11. **Data deposition.** If you choose to share or make the data underlying the study open, please deposit your data in a [recognized data repository](#) prior to or at the time of submission. You will be asked to provide the DOI, pre-reserved DOI, or other persistent identifier for the data set.

12. **Manuscripts featuring taxonomic accounts.** All manuscripts that include a Taxonomy section with one or several taxonomic accounts of species or higher taxa should follow the structure and formatting in Neves et al. (*Marine Biology Research* (2016) 12:455–70), available [here](#), and consider the style template available [here](#). The listing of synonymies in taxonomic papers should be kept at a minimum.

MBRJ focuses on high quality comprehensive ***alpha-taxonomic accounts***. Any submission featuring one or several taxonomic account(s) (e.g. new species descriptions, new species records, synonymizations, regional reviews, taxonomic revisions, etc.) should provide thorough comparisons of each treated taxon with related taxa that (may) co-occur and/or are similar. This comparative work should be carried out by the personal involvement of at least one of the authors and/or his/her former taxonomic publications. Furthermore, the comparative material examined should be listed or referred to at the end of the Material & Methods section. In cases where no such comparative material is available (type material missing, extremely rare species, etc.), this should be explicitly stated at the end of the Material & Methods section. In cases where the authors have no personal access to available comparative material, we advise them to make contact with scientific collections and/or specialists and consider widening their collaborative efforts towards preparing a comprehensive alpha-taxonomic submission.

13. **Language editing.** Submissions must be prepared in sufficiently good English to pass the quality check and subsequent reviewing process. *Marine Biology Research* offers language editing only for submissions that have been positively reviewed and are close to acceptance.

Latest Articles

Latest Articles publishing has been established to make accepted papers quickly available online, prior to their assignment to issues. This includes taxonomic articles, containing the description of new species or higher taxa, that are assigned ZooBank LSID registration numbers before appearing early online.

Publication charges

There are no submission fees, publication fees or page charges for this journal.

Colour charges

Authors should restrict their use of colour to situations where it is necessary on scientific, and not merely cosmetic, grounds. Colour figures will be reproduced in colour in the online edition of the journal free of charge. A limited number of colour images can be published for free in each printed issue; additional ones can be reproduced at the author's expense. Charges for

colour figures are £300 per figure (\$400 US Dollars; \$500 Australian Dollars; 350 Euros). If you wish to have more than 4 colour figures, figures 5 and above will be charged at £50 per figure (\$75 US Dollars; \$100 Australian Dollars; 65 Euros).

Depending on your location, these charges may be subject to **Value Added Tax**.

Reproduction of copyright material

If you wish to include any material in your manuscript in which you do not hold copyright, you must obtain written permission from the copyright owner, prior to submission. Such material may be in the form of text, data, table, illustration, photograph, line drawing, audio clip, video clip, film still, and screenshot, and any supplementary material you propose to include. This applies to direct (verbatim or facsimile) reproduction as well as “derivative reproduction” (where you have created a new figure or table which derives substantially from a copyrighted source).

You must ensure appropriate acknowledgement is given to the permission granted to you for reuse by the copyright holder in each figure or table caption. You are solely responsible for any fees which the copyright holder may charge for reuse.

The reproduction of short extracts of text, excluding poetry and song lyrics, for the purposes of criticism may be possible without formal permission on the basis that the quotation is reproduced accurately and full attribution is given.

For further information and FAQs on the reproduction of copyright material, please consult our **Guide**.

Copyright and authors' rights

To assure the integrity, dissemination, and protection against copyright infringement of published articles, you will be asked to assign us, via a Publishing Agreement, the copyright in your article. Your Article is defined as the final, definitive, and citable Version of Record, and includes: (a) the accepted manuscript in its final form, including the abstract, text, bibliography, and all accompanying tables, illustrations, data; and (b) any supplementary material hosted by Taylor & Francis. Our Publishing Agreement with you will constitute the entire agreement and the sole understanding between you and us; no amendment, addendum, or other communication will be taken into account when interpreting your and our rights and obligations under this Agreement.

Copyright policy is explained in detail **here**.

Free article access

As an author, you will receive free access to your article on Taylor & Francis Online. You will be given access to the *My authored works* section of Taylor & Francis Online, which shows you all your published articles. You can easily view, read, and download your published articles

from there. In addition, if someone has cited your article, you will be able to see this information. We are committed to promoting and increasing the visibility of your article and have provided **guidance on how you can help**. Also within *My authored works*, author eprints allow you as an author to quickly and easily give anyone free access to the electronic version of your article so that your friends and contacts can read and download your published article for free. This applies to all authors (not just the corresponding author).

Reprints and journal copies

Article reprints can be ordered through Rightslink® when you receive your proofs. If you have any queries about reprints, please contact the Taylor & Francis Author Services team at reprints@tandf.co.uk. To order a copy of the issue containing your article, please contact our Customer Services team at OrderSupport@TandF.co.uk.

Open Access

This journal gives authors the option to publish open access via our [Open Select publishing program](#), making it free to access online immediately on publication. Many funders mandate publishing your research open access; you can check [open access funder policies and mandates here](#).

Taylor & Francis Open Select gives you, your institution or funder the option of paying an article publishing charge (APC) to make an article open access. Please contact openaccess@tandf.co.uk if you would like to find out more, or go to our [Author Services website](#).

For more information on license options, embargo periods and APCs for this journal please go [here](#).