Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho"
Faculdade de Ciências de Bauru

KEYLA ROBERT DANTAS DE OLIVEIRA

OS EFEITOS DA INGESTÃO DE MICROPLÁSTICO PELAS ANÊMONAS-DO-MAR *ACTINIA BERMUDENSIS* E *BUNODOSOMA CAISSARUM* (CNIDARIA; ANTHOZOA; HEXACORALLIA): UM ESTUDO COMPORTAMENTAL E MORFOLÓGICO

BAURU
2024

KEYLA ROBERT DANTAS DE OLIVEIRA

OS EFEITOS DA INGESTÃO DE MICROPLÁSTICO PELAS ANÊMONAS-DO-MAR *ACTINIA BERMUDENSIS* E *BUNODOSOMA CAISSARUM* (CNIDARIA; ANTHOZOA; HEXACORALLIA): UM ESTUDO COMPORTAMENTAL E MORFOLÓGICO

Trabalho de Conclusão de Curso TCC (monografia) apresentado ao curso de Bacharelado em Ciências Biológicas da Faculdade de Ciências, da Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" (Unesp), como um dos requisitos para obter o grau de bacharelado em Ciências Biológicas.

Orientador: Prof. Dr. Sérgio Nascimento Stampar

BAURU
2024

O48e

Oliveira, Keyla Robert Dantas de

Os efeitos da ingestão de microplásticos pelas anêmonas-do-mar Actinia bermudensis e Bunodosoma caissarum (Cnidaria; Anthozoa; Hexacorallia) : um estudo comportamental e morfológico / Keyla Robert Dantas de Oliveira. -- Bauru, 2024

41 f. : tabs., fotos, mapas

Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado - Ciências Biológicas) - Universidade Estadual Paulista (UNESP), Faculdade de Ciências, Bauru

Orientador: Sérgio Nascimento Stampar

1. Biologia marinha. 2. Anêmonas-do-mar. 3. Animais comportamento. 4. Poluição marinha. 5. Plásticos. I. Título.

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Dados fornecidos pelo autor(a).

AGRADECIMENTOS

Aos meus guias espirituais e aos orixás, por terem me dado força e coragem para eu seguir o meu caminho de cabeça erguida e reconhecido que não posso impedir as mudanças de acontecerem.

Aos meus pais, Roberto e Shirley, por terem me mostrado que sou mais capaz do que achava, por ter me dado apoio em toda caminhada que me propus a trilhar e por terem me deixado o legado de, apesar de tudo, continuar tendo esperança na vida.

Aos meus irmãos, Emerson, Raísa, Thayanne e Victor, e à minha cunhada, Gabriela, por terem me mostrado que desistir nem sempre é falta de coragem, mas reconhecer o seu verdadeiro potencial e poder mudar de caminho quando quiser, isso, sim, requer muita coragem.

Aos meus sobrinhos, Alicia e Gael, por me ensinarem que às vezes é necessário ser criança, continuar brincando ao longo da vida e cultivar com carinho tudo aquilo vivido.

As minhas amigas, Gabriela e Rebeca, por tornarem os dias na faculdade mais leves, por permitir que cada uma pudesse se expressar como quisesse, por todos os risos e por terem me ajudado a evoluir como pessoa e, principalmente, como amiga.

Aos meus calouros, André, Fabiana e Gabriel, pelas conversas agradáveis, por me motivarem sempre e por tornarem os dias no laboratório mais felizes.

A todos os membros do LEDALab por terem me ensinado e me ajudado em tantos momentos quando eu precisava, mas principalmente a Bárbara, ao Dalton, a Emily, à Júlia, à Luana, à Marcela e ao Romulo. Em especial, a Thaís, pois nada disso seria concretizado sem você, obrigada por ter me auxiliado em cada processo desse trabalho desde a primeira ideia experimental até o projeto final com os resultados.

Ao Prof. Dr. Sérgio Stampar por ter me orientado e me dado a oportunidade de me acolher no laboratório e assim, conseguir expressar parte do meu amor pela biologia por meio desse trabalho.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela concessão da minha primeira bolsa de iniciação científica no edital 8/2024.

Ao Laboratório Multiusuário SNOM (IPEN-USP) e à equipe, especialmente Jessica Dipold, Niklaus U. Wetter e Anderson F. Zanardi, pela colaboração na obtenção de parte dos

resultados desta pesquisa. E também ao apoio financeiro da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) através do projeto nº 2017/50332-0 e 2018/19240-5.

Concordo quando Cora Coralina diz que somos feitos de retalhos em que cada pessoa que passou pela minha vida deixou um pedaço de si em mim. Assim, levarei cada um citado acima comigo, independente para onde eu vá, vocês me acompanharão com carinho.

“Se você se sentir insignificante, é melhor repensar.
Melhor acordar, porque você é parte de algo maior.
Não apenas uma partícula no universo.
Não apenas algumas palavras em um versículo da bíblia.
Você é a palavra viva.”

(Beyoncé)

RESUMO

A poluição dos oceanos por microplásticos (MPs), menores que 5 mm, cresce rapidamente e gera grande preocupação, pois coloca em risco a vida de diversos organismos marinhos que os ingerem acidentalmente. No entanto, são escassas as pesquisas sobre os efeitos da ingestão desses resíduos em cnidários, principalmente nas anêmonas-do-mar, não esclarecendo totalmente as consequências para esses seres. Diante disso, esta pesquisa teve como objetivo analisar três grupos experimentais ao ingerir partículas de MPs: organismos da mesma espécie (*Actinia bermudensis*) em diferentes tempos de aclimatação e espécies distintas (*Actinia bermudensis* e *Bunodosoma caissarum*) sob a mesma condição experimental. Os indivíduos de cada grupo foram separados em frascos individuais. O grupo controle não recebeu MPs, enquanto o grupo experimental recebeu miçangas próximas ao disco oral para ingestão, sendo esse processo repetido. Fotos em *timelapse* foram utilizadas para analisar a excreção ou incorporação dos MPs e o tempo de ingestão, retenção e egestão dos plásticos em cada organismo, além de examinar as respostas comportamentais das anêmonas. Ao calcular o período de cada ação realizada pelas anêmonas, observaram-se semelhanças relacionadas ao aumento da ingestão das partículas e à redução da retenção e egestão dos MPs. Contudo, alguns indivíduos de diferentes grupos experimentais apresentaram comportamentos distintos, sobretudo relacionados à ingestão. Como principal semelhança, observaram-se efeitos negativos na aptidão desses organismos devido à interação com os MPs, contribuindo para aprofundar o conhecimento acerca dos impactos da poluição por plásticos em anêmonas-do-mar.

PALAVRAS-CHAVE: Actiniaria; Comportamento; Poluição marinha.

ABSTRACT

Ocean pollution by microplastics (MPs), particles smaller than 5 mm, is rapidly increasing and causing great concern, as it endangers the lives of various marine organisms that accidentally ingest them. However, research on the effects of ingesting these residues in cnidarians, especially sea anemones, is scarce, and the full consequences for these organisms remain unclear. Therefore, this study aimed to analyze three experimental groups when ingesting particles of MPs: organisms of the same species (*Actinia bermudensis*) under different acclimation times and different species (*Actinia bermudensis* and *Bunodosoma caissarum*) under the same experimental condition. Individuals from each group were separated into individual flasks. The control group did not receive MPs, while the experimental group received beads near the oral disc for ingestion, and this process was repeated. Time-lapse photography was used to analyze the excretion or incorporation of MPs and the time of ingestion, retention, and egestion of plastics in each organism, as well as to examine the behavioral responses of the anemones. When calculating the period of each action performed by the anemones, similarities were observed related to the increase in ingestion of particles and the reduction in retention and egestion of MPs. Although, some individuals from different experimental groups showed different behaviors, especially related to ingestion. As the main similarity, negative effects on the fitness of these organisms due to the interaction with MPs were observed, contributing to a deeper understanding of the impacts of plastic pollution on sea anemones.

KEY-WORDS: Actiniaria; Behavior; Marine pollution**.**

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO..... 10
2. OBJETIVOS..... 13
3. MATERIAIS E MÉTODOS..... 14
3.1 Materiais..... 14
3.1.1 Espécimes..... 14
3.1.2 Microplástico..... 15
3.2 Métodos..... 16
3.2.1 Pré-experimento..... 16
3.2.2 Experimento com microplástico..... 17
3.2.3 Análise Comportamental..... 18
3.2.4 Análise Estatística..... 18
4. RESULTADOS..... 19
4.1 Propriedades das miçangas..... 19
4.2 Actinia bermudensis - Espécimes aclimatados há mais tempo (10 meses de aclimatação)..... 19
4.3 Actinia bermudensis - espécimes recém-aclimatados (1 mês de aclimatação)..... 23
4.4 Bunodosoma caissarum - espécimes recém-aclimatados (1 mês de aclimatação)... 27
5. DISCUSSÃO..... 32
7. REFERÊNCIAS..... 36

1. INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas, houve um aumento exponencial na produção mundial de resíduos plásticos, visto que em 1950 eram produzidos 2 milhões de toneladas, crescendo para 380 milhões de toneladas em 2015 (Geyer *et al.*, 2017). Caso esse rápido ritmo de manufatura e demanda continue, é esperado que haja a duplicação dessa produção de plásticos em 2035 e quase o quádruplo em 2050 (Barra *et al.*, 2018). Isso ocorre devido ao intenso uso cotidiano do plástico, por ser um material versátil, que apresenta baixo custo, peso reduzido, é ideal para vários usos e capaz de substituir outros materiais como: metais, vidros e papéis (Andrady, 2011).

Dessa forma, o alto consumo contribui para a geração abundante de resíduos, dos quais a maior parte é descartada em aterros sanitários ou incorretamente no ambiente natural (Geyer, 2020). Ademais, diversos setores contribuem para essa realidade incluindo a indústria pesqueira, aquicultura, deposição atmosférica, transporte marinho e por resíduos depositados nas costas das praias (Derraik, 2002; Hinojosa *et al.*, 2009; Andrady, 2011; Doyle *et al.*, 2011; Lots *et al.*, 2017; Sommer *et al.*, 2019; Liu *et al.*, 2019; Gong e Xie, 2020), resultando na poluição ambiental, que representa uma ameaça significativa à biodiversidade local, comprometendo a sobrevivência de espécies da fauna e flora.

A inadequada gestão dos resíduos plásticos se configura como um problema ambiental de grandes proporções, impactando os ecossistemas terrestres, os marinhos e a atmosfera (Prokić *et al.*, 2021). Esse poluente já foi encontrado em praticamente todos os biomas aquáticos do planeta (Lusher, 2015), sendo documentada pela primeira vez na década de 1970 (Carpenter *et al.*, 1972). Desde então, essa problemática só se agravou, tornando-se um dos maiores perigos à vida marinha na atualidade (Jambeck *et al.*, 2015). Estimando que a quantidade desse material que entra nos oceanos poderá atingir 90 milhões de toneladas anuais até 2030, se as tendências de produção se mantiverem como previsto e não houver melhorias no manejo (Borrelle *et al.*, 2020).

Uma vez no ambiente oceânico, os objetos plásticos se dispersam por longas distâncias devido a sua flutuabilidade e as correntes oceânicas (Goldberg, 1997) e serão transformados em detritos menores, por meio de alguns processos como a biodegradação, a fotodegradação e a degradação termo-oxidativa (Goldberg, 1997; Andrady, 2011). Consequente, há a formação de microplásticos (MPs), partículas plásticas iguais ou menores que 5 mm de diâmetro classificados como MPs primários, produzidos industrialmente em

tamanhos menores (Kataoka *et al.*, 2019; Dalvand *et al.*, 2022) e os MPs secundários, resultantes da fragmentação de plásticos maiores (Andrady, 2011; Thakur *et al.*, 2023). Diante disso, esses detritos afetam comprovadamente uma ampla gama de seres vivos de diferentes níveis da cadeia alimentar, impactando negativamente toda cadeia trófica por meio da bioacumulação e biomagnificação (Hierl *et al.*, 2021).

A crescente preocupação com os microplásticos se justifica por sua capacidade de serem facilmente ingeridos por organismos marinhos, especialmente aqueles na base da teia alimentar (Moore, 2008). Os estudos científicos acerca dos impactos desses detritos são mais voltados para grupos de vertebrados marinhos, sobretudo peixes (Sá *et al.*, 2018) e espécies de interesse comercial, tal como moluscos e crustáceos (Van Cauwenberghe e Janssen, 2014). Isso acontece, pois grande parte desses organismos são utilizados para alimentação, tornando-se uma fonte potencial de MPs ou contaminantes ambientais para os seres humanos (Barboza *et al*., 2018; Gong e Xie, 2020). Desta forma, outros grupos de vertebrados e invertebrados carecem de informações e estudos sob esse tópico, apesar de desempenharem um papel trófico importante no ambiente marinho (Sá *et al.*, 2018).

Dentre os invertebrados temos o Filo Cnidaria, representado pelas águas-vivas, corais e anêmonas-do-mar, que possui baixa representação na literatura acerca dos microplásticos, tanto em pesquisas laboratoriais quanto em campo (Sá *et al.*, 2018; Devereux *et al*., 2021). No entanto, alguns estudos já foram realizados com algumas espécies do grupo, principalmente em espécies recifais, mostrando que os MPs podem afetar a aptidão (Syakti *et al.*, 2019; Costa *et al*., 2020; Rapp *et al.*, 2021), o crescimento (Chapron et al., 2018; Eom *et al.*, 2022), além de gerar o branqueamento e necrose em alguns grupos (Reichert *et al.*, 2018; Soares *et al.*, 2020).

As anêmonas-do-mar (ordem Actiniaria) são organismos bentônicos, semi-sésseis e alimentadores oportunistas (Shick, 1991). Alimentam-se de diversos organismos marinhos como zooplâncton, moluscos, crustáceos e peixes, as tornando peças fundamentais para compreender as complexas interações entre os organismos pelágicos e bentônicos (Tümerkan *et al*., 2024). Esse grupo possui ampla distribuição geográfica, podendo ocorrer desde regiões entremarés a águas profundas e são importantes componentes ecológicos para se entender melhor o ecossistema marinho (Fautin *et al*., 1993; Sun *et al*., 2022; Menezes e Thakur, 2022).

Como predadores ativos, partículas de MPs já foram reportadas em espécies do grupo (Morais *et al.*, 2020) e alguns efeitos negativos a esses animais já foram observados, tais como: bloqueio na cavidade gastrovascular, dano tecidual, aumento na produção de muco e intoxicações. Isso ocorre, porque os MPs adsorvem e transportam poluentes orgânicos altamente resistentes e contaminantes orgânicos hidrofóbicos, que podem comprometer a vitalidade desses animais (Mato *et al.*, 2000; Wright *et al*., 2013; Bowley *et al*., 2021).

Os poucos estudos feitos com anêmonas, incluem o de Morais *et al*. (2020) que se concentraram na identificação e quantificação de MPs nas cavidades gastrovasculares desses organismos. Ao analisar a espécie *Bunodosoma cangicum* (Corrêa in Belém, 1987), os autores demonstraram que essa anêmona pode acumular fragmentos plásticos em seus tecidos, sugerindo seu potencial para monitorar níveis de poluição plástica em ecossistemas costeiros. Somado a isso, os cientistas investigaram o comportamento das anêmonas em presença de MPs, ampliando a compreensão dos efeitos desses poluentes acerca do grupo.

Savage *et al*. (2022) evidenciaram que diferentes espécies de anêmonas podem apresentar diferentes preferências alimentares em relação aos plásticos, com base em experimentos nos quais as anêmonas foram mantidas em aquários com a subsequente adição de MPs. Orte *et al*. (2019) aprofundaram essa questão ao estudar a espécie *Exaiptasia diaphana* (Rapp, 1829) utilizando a mesma metodologia. Os resultados indicaram que a presença de presas naturais pode estimular a ingestão de plásticos por essas anêmonas, que são excretadas gradualmente. Além disso, os indivíduos que passaram por processos de branqueamento mostraram-se mais suscetíveis à contaminação por plásticos, possivelmente devido à sua condição fisiológica comprometida.

Apesar dos esforços, ainda existem lacunas de conhecimento em relação às possíveis mudanças comportamentais nos espécimes devido a ingestão de MPs e aos quais impactos esses fragmentos podem causar em diferentes espécies. Até o momento, nenhum estudo relacionado foi realizado com as espécies de anêmonas-do-mar *Actinia bermudensis* (McMurrich, 1889) e *Bunodosoma caissarum*, o que dificulta a compreensão dos efeitos da ingestão de microplásticos nessas espécies e os impactos a longo prazo nos ecossistemas.

A *A. bermudensis* possui ampla distribuição geográfica, sendo encontrada no Atlântico Norte, Caribe, Uruguai e no Brasil, ao longo dos estados do Sudeste e Nordeste e os arquipélagos de Fernando de Noronha e São Pedro e São Paulo (Rodríguez *et al.*, 2024) e

é encontrada fixada em rochas grandes e, geralmente, protegidas do sol (Corrêa, 1964). Embora apresente relação com zooxantelas, essas algas não beneficiam a *A. bermudensis* significativamente, conseguindo resistir a condições com e sem luz (Fulton, 1921).

Por outro lado, a *B. caissarum* apresenta grande distribuição na costa brasileira, sendo encontrada entre os estados do Rio de Janeiro até o Rio Grande do Sul, incluindo os arquipélagos de Fernando de Noronha e São Pedro e São Paulo e em toda região do Nordeste (Amado *et al.*, 2011). Geralmente encontrada no mesolitoral fixas ao substrato rochoso (Scremin *et al.*, 2013), ademais apresenta simbiose com muitas zooxantelas que ficam aderidas aos seus tentáculos e possui estudos relacionados ao seu mecanismo de defesa e toxicidade (Alés *et al.*, 2000; Malpezzi *et al.*, 1993).

Assim, esse estudo é essencial para compreender os efeitos da poluição por microplásticos no ambiente marinho, uma vez que avalia como essas anêmonas interagem com essas partículas e os impactos que essa exposição pode causar nos organismos.

2. OBJETIVOS

Esse trabalho tem como objetivo geral observar quais são os efeitos que a ingestão de microplásticos promove na anêmona do mar *Actinia bermudensis* e na *Bunodosoma caissarum* por meio de *timelapse*, além de observar as consequências dessas partículas nesses animais.

Objetivos específicos

- Observar se o microplásticos ingeridos serão expelidos ou incorporados pelos indivíduos dessas espécies;
- Verificar se houve mudanças morfológicas e na aptidão dos espécimes devido a ingestão de microplástico;
- Aferir se houve alterações comportamentais em organismos da mesma espécie, sob diferentes tempos de aclimatação, e em espécies distintas, sob mesma situação experimental;

3. MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 Materiais

3.1.1 Espécimes

Foram utilizados um total de 8 indivíduos da espécie *Actinia bermudensis* (Figura 1A) e 4 de *Bunodosoma caissarum* (Figura 1B). Desse total, 4 indivíduos da espécie *Actinia bermudensis* já estavam aclimatadas em laboratório e foram coletadas em Ubatuba – SP (Praia Domingas Dias) (Figura 2) em agosto de 2023 e 4 indivíduos foram recém-coletados da mesma espécie durante o mês de julho de 2024 em Ubatuba – SP (Praia da Enseada) (Figura 2). Adicionalmente, 4 indivíduos da espécie *Bunodosoma caissarum* foram coletadas no Guarujá – SP (Praia de Pernambuco) (Figura 2) também em julho de 2024 a fim de realizar a comparação.

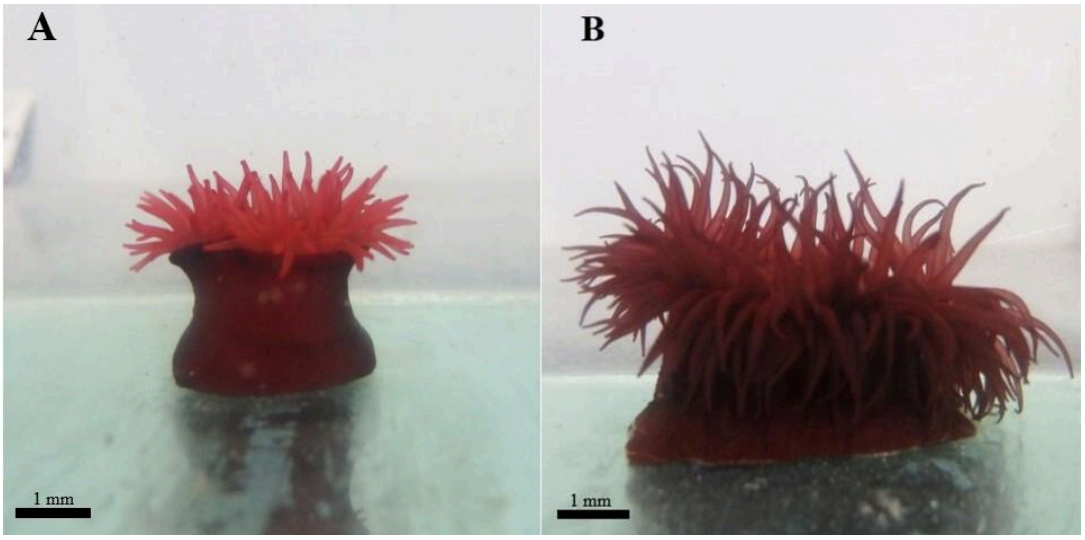


Figura 1 - Espécies utilizadas no experimento. (A) *Actinia bermudensis* e (B) *Bunodosoma caissarum*.

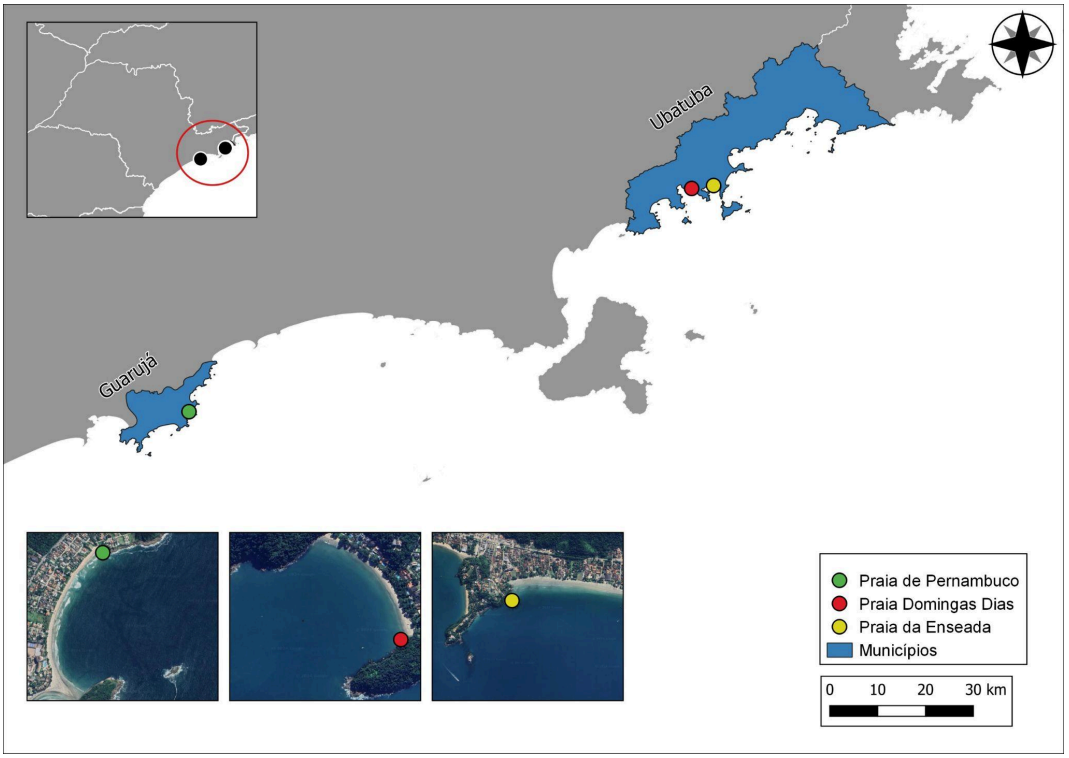


Figura 2 - Mapa dos pontos de coleta nas cidades de Ubatuba e Guarujá no estado de São Paulo.

Todos os espécimes coletados foram acondicionados em aquários ou recipientes grandes de plástico com água do mar e mantidos com aerador, até o momento do transporte dos organismos ao LEDA – Laboratório de Evolução e Diversidade Aquática, situado na Unesp - Bauru. No laboratório, os organismos foram colocados em aquários médios (30 cm x 40 cm x 20 cm) e depois separados em frascos de vidro de 265 ml individualmente, onde foram mantidos em jejum até se fixarem no copo. Após esse período, houve o início dos experimentos comportamentais.

3.1.2 Microplástico

Para a realização dos experimentos, foram utilizadas miçangas (Figura 3) de aproximadamente 2mm de diâmetro (Figura 3A), mantidas na embalagem plástica original. A fim de identificar a composição desse fragmento plástico utilizado no experimento, foram enviadas amostras desse material ao Laboratório Multiusuário SNOM (IPEN-USP) para a realização da análise de espectroscopia micro-Raman. Para obtenção dos espectros das amostras, foi utilizado o equipamento labRAM HR Evolution (HORIBA) usando lasers de diferentes comprimentos de onda (473 nm, 532 nm, 633 nm e 785 nm) e uma objetiva de 50x *long range* (NA=0.55), onde foi testada a resistência de cada material para diferentes

níveis de potência de cada laser, com o objetivo de obter o melhor sinal dos espectros sem danificar o material.

Após a otimização dos parâmetros, os sinais foram coletados com tempo total próximo de um minuto, onde foram obtidos os gráficos de acumulação dos espectros de cada amostra. Uma baseline foi aplicada através das ferramentas do próprio software do micro-Raman (Labspec) ou de um código em Matlab ®, para remover eventuais ruídos obtidos durante a análise dos materiais. Posteriormente, com a obtenção do gráfico de espectros da amostra (Figura 3C), houve a identificação do polímero usando a base de dados do programa Knowitall ®.

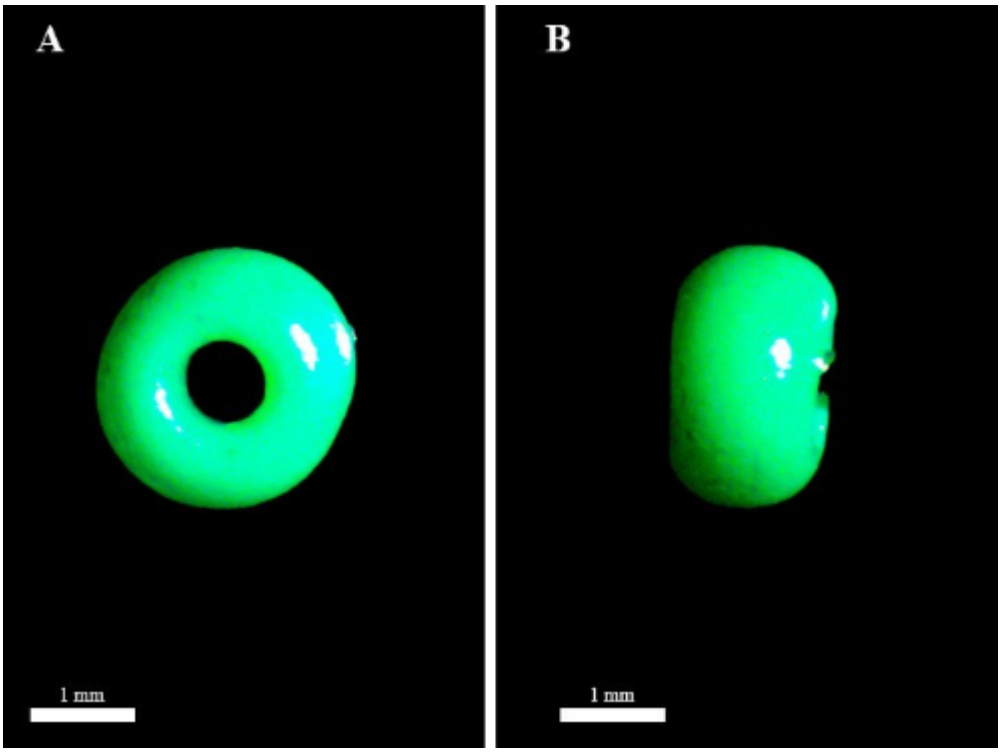


Figura 3 - Material plástico utilizado no experimento, sendo (A) o diâmetro do fragmento e (B) largura

3.2 Métodos

3.2.1 Pré-experimento

Inicialmente, os espécimes de *Actinia bermudensis* não expunham os tentáculos e boca quando mantidas em jejum. Desta forma, foi necessário realizar alguns estímulos para que esses animais consumissem os materiais oferecidos durante o experimento. Assim, antes de serem oferecidos os microplásticos, foi realizada a movimentação da água em cada recipiente, simulando os movimentos de ondas e maré. Em seguida, os espécimes foram expostos à adição de *Artemia* sp. (alimento) e à luz. Nos primeiros experimentos, as

aclimatadas somente abriram nessas condições e mesmo cada uma tendo completado todas as repetições do experimento, houve dias no qual ocorreu rejeição das miçangas.

Já as recém-coletadas, demoraram algumas semanas para responder aos estímulos. Nas primeiras três semanas, conforme observado em estudos anteriores (Monteiro *et al*., 1998), os indivíduos se dedicaram principalmente à reprodução assexuada. Quando foi tentado realizar os experimentos, os espécimes expunham os tentáculos e a boca parcialmente para se alimentar, porém quando se aproximavam da luz ou havia movimento na água, elas rapidamente se fechavam como resultado da não aclimatação. Somente após cerca de um mês, quando os animais já haviam se adaptado ao novo ambiente, foi possível realizar os experimentos de forma satisfatória, mas também havendo dias no qual a rejeição do MP ocorreu.

Os indivíduos de *Bunodosoma caissarum* receberam os mesmos estímulos que os demais e apresentaram boas respostas, pois expunham todo o disco oral quando eram estimulados. Sendo mais lento a sua fixação no copo, demorando um mês para que os experimentos começassem.

3.2.2 Experimento com microplástico

Para a realização desse experimento foram usados 12 copos, onde cada um conteve 1 espécime de cada anêmona, sendo *Actinia bermudensis* (N= 8 indivíduos) e *Bunodosoma caissarum* (N= 4 indivíduos). Houve separação do grupo controle de cada tratamento (N= 3 indivíduos), ou seja, nele não foram oferecidas partículas de plástico ao animal. Nos outros 9 copos foram adicionados microplásticos ao disco do oral do indivíduo.

Em cada repetição do experimento, cinco partículas foram oferecidas a cada anêmona e o tempo de reação do organismo foi registrado, observando-se retenção ou egestão completa das partículas. Após essa observação, o procedimento foi repetido cinco vezes para cada indivíduo.

Como etapa anterior ao experimento, todos os indivíduos foram pesados (peso molhado; g) em uma balança de precisão (BEL Engineering M; 0001g de precisão). Adicionalmente, o diâmetro do disco pedal foi medido utilizando um paquímetro (cm). Após 5 dias da finalização do experimento, cada amostra foi pesada e o disco pedal foi novamente medido, para verificar possíveis mudanças morfológicas nos animais.

Esse estudo teve a duração total de quatro meses, sendo os animais alimentados todos os dias com *Artemia* sp. para manter a nutrição e as condições de temperatura e salinidade (35 ppm) eram as mesmas em todos os copos. Aqueles espécimes que sofreram com efeitos negativos previamente a esse período estipulado foram registrados fotos com o estereomicroscópio (Opticam) e analisadas possíveis causas do ocorrido.

3.2.3 Análise Comportamental

O intuito dessa análise comportamental foi observar quais foram os efeitos que a adição de cinco microplásticos perto do disco oral das anêmonas causaria aos espécimes acondicionados. Para isso, foram realizadas filmagens desde o momento que foi dado todos os microplásticos até o momento que o indivíduo regurgite as partículas de plástico.

Para obtenção das filmagens e imagens, foi utilizada a câmera digital Olympus Optical 5 Axis Is. As imagens foram capturadas por *timelapse* durante um período total de 24 horas. A frequência de captura variou: a cada 30 segundos durante as 9 horas diurnas e a cada 10 minutos durante as 15 horas noturnas. A aquisição dessas fotografias foi importante para observar e compreender como as anêmonas se comportam ao ter contato direto com os fragmentos de microplástico. A partir das imagens obtidas, foi possível registrar o momento dos seguintes aspectos do comportamento alimentar: quantos microplásticos foram expelidos, quantos foram retidos, o tempo de ingestão considerado desde a adesão dos tentáculos até a ingestão completa dos microplásticos na cavidade gastrovascular, o tempo de retenção considerado a partir da entrada na cavidade até a saída do primeiro microplástico, o tempo da egestão considerado da saída do primeiro microplástico até o quinto, e, por fim, a procura de padrões comportamentais.

Com base em pesquisas anteriores, duas hipóteses podem ser levantadas: (H0) a ingestão de microplásticos ocorrerá, mas após um certo período, o organismo pode produzir secreções para excretá-los, o que indicaria um estresse na anêmona; e (H1) a ingestão de microplásticos resultará na adesão desses materiais à cavidade da anêmona, levando a consequências negativas para sua alimentação e saúde.

3.2.4 Análise Estatística

O teste t foi realizado no Excel a fim de analisar se a redução de peso e tamanho nas anêmonas que participaram dos experimentos foi devido a ingestão de MPs e não ao acaso.

Assim comparando as medidas iniciais com as finais, sendo os resultados considerados significativos quando o valor de *p* for menor que 0,05.

4. RESULTADOS

4.1 Propriedades das miçangas

A espectrometria Raman identificou que o material das miçangas é o polinitroestireno (PNS) com adição do corante Neozapon blue FLE. Sendo um poliestireno com introdução de grupos de dióxido de nitrogênio (Phillipides *et al*., 1992), tornando um composto com menor reatividade (Duarte, 2012). Além disso, o PNS exibe propriedades viscoelásticas (Cabral, 2005), o que significa que ele pode se deformar sob a ação de uma força e, posteriormente, recuperar parcial ou totalmente sua forma original após um determinado período. Essa característica, combinada com a menor reatividade, torna o PNS um material de interesse para diversas aplicações.

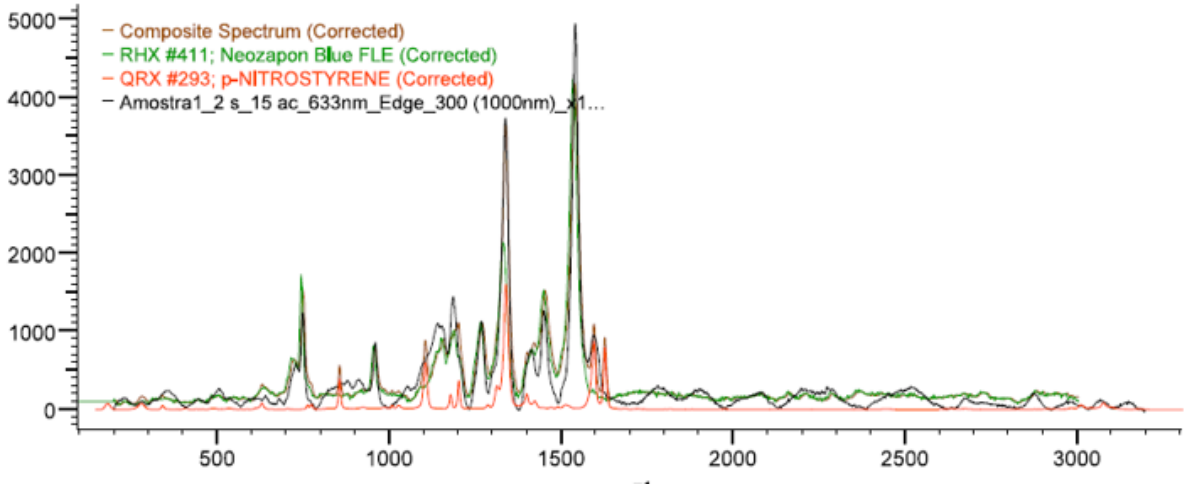


Figura 4 - Gráfico obtido na análise de microscopia Raman, confirmando ser constituído de polinitroestireno.

4.2 *Actinia bermudensis* - Espécimes aclimatados há mais tempo (10 meses de aclimatação)

Nos experimentos, a duração média de ingestão dos três espécimes foi de 20 minutos (Tabela 1, 2 e 3). No entanto, observou-se que nos primeiros testes, esse processo durava menos tempo, mas nos últimos experimentos, houve mudança no padrão de ingestão (Figura 5) e essa ação demandou mais tempo, chegando em média 40 minutos, dependendo do indivíduo.

Adicionalmente, verificou-se que a retenção dos plásticos durou em tempos médios similares nas amostras 1 e 3 Contudo, a amostra 2 demonstrou um tempo de retenção médio

maior. Apesar dessa diferença, todos os exemplares obtiveram a redução do tempo se comparado a primeira análise com a última. No início, a excreção ocorria de forma gradual (Figura 6), com a eliminação de quatro partículas seguidas de uma quinta, que demandava um esforço maior, podendo o processo todo durar até vinte horas.

No entanto, ao término do experimento, observou-se uma mudança no padrão, com a eliminação simultânea de todas as partículas em um período significativamente menor, como somente 1 hora em um indivíduo e nos outros alguns minutos com a produção de bastante muco fazendo com que as miçangas saíssem anexadas umas às outras.

Já na morfologia, foi constatada uma diminuição aparente no tamanho e peso das anêmonas em todos os grupos experimentais, quando comparadas com o grupo controle. Essa observação foi realizada visualmente, mas não pôde ser confirmada por meio de medidas exatas, uma vez que todos os indivíduos, exceto os do grupo controle, não sobreviveram aos procedimentos experimentais.

Tabela 1 - Período de retenção, de ingestão e de egestão dos cinco experimentos com a amostra 1 de *Actinia bermudensis* já aclimatadas.

Amostra 1 de *Actinia bermudensis* aclimatadas	Número de MPs ingeridos	Número de MPs excretados	Tempo de ingestão	Tempo de retenção	Tempo de egestão
Experimento 1	5	5	12 min	3h19 min	19h
Experimento 2	5	5	11 min	3h06 min	10h
Experimento 3	5	5	21 min	2h	21 min
Experimento 4	5	5	10 min	2h56 min	10 min
Experimento 5	5	5	15 min	3h	3 min

Tabela 2 - Período de retenção, de ingestão e de egestão dos cinco experimentos com a amostra 2 de *Actinia bermudensis* já aclimatadas.

Amostra 2 de *Actinia bermudensis* aclimatadas	Número de MPs ingeridos	Número de MPs excretados	Tempo de ingestão	Tempo de retenção	Tempo de egestão
Experimento 1	5	5	27 min	9h36 min	13h16 min
Experimento 2	5	5	23 min	8h56 min	5h20 min
Experimento 3	5	5	8min	3h 54 min	14h14 min
Experimento 4	5	5	41 min	5h25 min	22h03 min
Experimento 5	5	5	22 min	1h03 min	3 min

Tabela 3 - Período de retenção, de ingestão e de egestão dos cinco experimentos com a amostra 3 de *Actinia bermudensis* já aclimatadas.

Amostra 3 de *Actinia bermudensis* aclimatadas	Número de MPs ingeridos	Número de MPs excretados	Tempo de ingestão	Tempo de retenção	Tempo de egestão
Experimento 1	5	5	34 min	7h02 min	11h20 min
Experimento 2	5	5	16 min	3h56 min	5h28 min
Experimento 3	5	5	24 min	3h30 min	1h10 min
Experimento 4	5	5	21 min	6h56 min	23h40 min
Experimento 5	5	5	20 min	5h19 min	5 min

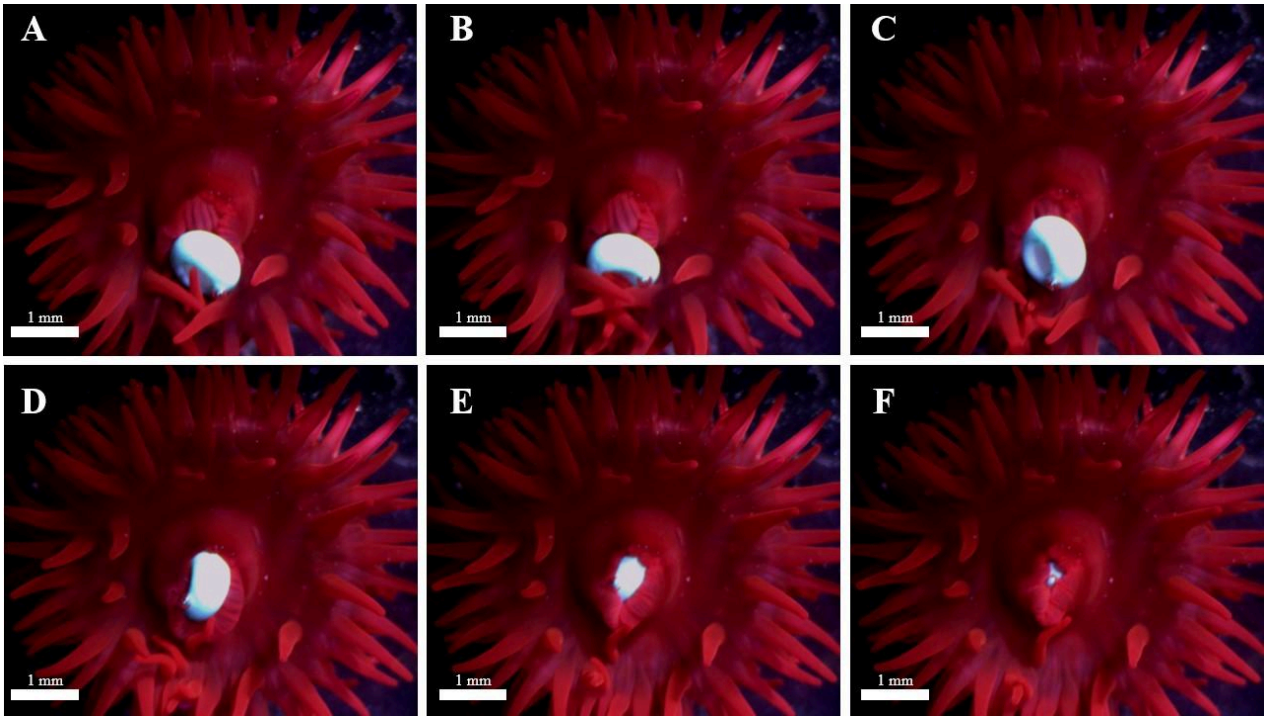


Figura 5 - Indivíduo de *Actinia bermudensis* fazendo a ingestão de uma miçanga. (A) Os tentáculos aderem à superfície da miçanga (B) abertura do disco oral (C) entrada da miçanga na cavidade gástrica (D) processo de ingestão na metade (E) fechamento do disco oral (F) entrada total da miçanga.

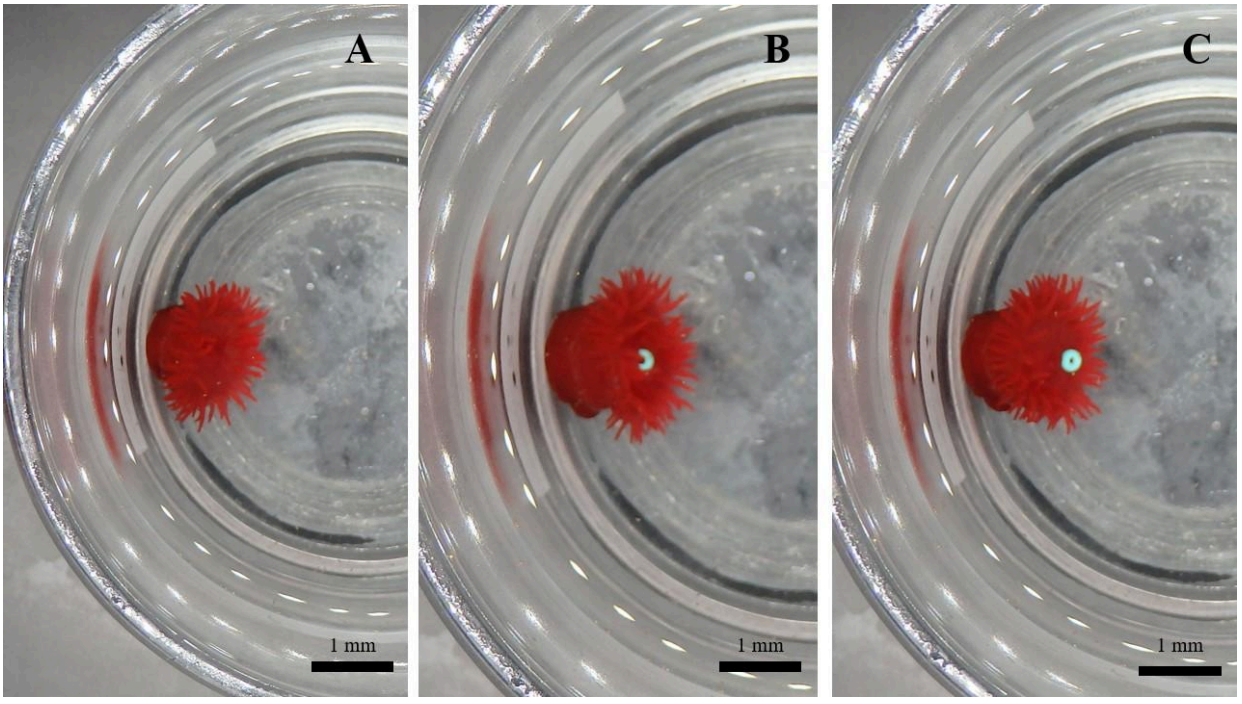


Figura 6 - Indivíduo de *Actinia bermudensis* fazendo a egestão individual de uma miçanga. (A) A anêmona ainda não começou a egestão (B) processo começou com a abertura do disco oral (C) miçanga sofreu excreção completa.

4.3 *Actinia bermudensis* - espécimes recém-aclimatados (1 mês de aclimatação)

Já nas *A. bermudensis* recém-aclimatadas, verificou-se nos comportamentos dos espécimes 1 (Tabela 4) e 2 (Tabela 5), a ingestão era um processo rápido no início do experimento. Entretanto, ao comparar as primeiras e últimas observações, constatou-se um aumento significativo no período médio desse processo, que passou de aproximadamente 20 minutos para cerca de 40 minutos.

Ao examinar a amostra 3, detectou-se que o processo de ingestão dos plásticos diferia dos demais indivíduos (Tabela 6). Inicialmente, o tempo de ingestão era prolongado, podendo chegar a 1 hora e 30 minutos. Contudo, ao longo dos experimentos, houve uma redução significativa desse tempo, com o espécime apresentando, ao final, um tempo de ingestão de 13 minutos, similar ao observado nas outras amostras.

Assim, como observado anteriormente, no início eram excretadas quatro miçangas separadamente e, após maior esforço, a última era eliminada. Ao final dos testes, todas as miçangas eram excretadas juntas (Figura 7), acompanhadas de uma significativa produção de muco (Figura 8). A diferença marcante foi que ambas as amostras tiveram diminuição desse tempo conforme passava os experimentos, exceto por um pico que ocorreu no meio do experimento em que a egestão durou 11 horas na amostra 1 e 70 horas na amostra 2, sendo o maior tempo registrado nesse tratamento para todas as anêmonas e grupos experimentais.

O processo de retenção seguiu um padrão consistente com os experimentos anteriores, caracterizado por um período de aproximadamente 7 horas. Contudo, a fase de egestão nessa amostra apresentou características distintas, com um tempo consideravelmente menor (15 minutos) e uma sequência de eliminação das MPs que poderiam sair separadas ou juntas.

A análise dos dados obtidos na amostra demonstrou uma tendência geral de redução de peso (Tabela 7), variando entre 0,1 e 0,4 gramas ($p = 0,033$), acompanhada de diminuição do tamanho do disco pedal, com valores entre 0,2 e 0,7 centímetros ($p = 0,000014$), sendo os dois significativos. Essa perda foi observada em todos os indivíduos, exceto no controle, que apresentou um ganho de peso de 1 grama e aumento do disco pedal em 0,2 centímetros. É importante destacar a ausência de mortalidade no grupo experimental, diferentemente do grupo anterior.

Tabela 4 - Período de retenção, de ingestão e de egestão dos cinco experimentos com a amostra 1 de *Actinia bermudensis* recém-aclimatadas.

Amostra 1 de *Actinia bermudensis* recém-aclimatadas	Número de MPs ingeridos	Número de MPs excretados	Tempo de ingestão	Tempo de retenção	Tempo de egestão
Experimento 1	5	5	20 min	10h52 min	1h10 min
Experimento 2	5	5	15 min	5h04 min	9h
Experimento 3	5	5	25 min	7h16 min	11h14 min
Experimento 4	5	5	30 min	3h48 min	5h56 min
Experimento 5	5	5	20 min	9h45 min	6h

Tabela 5 - Período de retenção, de ingestão e de egestão dos cinco experimentos com a amostra 2 de *Actinia bermudensis* recém-aclimatadas.

Amostra 2 de *Actinia bermudensis* recém-aclimatadas	Número de MPs ingeridos	Número de MPs excretados	Tempo de ingestão	Tempo de retenção	Tempo de egestão
Experimento 1	5	5	10 min	18h40 min	24 min
Experimento 2	5	5	23 min	4 min	70h10 min
Experimento 3	5	5	15 min	9h37 min	1h
Experimento 4	5	5	40 min	3h57 min	7h30 min
Experimento 5	5	5	9 min	13h07 min	10 min

Tabela 6 - Período de retenção, de ingestão e de egestão dos cinco experimentos com a amostra 3 de *Actinia bermudensis* recém-aclimatadas.

Amostra 3 de *Actinia bermudensis* recém-aclimatadas	Número de MPs ingeridos	Número de MPs excretados	Tempo de ingestão	Tempo de retenção	Tempo de egestão
Experimento 1	5	5	1h30 min	7h14 min	13 min
Experimento 2	5	5	1h	15h17 min	15 min
Experimento 3	5	5	20 min	6h55 min	10 min
Experimento 4	5	5	13 min	30 min	30 min
Experimento 5	5	5	40min	7h57 min	10 min

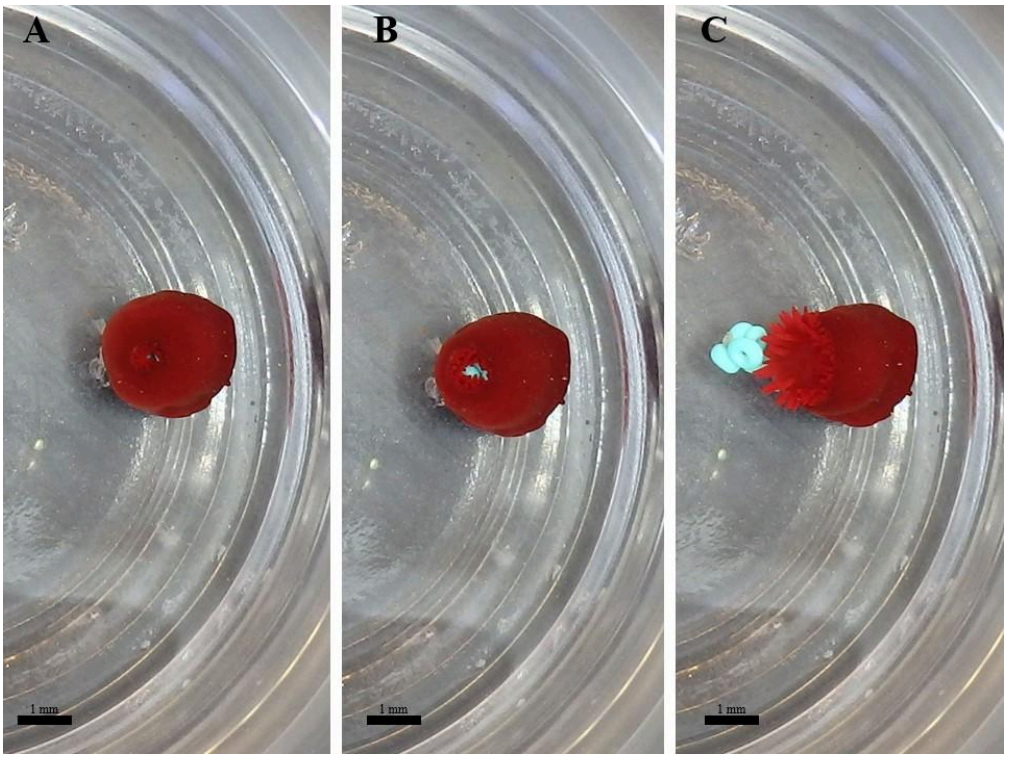


Figura 7 - Indivíduo de *Actinia bermudensis* realizando a egestão de uma miçanga. (A) Disco oral com uma pequena abertura para começar a egestão (B) aumento da abertura do disco oral, início da contração do corpo e começo da egestão (C) contração total do corpo e expulsão de todos os fragmentos (miçangas) excretadas simultaneamente.

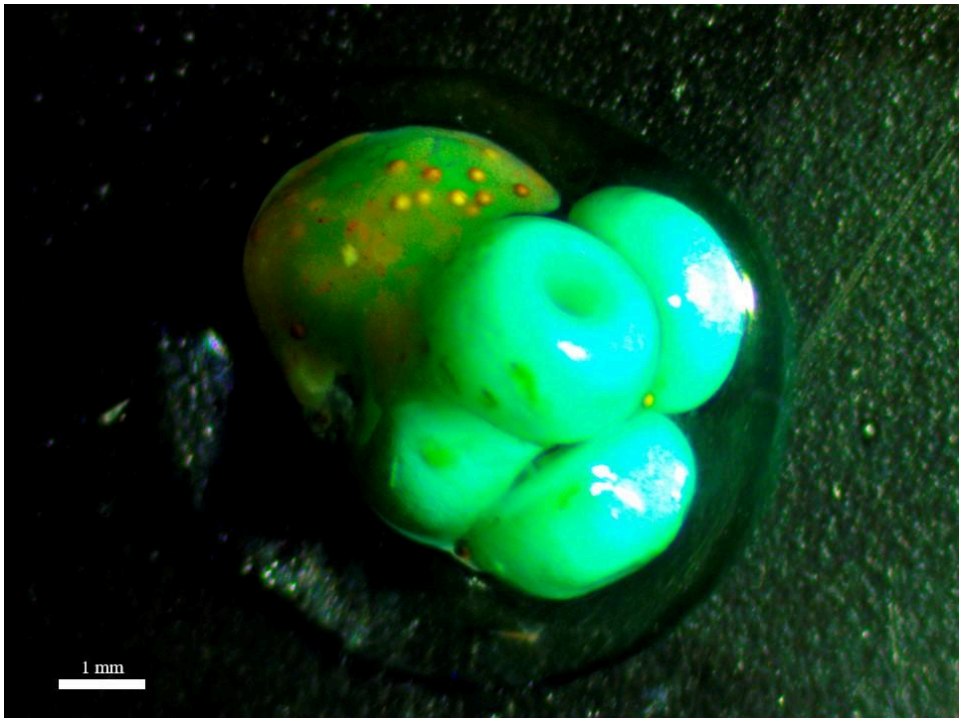


Figura 8 - Cinco miçangas (fragmentos plásticos) que sofreram egestão e se mantiveram aderidas pelo muco produzido pelo indivíduo.

Tabela 7 - Peso e tamanho das amostras de *Actinia bermudensis* recém aclimatadas antes e após os experimentos.

Amostras de *Actinia bermudensis* recém-aclimatadas	Peso inicial (gramas)	Tamanho inicial (cm)	Peso final (gramas)	Tamanho final (cm)
Controle	1,2	1,6	2,2	1,8
1	1,6	1,7	1,5	1,5
2	2,2	1,8	1,8	1,1
3	1,2	1,4	1,1	1,2

4.4 *Bunodosoma caissarum* - espécimes recém-aclimatados (1 mês de aclimatação)

Durante a ingestão nas *B. caissarum* (Figura 9), o indivíduo 1 apresentou um aumento progressivo no tempo necessário para a conclusão do processo ao longo dos experimentos (Tabela 8). Esse tempo passou de 12 minutos iniciais para 25 minutos no final

das análises. As amostras 2 (Tabela 9) e 3 (Tabela 10), por outro lado, apresentaram um padrão oposto, com uma redução média de aproximadamente 8 minutos no tempo de ingestão ao longo dos estudos. No entanto, ao considerar o tempo médio de ingestão dos três espécimes, não foi notada uma variação entre os diferentes testes.

Já o tempo de retenção das miçangas diminuiu progressivamente ao longo das análises, com a amostra 3 apresentando o menor tempo médio de retenção entre as amostras 1 e 2. Entretanto, a eliminação das miçangas ocorreu de maneira gradual, com a eliminação dos MPs individualmente (Figura 10) ou em pequenos grupos durante todo o experimento, ao invés de uma expulsão simultânea de todos. Resultando em uma redução do tempo total de egestão quando comparado aos demais grupos. Inicialmente estimado em cerca de 7 horas, esse tempo foi gradativamente reduzido, atingindo até 3 horas no último experimento, sugerindo um processo de adaptação.

A análise morfológica do grupo experimental revelou alterações significativas em comparação ao grupo controle (Tabela 11). Observou-se uma redução tanto no peso quanto no tamanho do disco oral, com uma perda média de 1,9 gramas ($p = 0,0057$) e 0,4 centímetros ($p = 0,00073$) respectivamente, sendo ambas medidas significativas. Em contrapartida, o indivíduo utilizado como controle apresentou um aumento de peso de apenas 0,1 grama e manteve suas dimensões originais do disco pedal, evidenciando um contraste marcante entre os grupos e sugerindo que as condições experimentais induziram alterações morfológicas consideráveis no grupo experimental.

Tabela 8 - Período de retenção, de ingestão e de egestão dos cinco experimentos com a amostra 1 de *Bunodosoma caissarum.*

Amostra 1 de *Bunodosoma caissarum*	Número de MPs ingeridos	Número de MPs excretados	Tempo de ingestão	Tempo de retenção	Tempo de egestão
Experimento 1	5	5	12 min	7h37 min	8h
Experimento 2	5	5	10 min	6h33 min	16h03 min
Experimento 3	5	5	15 min	2h30 min	49h17 min
Experimento 4	5	5	20 min	1h43 min	3h57 min
Experimento 5	5	5	25 min	4h21 min	3h24 min

Tabela 9 - Período de retenção, de ingestão e de egestão dos cinco experimentos com a amostra 2 de *Bunodosoma caissarum.*

Amostra 2 de *Bunodosoma caissarum*	Número de MPs ingeridos	Número de MPs excretados	Tempo de ingestão	Tempo de retenção	Tempo de egestão
Experimento 1	5	5	16 min	7h29 min	3h
Experimento 2	5	5	20 min	6h29 min	4h17 min
Experimento 3	5	5	14 min	31h29 min	5h24 min
Experimento 4	5	5	37 min	6h	1h45 min
Experimento 5	5	5	9 min	6h50 min	5h33 min

Tabela 10 - Período de retenção, de ingestão e de egestão dos cinco experimentos com a amostra 3 de *Bunodosoma caissarum.*

Amostra 3 de *Bunodosoma caissarum*	Número de MPs ingeridos	Número de MPs excretados	Tempo de ingestão	Tempo de retenção	Tempo de egestão
Experimento 1	5	5	25 min	2h25 min	1 min
Experimento 2	5	5	20 min	1h57 min	6h17 min
Experimento 3	5	5	15 min	2h43 min	50 min
Experimento 4	5	5	16 min	1h53 min	13h33 min
Experimento 5	5	5	15 min	1h20 min	2h08 min

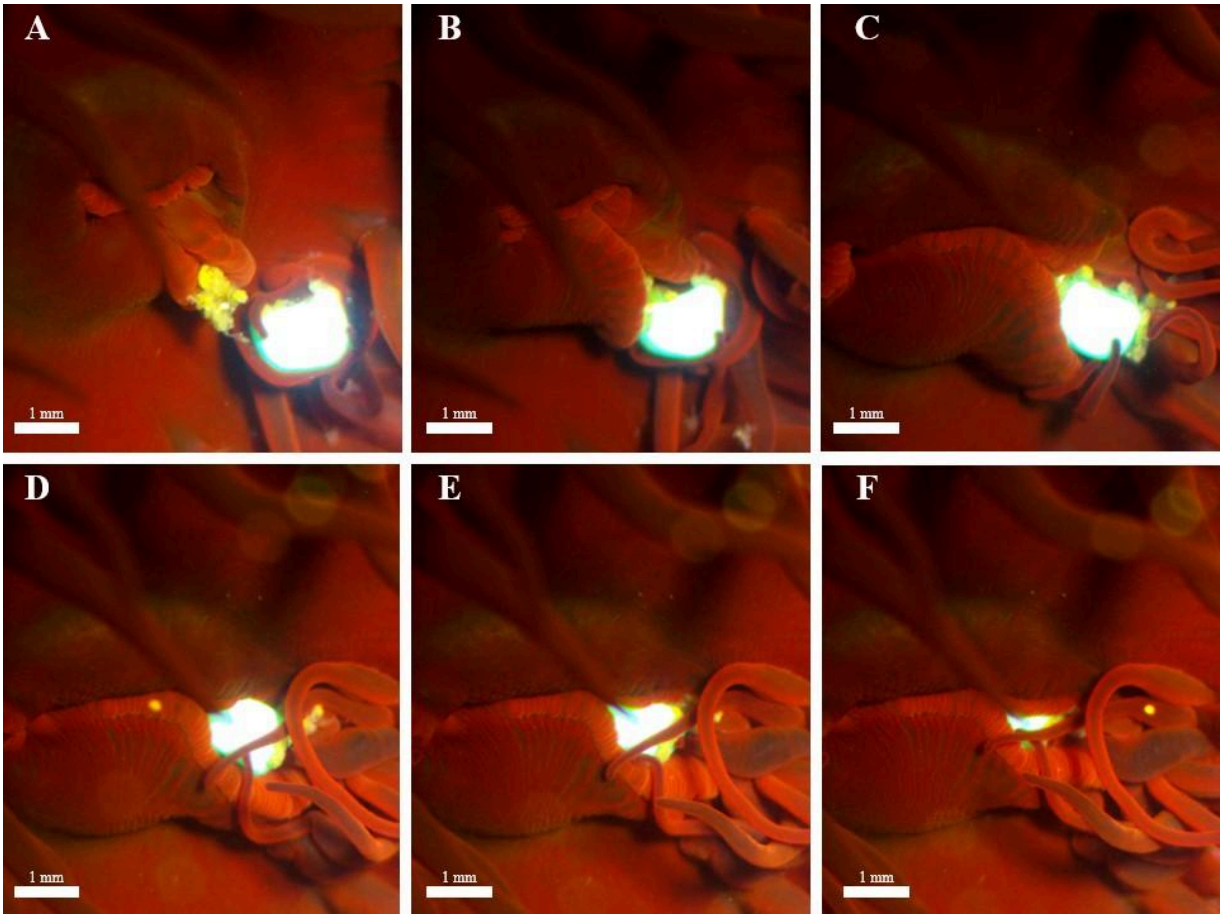


Figura 9 - Indivíduo de *Bunodosoma caissarum* realizando a ingestão de uma miçanga. (A) Aderência dos tentáculos na miçanga (B) abertura do disco oral (C) miçanga começa a entrar na cavidade gástrica (D) ajuda dos tentáculos o processo de ingestão está na metade (E) início do fechamento do disco oral (F) finalização da ingestão.

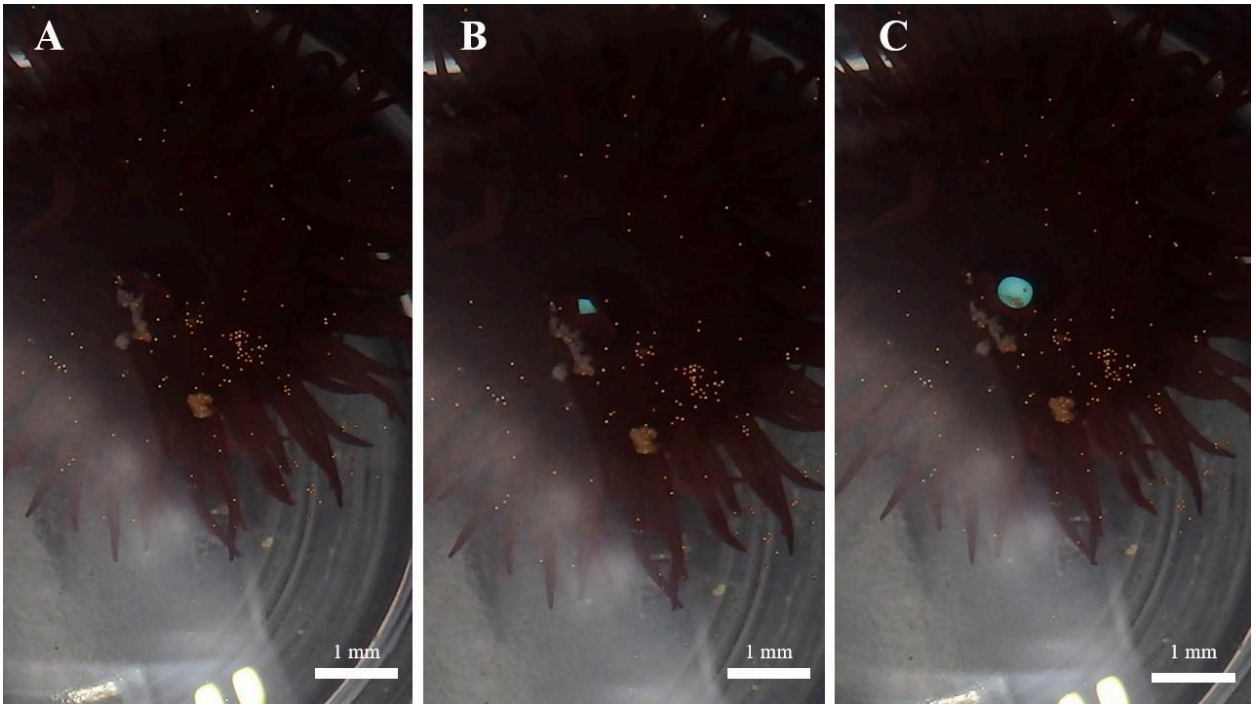


Figura 10 - Indivíduo de *Bunodosoma caissarum* fazendo a egestão de uma miçanga. (A) A anêmona ainda não começou o processo de egestão (B) o processo inicia com a abertura do disco oral e parte da miçanga já é visível (C) a miçanga foi excretada completamente.

Tabela 11 - Peso e tamanho das amostras de *Actinia bermudensis* recém aclimatadas antes e após os experimentos.

Amostras de *Bunodosoma caissarum*	Peso inicial (gramas)	Tamanho inicial (cm)	Peso final (gramas)	Tamanho final (cm)
Controle	4,2	2	4,3	2
1	6,7	2,9	4,3	2,2
2	4,4	2,1	3,6	1,8
3	6,9	2,1	4,4	1,9

5. DISCUSSÃO

Este estudo identificou e analisou as respostas comportamentais de duas espécies de anêmonas do mar, *Actinia bermudensis* e *Bunodosoma caissarum*, à ingestão de microplásticos. Ao observar tanto as respostas comportamentais quanto as alterações

morfológicas, essa pesquisa contribui para a compreensão dos impactos ecológicos da poluição por plásticos em organismos bentônicos.

Durante a execução desse estudo, notou-se a ausência de pesquisas que simulassem em laboratório a interação entre partículas de plástico e as espécies de anêmonas utilizadas. No entanto, há evidências de estudos de campo que detectaram a presença desses MPs nesses gêneros, como *Actinia* e *Bunodosoma* (Janssens e Garcia-Vazquez, 2021; Tümerkan *et al.,* 2024), relatando a bioacumulação e a variação nos tipos de plásticos ingeridos em diferentes ambientes. A *Bunodosoma*, em particular, demonstrou ser um potencial biomonitor, consumindo altos níveis de plástico mesmo em áreas preservadas (Morais *et al.,* 2020). Ressaltando a importância de estudos mais aprofundados sobre os riscos da poluição por plásticos para a vida marinha.

De modo geral, diversos invertebrados marinhos já foram relatados se alimentando de partículas não comestíveis, esses seres possuem mecanismos para selecionar e eliminar esses materiais, ou para acumulá-los em seus tecidos (Thompson, 2006). Observou-se que as anêmonas consumiam esse material mais facilmente com estímulo alimentar, pois ajudava a manter esses organismos abertos. Esse ato está alinhado com estudos como o de Orte *et al*. (2019), que demonstraram a ingestão de plásticos quando houve a adição de alimento aos aquários, resultado gerado pelo estímulo químico (Kamio e Derby, 2017) e para imitar o ambiente natural.

Atualmente, há uma lacuna considerável na literatura científica acerca do cálculo de tempo no qual ocorre a ingestão de microplásticos por anêmonas. Embora estudos sobre outros cnidários, como corais, já abordam essa questão como na pesquisa de Savinelli *et al.* (2020) que o pólipo de *Astroides calycularis* demorava cerca de 4 minutos para ingerir cada pedaço de saco plástico (polietileno), assim como no de Pereira *et al*. (2024) no qual as 15 amostras de *Viminella flagellum* gastavam, em média, o mesmo período para ingerir microesferas de polietileno.

Os resultados do presente estudo, indicaram que a duração média foi de 20 a 30 minutos para a ingestão total das 5 partículas. No entanto, é interessante notar que as anêmonas tiveram a tendência de aumentar o tempo necessário para ingerir essas partículas plásticas quando expostas a elas repetidamente, com exceção da amostra 3 das *A. bermudensis* recém-aclimatadas e das amostras 2 e 3 das *B. caissarum*. Podendo sugerir que houve o reconhecimento dessas partículas por esses organismos, justificado em alguns

estudos como consequência da estratégia de captura de partículas com os tentáculos antes da ingestão (Janssens e Garcia-Vazquez, 2021; Sfriso *et al.*, 2024).

Já considerando o tempo de retenção dos microplásticos, os resultados dessa pesquisa demonstraram uma tendência consistente à redução desse período em todas as anêmonas analisadas, independentemente do grupo experimental ou da espécie. Essa observação corrobora com os dados de Diana *et al*. (2020), que reportaram um tempo médio de retenção de aproximadamente 5 horas nos seus três grupos amostrais de *Exaiptasia diaphana* e a redução do período de ingestão. No presente estudo, o tempo médio de retenção variou dependendo do grupo. Para *A. bermudensis* já aclimatadas foi em média 5 horas e 25 minutos, para *A. bermudensis* recém-aclimatadas foi em torno de 8 horas e 23 minutos e para *B. caissarum* estendeu-se por 4 horas e 25 minutos. Essa heterogeneidade nos tempos de retenção ressalta a complexidade das interações e também a variabilidade no comportamento das anêmonas (Diana *et al.*, 2020).

A prolongada retenção de microplásticos nos organismos pode acarretar uma série de consequências fisiológicas e ecológicas. Dentre elas, destaca-se a redução da taxa de ingestão de alimentos, simulando uma falsa saciedade devido à ocupação da cavidade gastrovascular (Cole e Galloway, 2015; Allen *et al*., 2017). Além disso, a exposição prolongada aos microplásticos facilita a absorção de substâncias químicas nocivas e poluentes orgânicos associados a esses materiais (Montano *et al*., 2020).

Analisou-se nesse experimento que a consequência mais grave que pode ter sido gerada pelos esses motivos acima, foi a mortalidade de todos os indivíduos de *Actinia bermudensis* com 10 meses de aclimatação em laboratório. Essa alta mortalidade pode estar relacionada à falta de exposição aos estresses bióticos e abióticos naturais do ambiente marinho, o que pode ter comprometido a capacidade adaptativa desses organismos, tornando-os mais suscetíveis a outros fatores de estresse, como a presença de microplásticos. Contudo, necessita-se realizar mais experimentos para aferir se o mesmo ocorre novamente, abrangendo até outras espécies.

Foi relatado em diversos estudos com cnidários, a egestão das partículas de plástico após certo tempo de retenção (Hankins *et al*., 2018; Reichert *et al*., 2018; Orte *et al*., 2019; Diana *et al*., 2020; Savinelli *et al*., 2020; Sucharitakul *et al*., 2020; Ge *et al*., 2023; Pereira *et al.*, 2024). Esse processo custa muita energia do organismo por necessitar da captura do

plástico, feita ativamente pelos tentáculos, tentativa de digestão da partícula e contrações dos tecidos para expulsão desse material com alta produção de muco (Pereira *et al.*, 2024).

No presente estudo, o tempo de egestão apresentou o padrão de reduzir o período de excreção dos MPs, mesmo com alta variação nos grupos. Em média, nas *A. bermudensis* já aclimatadas durou 9 horas e 23 minutos, nas *A. bermudensis* recém-aclimatadas foi em torno de 8 horas e 31 minutos e nas *B. caissarum* perpetuou-se por 11 horas e 8 minutos. Assemelhando-se com o estudo de Ge *et al*. (2023), em que a água viva *Rhopilema esculentum* fez a egestão de poliestireno durante 9 horas. É importante ressaltar que a capacidade de processar e eliminar microplásticos é influenciada por fatores fisiológicos, morfológicos e comportamentais específicos de cada espécie, sendo a compreensão desses processos, crucial para avaliar os impactos a longo prazo da poluição por plásticos nos ecossistemas marinhos e para o desenvolvimento de estratégias de monitoramento e gestão eficazes.

Ao final dos experimentos, observou-se em todas as amostras como consequência principal a redução do peso e tamanho do disco pedal, aspecto notado em outros estudos (Diana *et al*., 2020), diminuindo comprovadamente a sua aptidão, pois uma área de superfície maior da anêmona aumenta o potencial de captura de presas (Sebens, 1982). Outra consequência foi o aumento da produção de muco produzido como forma de estresse ou juntamente com os plásticos (Reichert *et al.*, 2018; Hierl *et al.*, 2021; Tümerkan *et al*., 2024).

Em suma, o presente estudo demonstrou que esses espécimes respondem de forma diferentes aos microplásticos, porém todos sofreram com efeitos negativos na sua aptidão. Nessa pesquisa, os plásticos foram colocados em uma quantidade baixa de um material nunca utilizado por pesquisas desse tipo e próximo ao disco oral ao invés do ambiente, como na maioria dos estudos que utilizam fibras ou polietileno (Orte *et al.*, 2019; Diana *et al.*, 2020; Tümerkan *et al.*, 2024). Devido à dificuldade em manter as anêmonas abertas por tempo suficiente para a ingestão e até rejeições que ocorreram durante esse processo, exigiu um tempo experimental maior em comparação com outros estudos que, em geral, utilizavam delineamentos experimentais de períodos menores.

Portanto, com base nas análises apresentadas neste estudo, salientamos a necessidade de investigações mais aprofundadas sobre a dinâmica da ingestão, retenção e egestão de microplásticos por anêmonas-do-mar. Desta forma, futuras pesquisas devem explorar os

efeitos desses poluentes na aptidão desses organismos, avaliando parâmetros como taxa de sobrevivência, crescimento, reprodução e demais aspectos fisiológicos, tal como o seu potencial para bioacumulação. Além disso, é interessante a utilização de outros tipos de materiais plásticos, uma vez que os poucos estudos apontam a predominância da ingestão e bioacumulação de fibras (Morais *et al.*, 2020). Assim, esses estudos permitirão um melhor entendimento dos impactos ecológicos a longo prazo da contaminação por microplásticos em ecossistemas marinhos.

6. CONCLUSÃO

A partir dos dados analisados acerca dos processos de ingestão, retenção e egestão de microplásticos em organismos da mesma espécie *Actinia bermudensis*, sob diferentes tempos de aclimatação, e em espécies distintas com *Actinia bermudensis* e *Bunodosoma caissarum*, sob mesma situação experimental. Concluiu-se que calculando o período de cada ação realizada, as alterações morfológicas e comportamentais que cada anêmona teve, houveram semelhanças e diferenças nesses processos. Igualmente em todos os seres, relataram-se os efeitos negativos na aptidão desses organismos relacionados à interação com polímeros de polinitroestireno. Dessa forma, os resultados obtidos neste estudo contribuem para o conhecimento científico acerca dos impactos da poluição por plásticos nas anêmonas do mar e suas consequências, podendo auxiliar estudos adicionais para aprofundar a influência dos microplásticos em cnidários.

7. REFERÊNCIAS

ALÉS E.; GABILAN, N. H.; CANO-ABAD, M. F.; GARCÍA, A. G.; LÓPEZ, M. G. (2000) The Sea Anemone Toxin Bc2 Induces Continuous or Transient Exocytosis, in the Presence of Sustained Levels of High Cytosolic Ca2+ in Chromaffin Cells. Journal of Biological Chemistry, v. 275, p. 37488-37495. https://doi.org/10.1074/jbc.M007388200.

ALLEN, S. A.; SEYMOUR, A. C.; RITTSCHOF, D. (2017) Chemoreception drives plastic consumption in a hard coral. Marine Pollution Bulletin, v. 124, p. 198-205. https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2017.07.030.

AMADO, E. M.; VIDOLIN, D.; FREIRE, C. A.; SOUZA, M. M. (2011) Distinct patterns of water and osmolyte control between intertidal (*Bunodosoma caissarum*) and subtidal (*Anemonia sargassensis*) sea anemones. Comparative Biochemistry and Physiology

Part A: Molecular and Integrative Physiology, v. 158, p. 542-551. https://doi.org/10.1016/j.cbpa.2010.12.019.

ANDRADY, A. L. (2011). Microplastics in the marine environment. Marine Pollution Bulletin, v. 62, p. 1596-1605. https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2011.05.030.

BARBOZA, L. G. A.; VETHAAK, A. D.; LAVORANTE, B. R. B. O.; LUNDEBYE, A. K.; GUILHERMINO, L. (2018). Marine microplastic debris: An emerging issue for food security, food safety and human health, v. 133, p. 336-348. https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2018.05.047.

BARRA, R. O.; LEONARD, S. A.; WHALEY, C.; BIERBAUM, R. (2018). Plastics and the Circular Economy - A STAP Document. Scientific and Technical Advisory Panel, v. 1, p. 1-28. http://dx.doi.org/10.13140/RG.2.2.11515.57128.

BORRELLE, S. B.; RINGMA, J.; LAW, K. L.; MONNAHAN, C. C.; LEBRETON, L.; MCGIVERN, A.; MURPHY, E.; JAMBECK, J.; LEONARD, G. H.; HILLEARY, M. A.; ERIKSEN, M.; POSSINGHAM, H. P.; FROND, H.; GERBER, L. R.; POLIDORO, B.; TAHIR, A.; BERNARD, M.; MALLOS, N.; BARNES, M.; ROCHMAN, C. M. (2020) Predicted growth in plastic waste exceeds efforts to mitigate plastic pollution. Science, v. 369, p. 1515-1518. https://doi.org/10.1126/science.aba3656.

BOWLEY, J.; BAKER-AUSTIN, C.; PORTER, A.; HARTNELL, R.; LEWIS, C. (2021) Oceanic Hitchhikers – Assessing Pathogen Risks from Marine Microplastic. Trends in Microbiology, v. 29, p. 107-116. https://doi.org/10.1016/j.tim.2020.06.011.

CABRAL, M. F. (2005) Preparação e caracterização de filmes finos semicondutores de selênio dopados com chumbo. Dissertação (Mestrado) – Universidade de São Paulo, São Carlos.

CARPENTER, E. J.; SMITH JR, K. L. (1972) Plastics on the Sargasso Sea Surface. Science, v. 175, p. 1240-1241. https://doi.org/10.1126/science.175.4027.1240.

CHAPRON, L.; PERU, E.; ENGLER, A.; GHIGLIONE, J. F.; MEISTERTZHEIM, A. L.; PRUSKI, A. M.; PURSER, A.; VÉTION, G.; GALAND, P. E.; LARTAUD, F. (2018) Macro- and microplastics affect cold-water corals growth, feeding and behaviour. Springer Nature, v. 8, p. 1-8. https://doi.org/10.1038/s41598-018-33683-6.

COLE, M.; GALLOWAY, T. S. (2015) Ingestion of Nanoplastics and Microplastics by Pacific Oyster Larvae. Environmental Science e Technology, v. 49, p. 14625-14632. https://doi.org/10.1021/acs.est.5b04099.

CORRÊA, D.D. (1964) Corallimorpharia e Actiniaria do Atlântico Oeste Tropical, Universidade de São Paulo, São Paulo.

COSTA, E.; GAMBARDELLA, C.; PIAZZA, V.; VASSALI, M.; SBRANA, F.; LAVORANO, S.; GARAVENTA, F.; FAIMALI, M. (2020) Microplastics ingestion in the ephyra stage of *Aurelia* sp. triggers acute and behavioral responses. Ecotoxicology and Environmental Safety, v. 189, p. 983-991. https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2019.109983.

DALVAND, M.; HAMIDIAN, A. H. (2022) Occurrence and distribution of microplastics in wetlands. Science of The Total Environment, v. 862, p. 1-9. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.160740.

DERRAIK, J. G. B. (2002) The pollution of the marine environment by plastic debris: a review. Marine Pollution Bulletin, v. 44, p. 842-852. https://doi.org/10.1016/S0025-326X(02)00220-5.

DEVEREUX, R.; HARTL, M. G. J.; BELL, M.; CAPPER, A. (2021) The abundance of microplastics in cnidaria and ctenophora in the North Sea. Marine Pollution Bulletin, v. 173, p. 992-1005. https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2021.112992.

DIANA, Z.; SAWICKIJ, N.; RIVERA JR., N. A.; HSU-KIM, H.; RITTSCHOF, D. (2020) Plastic pellets trigger feeding responses in sea anemones. Aquatic Toxicology, v. 222, p. 447-457. https://doi.org/10.1016/j.aquatox.2020.105447.

DOYLE, M. J.; WATSON, W.; BOWLIN, N. M.; SHEAVLY, S. B. (2011) Plastic particles in coastal pelagic ecosystems of the Northeast Pacific ocean. Marine Pollution Bulletin, v. 71, p. 41-52. https://doi.org/10.1016/j.marenvres.2010.10.001.

DUARTE,T. A. G. (2012) Polioxometalatos: Estudos Catalíticos em fase Homogênea e Heterogênea. Dissertação (Mestrado) – Universidade de Aveiro, Santiago.

EOM, H.; LEE, N.; YUM, S.; RHEE, J. (2022) Effects of extremely high concentrations of polystyrene microplastics on asexual reproduction and nematocyst discharge in the

jellyfish *Sanderia malayensis*. Science of The Total Environment, v. 807, p. 1-13. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.150988.

ERIKSEN, M.; MAXIMENKO, N.; THIEL, M.; CUMMINS, A.; LATTIN, G.; WILSON, S.; HAFNER, J.; ZELLERS, A.; RIFMAN, S. (2013) Plastic pollution in the South Pacific subtropical gyre. Marine Pollution Bulletin, v. 68, p. 71-76. https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2012.12.021.

FAUTIN, D. F.; ALLEN, G. R. (1993) Field Guide to Anemonefishes and Their Host Sea Anemones. COPEIA, v. 1993, p. 899-900. https://doi.org/10.2307/1447266.

FULTON, J. F. (1921) Concerning the vitality of *Actinia bermudensis*: A study in symbiosis. Journal of Experimental Zoology, v. 33, p. 353-364. https://doi.org/10.1002/jez.1400330203.

GE, J.; LI, B.; LIAO, M.; ZHANG, Z.; CHEN, S.; XIA, B.; WANG, Y. (2023) Ingestion, egestion and physiological effects of polystyrene microplastics on the marine jellyfish *Rhopilema esculentum*. Marine Pollution Bulletin, v. 187, p. 609-619. https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2023.114609.

GEYER, R. (2020) Production, use, and fate of synthetic polymers. Plastic Waste and Recycling, v. 1, p. 13–32. https://doi.org/10.1016/B978-0-12-817880-5.00002-5.

GEYER, R.; JAMBECK, J. R.; LAW, K. L. (2017) Production, use, and fate of all plastics ever made. Science Advances, v. 3, p. 1-5. https://doi.org/10.1126/sciadv.1700782.

GOLDBERG, E. D. (1997) Plasticizing the Seafloor: An Overview. Environmental Technology, v. 18, p. 195-201. https://doi.org/10.1080/09593331808616527.

GONG, J.; XIE, P. (2020) Research progress in sources, analytical methods, eco-environmental effects, and control measures of microplastics. Chemosphere, v. 254, p. 790-800. https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2020.126790.

HANKINS, C.; DUFFY, A.; DRISCO, K. (2018) Scleractinian coral microplastic ingestion: Potential calcification effects, size limits, and retention. Marine Pollution Bulletin, v. 135, p. 587-593. https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2018.07.067.

HIERL, F.; WU, H. C.; WESTPHAL, H. (2021) Scleractinian corals incorporate microplastic particles: identification from a laboratory study. Environmental Science

and Pollution Research, v. 28, p. 37882–37893. https://doi.org/10.1007/s11356-021-13240-x.

HINOJOSA, I. A.; THIEL, M. (2009) Floating marine debris in fjords, gulfs and channels of southern Chile. Marine Pollution Bulletin, v. 58, p. 341-350. DOI https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2008.10.020.

JAMBECK, J. R.; GEYER, R.; WILCOX, C.; SIEGLER, T. R.; PERRYMAN, M.; ANDRADY, A.; LAW, K. L. (2015) Plastic waste inputs from land into the ocean. Science, v. 347, p. 768-771. https://doi.org/10.1126/science.1260352.

JANSSENS, L.; GARCIA-VAZQUEZ, E. (2021) Dangerous microplastics in topshells and anemones along the north coast of Spain. Marine Pollution Bulletin, v. 173, p. 1129-1145. https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2021.112945.

KAMIO, M.; DERBY C. D. (2017) Finding food: how marine invertebrates use chemical cues to track and select food. Natural Product Reports, v. 34, p. 514-528. https://doi.org/10.1039/c6np00121a.

KATAOKA, T.; NIHEI, Y.; KUDOU, K.; HINATA, H. (2019) Assessment of the sources and inflow processes of microplastics in the river environments of Japan. Environmental Pollution, v. 244, p. 958-965. https://doi.org/10.1016/j.envpol.2018.10.111.

LIU, K.; WANG, X.; FANG, T.; XU, P.; ZHU, L.; LI, D. (2019) Source and potential risk assessment of suspended atmospheric microplastics in Shanghai. Science of the Total Environment, v. 675, p. 462-471. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.04.110.

LOTS, F. A. E.; BEHRENS, P.; VIJVER, M. G.; HORTON, A. C.; BOSKER, T. A. (2017) large-scale investigation of microplastic contamination: Abundance and characteristics of microplastics in European beach sediment. Marine Pollution Bulletin, v. 123, p. 219-226. https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2017.08.057.

LUSHER, A. (2015) Microplastics in the Marine Environment: Distribution, Interactions and Effects. Marine Anthropogenic Litter, v. 1, p. 245-307. https://doi.org/10.1007/978-3-319-16510-3_10.

MALPEZZI, E. L. A.; FREITAS, J. C.; MURAMOTO, K.; KAMIYA, H. (1993) Characterization of peptides in sea anemone venom collected by a novel procedure. Toxicon, v. 31, p. 853-864. https://doi.org/10.1016/0041-0101(93)90220-D.

MATO, Y.; ISOBE, T.; TAKADA, H.; KANEHIRO, H.; OHTAKE, C.; KAMINUMA, T. (2001) Plastic Resin Pellets as a Transport Medium for Toxic Chemicals in the Marine Environment. Environmental Science and Technology, v. 35, p. 318–324. https://doi.org/10.1021/es0010498.

MENEZES, C.; THAKUR, N. L. (2022) Sea anemone venom: Ecological interactions and bioactive potential. Toxicon, v. 208, p. 31-46. https://doi.org/10.1016/j.toxicon.2022.01.004.

MONTANO, S.; SEVESO, D.; MAGGIONI, D.; GALLI, P.; CORSARINI, S.; SALIU, F. (2020) Spatial variability of phthalates contamination in the reef-building corals *Porites lutea*, *Pocillopora verrucosa* and *Pavona varians*. Marine Pollution Bulletin, v. 155, p. 1111-1117. https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2020.111117.

MONTEIRO, F. A.; , RUSSO, C. A. M.; SOLÉ-CAVA, A. M. (1998) Genetic Evidence for the Asexual Origin of Small Individuals Found in the Coelenteron of the Sea Anemone *Actinia bermudensis* McMurrich. Bulletin of Marine Science, v. 63, p. 257-264.

MORAIS, L. M. S.; SARTI, F.; CHELAZZI, D.; CINCINELLI, A.; GIARRIZZO, T.; MARTINELLI FILHO, J. E. (2020) The sea anemone Bunodosoma cangicum as a potential biomonitor for microplastics contamination on the Brazilian Amazon coast. Environmental Pollution, v. 265, p. 1-10. https://doi.org/10.1016/j.envpol.2020.114817.

MOORE, C. J. (2008) Synthetic polymers in the marine environment: A rapidly increasing, long-term threat. Environmental Research, v. 108, p. 131-139. https://doi.org/10.1016/j.envres.2008.07.025.

ORTE, M. R.; CLOWEZ, S.; CALDEIRA, K. (2019) Response of bleached and symbiotic sea anemones to plastic microfiber exposure. Environmental Pollution, v. 249, p. 512-517. https://doi.org/10.1016/j.envpol.2019.02.100.

PEREIRA, J. M.; CARREIRO-SILVA, M.; VILAR, A. S.; GODINHO, A.; LEWIS, C.; PHAM, C. K. (2024) Cold-water octocoral interactions with microplastics under

laboratory conditions. Deep-Sea Research Part I: Oceanographic Research Papers, v. 2013, p. 400-409. https://doi.org/10.1016/j.dsr.2024.104400.

PHILLIPIDES, A.; BUDD, P. M.; PRICE, C.; CUNCLIFFE. A. V. (1993) The nitration of polystyrene. Polymer, v. 34, p. 3509-3513. https://doi.org/10.1016/0032-3861(93)90483-Q.

PROKIĆ, M. D.; GAVRILOVIĆ, B. R.; RADOVANOVIĆ, T. B.; GAVRIĆ, J. P.; PETROVIĆ, T. G.; DESPOTOVIĆ, S. G.; FAGGIO, C. (2021) Studying microplastics: Lessons from evaluated literature on animal model organisms and experimental approaches. Journal of Hazardous Materials, v. 414, p. 476-489. https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2021.125476.

RAPP, J.; HERRERA, A.; BONDYALE-JUEZ, D. R.; GONZÁLEZ-PLEITER, M.; REINOLD, S.; ASENSIO, M.; MARTÍNEZ, I.; GÓMEZ, M. (2021) Microplastic ingestion in jellyfish *Pelagia noctiluca* (Forsskal, 1775) in the North Atlantic Ocean. Marine Pollution Bulletin, v. 166, p. 112-119. https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2021.112266.

REICHERT, J.; SCHELLENBERG, J.; SCHUBERT, P.; WILKE, T. (2018) Responses of reef building corals to microplastic exposure. Environmental Pollution, v. 237, p. 955-960. https://doi.org/10.1016/j.envpol.2017.11.006.

RODRÍGUEZ, E.; FAUTIN, D; DALY, M. (2024). World List of Actiniaria. *Actinia bermudensis* (McMurrich, 1889). World Register of Marine Species at: https://www.marinespecies.org/aphia.php?p=taxdetails&id=283273

SÁ, L. S.; OLIVEIRA, M.; RIBEIRO, F.; ROCHA, T. L.; FUTTER, M. N. (2018) Studies of the effects of microplastics on aquatic organisms: What do we know and where should we focus our efforts in the future?. Science of the Total Environment, v. 645, p. 1029-1039. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.07.207.

SAVAGE, G.; PORTER, A.; SIMPSON, S. D. (2022) Uptake of microplastics by the snakelocks anemone (Anemonia viridis) is commonplace across environmental conditions. Science of the Total Environment, v. 836, p. 1-9. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.155144.

SAVINELLI, B.; FERNÁNDEZ, T. V.; GALASSO, N. M.; D'ANNA, G.; PIPITONE, C.; PRADA, F.; ZENONE, A.; BADALAMENTI, F.; MUSCO, L. (2020) Microplastics

impair the feeding performance of a Mediterranean habitat-forming coral. Marine Environmental Research, v. 155, p. 104-110. https://doi.org/10.1016/j.marenvres.2020.104887.

SCREMIN, R.; FURQUIM, S.; DUBIASKI-SILVA, J. (2013) Fatores determinantes na distribuição de Bunodosoma caissarum Corrêa in Belém, 1987 (Cnidaria, Actiniaria) em um costão rochoso na costa sudeste do Brasil. Estudos de Biologia: Ambiente e Diversidade, v. 35, p. 153-155. http://dx.doi.org/10.7213/estud.biol.35.085.AO06.

SEBENS, K. P. (1982) The Limits to Indeterminate Growth: An Optimal Size Model Applied To Passive Suspension Feeders. Ecology - Ecological Society of America, v. 63, p. 209-222. https://doi.org/10.2307/1937045.

SFRISO, A. A.; JUHMANI, A. S.; TOMIO, Y.; SFRISO, A,; RIZZOLIO, F.; ADEEL, M.; WAHSHA, M.; MUNARI, C.; MISTRI, M. (2024) Microplastic accumulation and ecological impacts on benthic invertebrates: Insights from a microcosm experiment. Marine Pollution Bulletin, v. 202, p. 231-240. https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2024.116231.

SHICK, J. M. (1991) A Functional Biology of Sea Anemones. https://link.springer.com/book/10.1007/978-94-011-3080-6

SOARES, M. de O.; MATOS, E.; LUCAS, C.; RIZZO, L.; ALLCOCK, L. & ROSSI, S. (2020). Microplastics in corals: An emergent threat. Marine Pollution Bulletin,v. 161, p. 1-7. doi:10.1016/j.marpolbul.2020.11.

SOMMER, F.; DIETZE, V.; BAUM, A.; SAUER, J.; GILGE, S.; MASCHOWSKI, C.; GIERÉ, R. (2018) Tire-wear particles as a major component of microplastics in the environment. Aerosol and Air Quality Research, v. 18 , p. 2014-2018. https://doi.org/10.4209/aaqr.2018.03.0099.

SUN, J.; HAMEL, J.; SHIKON, V.; COSSIGNANI, E. F.; MERCIER, A. (2022) Trophic ecology, diet and feeding behaviour of three bathyal sea anemones (Actiniaria: Cnidaria) in the Northwest Atlantic. Deep-Sea Research Part I: Oceanographic Research Papers, v. 179, p. 678-688. https://doi.org/10.1016/j.dsr.2021.103678.

SUCHARITAKUL, P.; PITT, K. A.; WELSH, D. T. (2020) Limited ingestion, rapid egestion and no detectable impacts of microbeads on the moon jellyfish, *Aurelia aurita*.

Marine Pollution Bulletin, v. 156, p. 208-216. https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2020.111208.

SYAKTI, A. D.; JAYA, J. V.; RAHMAN, A.; HIDAYATI, N. V.; RAZA'I T. S.; IDRIS F.; TRENGONNO, M.; DOUMENQ, P.; CHOU, L. M. (2019) Bleaching and necrosis of staghorn coral (*Acropora formosa*) in laboratory assays: Immediate impact of LDPE microplastics. Chemosphere, v. 228, p. 528-535. https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2019.04.156.

THOMPSON, R. C. (2006) Plastic debris in the marine environment: consequences and solutions. Marine Nature Conservation in Europe, v. 193, p. 107-115.

TÜMERKAN, E. T. A.; KÖSE, E.; AKSU, S.; MOL, O.; KANTAMANENI, K.; BAŞKURT, S.; ÇINAR, E.; EMIROĞLU, Ö. (2024) Beadlet anemone: A novel bio-indicator of microplastic pollution in the marine environment. Journal of Environmental Management, v. 349, p. 538-547. https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2023.119538.

THAKUR, B; SINGH, J.; SINGH, J.; ANGMO, D.; VIG, A. P. (2023) Biodegradation of different types of microplastics: Molecular mechanism and degradation efficiency. Science of The Total Environment, v. 877, p. 1-11. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.162912.

VAN CAUWENBERGHE, L.; JANSSEN, C. R. (2014). Microplastics in bivalves cultured for human consumption. Environmental Pollution, v. 193, p. 65–70. doi:10.1016/j.envpol.2014.06.010 10.1016/j.envpol.2014.06.010.

WRIGHT, S. L.; THOMPSON, R. C.; GALLOWAY, T. S. (2013) The physical impacts of microplastics on marine organisms: A review. Environmental Research, v. 178, p. 483-492. https://doi.org/10.1016/j.envpol.2013.02.031.