



**UEPB**

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DA PARAÍBA  
CAMPUS V - MINISTRO ALCIDES CARNEIRO CENTRO DE CIÊNCIAS  
BIOLÓGICAS E SOCIAIS APLICADAS CURSO DE BACHARELADO EM  
CIÊNCIAS BIOLÓGICAS**

**KAMILA AMANDA DA SILVA BATISTA**

**IMPACTOS DA POLUIÇÃO MARINHA POR MICROPLÁSTICOS EM  
ANÊMONAS-DO-MAR: UMA REVISÃO DA LITERATURA**

**JOÃO PESSOA  
2023**

KAMILA AMANDA DA SILVA BATISTA

**IMPACTOS DA POLUIÇÃO MARINHA POR MICROPLÁSTICOS EM  
ANÊMONAS-DO-MAR: UMA REVISÃO DA LITERATURA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Coordenação do Curso de Graduação em Ciências Biológicas do Campus V da Universidade Estadual da Paraíba, como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Ciências Biológicas.

**Área de concentração:** Fisiologia animal comparada.

**Orientadora:** Profa. Dra. Enelise Marcelle Amado.

**JOÃO PESSOA  
2023**

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.

B333i Batista, Kamila Amanda da Silva.  
Impactos da poluição marinha por microplásticos em  
anêmonas-do-mar [manuscrito] : uma revisão da literatura /  
Kamila Amanda da Silva Batista. - 2023.  
32 p. : il. colorido.

Digitado.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Ciências  
Biológicas) - Universidade Estadual da Paraíba, Centro de  
Ciências Biológicas e Sociais Aplicadas, 2023.

"Orientação : Profa. Dra. Enelise Marcelle Amado,  
Coordenação do Curso de Ciências Biológicas - CCBSA. "

1. Poluição antropogênica. 2. Polímeros. 3. Anêmonas-do-  
mar. 4. Microplásticos. I. Título

21. ed. CDD 363.739 4

KAMILA AMANDA DA SILVA BATISTA

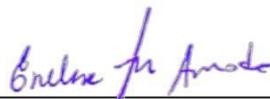
IMPACTOS DA POLUIÇÃO MARINHA POR MICROPLÁSTICOS EM ANÊMONAS DO  
MAR: UMA REVISÃO DA LITERATURA

Trabalho de Conclusão de  
Curso  
apresentado à Coordenação do Curso  
de  
Graduação em Ciências Biológicas do  
Campus V da Universidade Estadual da  
Paraíba, como requisito parcial à  
obtenção  
do título de Bacharel em  
Ciências  
Biológicas.

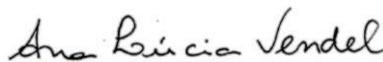
**Área de concentração:** Fisiologia  
animal  
comparada.

Aprovada em: 30 / junho / 2023.

**BANCA EXAMINADORA**



\_\_\_\_\_  
Profa. Dra. Enelise Marcelle Amado (Orientadora)  
Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)



\_\_\_\_\_  
Profa. Dra. Ana Lúcia Vendel  
Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)



\_\_\_\_\_  
Profa. Dra. Martha Simone Cavalcanti Amorim Soares  
Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)

Ao Abba, aos meus pais e amigos, pela paciência, amor e cuidado, dedico.

## RESUMO

Os polímeros plásticos são macromoléculas complexas que possuem características típicas que incluem fluidez, quando aquecidas, e solidez em temperatura ambiente, o que resulta em facilidade de manuseio, durabilidade e bom custo-benefício para diversos setores da sociedade. Após o desenvolvimento dos primeiros polímeros e o início da era dos plásticos, a quantidade de materiais poliméricos produzidos cresceu constantemente e estima-se que mais de 360 milhões de toneladas de plásticos já foram produzidas no mundo. Os microplásticos, representados por diminutas partículas plásticas de elevada capacidade dispersiva, constituem uma grande preocupação ambiental na atualidade, principalmente no ambiente marinho. Dados relatam a presença de microplásticos nos mais diversos ambientes oceânicos, incluindo sedimentos de areia, manguezais, recifes de corais e regiões insulares. Tais poluentes representam uma ameaça ao ecossistema marinho devido às suas características físico-químicas, que incluem fixação e dispersão de contaminantes biológicos; liberação de substâncias tóxicas durante a degradação dos polímeros e acumulação na cadeia alimentar por ingestão acidental ou por ingestão de presas previamente contaminadas. Dentre os animais marinhos que estão sujeitos à ação deletéria dos microplásticos estão as anêmonas, cnidários antozoários que vivem fixados em diversos substratos marinhos. Suas características fisiológicas e metabólicas, juntamente com a nítida influência que sofrem com alterações ambientais, tornam as anêmonas importantes indicadores de poluição marinha. Nesse contexto, diversos estudos demonstram a ingestão de microplásticos por anêmonas, que ocorre tanto de modo direta ou por consumo de presas contaminadas. Há registros que as anêmonas que ingerem tais poluentes têm prejuízo nas relações simbióticas com outros organismos marinhos, além do relato de alterações no comportamento alimentar. Sendo assim, a partir dos artigos analisados foi possível concluir que os microplásticos são importantes poluentes marinhos que podem acarretar efeitos nocivos no ciclo de vida das anêmonas. Por fim, mais estudos são necessários para avaliar com maior detalhamento os possíveis impactos negativos desse tipo de poluição no ambiente marinho e sobre as anêmonas.

**Palavras-Chave:** Poluição Antropogênica. Polímeros. Revisão Bibliográfica.

## ABSTRACT

Plastic polymers are complex macromolecules that have typical characteristics that include fluidity when heated and solidity at room temperature, which results in ease of handling, durability and cost-effectiveness for various sectors of society. After the development of the first polymers and the beginning of the plastics era, the number of polymeric materials produced has grown steadily and it is estimated that more than 360 million tons of plastic have already been produced in the world. Microplastics, represented by tiny plastic particles of high dispersive capacity, are a major environmental concern today, especially in the marine environment. Data report the presence of microplastics in the most diverse ocean environments, including sand sediments, mangroves, coral reefs, and island regions. Such pollutants pose a threat to the marine ecosystem due to their physicochemical characteristics, which include fixation and dispersal of biological contaminants, release of toxic substances during polymer degradation and accumulation in the food chain by accidental ingestion or by ingestion of previously contaminated prey. Among the marine animals that are subject to the deleterious action of microplastics are anemones, free-living anthozoan cnidarians that live fixed on various marine substrates. Their physiological and metabolic characteristics, together with the clear influence they suffer from environmental changes, make anemones important indicators of marine pollution. In this context, several studies demonstrate the ingestion of microplastics by anemones, which occurs either directly by water filtration or by consumption of contaminated prey. It was also possible to observe that anemones that ingest such pollutants have impaired symbiotic relationships with other marine organisms, in addition to modifying feeding behaviors of anemones. Thus, from the data analyzed it is possible to conclude that microplastics are important marine pollutants that can cause important harmful effects on the life cycle of anemones. Finally, more studies are needed to assess in more detail the possible deleterious impacts of this type of pollution on the marine environment.

**Keywords:** Anthropogenic Pollution. Polymers. Literature review.

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	<b>8</b>
<b>1.1</b>	<b>Histórico, classificação e degradação dos polímeros plásticos</b> .....	<b>9</b>
<b>1.2</b>	<b>Conceito e aspectos gerais dos microplásticos</b> .....	<b>12</b>
<b>1.3</b>	<b>Impacto dos microplásticos no ecossistema marinho</b> .....	<b>12</b>
<b>1.4</b>	<b>Papel ecológico e vulnerabilidade das anêmonas aos microplásticos</b> .....	<b>16</b>
<b>2</b>	<b>OBJETIVOS</b> .....	<b>18</b>
<b>2.1</b>	<b>Objetivo geral</b> .....	<b>18</b>
<b>2.2</b>	<b>Objetivos específicos</b> .....	<b>18</b>
<b>3</b>	<b>METODOLOGIA</b> .....	<b>18</b>
<b>3.1</b>	<b>Tipo de estudo e estratégias de buscas</b> .....	<b>18</b>
<b>3.2</b>	<b>Coleta e análise dos dados</b> .....	<b>19</b>
<b>4</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	<b>19</b>
<b>4.1</b>	<b>Ingestão de microplásticos pelas anêmonas-do-mar</b> .....	<b>20</b>
<b>4.2</b>	<b>Microplásticos: bioacumulação e efeitos comportamentais em anêmonas-do-mar</b> .....	<b>22</b>
<b>5</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	<b>23</b>
<b>6</b>	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>25</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Os oceanos representam aproximadamente dois terços da superfície terrestre, com uma imensa e complexa biodiversidade que tem sido constantemente ameaçada por atividades antropogênicas que impactam diretamente no ciclo de vida dos organismos marinhos (MIRANDA, 2011). O constante aumento da produção de itens constituídos por polímeros plásticos representa uma das principais ameaças aos ecossistemas marinhos. Primeiramente, os estudos tiveram como foco a contaminação das águas marítimas por macroplásticos de origem secundária, ou seja, provenientes da degradação e do destino inadequado de rede de pescas, sacolas, canudos, copos e embalagens plásticas diversas. Tais materiais plásticos apresentam elevada longevidade e sua degradação pode levar centenas de anos, o que torna a situação mais alarmante. Os macroplásticos podem acarretar inúmeras alterações no ecossistema marinho, principalmente por meio de emaranhamento de animais que ficam presos em redes de pesca, garrafas e outros materiais, além da ingestão acidental ou recorrente de polímeros plásticos que são potencialmente prejudiciais ao metabolismo das espécies marinhas (SANTOS et al., 2012; PACHECO, 2016).

O termo microplásticos foi utilizado por Thompson e colaboradores (2004) e, a partir de então, seus efeitos deletérios têm sido investigados em inúmeros ambientes e organismos. Os microplásticos são micropartículas de origem plástica com dimensões inferiores a 5mm que representam um tipo particularmente preocupante de poluente devido a características como ubiquidade e persistência no ambiente devido sua resistência à degradação. Ademais, os microplásticos apresentam elevada capacidade de carrear compostos orgânicos tóxicos, pesticidas e metais pesados devido à superfície hidrofóbica (PACHECO, 2016; OLIVATTO, 2017).

Os microplásticos são importantes agentes poluentes da vida marinha em geral, uma vez que podem entrar na cadeia alimentar em ambientes aquáticos de muitas maneiras, tais como diretamente através da ingestão por captura acidental, sendo confundido com alimento ou pela ingestão indireta, quando a presa ingerida tenha consumido microplásticos. Podem ainda estar suspensos na coluna d'água, ou serem liberados quando o sedimento é movimentado durante o período chuvoso e há grande movimentação de água, o que leva à transferência dos detritos para o

meio marinho (WRIGHT et al., 2013). Sendo assim, uma vez presentes nas águas dos oceanos, os microplásticos podem ser absorvidos, ingeridos e armazenados pelos organismos do ecossistema local. Como não são metabolizados, os microplásticos se acumulam em níveis subsequentes da cadeia alimentar e podem atingir concentrações potencialmente tóxicas, especialmente nas espécies que ocupam os topos das cadeias alimentares (WRIGHT et al., 2013). Dessa forma, atualmente a poluição por plásticos e microplásticos é considerada um dos fatores antropogênicos mais relevantes que afetam a biodiversidade, ameaçando assim o equilíbrio do meio ambiente, em especial o ambiente marinho (PACHECO, 2016; OLIVATTO, 2017; OLIVATTO et al., 2018).

### **1.1 Histórico, classificação e degradação dos polímeros plásticos**

Os compostos poliméricos, ou polímeros, são macromoléculas complexas formadas pela união de monômeros, caracterizados como unidades estruturais menores e mais simples. Quando o polímero apresenta características típicas que permitem sua moldagem, especialmente pela fluidez quando aquecido aliada à solidez em temperatura ambiente, tem-se o chamado polímero plástico. Sendo assim, o plástico pode ser definido como um polímero que pode ser moldado quando submetido à temperatura e pressão adequadas durante seu processamento. Um dos primeiros relatos do uso de plásticos pelos humanos data de 1600 a.C quando indivíduos mesoamericanos utilizavam a moldagem de borracha natural para produção de bolas e estatuetas. Embora haja relatos do uso de polímeros naturais desde a Idade Média, o primeiro polímero plástico sintético data de 1909, ano no qual o químico industrial belgo-americano Leo Hendrik Baekeland (1863-1944) desenvolveu o baquelite, material que foi amplamente utilizado durante anos pela indústria para produção de aparelhos de telefone, rádios, câmeras fotográficas e bolas de bilhar (HOSLER; BURKETT; TARKANIAN, 1999; FUNDAÇÃO HEINRICH BÖLL; PIATTI; RODRIGUES, 2005).

A partir de então iniciou-se a chamada “era dos plásticos”, com o desenvolvimento crescente de novos polímeros plásticos. Dois importantes marcos da era do plástico foram a descoberta da borracha vulcanizada pela empresa alemã Goodyear e o desenvolvimento do poliestireno pelo boticário alemão Eduard Simon. Nos anos seguintes foram desenvolvidos outros polímeros plásticos como policloreto

de vinila (PVC), politereftalato de etileno (PET), polietileno de baixa densidade (PEBD), polietileno de alta densidade (PEAD), polipropileno (PP), poliestireno (PS), poliuretano (PU), dentre outros. Suas características de durabilidade, fácil manuseio, leveza, rigidez, baixo custo e grande versatilidade tornaram os polímeros plásticos cada vez mais presentes na sociedade (PIATTI; RODRIGUES, 2005; PLASTICS EUROPE, 2008; FUNDAÇÃO HEINRICH BÖLL; ANDRADY; NEAL, 2009).

A grande aceitabilidade dos polímeros plásticos em inúmeros setores da sociedade reflete a grande facilidade de manuseio, aliada à durabilidade e bom custo-benefício para a indústria e para a população em geral. Com isso, produção mundial de plástico cresceu constantemente desde seu surgimento. Estima-se que mais de 360 milhões de toneladas de plástico já foram produzidas no mundo ao longo dos anos. No Brasil, dados demonstram que entre os anos de 2007 e 2008 foram produzidas de 6,0 a 7,5 toneladas de produtos plásticos. Nesse contexto, dados recentes do Fundo Mundial para Natureza indicam que o Brasil ocupa a quarta colocação dentre os principais produtores de lixo plástico, além de apresentar apenas 1,2% de índice de reciclagem desse tipo de material (ABIPLAST, 2018; WWF, 2019; THOMPSON et al., 2020). No relatório da Organização das Nações Unidas (ONU) realizado através do Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA) aponta como estratégias reutilizar, reciclar, reorientar e diversificar produtos para reduzir a poluição plástica em 80% até 2040 (FLETCHER, et al., 2023). Dentre os polímeros plásticos mais utilizados atualmente destacam-se PET, PEAD, PVC, PEBD, PP, PS e outros, cujas principais utilizações estão representadas abaixo na Figura 1.

1 PET	2 PEAD	3 PVC	4 PEBD	5 PP	6 PS	7 OUTROS
Polietileno Tereftalato	Polietileno de Alta Densidade	Policloreto de Vinila	Polietileno de Baixa Densidade	Polipropileno	Poliestireno	Outros
GARRAFAS DE ÁGUA; FRASCOS	FRASCOS DE SHAMPOO; FRASCOS EM GERAL	MATERIAIS PARA CONSTRUÇÃO CIVIL	SACOLAS E EMBALAGENS FLEXÍVEIS	EMBALAGENS E UTILIDADES DOMÉSTICAS	EMBALAGENS EM GERAL; PEÇAS TÉCNICAS	PEÇAS TÉCNICAS; PLÁSTICOS INDUSTRIAIS
						

**Figura 1.** Principais polímeros plásticos e suas utilizações.  
**Fonte:** <https://www.drycolor.com.br/post/os-7-tipos-de-pl%C3%A1sticos>

O PET é um material de boa transparência e impermeabilidade que tem sido utilizado principalmente em embalagens diversas, incluindo bebidas, produtos de limpeza e embalagens para refeições congeladas, além de ser utilizado na composição de fibras sintéticas de tecidos. O PVC, por sua vez, é um material de elevada transparência, com boa resistência química e estabilidade elétrica. Tem sido empregado na indústria para produção de materiais rígidos e flexíveis. Dentre os materiais rígido produzidos com PVC destacam-se tubos, conexões esquadrias, já os flexíveis incluem revestimentos de fios, tubos de equipamentos médicos e couro sintético. O PEBD é um material leve, impermeável e de boa resistência utilizado na produção de filmes diversos, fios e cabos flexíveis, fraldas, absorventes e embalagens (ANDRADY, 2011; AGUIAR, 2022). O PP é um dos polímeros de maior resistência, sendo considerado inquebrável. Ele apresenta boa resistência à temperatura e acidez, sendo comumente utilizado na produção de embalagens de alimentos, vasilhames, fibras de tecido e componentes da indústria automobilística. Já o PS é um dos polímeros mais versáteis, devido sua leveza e elevada impermeabilidade, além de ser expansível e poder ser utilizado como espuma, porém é frágil e pode se quebrar com certa facilidade. Ele tem sido amplamente utilizado na produção equipamentos médicos, produtos laboratoriais e embalagens de alimentos. Por fim, o PU é um polímero flexível de grande durabilidade e boa capacidade de absorção de choques mecânicos. Ele tem sido utilizado na produção de solas de sapatos, indústrias de laminados e forros sintéticos, além da produção de materiais esportivos (ANDRADY, 2011; AGUIAR, 2022).

Os polímeros sintéticos que constituem os plásticos podem ainda ser classificados de acordo com o comportamento do material sob elevadas temperaturas. Nesse contexto, os polímeros mais facilmente moldáveis devido à presença de ligações covalentes fracas entre os monômeros, são chamados de termoplásticos, enquanto os polímeros menos moldáveis devido à presença de ligações iônicas fortes, são chamados de termorrígidos (MANO; MENDES, 1999; LESSA, 2008). Outra possibilidade de classificação dos polímeros plásticos é em relação ao tamanho das partículas. Macropolásticos são materiais com dimensões acima de 25 mm de diâmetro que quando degradados formam partículas plásticas menores que podem ser classificados em mesoplásticos (5 - 25mm), microplásticos (1 - 5mm), mini microplásticos (1µm - 1mm) e nanoplásticos (abaixo de 1µm).

Embora tal classificação mais minuciosa seja bem aceita na comunidade científica, muitos autores ainda mantêm a divisão clássica entre macro e microplástico (BARNES et al., 2009; COSTA et al., 2016; CRAWFORD; QUINN, 2017;).

A degradação dos polímeros plásticos, que reflete modificações estruturais e estéticas no material, é um processo lento que ocorre com o passar do tempo por ação de inúmeros fatores que incluem radiação solar, temperatura elevada e tensão mecânica. De acordo com os fatores ambientais que exercem ação direta no polímero, essa degradação pode ocorrer por pirólise, hidrólise ou peroxidação. A degradação por pirólise decorre da exposição a elevadas temperaturas na ausência de oxigenação, já na hidrólise há participação direta da água, enquanto a peroxidação é resultante da ação de radicais livres, em especial as espécies reativas do oxigênio (EROs) (KARLSSON, 1998; FRANCHETTI; MARCONATO, 2006).

## **1.2 Conceito e aspectos gerais dos microplásticos**

A problemática do microplástico como um importante poluente marinho foi primeiramente apontada no ano de 2004 em trabalho publicado por Thompson e colaboradores que avaliou a presença de diminutos fragmentos de degradação de materiais plásticos no ambiente marinho. Atualmente, os microplásticos são definidos como fragmentos plásticos de formatos variados e menores que 5,0 mm de tamanho (THOMPSON et al., 2004; ARTHUR et al., 2009; THOMPSON, 2014).

Em relação à fonte, podem ser classificados como primários e secundários (THOMPSON et al., 2004; ARTHUR; BAKER; BAMFORD, 2009; MONTAGNER et al., 2021). Os microplásticos primários são pellets ou grânulos usados como matéria-prima nas indústrias que utilizam plásticos para os mais diversos fins. Enquanto os microplásticos secundários incluem fragmentos e fibras resultantes da quebra de itens plásticos maiores (COLE et al., 2011; EERKES-MEDRANO et al., 2015). Dentre os microplásticos primários destacam-se microesferas utilizadas na indústria farmacêutica, produção de cosméticos e produtos de higiene. Constituem este grupo as partículas plásticas denominadas *pellets* e *nurdles* (ANDRADY, 2011; OLIVATTO et al., 2018; JEYAVANI et al., 2021).

Tais partículas podem se dispersar facilmente no ambiente ao longo do transporte, especialmente devido ao tamanho reduzido e leveza. As microesferas

plásticas geralmente atingem o ambiente durante o descarte inadequado em diversas etapas do processo industrial, mas pode haver também perda acidental de microesferas ao longo do transporte, com conseqüente acúmulo de micropartículas plásticas em regiões portuárias, complexos industriais e em alto-mar. Adicionalmente, microplásticos primários presentes em cosméticos e produtos de higiene pessoal podem atingir os cursos hídricos através de afluentes domésticos (ANDRADY, 2011; OLIVATTO, et al., 2018).

Já os microplásticos secundários são derivados de detritos plásticos presentes em ambientes aquáticos e terrestres, sendo produzidos a partir de degradação física, química ou biológica de macroplásticos de sacolas, fibras de tecidos, pneus, tapetes, linhas e redes de pesca (MOORE et al., 2001; YAO et al., 2020; 2011). O processo de fragmentação dos macroplásticos para geração de microplásticos costuma demorar centenas de anos, e pode ser decorrente de um ou mais fatores associados, que incluem radiação solar, temperatura, oxigenação, ação física e química das ondas do mar, contato com contaminantes aquáticos e presença de microrganismos (OLIVATTO et al., 2018; JEYAVANI et al., 2021).

### **1.3 Impacto dos microplásticos no ecossistema marinho**

A presença de microplásticos é um dos maiores problemas ambientais da atualidade, especialmente no ecossistema marinho, tendo em vista o crescimento constante e intenso da atividade humana nas regiões marinhas, aliado a má gestão dos resíduos sólidos produzidos pelos humanos. Estima-se que nas últimas décadas cerca de 8 milhões de toneladas de materiais plásticos são depositados nos ambientes marinhos anualmente, o que acarreta inúmeros efeitos deletérios para o ecossistema local e para os seres humanos (MAGENTA, 2020; AMOS, 2015).

A principal fonte dos microplásticos presentes no ambiente marinho é terrestre, sendo originada a partir de materiais diversos como talheres e copos descartáveis; garrafas, isopores, canudos e sacolas. Tais materiais podem sofrer degradação contínua durante sua longa permanência nos mares, dando origem aos microplásticos. Importantes fontes de microplásticos no ambiente marinho também incluem resíduos de lavagens de roupas sintéticas; contaminantes não retidos em efluentes de estações de tratamento de água; lodo de esgoto agrícola; atrito de

pneus de borracha no asfalto; chuvas contendo resíduos oriundos de lixões e aterros sanitários, além de perdas de *pellets* e *nurdles* durante o transporte na cadeia de produção (VASCONCELOS, 2019; JONES, 2019).

Estudos demonstram que os maiores acúmulos de microplásticos no ecossistema marinho ocorrem nos centros dos giros oceânicos e nas chamadas zonas de convergência, que correspondem aos locais de encontro de placas tectônicas e podem ser do tipo oceano-oceano, oceano-continente ou continente-oceano. Embora as diminutas partículas de plástico sejam predominantemente observadas nos sedimentos das praias, elas também são encontradas em todos os demais ambientes dos mares e oceanos, incluindo manguezais, recifes de corais, regiões insulares, rios, ambientes de água doce, represas dentre outros (ERIKSEN et al., 2013; ERIKSEN et al., 2014; MOHAMED; OBBARD, 2014; HALL et al., 2015).

Após a chegada aos oceanos, independentemente de sua origem, os materiais plásticos permanecem por longos períodos sujeitos aos processos de degradação, o que dá origem a quantidades crescentes de partículas plásticas de tamanho cada vez mais reduzido. A presença de tais partículas é potencialmente nociva ao ambiente marinho devido a diversas características importantes, especialmente fixação de agentes contaminantes químicos e biológicos em sua superfície (OLIVATTO, 2017; SLUKA, 2018).

O potencial fixante dos microplásticos deve-se, em grande parte, a superfície hidrofóbica do material, que tem elevada afinidade para diversos tipos de poluentes, como metais pesados, pesticidas e poluentes orgânicos persistentes (POPs), os quais são adsorvidos do ambiente circundante e concentrados nas superfícies de microplásticos (Bakir et al., 2014). OS POPs são substâncias orgânicas sintéticas que apresentam semivolatilidade, persistência, bioacumulação e toxicidade, o que os caracteriza como uma importante e duradoura ameaça ao ambiente marinho, especialmente por sua durabilidade e resistência (NOBRE, 2016; OLIVATTO, 2017). Agentes biológicos também podem se aderir aos microplásticos e, assim, serem carregados para regiões distantes, ambientes nos quais podem ser prejudiciais à microbiota local, embora ainda sejam insuficientemente conhecidos os reais efeitos nocivos que isso pode acarretar para a biodiversidade marinha (OLIVATTO, 2017; SLUKA, 2018; MONTAGNER et al., 2021).

Adicionalmente, os microplásticos em si representam uma ameaça ambiental, mesmo na ausência de contaminantes aderidos, uma vez que podem conter aditivos químicos tóxicos em sua composição que atuam como antioxidantes, lubrificantes, estabilizadores de calor, biocidas, retardadores de chama e pigmentos. Dentre tais compostos destacam-se bisfenol A e ftalatos, ambos rotineiramente empregados na indústria para otimizar as propriedades estruturais dos polímeros. Tanto BPA, quanto os ftalatos apresentam potencial carcinogênico e sua ingestão está associada à desregulação hormonal e infertilidade (COLE et al., 2011).

Por fim, outra importante ameaça representada pelos microplásticos ao ambiente marinho é a possibilidade de introdução e acumulação na cadeia alimentar, causando a chamada bioacumulação. A bioacumulação refere-se ao processo de absorção e retenção de substâncias químicas em um determinado organismo vivo, em decorrência da captação de compostos químicos presentes no ambiente em que se encontram. Em determinadas situações a bioacumulação pode desencadear a chamada biomagnificação, que se refere ao acúmulo progressivo da concentração de contaminantes no interior de determinado organismo (WRIGHT et al., 2013; MILLER; HAMMAN; KROON, 2020).

O consumo acidental dos microplásticos por organismos primários da cadeia, como plâncton e peixes filtradores é muito comum e pode, inclusive, desencadear efeitos imprevisíveis nas camadas superiores da cadeia, incluindo os seres humanos (PEREIRA, 2014; ASCER, 2015; OLIVATTO, 2017). Nesse contexto, estudos comprovam a ingestão de microplásticos por diferentes organismos marinhos, incluindo detritívoros, pepinos do mar, crustáceos predadores e organismos filtradores. Animais maiores como aves, peixes e crustáceos podem se contaminar tanto pela ingestão direta, quanto pela ingestão de organismos menores previamente contaminados. Os humanos, por sua vez, podem ingerir animais marinhos contaminados com microplásticos, os quais são potenciais desencadeadores de reações imunotoxicológicas, estresse químico e modificações de expressão gênica (ASCER, 2015; SELTENRICH, 2015; OLIVATTO, 2017).

Devido ao tamanho reduzido e sua ampla distribuição em diversos ambientes marinhos, os microplásticos são poluentes que podem interagir e causar bioacumulação em diferentes níveis tróficos das cadeias alimentares oceânicas (WRIGHT et al., 2013; AVIO; GORBI; REGOLI, 2017). A ingestão de microplásticos

pode ser nociva, primeiramente, pela presença de compostos tóxicos no material ingerido, o que pode desencadear significativas alterações fisiológicas nos organismos marinhos. Além disso, devido à acumulação física do material, pode haver obstrução do trato digestivo e desnutrição grave, o que gera impactos negativos no desenvolvimento e na capacidade reprodutiva dos organismos marinhos (PEREIRA, 2014; ASCER, 2015; OLIVATTO, 2017).

De modo geral os efeitos nocivos da ingestão de microplásticos no ambiente marinho dependem diretamente da quantidade de materiais absorvidos, sendo que quanto mais partículas são ingeridas pelos organismos marinhos, maiores os riscos de alterações fisiológicas, principalmente em relação ao desenvolvimento ontogenético e hábitos alimentares (DAVIDSON; DUDAS, 2016; PEDERSEN et al., 2020). Estudos demonstram que a presença dos microplásticos no interior dos organismos marinhos causa diferentes efeitos deletérios que podem causar impactos importantes nas cadeias alimentares. Destacam-se alterações no funcionamento do sistema endócrino, modificações metabólicas, aumento da produção de radicais livres, redução da produção de enzimas antioxidantes e aumento de lesões celulares por estresse oxidativo, além de alterações da resposta imune. Pode-se observar também elevados níveis de genotoxicidade decorrente da bioacumulação de microplásticos, com modificações significativas na regulação da expressão gênica, o que acarreta alterações na tradução de proteínas (JIN et al., 2018; QIAO et al., 2019; ALIMBA; FAGGIO, 2019; MA et al., 2020; JEYAVANI et al., 2021). Todos esses efeitos nocivos causados pela ingestão e bioacumulação de microplásticos por organismos diferentes afeta sobremaneira diversos níveis tróficos das cadeias alimentares marinhas. Nesse contexto, o artigo de revisão sobre microplásticos em organismos marinhos realizado por Guzzetti e colaboradores (2018) demonstraram a ocorrência de alterações significativas tanto em nível celular, quanto tecidual, além de indução de inflamação e potencial oncogênico.

#### **1.4 Papel ecológico e vulnerabilidade das anêmonas aos microplásticos**

As anêmonas-do-mar são fundamentais no ecossistema marinho, uma vez que apresentam relações simbióticas relevantes na cadeia alimentar, além de muitas vezes carrear simbioticamente, em seus tecidos, organismos protistas como as zooxantelas, o que favorece a produtividade dos corais de recifes (FAUTIN &

ALLEN, 1992; KALALA; BASTOS; BOYLE, 2018). São organismos invertebrados subsésseis pertencentes ao filo Cnidária, classe Anthozoa que apresentam simetria radial e vivem fixados no substrato por um disco podal, sendo facilmente encontrados em substratos marinhos como rochas, cascalhos, pedras, lama e areia. São pólipos solitários que se fixam a diversos tipos de substratos presentes no ambiente marinho, tais como pedras, madeiras, conchas, ou podem ser encontrados submersos na areia e na lama. Devido à morfologia e à localização, as anêmonas estão diretamente sujeitas às modificações de fatores externos do ambiente, incluindo o ciclo das marés, as ondas e o assoreamento no ambiente marinho (FAUTIN; ALLEN, 1992; BENETTI, 2008; SCREMIN; FURQUIM; DUBIASKI-SILVA, 2013).

Os cnidários antozoários detectam suas presas e iniciam a alimentação por meio de descarga dos cnidócitos originados pelos cnidoblastos, após estímulos químicos e mecânicos emitidos pela presa. Nos tentáculos estão presentes os cnidoblastos, as células urticantes características do filo, que favorecem na defesa e captura de alimento. A maioria das espécies pertence à ordem Actiniaria que inclui indivíduos que apresentam estruturas verrucosas, vesiculares, esferulares e tentáculos. A coluna do corpo dos actinários é em forma de pólipo e apresenta uma coroa de tentáculos que circunda a boca (FAUTIN; ALLEN, 1992; CANNON; WAGNER, 2003; BENETI, 2008).

Seu tamanho relativamente grande se destaca em comparação com outros pólipos, uma vez que a maioria das espécies apresente diâmetro de 0,5 a 10 cm. Em relação à localização, as anêmonas são animais de ampla distribuição mundial, sendo encontradas em águas costeiras rasas e preferencialmente frias em todo o mundo. Podem ser encontradas em diversos ambientes marinhos, incluindo regiões entremarés, recifes costeiros rasos, costões rochosos, ilhas oceânicas e atóis (BENETI, 2008; MELO; AMARAL, 2005). A grande maioria das espécies apresenta ciclo de vida complexo com vários estágios de desenvolvimento, os quais incluem fases larval, juvenil e adulta (FAUTIN; ALLEN, 1992; OLIVEIRA; GOMES, 2005).

Tanto a atividade reprodutiva, quanto outros processos fisiológicos e ecológicos das anêmonas sofrem interferência da temperatura do ambiente. Estudos demonstram que sazonalidade reprodutiva, ocorrência de reprodução assexuada, sobrevivência das larvas, desenvolvimento de organismos adultos e capacidade de

assentamento no substrato são relacionados, de modo direto, à temperatura ambiente. Sendo assim, pode-se dizer que a temperatura é um importante preditivo de distribuição biogeográfica (KOLDEWEY; MARTIN-SMITH, 2010; GAMBILL et al., 2016; CHAUDHARY; SAEEDI; COSTELLO, 2017).

## **2 OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivo geral**

O objetivo central do estudo é levantar o conhecimento científico atual sobre os efeitos de microplásticos em anêmonas e analisar os potenciais impactos fisiológicos, ecológicos e comportamentais da poluição marinha por microplásticos sobre esse grupo.

### **2.2 Objetivos específicos**

Dentre os objetivos específicos do estudo destaca-se descrever a origem e a classificação dos microplásticos; avaliar a problemática da presença dos microplásticos nos oceanos, definir os efeitos deletérios dos microplásticos para as anêmonas-do-mar.

## **3 METODOLOGIA**

### **3.1 Tipo de estudo e estratégias de buscas**

O estudo foi concebido como uma revisão de literatura do tipo integrativa, com caráter quantitativo e qualitativo. A revisão foi elaborada por meio da busca, seleção e leitura crítica de artigos científicos publicados na língua Inglesa em periódicos internacionais indexadas em plataformas como Science Direct, SciELO, Google Acadêmico e Pubmed, no período de 2004-2023.

As buscas foram realizadas utilizando as palavras-chave "*sea anemone*" e "*microplastics*" e os artigos encontrados foram filtrados por meio de análise do título, do resumo e do texto. Em cada uma das etapas, estudos julgados não relevantes foram excluídos. No total as buscas retornaram seis artigos no PubMed, 75 artigos no Science Direct e 271 artigos no Google Acadêmico. A plataforma Scielo não

retornou resultados. Do total de artigos acessados, apenas 9 foram selecionados. Buscas adicionais foram realizadas com as palavras-chave "anthozoa" "cnidaria" e "microplastics", mas não retornaram estudos diferentes dos que já haviam sido selecionados.

### 3.2 Coleta e análise dos dados

Dos 9 artigos selecionados foram extraídos dados utilizando os seguintes critérios: 1) espécie estudada; 2) se os estudos foram realizados em campo ou em laboratório; 3) quais análises foram realizadas e os principais achados.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

As principais análises estudadas abordam a ingestão de microplásticos, a bioacumulação tecidual, a adesão dos microplásticos ao tecido externo, a alteração do comportamento alimentar e a simbiose. Os artigos analisados e os principais achados estão sintetizados na Tabela 1.

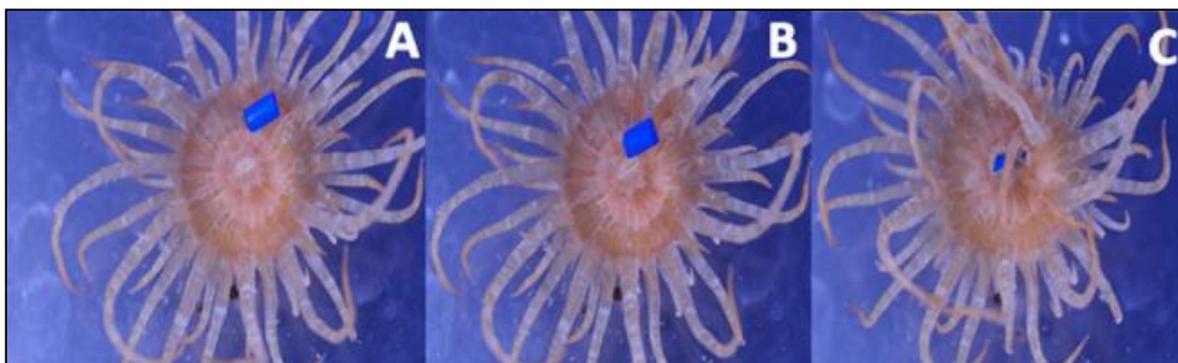
#	Título do artigo	Autoria	Espécie	Estudo	Análise	Principais achados
1	<i>Response of bleached and symbiotic sea anemones to plastic microfiber exposure.</i>	de Orte et al., 2019	<i>Aiptasia pallida</i>	Experimental	Ingestão de microplásticos	O tipo de polímero interfere na ingestão dos microplásticos pelas anêmonas. Mais de 80% das anêmonas ingeriram as fibras ofertadas junto com camarão. Anêmonas branqueadas foram mais susceptíveis aos poluentes plásticos que anêmonas simbióticas.
2	<i>The sea anemone <u>Bunodosoma cangicum</u> as a potential biomonitor for microplastics contamination on the Brazilian Amazon coast.</i>	Morais et al., 2020	<i>Bunodosoma cangicum</i>	Campo	Ingestão de microplásticos	Foram detectados microplásticos em 75,6% das anêmonas. A maioria dos microplásticos encontrados era do tipo fibras. Houve correlação positiva entre peso das anêmonas e número de partículas ingeridas, e também entre o número de presas e o número de partículas plásticas na cavidade gastrovascular
3	<i>Uptake of microplastics by the snakelocks anemone (<u>Anemonia viridis</u>) is commonplace across environmental conditions.</i>	Savage et al., 2022	<i>Anemonia viridis</i>	Experimental	Ingestão de microplásticos e adesão tecidual	Todos os indivíduos analisados consumiram microplásticos, mas houve certa preferência por tipos determinados. A captação de microplásticos ocorreu por ingestão e por adesão ao muco secretado. Presença de alimentos e temperatura da água não influenciou a ingestão pelas anêmonas.
4	<i>Dangerous microplastics in topshells and anemones along the north coast of Spain.</i>	Janssens; Garcia-Vazquez, 2021	<i>Actinia equina</i>	Campo	Bioacumulação tecidual	Espécies herbívoras ingeriram mais partículas que espécies carnívoras. Os tipos mais comuns de microplásticos ingeridos foram fibras transparentes, pretas e azuis. Detectou-se presença de inúmeros compostos nocivos nos microplásticos ingeridos (irritantes, tóxicos, cancerígenos, mutagênicos).

5	<i>Experimental observation of microplastics invading the endoderm of anthozoan polyps.</i>	Okubo et al., 2020	<i>Eixaptasia</i>	Experimental	Bioacumulação tecidual	A ingestão de microplásticos perturbou a simbiose entre anêmonas branqueadas da espécie <i>Seriatopora caliendrum</i> e algas da família Symbiodiniaceae. Anêmonas branqueadas ingeriram mais microplásticos que as sadias. Microplásticos ocupam o mesmo local nas anêmonas <i>Eixaptasia</i> que os simbiossitos, o que prejudica a simbiose
6	<i>Microplastics disturb the anthozoan-algae symbiotic relationship.</i>	Okubo et al., 2018	<i>Aiptasia</i>	Experimental	efeitos/prejudiciais a simbiose	A ingestão de microplásticos por anêmonas <i>Aiptasia</i> sp. reduz sua interação simbiótica com algas marinhas. As anêmonas ingerem microplásticos diretamente da água ou por ingestão acidental de presas contaminadas.
7	<i>Microplastics in three typical benthic species from the Arctic: occurrence, characteristics, sources, and environmental implications</i>	Fang et al., 2021	Actiniidae	Campo	Ingestão de microplásticos	Os principais microplásticos ingeridos pelas anêmonas são polímeros de poliéster, nylon, polietileno e tereftalato. As anêmonas-do-mar que habitam latitudes mais baixas. Ingeriram níveis relativamente mais altos de microplásticos do que aquelas que habitam latitudes mais altas
8	<i>Plastic pellets trigger feeding responses in sea anemones</i>	Diana et al., 2020	<i>Eixaptasia</i>	Experimental	Efeitos/altera comportamento alimentar	Anêmonas consumiram prontamente grande parte dos pellets de PEBD (90,8%) e PEAD (80,5%) ofertados. O consumo de microplásticos ocorreu mesmo na ausência de algas e alimentos associados.
9	<i>Microplastic accumulation in benthic invertebrates in Terra Nova Bay (Ross Sea, Antarctica)</i>	Sfriso et al., 2020	<i>Edwardsia meridionalis</i>	Campo	Bioacumulação tecidual	Os principais microplásticos ingeridos foram micropartículas de nylon e polietileno, com tamanho variando de de 33 a 1000 µm.

**Tabela 1. Artigos científicos incluídos na revisão integrativa sobre anêmona-do-mar e microplásticos.**

#### 4.1 Ingestão de microplásticos nas anêmona-do-mar

A ingestão de microplásticos por diferentes cnidários da classe Anthozoa foi demonstrada em diversos trabalhos. Taylor e colaboradores (2016) detectaram microfibras plásticas na cavidade gastrovascular de antozoários das subclasses Hexacorallia e Octocorallia. Estudo recentemente publicado em 2020 avaliou o consumo de microplásticos e o tempo de retenção dessas partículas por antozoários (Figura 1). Em relação à taxa de consumo de microplástico, as anêmonas consumiram 90,8% dos pellets de PEBD e 85,8% dos pellets de PEAD oferecidos (DIANA et al., 2020).



**Figura 1.** Registro de Anêmona-do-mar consumindo pellet de politereftalato de etileno (PET) em aquário.

**Fonte:** Extraído de DIANA et al., 2020.

A ingestão de microplásticos por anêmonas foi avaliada em estudos recentes com diferentes abordagens. No estudo de Karlsson e colaboradores (2017) foram detectados diversos tipos de microplásticos em sete anêmonas da espécie *Actinia equina*, popularmente conhecida como morango-do-mar. Já no estudo de Okubo e colaboradores (2018) foi possível observar que anêmonas do gênero *Aiptasia* sp. ingerem microplásticos diretamente da água e pelo consumo de presas previamente contaminadas com o material. Adicionalmente, os pesquisadores observaram que a ingestão de microplásticos pode prejudicar a relação simbiótica entre anêmonas e algas no ambiente marinho (OKUBO et al., 2018).

Nesse contexto, de Orte e colaboradores (2019) avaliaram experimentalmente a resposta de anêmonas à exposição aos microplásticos e observaram que a ingestão está diretamente relacionada ao tipo de polímero que compõe o material e da presença de substâncias químicas fixadas na superfície das partículas plásticas. Quando oferecidos isoladamente, os microplásticos de nylon foram os mais consumidos. Porém quando oferecidos juntamente com extrato de camarão não houve maior consumo por nenhum tipo específico de polímero. Nesse sentido, mais de 80% das anêmonas consumiram todos os tipos de microplásticos oferecidos acompanhados de camarão (de ORTE et al., 2019). No estudo publicado por Sfriso e colaboradores (2020), anêmonas da espécie *Edwardsia meridionalis* consumiram principalmente microplásticos compostos por nylon e polietileno, cujo tamanho variou de 33 a 1000  $\mu\text{m}$ , embora 95% das partículas não ultrapassaram 500  $\mu\text{m}$  de diâmetro (SFRISO et al., 2020).

Estudo publicado por Fang e colaboradores (2021) teve como objetivo analisar as fontes, as características e as implicações da ingestão de microplásticos por anêmonas-do-mar. Os resultados demonstram que os principais tipos de polímeros ingeridos na forma de micropartículas foram poliéster, nylon e polietileno. Foi possível observar também que as anêmonas *Actiniidae* situadas em latitudes menores ingeriram maiores quantidades de microplásticos devido maior disponibilidade, quando em comparação com anêmonas de maiores altitudes (FANG et al., 2021). Mais recentemente, Savage, Porter e Simpsom (2022) analisaram o consumo de microplásticos pelo cnidário antozoário da espécie *Anemonia viridis*. Foram avaliados parâmetros como seletividade por tamanho e formato; influência da disponibilidade de alimentos no consumo de microplásticos e influência da temperatura da água na alimentação. Os resultados demonstraram que todas as anêmonas incluídas ingeriram os microplásticos fornecidos. Em relação à seletividade de consumo, os microplásticos preferencialmente consumidos foram fibras de 1000 µm, fragmentos de 50-150 µm e fragmentos menores que 50 µm. Quanto à temperatura, não houve influência significativa da temperatura da água no consumo de microplásticos pelas anêmonas (SAVAGE; PORTER; SIMPSOM, 2022).

No Brasil, Morais e colaboradores avaliaram a ingestão de mesoplásticos e microplásticos por anêmonas da espécie *Bunodosoma cangicum* coletadas em três regiões costeiras do Estado do Pará. Os dados obtidos demonstram que mais de 75% das anêmonas incluídas no estudo consumiram materiais plásticos, o que foi observado pela presença de partículas na cavidade gastrovascular. Mais de 80% dos microplásticos consumidos correspondiam a fibras, enquanto apenas 12% eram fragmentos e outros formatos. Em relação aos tipos de polímeros ingeridos pelas anêmonas, os mais detectados foram PET, PP, PU, polietileno e poliamida. Por fim, foi possível observar também que houve maior ingestão de microplásticos nas regiões mais urbanizadas e populosas. Houve correlação positiva entre o peso médio das anêmonas e a quantidade de partículas plásticas ingeridas e também entre o número de presas e a quantidade de microplástico encontrada na cavidade gastrovascular (MORAIS et al., 2020).

#### **4.2 Microplásticos: bioacumulação e efeitos comportamentais em anêmonas-do-mar.**

A presença de microplásticos no organismo dos antozoários como as anêmonas e corais pode resultar em alterações do processo digestivo devido ao acúmulo do material entre os tecidos do mesentério. Desse modo, após a ingestão de microplásticos a digestão de presas naturais torna-se mais difícil (HALL et al., 2015). Adicionalmente, o consumo de microplásticos por tais organismos pode resultar em maior produção de radicais livres (ALLEN et al., 2017), com consequente aumento do estresse oxidativo que causa danos diretos às proteínas, lipídios e DNA das células (ROCHA et al., 2020).

Em trabalho publicado por Okubo e colaboradores (2020) demonstrou-se que anêmonas branqueadas da espécie *Seriatopora caliendrum* ingerem mais microplásticos que indivíduos saudáveis da mesma espécie. Adicionalmente, os pesquisadores puderam observar que a presença dos microplásticos no organismo das anêmonas prejudicou a simbiose com algas da família Symbiodiniaceae. Os resultados do estudo demonstraram também que o prejuízo da relação simbiótica foi decorrente do fato de que os microplásticos ocupam fisicamente o mesmo local onde se instalam as algas durante a simbiose (OKUBO et al., 2020).

Pesquisa recentemente publicada por Janssens e Garcia-Vazquez (2021) avaliou a ingestão e a bioacumulação de microplásticos por três espécies de anêmonas na costa centro-oeste da Espanha e observaram que as anêmonas herbívoras ingeriram mais microplásticos que as anêmonas carnívoras. Adicionalmente, pode-se observar que o tipo de microplástico mais ingerido foram fibras transparentes, azuis e pretas, sendo os polímeros PET, PP, nylon e poliestireno os mais comuns. Foi possível, ainda, detectar a presença de compostos nocivos nos microplásticos, incluindo agentes irritantes, tóxicos, cancerígenos e mutagênicos (JANSSENS; GARCIA-VAZQUEZ, 2021). Por fim, Diana e colaboradores (2020) publicaram estudo experimental no qual foi possível observar que a ingestão de microplásticos altera a comportamento alimentar das anêmonas. Isso foi demonstrado pelo fato de que o tempo de retenção de pellets frescos foi significativamente maior que o tempo de retenção dos pellets ingeridos sequencialmente na etapa de realimentação (DIANA et al., 2020).

## **5 CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Tendo em vista a importância do ecossistema marinho e o crescimento acelerado e constante da contaminação dos oceanos por microplásticos, torna-se necessária a realização de mais estudos que avaliem os impactos da ingestão dessas partículas pelas anêmonas e por outros organismos da cadeia alimentar, para que se possa compreender de forma mais detalhada os possíveis impactos desse tipo de poluição acarreta. Os mares e oceanos, que representam grande parte da superfície terrestre, apresentam biodiversidade extremamente rica e complexa que é constantemente impactada pelo aumento da atividade humana local. Uma das maiores ameaças que preocupam os especialistas na atualidade é a elevada quantidade de resíduos de polímeros plásticos, incluindo macro e microplásticos, presentes nas águas e sedimentos marinhos. A presença dos microplásticos nos mais diversos ambientes marinhos é particularmente preocupante devido sua grande capacidade de dispersão, aliada ao potencial nocivo para ecossistema local.

Dentre os organismos marinhos diretamente afetados pelos microplásticos que poluem os oceanos, as anêmonas-do-mar são fundamentais no ecossistema marinho, especialmente pela capacidade de manter relações simbióticas relevantes na cadeia alimentar. Suas características fisiológicas e metabólicas, aliadas à influência sofrida pelas alterações ambientais, tornam as anêmonas importantes indicadores da presença e da intensidade do impacto antropogênico marinho. A ingestão de microplásticos por anêmonas de diversas espécies tem sido documentada na literatura, embora ainda seja pequeno o número de estudos publicados. Mas de modo geral observa-se que tais cnidários ingerem todos os tipos morfológicos de microplásticos, embora pareça haver certa preferência por fibras plásticas devido existir maior disponibilidade no ambiente. Adicionalmente, é possível observar que tal ingestão prejudica a relação simbiótica entre anêmonas e algas, além de induzir importantes alterações comportamentais nas anêmonas.

Embora os resultados dos estudos atuais voltados para ingestão tragam achados interessantes para o conhecimento do impacto da poluição com microplásticos no ambiente marinho, são necessários mais estudos sobre quais os efeitos ecológicos e fisiológicos dessa ingestão para elucidar o real impacto desse tipo de poluição nos diferentes níveis tróficos da cadeia alimentar marinha.

## 6 REFERÊNCIAS

- ABIPLAST. Perfil 2018. **Associação Brasileira da Indústria do Plástico**. p.30-36. 2018.
- AGUIAR, N. R. H. **Microplásticos: uma análise utilizando o modelo DPSIR (drivers, pressures, state, impacts, responses) sobre a situação do Brasil**. 173 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia do Mar) – Universidade Federal de São Paulo, São Paulo, 2002.
- ALLEN, A. S. et al. **Chemoreception drives plastic consumption in a hard coral**. *Marine Pollution Bulletin*, v. 124, p. 198-205, 2017.
- ALIMBA, C.; FAGGIO, C. **Microplastics in the marine environment: current trends in environmental pollution and mechanisms of toxicological profile**. *Science of the Total Environment*, v. 68, p. 61-74, 2019.
- AMOS, J. **Oceanos recebem 8 milhões de toneladas de plástico por ano**. BBC News Brasil, Londres, Reino Unido, 13 fev. 2015. Disponível em: <[https://www.bbc.com/portuguese/noticias/2015/02/150213\\_plastico\\_mares\\_lk#:~:text=Cerca%20de%208%20milh%C3%B5es%20de%20toneladas%20de%20lixo,lixo%20%C3%A0%20altura%20dos%20joelhos%20de%20uma%20pessoa.](https://www.bbc.com/portuguese/noticias/2015/02/150213_plastico_mares_lk#:~:text=Cerca%20de%208%20milh%C3%B5es%20de%20toneladas%20de%20lixo,lixo%20%C3%A0%20altura%20dos%20joelhos%20de%20uma%20pessoa.)> Acesso em: 25 maio 2023.
- ANDRADY A. L.; NEAL M. A. **Applications and societal benefits of plastics**. *Philosophical Transactions of the Royal Society B*, v. 364, p. 1977-1984, 2009.
- ANDRADY, A. L. **Microplastics in the marine environment**. *Marine Pollution Bulletin*, v. 62, p. 1596-1605, 2011. doi.org/10.1016/j.marpolbul.2011.05.030
- ARTHUR, C., BAKER, J., BAMFORD, H. **Proceedings of the international research workshop on the occurrence, effects, and fate of microplastics marine debris**. NOAA Technical Memorandum NOS-OR & R-30, 2009.
- ASCER, L. G. **Efeitos de microplástico na fisiologia do mexilhão *Perna perna* (Bivalvia: Mytilidae)**. 2015. 88 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Ciências Biomédicas, Fisiologia Geral, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2015. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/41/41135/tde-09032016-101239/en.php>>. Acesso em: 01. mar. 2023.
- AVIO, C. G.; GORBI, S.; REGOLI, F. **Plastics and microplastics in the oceans: from emerging pollutants to emerged threat**. *Marine Environmental Research*, v. 128, p. 2-11, 2017.
- BARNES, D. K. A. et al. **Accumulation and fragmentation of plastic debris in global environment**. *Philosophical Transactions of the Royal Society B*, v. 364, p. 1985-1998, 2009.
- Bakir, A., Rowland, S.J., Thompson, R.C., 2014. **Transport of persistent organic pollutants by microplastics in estuarine conditions**. *Estuar. Coast. Shelf Sci.* 140:14-21. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ecss.2014.01.004>

BENETI, J. S. **Estudo em laboratório do comportamento e reprodução da anêmona-do-mar *Diadumene* sp. (Cnidaria, Anthozoa, Diadumenidae) do Rio Itibirê, Paranaguá, Paraná.** (Monografia) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, p. 5-37. 2008.

CANNON, Q., WAGNER, E. **Comparison of discharge mechanisms of cnidarian cnidae and myxozoan polar capsules.** Reviews in Fisheries Science, v. 11, p. 185-219, 2003.

CENTER FOR COASTAL STUDIES. **Microplastics.** Disponível em: <<https://coastalstudies.org/marine-debris/microplastics/>> Acesso em: 28 mar 2023.

CHAUDHARY, C.; SAEEDI, H.; COSTELLO, M.J. **Marine species richness is bimodal with latitude: a reply to Fernandez and Marques.** Trends in Ecology & Evolution, v. 32, p. 234-237, 2017.

COLE, M. et al. **Microplastics as contaminants in the marine environment: A review.** Marine Pollution Bulletin, [s.l.], v. 62, n. 12, p.2588-2597, 2011.

COMPUESTO. **Classificassion de las moléculas sintéticas.** Disponível em: <[www.compuestosite.blogspot.com](http://www.compuestosite.blogspot.com)> Acesso em: 02 mar. 2023.

COSTA, M. F. et al. **On the importance of size of plastic fragments and pellets on the strandline: A snapshot of a Brazilian beach.** Environmental Monitoring and Assessment, v. 168, p. 299-304, 2010.

COSTA, J. P. et al. **(Nano)plastics in the invironment - sources, facts and effects.** Science of the total environment, v. 566-567, p. 15-56, 2016.

CRAWFORD, C. B.; QUINN, B. **Physiochemical properties and degradation.** In: Microplastic pollutants. Elsevier, p. 57–100, 2017.

DAVIDSON, K.; DUDAS, S. E. **Microplastic ingestion by wild and cultured manila clams (*Venerupis philippinarum*) from Baynes Sound, British Columbia.** Archives of Environmental Contamination and Toxicology, v. 71, p.147-156, 2016.

DIANA, Z. et al. **Plastic pellets trigger feeding responses in sea anemones.** AQUATIC TOXICOLOGY, V. 222, 2020.

DI BENEDETTO, A. P. M.; OLIVEIRA, A. S. **Debris ingestion by carnivorous consumers: Does the position in the water column truly matter?** Marine Pollution Bulletin, v. 144, p. 134-139, 2019.

EERKES-MEDRANO, Dafne; THOMPSON, Richard C.; ALDRIDGE, David C. **Microplásticos em sistemas de água doce: uma revisão das ameaças emergentes, identificação de lacunas de conhecimento e priorização de necessidades de pesquisa.** Pesquisa sobre água, v. 75, p. 63-82, 2015.

ERIKSEN, M. et al. **Plastic pollution in the South Pacific subtropical gyre.** Marine Pollution Bulletin, v. 68. n. 1-2, p. 71-76, 2013.

ERIKSEN, M. et al. **Plastic pollution in the world's oceans: more than 5 trillion plastic pieces weighing over 250,000 ton afloat at sea.** PLoS ONE, v. 9, n. 12, 2014.

FAN, C. et al. **Microplastics in three typical benthic species from the Arctic: occurrence, characteristics, sources, and environmental implications.** Environmental Research, v. 192, p. 110326, 2021.

FAUTIN, D. G.; ALLEN, G. R. **Field guide to anemonefishes and their host sea anemones.** Western Australian Museum, Francis Street, Perth. 1992.

FLETCHER, Steve et al. **Turning off the Tap: How the world can end plastic pollution and create a circular economy.** 2023.

FRANCHETTI, S. M. M.; MARCONATO, J. C. **Polímeros Biodegradáveis – Uma solução parcial para diminuir a quantidade dos resíduos plásticos.** Química Nova, v. 29, n. 4, p. 811-816, 2006.

FUNDAÇÃO HEINRICH BÖLL. **Atlas do Plástico.** Rio de Janeiro. 2020. Disponível em: <https://br.boell.org/pt-br/2020/11/29/atlas-do-plastico> Acesso em: 03 mar. 2023.

GAMBILL, M; MCNAUGHTON, S. L.; KREUS, M.; PECK, M. A. **Temperature-dependent settlement of planula larvae of two scyphozoan jellyfish from the North Sea.** Estuarine, Coastal and Shelf Science, v. 201, n. 5, p. 64-71, 2016.

GUZZETTI, E. et al. **Microplastic in marine organism: environmental and toxicological effects.** Environmental Toxicology and Pharmacology, v. 64, p.164-171, 2018.

HALL, N. M. et al. **Microplastic ingestion by scleractinian corals.** Marine Biology, v. 162, n. 3, p. 725-732, 2015.

HOSLER, D.; BURKETT, S. L.; TARKANIAN, M. J. **Prehistoric polymers: rubber processing in ancient mesoamerica.** Science, v. 284, p.1998-1991, 1999.

JANSSENS, L.; GARCIA-VAZQUEZ, E. **Dangerous microplastics in topshells and anemones along the north coast of Spain.** Marine Pollution Bulletin, v. 173, p. 112945, 2021.

JEYAVANI, J. et al. **Uma revisão sobre os impactos aquáticos dos microplásticos e seus aspectos de biorremediação.** Current Pollution Reports, v. 7, p. 286-299, 2021.

JIN, Y. et al. **Polystyrene microplastics induce microbiota dysbiosis and inflammation in the gut of adult zebrafish.** Environmental Pollution, v. 235, p. 322-329, 2018.

JONES, F. **A ameaça dos microplásticos.** Revista Fapesp. v. 281, p. 25-28. 2019. Disponível em: <[https://revistapesquisa.fapesp.br/wp-content/uploads/2019/07/025-028\\_CAPA\\_PI%C3%A1stico\\_281-Parte-2.pdf](https://revistapesquisa.fapesp.br/wp-content/uploads/2019/07/025-028_CAPA_PI%C3%A1stico_281-Parte-2.pdf)>. Acesso em: 04 jan 2021.

KALALA, S. I.; BASTOS, C.; BOYLE, R. T. **O mecanismo de defesa e captura das anêmonas pode ser afetado após uma contaminação por metais?** 17<sup>a</sup> Mostra da Produção Universitária - MPU, Universidade Federal do Rio Grande - FURG, 2018.

KARLSSON, S. **Biodegradable polymers and environmental interaction.** Polymer Engineering & Science, v. 38, n. 8, 1998.

KARLSSON, T. M. et al. **Screening for microplastics in sediment, water, marine invertebrates and fish: method development and microplastic accumulation.** Marine Pollution Bulletin, v. 122, p. 403-408, 2017.

LESSA, G. **Os plásticos: panorama histórico de materiais e design.** Dissertação (Mestrado em Design). 2008. 56 f. Universidade do Estado do Rio de Janeiro – Escola Superior de Desenho Industrial, 2008.

MA, H. et al. **Microplastics in aquatic environments: Toxicity to trigger ecological consequences.** Environmental Pollution, v. 261, p. 114089, 2020.

MAGENTA, M. **Pesquisadores acham plástico dentro de 98% dos peixes analisados em estudo na Amazônia.** BBC News Brasil. Londres, Reino Unido, 19 ago. 2020. Disponível em: <<https://www.bbc.com/portuguese/brasil-53832055>> Acesso em: 25 maio 2023.

MAI, L. et al. **A review of methods for measuring microplastics in aquatic environments.** Environmental Science Pollution Research International, v. 12, p. 11319–11332, 2018.

MANO, E.B. e MENDES, L.C. **Introdução a polímeros.** 2. ed. São Paulo: Edgard Blucher, 1999.

MILLER M. E., HAMANN M., KROON F. J. **Bioaccumulation and biomagnification of microplastics in marine organisms: A review and meta-analysis of current data.** PLoS One, v. 15, n. 10, p. e0240792, 2020.

MIRANDA, D. A. **Presença de microplástico no conteúdo estomacal de peixes de importância econômica em salvador - BA.** 40 f. Monografia (Especialização) - Curso de Ciências Ambientais, Universidade Católica do Salvador, Salvador, 2011. Disponível em: <[http://www.globalgarbage.org/praias/downloads/Monografia\\_Daniele\\_de\\_Almeida\\_Miranda.pdf](http://www.globalgarbage.org/praias/downloads/Monografia_Daniele_de_Almeida_Miranda.pdf)>. Acesso em: 20 fev. 2023.

MOHAMED, N. H.; OBBARD, J. P. **Microplastics in Singapore's coastal mangrove ecosystems.** Marine Pollution Bulletin, v. 79, p. 278-283, 2014.

MONTAGNER, C. C. et al. **Microplásticos: ocorrência ambiental e desafios analíticos.** Química Nova, v. 44, n. 10, p. 1328-1352, 2021.

MOORE, C.J. et al. **Comparison of plastic and plankton in the north pacific central gyre.** Marine Pollution Bulletin, v. 42, p. 1297-1300, 2001.

- MORAIS, L. M. S. et al. **The sea anemone *Bunodosoma cangicum* as a potential biomonitor for microplastics contamination on the Brazilian Amazon coast.** Environmental Pollution, v. 265, pt. B, 114817, 2020.
- NOBRE, C. R. **Avaliação da toxicidade de microplásticos em matrizes ambientais utilizando invertebrados marinhos.** 2016. 70 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Ecologia, Universidade Santa Cecília, Santos, 2016. Disponível em: <[https://unisanta.br/arquivos/mestrado/ecologia/dissertacoes/Dissertacao\\_Caio\\_Nobre.pdf](https://unisanta.br/arquivos/mestrado/ecologia/dissertacoes/Dissertacao_Caio_Nobre.pdf)>. Acesso em: 25 fev. 2023.
- OKUBO, N. et al. **Microplastics disturb the anthozoan-algae symbiotic relationship.** Marine Pollution Bulletin, v. 135, p. 83-89, 2018.
- OKUBO, N. et al. **Experimental observation of microplastics invading the endoderm of anthozoan polyps.** Marine Environmental Research, v. 162, 2020.
- OLIVATTO, G. P. **Estudo sobre microplásticos em águas superficiais na porção oeste da Baía de Guanabara.** 2017. 155 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Química, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2017. Disponível em: <https://www.maxwell.vrac.puc-rio.br/29926/29926.pdf>. Acesso em: 22 fev. 2023.
- OLIVATTO, G. P. et al. **Microplásticos: contaminantes de preocupação global no antropocentro.** Revista Virtual de Química, v. 10, n. 6, 2018. Disponível em: <http://static.sites.s bq.org.br/rvq.s bq.org.br/pdf/MontagnerNoPrelo.pdf> Acesso em 09 mar. 2023.
- OLIVEIRA, A. S. et al. **Contaminação por microplásticos em praias arenosas no Brasil: uma revisão sistemática.** Oecologia Australis, v. 27, n. 1, p.1-21, 2023.
- OLIVEIRA, T. G. L; GOMES, P. B. **Primeira descrição do comportamento de *Bellactis ilkalypseae* (CNIDARIA: ACTINIARIA) durante o processo de reprodução assexuada.** Tropical Oceanography, v. 33, n. 1, p. 67-72, 2005.
- ORTE, M. R. et al. **Response of bleached and symbiotic sea anemones to plastic microfiber exposure.** Environmental Pollution, v. 249, 2019.
- PACHECO, G. R. C. **Consequência dos resíduos sólidos presentes nos oceanos para os animais marinhos.** 31f. Dissertação (Pós-Graduação em Gestão Ambiental) - Programa de Educação Continuada em Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, 2016.
- PEDERSEN, A.F. et al. **Microplastic ingestion by quagga mussels, *Dreissena bugensis*, and its effects on physiological processes.** Environmental Pollution, v. 260, p. 113964, 2020.
- PEREIRA, F.C. **Microplásticos no ambiente marinho: mapeamento de fontes e identificação de mecanismos de gestão para minimização da perda de pellets plásticos,** São Paulo, 2014. Dissertação (Mestrado) - Universidade de São Paulo. Disponível em: <[https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/21/21134/tde-30032015-150240/publico/Dissertacao\\_Flavia\\_Cabral\\_Corrigida.pdf](https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/21/21134/tde-30032015-150240/publico/Dissertacao_Flavia_Cabral_Corrigida.pdf)> Acesso em: 20 fev. 2023.

PIATTI, T.M.; RODRIGUES, R.A.F. **Plásticos: características, usos, produção e impactos ambientais**. Série Conversando sobre ciências em Alagoas. Maceió: EDUFAL, 2005. 51p.

PLASTICS EUROPE. **The compelling facts about plastics, analysis of plastics production, demand and recovery for 2006 in Europe**, Belgium: PlasticsEurope, 2008.

QIAO, R. et al. **Microplastics induce intestinal inflammation, oxidative stress, and disorders of metabolome and microbiome in zebrafish**. Science of the Total Environment, v. 662, p. 246-253, 2019.

ROCHA, R. J. M. et al. **Do microplastics affect the zoanthid *Zoanthus sociatus*?** Science of the Total Environment, v. 713, 136659, 2020.

SANTOS, A. S. F. et al. **Sacolas plásticas: destinações sustentáveis e alternativas de substituição**. Polímeros, [s.l.], FapUNIFESP, v. 22, n. 3, p.228-237, 2012.

SAVAGE, G.; PORTER, A.; SIMPSON, S. D. **Uptake of microplastics by the snakelocks anemone (*Anemonia viridis*) is commonplace across environmental conditions**. Science of the Total Environment, v. 836, 2022.

SCREMIN, R., FURQUIM, S.; DUBIASKI-SILVA, J. **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, v. 35, n. 85, 2013.

SELTENRICH, N. **New link in the food chain? Marine plastic pollution and seafood safety**. Environmental Health Perspectives, [s.l.], v. 123, n. 2, p.34-41, 2015.

SILVA, F. A.; RABELO, D. **O uso sustentável de polímeros**. Revista Processos Químicos, 2017.

SLUKA, R. **Microplásticos no ambiente marinho**. 2018. Disponível em: <<http://www.arocha.org/pt/projects/microplasticos/>>. Acesso em: 25 fev. 2023.

THOMPSON, R. et al. **Lost at sea: where is all the plastic?** Science, v. 304, p. 838-838, 2004.

THOMPSON, M. et al. **Conexões: ciências da natureza e suas tecnologias: manual do professor**, 1. ed., São Paulo, 2020.

TURRA, A. et al. **Three-dimensional distribution of plastic pellets in sandy beaches: Shifting paradigms**. Scientific Reports, v. 4, p. 1-7, 2014.

VASCONCELOS, Y. **Planeta plástico**. Revista FAPESP. Ed. 281. 2019. Disponível em: <<https://revistapesquisa.fapesp.br/planeta-plastico/>>. Acesso em: 25 fev. 2023.

YAO, L. et al. **Freshwater microplastics pollution: Detecting and visualizing emerging trends based on Citespace II**. Chemosphere, v. 245, 12562, 2020.

WRIGHT, S. L. et al. **The physical impacts of microplastics on marine organisms: a review.** Environmental Pollution, v. 178, p. 483-492, 2013.

WWF - World Wildlife Fund for Nature. **No plastic in nature: assessing plastic ingestion from nature's to people**, Dalberg, The University of Newcastle, 2019.

Disponível

em:

[https://awsassets.panda.org/downloads/plastic\\_ingestion\\_press\\_singles.pdf](https://awsassets.panda.org/downloads/plastic_ingestion_press_singles.pdf) Acesso

em: 21 fev. 2023.