



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS
CURSO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS

Claudinéia Damaceno

Florianópolis

2025

Claudinéia Damaceno

Afinação de ostras *Magallana gigas* (Thunberg, 1793), como estratégia para reduzir a exposição humana à partículas plásticas.

Trabalho de Conclusão de Curso submetido ao curso de Ciências Biológicas do Centro de Ciências Biológicas da Universidade Federal de Santa Catarina como requisito parcial para a obtenção do título de Licenciada em Ciências Biológicas.

Orientador: Diego José Nogueira, Dr.

Coorientador: Miguel Saldaña Serrano, Dr.

Florianópolis

2025

DAMACENO, CLAUDINEIA

Afinação de ostras *Magallana gigas* (Thunberg, 1793), como estratégia para reduzir a exposição humana à partículas plásticas. / CLAUDINEIA DAMACENO ; orientador, Diego José Nogueira, coorientador, Miguel Saldaña Serrano, 2025.

51 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) -
Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de Ciências
Biológicas, Graduação em Ciências Biológicas,
Florianópolis, 2025.

Inclui referências.

1. Ciências Biológicas. 2. *Magallana gigas*. 3. Contaminantes emergentes. 4. Maricultura. 5. Segurança Alimentar. I. Nogueira, Diego José . II. Saldaña Serrano, Miguel. III. Universidade Federal de Santa Catarina. Graduação em Ciências Biológicas. IV. Título.

Claudinéia Damaceno

Afinação de ostras *Magallana gigas* (Thunberg, 1793), como estratégia para reduzir a exposição humana à partículas plásticas.

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi julgado adequado para obtenção do título de Licenciado e aprovado em sua forma final pelo Curso Ciências Biológicas.

Florianópolis, 28 de novembro de 2025.

Coordenação do Curso

Banca examinadora

Diego José Nogueira, Dr.

Orientador

Prof.. Bruno Renaly Souza Figueiredo, Dr.

Instituição UFSC

Dr^a Patrícia Pereira Serafin,

Instituição UFSC

Florianópolis, 2025.

Dedico este trabalho, aos meus gatos de estimação, meu cachorro Bud, ao Bart e Kuruo, aos meus familiares e amigos.

AGRADECIMENTOS

Agradeço aos laboratórios LABCAI, LIMNOS e AQUOS pelo suporte técnico e institucional indispensável ao desenvolvimento deste trabalho. Manifesto meu sincero reconhecimento aos meus colegas de laboratório, Fabielle Bando, Michelle Lopez, Renato Assef e William Padilha, todos do LIMNOS, pela colaboração, companheirismo e auxílio constante ao longo desta trajetória.

Registro também minha gratidão às técnicas do laboratório AQUOS, Silvia e Marília Tedesco, pelo suporte técnico e pela atenção sempre dedicada ao andamento das atividades laboratoriais. Expresso minha gratidão aos professores Nei Kavaguichi, Mauricio Petrucio, Bruno Figueiredo e Afonso Celso, cujas contribuições acadêmicas e apoio foram essenciais para o aprimoramento desta pesquisa.

Agradeço de forma especial ao meu orientador, Diego Nogueira, pela orientação dedicada, pelas discussões valiosas e pela confiança depositada no meu trabalho. Estendo também meus agradecimentos ao meu coorientador, Miguel Saldana Serrano, pelo suporte técnico e científico, que enriqueceu significativamente este estudo.

Registro ainda minha gratidão à minha amiga Aline Conceição, pelo companheirismo e incentivo em momentos decisivos; ao vigilante Carioca e à Anita, pelo apoio cotidiano e pela atenção sempre prestada.

Agradeço também aos meus colegas de curso, pelo compartilhamento de experiências e aprendizados, e aos professores do curso, por todo conhecimento transmitido ao longo da formação acadêmica.

Por fim, deixo meu profundo agradecimento à minha família, pelo amor, apoio e incentivo constantes, fundamentais em toda minha trajetória. À minha mãe, Clarice, expresso minha gratidão especial por sua dedicação, força e presença incondicional, que foram essenciais para que eu chegasse até aqui.

A todos que contribuíram direta ou indiretamente para a realização deste trabalho, deixo meu sincero e profundo agradecimento.

RESUMO

A crescente contaminação de ambientes marinhos por microplásticos representa um desafio significativo para a segurança da aquicultura, especialmente no cultivo de bivalves. Dada a relevância da Baía Sul de Florianópolis como centro produtor nacional de ostras, o estudo visou quantificar a presença de partículas plásticas em *Magallana gigas* e testar a eficácia do processo de afinação (depuração em ambiente natural) para mitigar a exposição humana a esses contaminantes. A metodologia envolveu a análise de 48 ostras, utilizando digestão por KOH (10%), caracterização morfológica por estereomicroscopia, e identificação de seis polímeros por micro FTIR, aplicando os métodos de Lithner (2011) e Wakkaf (2020) para avaliação de risco e estimativa de ingestão. Foram identificadas 32 partículas plásticas, predominantemente fibras, nas quais a presença de Polimetilmetacrilato (PMMA) elevou a análise de risco à Categoria IV, conforme o método de Lithner (2011). A concentração inicial de partículas plásticas nos tecidos das ostras foi de 0,30 itens g ww⁻¹, mas o processo de afinação em 48 horas reduziu esta concentração para 0,21 itens g ww⁻¹. Com base nessas concentrações, a ingestão anual estimada pelo consumidor brasileiro diminuiu de 54 partículas (ostras não depuradas) para 41 partículas (após afinação). Entretanto, a elevação da concentração de partículas observada após 72 horas e 14 dias indica que a eficácia da afinação é de curto prazo, reforçando a urgência de aprimorar o saneamento e o monitoramento oficial da maricultura.

Palavras-chave: Segurança Alimentar, Maricultura, Contaminantes emergentes

ABSTRACT

The increasing contamination of marine environments by plastic particles represents a significant challenge to aquaculture safety, especially in bivalve farming. Given the importance of the South Bay of Florianópolis as a national producer of oysters, this study aimed to quantify the presence of plastic particles in *Magallana gigas* and test the effectiveness of the de-aging process (purification in a natural environment) to mitigate human exposure. The methodology involved the analysis of 48 oysters using KOH digestion (10%), morphological characterization by stereomicroscopy, and identification of six polymers by micro FTIR, applying the Lithner (2011) and Wakkaf (2020) methods for risk assessment and ingestion estimation. Thirty-two plastic particles were identified, predominantly fibers, in which the presence of polymethyl methacrylate (PMMA) raised the risk analysis to Category IV, according to the Lithner (2011) method. The initial concentration of plastic particles in oyster tissues was 0.30 g ww^{-1} , but the 48-hour refinement process reduced this concentration to 0.21 g ww^{-1} . Based on these concentrations, the estimated annual intake by the Brazilian consumer decreases from 54 particles (non-purified oysters) to 41 particles (after refinement). However, the increase in particle concentration observed after 72 hours and 14 days indicates that the effectiveness of refinement is short-term, reinforcing the urgency of improving sanitation and official monitoring of mariculture.

Keywords: Food Safety, Aquaculture, Emerging Contaminants

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Area dos pontos de Imersão (veleiros) e depuração (fazenda Paraíso das ostras)...	26
Figura 2 - Desenho amostral do experimento, mostrando influencia antrópica dos locais de imersão e depuração das ostras.....	27
Figura 3 - A) Proporção de fibras e fragmentos encontrados B) Proporção e quantidade de partículas das cores encontradas.....	32
Figura 4 - Proporção dos polímeros encontrados.	33

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Contaminantes monitorados pela Defesa Sanitária animal (DEDSA SC, 2025). ...	19
Tabela 2 - Dados Biométricos (média e desvio padrão) do tamanho dos indivíduos e número de partículas plásticas encontradas por indivíduos e grama de tecido mole conforme o tempo de imersão e depuração.	30
Tabela 3 - Estudos ao redor do mundo que quantificaram a ingestão anual de partículas plásticas pela população ao consumir moluscos bivalves.	Erro! Indicador não definido.
Tabela 4 - Avaliação Global do Índice de Perigo (PHI) Associado a Polímeros Encontrados em Bivalves.	34
Tabela 5 - Estudos de concentração de partículas plásticas no gênero <i>Magallana</i> sp. ou <i>Crassostrea</i> sp., ao redor do mundo.	35
Tabela 6 - Estudos da eficácia da depuração de partículas plásticas em ostras e mexilhões ao redor do mundo.	37

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

Dep	Depuração
DP	Desvio Padrão
EM	Estereomicroscópio
H₂O₂	Peróxido de Hidrogênio
HNO₃	Ácido Nítrico
IR	Índice de Risco
KOH	Hidróxido de Potássio
MEI	Epi-fluorescência Invertido
MF	Microscópio de Fluorescência
MO	Microscópio Óptico
Pol	Polímero
Pols	Polímeros

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	16
2	HIPÓTESE	22
3	OBJETIVO GERAL.....	23
3.1	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	23
4	JUSTIFICATIVA	24
5	MATERIAIS E MÉTODOS.....	25
5.1	DESENHO EXPERIMENTAL.....	25
5.2	OBTENÇÃO DAS PARTÍCULAS.....	27
5.3	CARACTERIZAÇÃO DAS PARTÍCULAS	27
5.4	CONTROLE DE QUALIDADE	28
5.5	AVALIAÇÃO DO RISCO PARA O CONSUMO HUMANO	28
5.6	AVALIÇÃO DO RISCO COM BASE NO TIPO DE POLÍMERO	29
6	RESULTADOS	30
6.1	OCORRÊNCIA DE PARTÍCULAS PLÁSTICAS.....	30
6.2	COMPOSIÇÃO DAS PARTÍCULAS PLÁSTICAS	32
6.3	AVALIAÇÃO DO RISCO PARA O CONSUMO HUMANO	33
6.4	AVALIAÇÃO DE RISCO BASEADA NA COMPOSIÇÃO DOS POLÍMEROS.....	34
7	DISCUSSÃO	36
8	CONCLUSÃO.....	43
9	REFERÊNCIAS	44

1 INTRODUÇÃO

Os ecossistemas aquáticos são relevantes para a produção de alimentos de consumo humano desde muito tempo atrás, e remonta a práticas milenares, com uma intensificação significativa dessas atividades nas últimas décadas (Botta *et al*2020). Os países que concentram as maiores taxas de produção aquícola correspondem, em geral, àquelas com elevada densidade populacional, o que explica a crescente necessidade de diversificação das fontes alimentares. A pressão por maior oferta de alimentos, sobretudo de proteínas, fomentou a expansão da aquicultura, processo que passou a ser designado como “Revolução Azul” (Ahmed; Thompson, 2019; Providence, 2024b). Nesse contexto, a Revolução Azul consolidou-se como um vetor para o desenvolvimento da chamada Economia Azul, caracterizada pela busca de estratégias de crescimento econômico sustentáveis, em que a maricultura desponta como alternativa promissora à pesca extrativa, cuja produção permanece estagnada há vários anos (FAO, 2024). A maricultura consiste no cultivo de espécies animais e de macroalgas destinadas ao consumo humano ou animal, realizadas em ambientes costeiros de água salgada ou salobra (White *et al*2004). Essas práticas podem ser estruturadas em sistemas de interação benéfica, uma vez que proporcionam condições favoráveis ao desenvolvimento de organismos associados às áreas de cultivo. Isso se deve à disponibilização de recursos tróficos, oferta de abrigos e substratos para fixação, além da capacidade de remover nutrientes em excesso, como fósforo e nitrogênio, o que diminui a carga de efluentes lançados no ambiente e contribui para mitigar impactos da poluição por esgoto (Theuerkauf *et al*2022).

O litoral brasileiro, com mais de 8.500 km em 17 estados, apresenta forte potencial para a aquicultura (Helena *et al*2018). A carcinicultura domina o Nordeste (99,3% da produção de camarões), enquanto Sudeste e Sul concentram a malacocultura (Tahim; De Araújo Junior, 2014). Santa Catarina permanece líder nacional no cultivo de ostras: em 2023 produziu 2.423,37 toneladas, majoritariamente de *Magallana gigas*, com destaque para Florianópolis e São José (Cordeiro, 2025; MPA, 2024).

A expansão da maricultura depende das condições ambientais e sofre pressões da urbanização acelerada (Novaes; Vianna, 2020). Cerca de 50 milhões de brasileiros vivem no litoral, impulsionados por polos industriais, portuários e turísticos, mas sem infraestrutura urbana compatível (Belchior *et al*2011; Diep *et al*2021). Em Florianópolis, a mancha urbana metropolitana reúne 1,18 milhão de habitantes, com densidade crescente no verão (Faria, 2023).

Inserida na RH8, a região recebe descargas de rios que deságuam nas baías Norte e Sul (Rodrigues; Oliveira, 2016). A falta de saneamento e ligações clandestinas contribuem para a carga orgânica lançada nos corpos hídricos, somada ao aporte de resíduos sólidos predominantemente terrestres (Eziquiel *et al*2018; Ely *et al*2020).

Os resíduos plásticos são a principal fração do lixo urbano em ambientes costeiros, compondo de 50% a 90% do total e somando mais de 8 milhões de toneladas que chegam aos oceanos anualmente (Agamuthu *et al*2019). Nas praias de Florianópolis, essa predominância também é evidente, com destaque para embalagens descartáveis, equipamentos de pesca, especialmente fragmentos de redes de náilon, e outros detritos poliméricos (Widmer; Hennemann, 2010; Zanetti, 2019). Devido à alta persistência, sua degradação é extremamente lenta: em ecossistemas costeiros, sofrem fragmentação mecânica por abrasão, impacto da água, vento e sedimentos, além da ingestão por organismos (Sorasan *et al*2022). Paralelamente, ocorre fragmentação química, induzida pela fotodegradação ou por processos biológicos, como a digestão e a ação de microrganismos capazes de metabolizar polímeros (Zhang *et al*2021).

A progressiva redução do tamanho desses resíduos plásticos permite sua classificação em diferentes categorias, como por exemplo de acordo com o tamanho: macrolástico (plástico acima de 25mm), mesoplásticos (fragmentos superiores de 25mm à 5 mm), microplásticos (inferiores a 5 mm e superiores a 1 µm) e nanoplásticos (inferiores a 1 µm), (Sorasan *et al*2022).

A classificação dos plásticos também pode ser feita quanto à sua morfologia, eles podem ser encontrados na forma de pellets, que são as resinas virgens utilizadas na pré-produção industrial, ou como microesferas, empregadas diretamente em produtos de higiene pessoal, como esfoliantes (Mukai, 2023).

Outras formas comuns incluem as fibras, que são fragmentos cujo comprimento é maior que as outras dimensões, e os fragmentos, que são pedaços de plástico com formas e ângulos variados, resultantes da desintegração de objetos maiores (Helm, 2017; Lusher *et al*2020).

Os plásticos são classificados conforme sua composição molecular, abrangendo polímeros amplamente utilizados, como PMM (plástico acrílico), PE, PET, PEAD, PEBD, PVC, PP e PS, presentes em diversos produtos e embalagens. Também incluem poliamidas, como o Nylon, e fibras de origem natural derivadas da celulose, como o Rayon, muito empregadas na indústria têxtil (GESAMP, 2019; Zhang *et al*2021).

Essa composição química confere aos microplásticos uma notável capacidade de

adsorção de substâncias químicas, como metais pesados, tanto durante sua fabricação quanto após exposição ao ambiente. Essa característica intensifica os efeitos tóxicos combinados desses contaminantes (microplástico combinado com metais pesados) nos organismos que assimilam esses microplásticos. (Godoy *et al*2019).

A contaminação, proveniente de esgoto e resíduos sólidos urbanos, exerce impacto direto sobre a maricultura local, especialmente na produção de ostras e outros moluscos bivalves (Brocardo, 2022). Como organismos filtradores, essas espécies acumulam em seus tecidos, patógenos e contaminantes presentes na coluna d'água (Logullo, 2005).

Microplásticos têm sido detectados em diversos níveis tróficos, desde o zooplâncton até predadores de topo, devido à ingestão ou absorção das partículas, que podem ser confundidas com plâncton ou grãos de areia (Carbery *et al.*, 2018; McHale & Sheehan, 2024).

Nesse contexto, os organismos filtradores apresentam elevada vulnerabilidade, uma vez que filtram grandes volumes de água diariamente, aumentando a probabilidade de exposição e bioacumulação de partículas plásticas. A crescente presença de microplásticos nos oceanos está diretamente associada à bioacumulação em organismos aquáticos e à subsequente biomagnificação ao longo da cadeia trófica (Nunes; Bruzaca, 2021).

As dimensões reduzidas e as características morfológicas desses fragmentos plásticos, frequentemente semelhantes a organismos microscópicos, facilitam sua ingestão por uma ampla variedade de seres vivos marinhos, desde fito plâncton e zooplâncton até animais de maior porte, que os confundem com alimento (Gunaalan *et al*2023). Além de provocarem danos mecânicos diretos, as partículas plásticas atuam como vetores de substâncias químicas tóxicas (Pestana *et al*2021). Uma vez ingeridas, as partículas plásticas e os contaminantes associados tendem a bioacumular-se nos tecidos dos organismos, sendo dificilmente eliminados (Avio; Gorbi; Regoli, 2015). Essa acumulação pode resultar em diversos efeitos adversos, incluindo fricção interna ou obstrução do trato gastrointestinal, levando à necrose de brânquias ou intestino, e em casos extremos, à morte por inanição devido à obstrução do estômago ou intestino (Lins *et al*2024; Teng *et al*2021).

Adicionalmente, existe a possibilidade de translocação dessas partículas para outros órgãos e tecidos, ocasionando alterações toxicológicas, como disfunções metabólicas, apoptose induzida por estresse oxidativo e inibição de reações celulares (Scanes; Wood; Ross, 2019; Van Cauwenbergh; Janssen, 2014). Esses impactos representam não apenas problemas ambientais, mas também repercussões econômicas, uma vez que os moluscos constituem componente

relevante da maricultura brasileira destinada ao consumo humano (MAPA, 2022). A bioacumulação de contaminantes em bivalves pode configurar risco à saúde pública e ocasionar prejuízos à indústria maricultora (Machado; Sierra, 2014).

Com o objetivo de assegurar a segurança sanitária na produção de moluscos, o Ministério da Agricultura e Pecuária instituiu o Programa Nacional de Moluscos Bivalves Seguros (MoluBis) por meio da Portaria SDA/MAPA nº 884, de 6 de setembro de 2023, em termos de normatização, o novo programa consolidou diversas normas anteriores em uma única portaria. Essa harmonização e atualização dos procedimentos, alinhados com os padrões internacionais do *Codex Alimentarius*, resultam em parâmetros mais modernos e eficientes para assegurar a inocuidade e a qualidade dos moluscos. Uma das principais melhorias do MoluBiS é a ampliação do escopo do controle higiênico-sanitário. Enquanto o PNCMB focava o monitoramento em *Escherichia coli* e ficotoxinas, o novo programa inclui também metais pesados e hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (HPAs) (Brasil, 2023).

Tabela 1 - Contaminantes monitorados pela Defesa Sanitária animal (DEDSA SC, 2025).

Categoria	Contaminante/Parâmetro
Ficotoxinas	Ácido ocadaico, toxinas diarreicas
Microrganismos Patogênicos	<i>Vibrio spp.</i> , Coliformes, <i>E. coli</i>
Contaminantes Inorgânico	Hidrocarbonetos (Antraceno, Acenaftileno, Acenafteno, Fenantreno, Naftaleno, etc.)
	Metais pesados (Pb, Cd, Hg, As)

O MoluBiS adota uma abordagem de "saúde única", mais abrangente que o PNCMB, ao englobar todas as etapas da cadeia produtiva (da retirada ao processamento) sob uma fiscalização conjunta do MAPA e órgãos estaduais (Ummus *et al.*, 2023). Em Santa Catarina, a CIDASC coordena a maricultura em 16 parques aquícolas (Souza *et al.*, 2015). A gestão da atividade é assegurada pelo Relatório de Atividade de Produção (RAP), no qual os cessionários detalham anualmente a produção (dados econômicos, espécies e situação das áreas) para garantir o controle e a segurança jurídica do setor.

A apresentação do RAP é essencial para que os órgãos competentes monitorem e fiscalizem a atividade, garantindo conformidade com a legislação e sustentabilidade na aquicultura (Ayres *et al.*, 2022). Santa Catarina foi o primeiro estado a organizar e regulamentar suas áreas aquícolas, totalizando 900 *hectares* distribuídos entre maricultores (Epagri, 2025).

Para assegurar a qualidade dos *moluscos* e a segurança do consumidor, a CIDASC e a EPAGRI realizaram um levantamento hidrográfico que identificou fontes de poluição e embasou um plano de monitoramento microbiológico, prática internacional para a classificação sanitária das áreas de cultivo (Garbossa *et al*2014). Essa classificação é dividida em quatro categorias baseadas na concentração de *E. coli* na água ou nos moluscos: a Classe A (Ótima Qualidade) exige que a concentração de *E. coli* não ultrapasse 700 NMP/100 g em nenhum dos resultados monitorados e que 80% das análises sejam inferiores a 230 NMP/100 g. Já nas Classes B e C (Qualidade Condicional), as concentrações devem ser menores ou iguais a 46.000 NMP/100 g, com 90% das amostras inferiores ou iguais a 4.600 NMP/100 g na Classe B, e 100% das amostras inferiores a 46.000 NMP/100 g na Classe C. Moluscos cultivados nessas áreas têm a retirada liberada sob condição, exigindo etapas de depuração ou afinação (depuração em ambiente natural) em uma área de Classe A pôr um período determinado (Robson, 2021).

Por fim, a Classe D (Suspensa) é imediatamente aplicada caso ocorra a detecção de qualquer resultado superior a 46.000 NMP de *E. coli* por 100 gramas na parte comestível dos moluscos ocorra, proibindo-se a retirada, o consumo e a comercialização de quaisquer moluscos bivalves desse local (DEDSA, 2025).

Entre os procedimentos regulamentados para controle de contaminação em moluscos, destaca-se o processo de afinação, que consiste na transferência de indivíduos adultos do local de cultivo, submetido a influência poluidora, para uma área com menores níveis de poluição, por período suficiente para que os organismos eliminem naturalmente microrganismos patogênicos presentes em seus intestinos (Souza; Suplicy; Novaes, 2021). Esse método de redução de riscos é o único passível de execução diretamente no ambiente e já é aplicado para o controle de *Escherichia coli* no cultivo da ostra *Magallana gigas* (sinonímia: *Crassostrea gigas*) em Florianópolis (Souza; Suplicy; Novaes, 2021).

A bioacumulação de microplásticos em ostras configura não apenas uma preocupação ambiental, mas também repercussões de saúde pública e econômicas, devido à relevância da ostreicultura, tornando necessário o monitoramento constante das áreas de cultivo (Queiroz; Silva, 2020). Por essa razão, o emprego de técnicas que aliem baixo custo à aderência às normas do MoluBiS é indispensável. A técnica de afinação, consolidada no controle da contaminação microbiológica (Jacomel; Campos, 2014), apresenta potencial promissor para aplicação no manejo de contaminantes emergentes, como os microplásticos, especialmente considerando a

diversidade e a extensão das áreas de cultivo na região da Grande Florianópolis, que fornecem condições ideais para o desenvolvimento e teste dessa abordagem inovadora.

2 HIPÓTESE

A técnica de afinação reduz a concentração de partículas plásticas em ostras *Magallana gigas* em ambiente natural, assim como já é conhecido para condições artificiais.

3 OBJETIVO GERAL

Avaliar a eficácia da técnica de afinação na redução da concentração de partículas plásticas em ostras *Magallana gigas*, correlacionando os resultados aos potenciais riscos à saúde dos consumidores.

3.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Detectar e comparar a presença de partículas plásticas em ostras *Magallana gigas* submetidas e não submetidas ao processo de afinação;

Quantificar, classificar quanto à forma, cor e tamanho, e caracterizar os polímeros das partículas encontradas;

Avaliar a relação entre o peso dos tecidos das ostras e a concentração de partículas plásticas;

Avaliar o risco toxicológico à saúde humana associado à concentração de polímeros em ostras não depuradas, com base nos critérios de toxicidade estabelecidos pela metodologia de Lithner (2011)

4 JUSTIFICATIVA

A natureza filtradora dos bivalves, em especial das ostras, o torna altamente suscetíveis a contaminação por partículas plásticas e outros contaminantes emergentes, em ecossistemas costeiros. Locais de cultivo, como baías, rios e estuários frequentemente estão inseridos em áreas de intensa atividade antrópica e sujeitos à descarga inadequada de esgoto sanitário, e embora essa seja a realidade observada de forma recorrente na região da Grande Florianópolis, não há monitoramento pelos órgãos de vigilância sanitária para contaminantes emergentes. Esse cenário agrava a poluição hídrica, eleva os riscos à saúde pública e compromete a sustentabilidade da maricultura, setor de expressiva relevância socioeconômica em Santa Catarina.

Diante desse contexto, este trabalho justifica-se pela necessidade urgente de estratégias para mitigar a bioacumulação de partículas plásticas em bivalves. A técnica de afinação em ambiente natural, já consolidada para a remoção de microrganismos, surge como uma alternativa para reduzir a presença de partículas plásticas em ostras. Assim, a proposta é relevante não apenas por oferecer respostas práticas a um problema ambiental e de saúde pública, mas também por contribuir para o aprimoramento das práticas de cultivo, a proteção da qualidade dos produtos marinhos e a preservação da integridade dos ecossistemas costeiros.

5 MATERIAIS E MÉTODOS

5.1 DESENHO EXPERIMENTAL

As amostras de ostras foram adquiridas de um produtor local em Florianópolis, proveniente de área de cultivo Classe A, cuja retirada é considerada “liberada” (**Figura 1**). Essa classificação é estabelecida com base na concentração de bactérias termotolerantes, que não deve exceder 300 indivíduos por 100 g de tecido (Da Silva *et al*2022). Após a coleta, as ostras foram transportadas até uma área de classificação C, situada próxima à marina do Iate Clube Veleiros de Santa Catarina, na Baía Sul, região central de Florianópolis (27°36'28.6"S 48°33'05.6"Oeste). Essa área apresenta intensa urbanização, com a vegetação de restinga já removida e o terreno aterrado, recebendo ainda o aporte de rios e córregos provenientes tanto do continente quanto da porção sul da ilha.

A comercialização de moluscos provenientes de áreas com classificação C é permitida somente após a translocação para uma área de menor contaminação, onde devem permanecer por um período de dois meses para depuração. (Moisés Da Silva *et al*2022). As ostras foram inicialmente dispostas em lanternas (estruturas de cultivo utilizadas na ostreicultura) e permaneceram por sete dias no local. Concluído esse período, os organismos foram transferidos para a área de afinação, situada na Caieira da Barra do Sul, na Fazenda marinha Paraíso das Ostras área classe A (27°48'48.8"S 48°33'33.0" Oeste) (**Figura 1**).

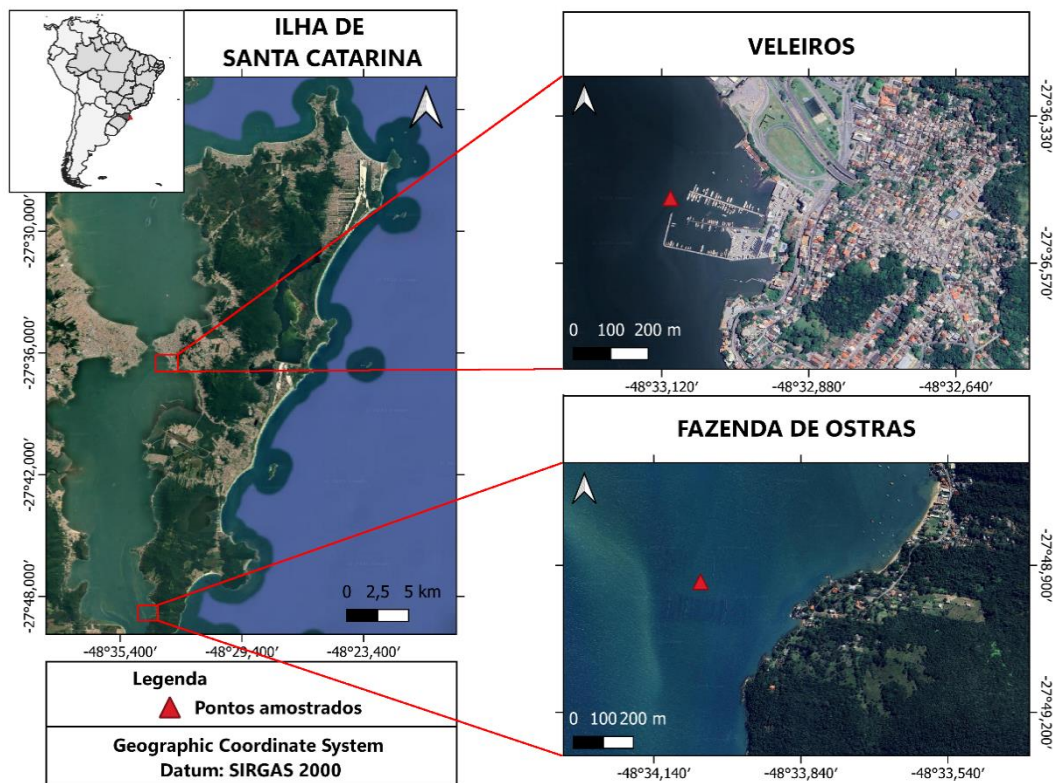


Figura 1 - Area dos pontos de Imersão (veleiros) e depuração (fazenda Paraíso das ostras).

Nessa área foi empregado um sistema *long-line*, método de cultivo marinho que consiste em linhas horizontais suspensas por boias e ancoradas ao fundo, garantindo que as ostras fiquem posicionadas a uma distância segura da área de cultivo principal. Essa estrutura, desenvolvida em parceria entre a EPAGRI e a UFSC, foi destinada especificamente aos estudos de afinação, possibilitando que as ostras permaneçam no ambiente por até 14 dias, tempo considerado adequado para o processo de depuração (Souza; Suplicy; Novaes, 2021b).

Foram realizadas coletas de ostras nos tempos de 0 h (indivíduos coletados que não passaram por período de depuração), 24 h, 48 h, 72 h e 14 dias de ‘afinação’, sendo recolhidos 12 indivíduos por tempo de amostragem. Após a retirada direta das lanternas de cultivo, as ostras foram limpas, fechadas com elásticos para evitar a abertura das valvas, e transportadas em cooler até o Laboratório de Biomarcadores de Contaminação Aquática e Imunoquímica (LABCAI), no CCB/UFSC. No laboratório, os organismos foram armazenados em freezer a -20 °C até a análise.

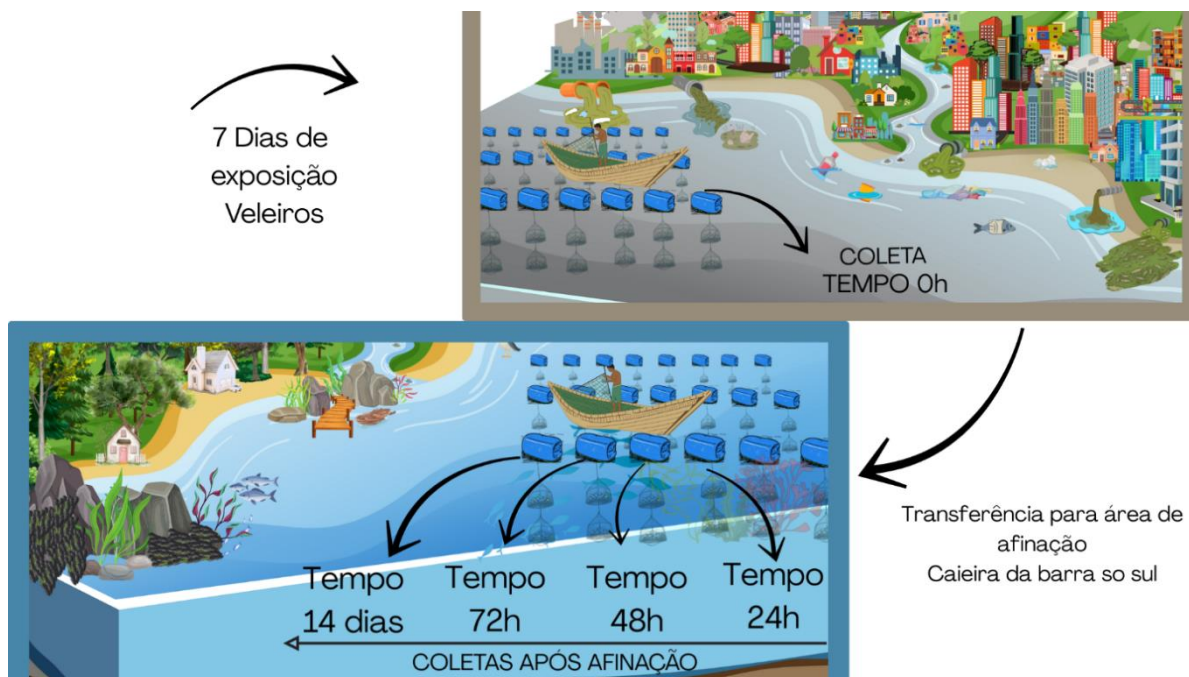


Figura 2 - Desenho experimental do estudo que avalia a influencia antrópica dos locais de imersão e depuração das ostras.

5.2 OBTENÇÃO DAS PARTÍCULAS

Após a biometria de cada indivíduo, os tecidos moles foram dissecados, cuidadosamente removidos e pesados. A digestão do tecido biológico seguiu o protocolo descrito por Avio *et al*(2015), com algumas adaptações: cada amostra foi transferida para frascos de vidro contendo solução de KOH 10% na proporção de 10 ml para cada 1 mg de tecido. Os frascos foram cobertos com papel-alumínio e incubados a 60 °C por 24 horas, sob agitação constante de 160 rpm. Após a digestão, o sobrenadante foi filtrado utilizando membranas de fibra de vidro (1,6 µm) e bomba de vácuo. Os filtros obtidos foram armazenados em placas de Petri plásticas para posterior triagem das partículas.

5.3 CARACTERIZAÇÃO DAS PARTÍCULAS

A triagem foi realizada em estereomicroscópio. Olympus SZX16, com captura de imagens pela câmera DP73, permitindo a caracterização física das partículas quanto à forma, tamanho e cor. A composição polimérica dos plásticos fora determinada por espectroscopia µ-FT-IR (Nicolet-6700/Continuum, Thermo Scientific), na faixa de 4000 a 600 cm⁻¹, comparando

os espectros obtidos com a biblioteca do equipamento para identificação dos polímeros presentes.

5.4 CONTROLE DE QUALIDADE

O trabalho foi conduzido em um ambiente com baixa circulação de pessoas, sob uma capela de exaustão, para reduzir a contaminação atmosférica (RIVOIRA *et al*2020). Os pesquisadores utilizaram jalecos de 100% algodão (polímero natural) e luvas de nitrila sem pó (MONTAGNER *et al*2021).

Todos os materiais de vidro (béckers, provetas, funis de separação, placas de Petri e frascos reagentes) foram submetidos a um protocolo de limpeza rigoroso: lavagem inicial com água ultrapura filtrada a 1,0 μm e posterior secagem em estufa a 200°C por 24 horas (CHANG *et al*2021). Após a esterilização por calor, foram imediatamente cobertos com papel alumínio até o uso (THIELE; HUDSON; RUSSEL., 2019).

Todos os reagentes químicos utilizados foram filtrados sucessivamente três vezes através de filtro de fibra de vidro de 1,6 μm (LI *et al*2018). Após a filtração tripla, o reagente foi filtrado uma quarta vez, e o último filtro foi analisado microscopicamente para confirmar a ausência de contaminação.

Foi realizado um branco atmosférico por dia de experimento (RIVOIRA *et al*2020), este consistiu na colocação de uma membrana de fibra de vidro de 1,6 μm embebida em água ultrapura (filtrada a 1,0 μm) em uma placa de Petri aberta, dentro do ambiente de experimento, durante toda a sua duração. O filtro foi posteriormente analisado em estereomicroscópio. Partículas cujas características morfológicas e químicas fossem semelhantes às encontradas nos brancos (atmosférico e de reagentes) foram excluídas da contagem final dos resultados (HUPPERTSBERG; KNEPPER, 2020).

5.5 AVALIAÇÃO DO RISCO PARA O CONSUMO HUMANO

A avaliação do risco de exposição à partículas plásticas (micro e/ou mesoplástico) foi conduzida com base no consumo da ostra de cultivo, *Magallana gigas*. Para quantificar a exposição, utilizou-se a Estimativa de Ingestão Anual (EIA) dessas partículas pela população brasileira, por meio de um modelo de cálculo adaptado de Wakkaf *et al*(2020). Este índice

utiliza a concentração de partículas plásticas no bivalve para determinar a exposição média da população ao contaminante em função da produção local.

A Estimativa de Ingestão Anual (EIA) foi determinada pelo produto da concentração de partículas no tecido da ostra (C) e a taxa de consumo populacional anual (IAM):

$$E = C \times IAM$$

C = Número médio de partículas plásticas por grama detectados no tecido da *M. gigas* (itens g⁻¹ ww).

IAM = Quociente da Produção nacional anual da *M. gigas* pela população brasileira (t.a⁻¹).

$$EIA = \frac{\text{Part. Plást.}}{\text{g tec. mole}} \times \frac{\text{Pr o d. M. gigas anual}}{\text{População brasileira}}$$

5.6 AVALIAÇÃO DO RISCO COM BASE NO TIPO DE POLÍMERO

Para estimar o impacto potencial dos polímeros identificados, foi aplicada a metodologia de avaliação de risco proposta por (Lithner (2011) *et al*2011) amplamente utilizada em estudos recentes sobre contaminação por microplásticos em organismos aquáticos (Ding *et al*2022; Hongsawat *et al*2024; Le *et al*2023; Xuan Le *et al*2025; P. Xu *et al*2018).

Essa abordagem baseia-se no cálculo do Índice de Perigo de Polímeros PHI (*Polymer Hazard Index*), que combina a proporção de cada tipo de polímero sintético e semissintético identificado nas amostras de moluscos (Pn) com o nível de risco intrínseco associado a esse polímero (Sn), conforme a classificação de (Lithner *et al*2011). A classificação de risco dos polímeros varia de nível I a V, sendo o nível I o menos perigoso e o nível V o mais perigoso, de acordo com a toxicidade dos monômeros constituintes e seu potencial de causar efeitos adversos ao ambiente e aos organismos.

O Índice de Perigo de Polímeros (PHI) foi calculado pela seguinte equação:

$$PHI = \Sigma Pn \times Sn$$

P = porcentagem do polímero na amostra

S = pontuação de risco da composição polimérica

6 RESULTADOS

6.1 OCORRÊNCIA DE PARTÍCULAS PLÁSTICAS

A biometria dos organismos amostrados demonstrou que o peso úmido médio da carne variou entre 13,16 g (T 72h) e 19,63 g (T 24h). Inicialmente, no tempo zero (T0h), correspondente ao período em que as ostras estavam imersas no ambiente pré-afinação em Veleiros (**Figura 1**), foram detectadas 5 partículas plásticas em 5 das 10 ostras analisadas (**Tabela 2**). As concentrações médias registradas neste período foram de 0,500 (Ítems.ind⁻¹) e 0,303 (itens. g ww⁻¹). Após a transferência para o local de afinação, Caieira da Barra do Sul (**Figura 1**), observou-se em T 24h um aumento no número de partículas (8 Itens totais) e na frequência de ocorrência (6 das 12 ostras), resultando em concentrações de 0,667 (Itens.ind⁻¹) e 0,408 (itens. g ww⁻¹).

Nos períodos subsequentes, com exceção de 48h, as concentrações de partículas plásticas voltaram a aumentar. Em T 72h, foram encontradas 5 Itens resultando em 0,417 (Ítems.ind⁻¹) e 0,380 (itens. g ww⁻¹). Ao final do experimento, em T 14 d (14 dias), registrou-se o maior acúmulo de partículas, com 11 Itens totais (presentes em 6 das 12 ostras), correspondendo às concentrações máximas de 0,917 (Itens.ind⁻¹) e 0,624 (itens. g ww⁻¹).

Tabela 2 - Dados Biométricos (média e desvio padrão) do tamanho dos indivíduos e número de partículas plásticas encontradas por indivíduos e grama de tecido mole conforme o tempo de imersão e depuração.

Tempo	Ostras (n)	Media ± DP tamanho (mm)	Peso úmido da carne (g)	Ostras com Partículas	Número de Partículas	ítens.ind-1	itens. g ww-1
0h	10*	72.7 ± 5.23	16,49	5	5	0,500	0,303
24h	12	72.17 ± 5.51	19,63	6	8	0,667	0,408
48h	12	67.75 ± 7.64	13,76	3	3	0,250	0,218
72h	12	68.83 ± 8.73	13,16	4	5	0,417	0,380
14 d	12	70.0 ± 5.12	17,62	6	11	0,917	0,624

*2 indivíduos não foram contabilizados, pois vieram a óbito antes da coleta

No entanto, em T 48h, foi registrada a menor contaminação por Itens de todo o período experimental. Neste ponto, apenas 3 das 12 ostras continham partículas (3 Itens totais). As concentrações médias foram as mais baixas observadas, atingindo 0,250 (Itens.ind⁻¹) e 0,28 (Itens.g ww⁻¹), o que representou uma redução de 50% (Itens.ind⁻¹) e 28% (Itens.g ww⁻¹) em

relação ao tempo inicial (T 0h).

As formas predominantes de partículas plásticas, apresentadas na **Figura A** foram as fibras com 90,6%, do total de partículas encontradas e os fragmentos que representaram o 9,3%. Somente os indivíduos submetidos a depuração nos períodos de 24h e 72h apresentaram contaminação por fragmentos.

A **Figura B** mostra que houve a ocorrência de 3 tipos de cores das partículas plástica, com predominância da cor Azul (50%) com 16 partículas, seguida da cor preta (43,75%) com 15 e vermelho (6,25%) com 2 partículas, essas observadas nos tempos 24h e 72h.

A partir dos tamanhos das partículas plásticas detectadas neste estudo, foi possível categorizar em intervalos os microplásticos (0,28 a 4,95 mm) e mesoplásticos (5,65 a 10,36 mm) sendo que foram 28 partículas do tipo microplástico e 4 do tipo mesoplástico, sendo esses detectados apenas nos tempos 0h, 48h e 14d.

As formas predominantes de partículas plásticas foram as fibras com 90,6%, do total de partículas encontradas e os fragmentos que representaram o 9,3%. Somente os indivíduos submetidos à depuração nos períodos de 24h e 72h apresentaram contaminação por fragmentos. Os resultados mostram ainda que houve a ocorrência de 3 tipos de cores das partículas plástica, com predominância da cor Azul (50%) com 16 partículas, seguida da cor preta (43,75%) com 15 e vermelho (6,25%) com 2 partículas, essas observadas nos tempos 24h e 72h (Figura 3B).

A partir dos tamanhos das partículas plásticas detectadas neste estudo, foi possível categorizar em intervalos os microplásticos (0,28 a 4,95 mm) e mesoplásticos (5,65 a 10,36 mm) sendo que foram 28 partículas do tipo microplástico e 4 do tipo mesoplástico, sendo esses detectados apenas nos tempos 0h, 48h e 14d.

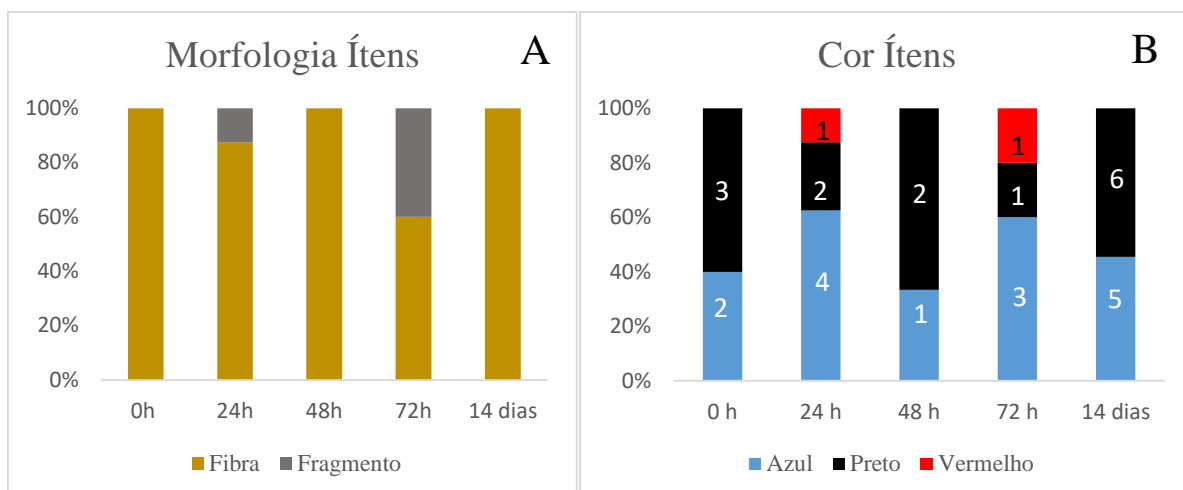


Figura 3 - A) Proporção de fibras e fragmentos encontrados B) Proporção e quantidade de partículas das cores encontradas.

6.2 COMPOSIÇÃO DAS PARTÍCULAS PLÁSTICAS

Foram detectados seis tipos de polímeros, sendo cinco sintéticos, Polietileno (PE), Polimetilmetacrilato (PMMA), Nylon, Polipropileno (PP) e Poliestireno (PS) e um semissintético, o Rayon. A distribuição percentual dos polímeros revelou predominância de (PE) (26%) e (PS) (26%). O (PP) foi o terceiro polímero mais abundante, correspondendo a 21% das amostras. Já o Nylon e o (PMMA) apresentaram ocorrência equivalente (11% cada), compondo o grupo de menor frequência relativa entre os polímeros sintéticos. O (PE) foi o tipo menos frequente, com apenas 5% do total identificado (Figura 4).

Polímeros

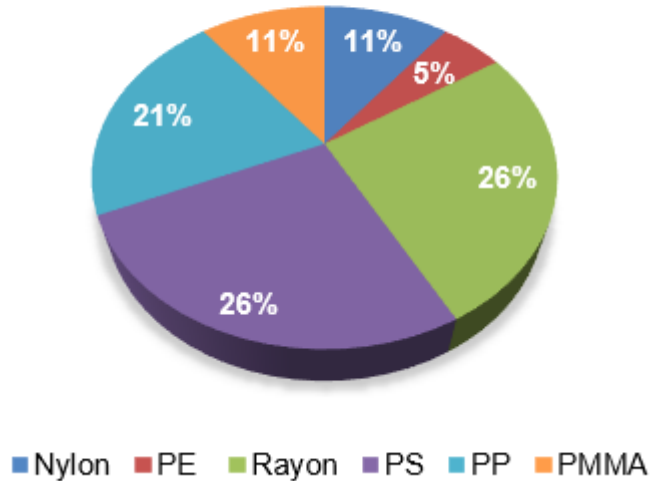


Figura 4 - Proporção dos polímeros encontrados. Polietileno (PE), Poliestireno (PS), Polipropileno (PP) e Polimetilmetacrilato (PMMA)

6.3 AVALIAÇÃO DO RISCO PARA O CONSUMO HUMANO

A avaliação de partículas plásticas por grama de tecido mole, mostraram uma concentração de 0,303 (itens/g). Baseando-se nessa concentração podemos estimar que a ingestão de partículas plásticas dos brasileiros pelo consumo da ostra *M. gigas* cultivadas em Florianópolis, é 3,4 itens por grama de tecido mole. Ou seja, se um brasileiro consumir anualmente uma ostra, que não passou por processos de depuração, estará ingerindo 54,84 partículas plásticas por ano.

Após o processo de depuração a concentração de partículas plásticas de tecido mole diminui para 2,4 itens/g, há uma redução de 30% na carga de partículas plásticas. Observando a tabela 4, vemos que as populações mais expostas ao risco de ingestão de partículas plásticas, por consumo de moluscos bivalves, são os europeus e os asiáticos.

$$EIA = \frac{5}{16,49} \times \frac{2.395,66}{213.421.037} = 3,4 \text{ itens. g. tec}^{-1}. \text{ano}^{-1}$$

Tabela 3 - Estudos ao redor do mundo que quantificaram a ingestão anual de partículas plásticas pela população ao consumir moluscos bivalves.

Itens.g⁻¹ pessoa/ano	País	Organismo	Ref.
21	Coreia do sul	<i>Crassostrea gigas</i>	(Cho <i>et al</i> 2019)
54,84	Brasil	<i>Magallana gigas</i>	Este estudo
70.82	Turquia	<i>Mytilus galloprovincialis</i>	(Yozukmaz, 2021)
955	Tailândia	<i>Perna viridis</i>	(Hongswat <i>et al</i> 2024b)
4160	Ghana	<i>Crassostrea tulipa</i>	(Addo <i>et al</i> 2022)
4537,44	Tunísia	<i>Crassostrea gigas</i>	(Abidli <i>et al</i> 2019)
6087,97	Vietnã	Bivalves descascados	(Xuan Le <i>et al</i> 2025b)
54750	China	<i>Crassostrea sp</i>	(Irnidayanti <i>et al</i> 2025)
271313	Indonésia	<i>Perna viridis</i>	(Lin <i>et al</i> 2024)
59,472	Itália	Amêijoas	(Nalbone <i>et al</i> 2024)
10053,85	Mar de marmara	<i>Mytilus galloprovincialis</i>	(Can Tunçelli & Erkan, 2024)

6.4 AVALIAÇÃO DE RISCO BASEADA NA COMPOSIÇÃO DOS POLÍMEROS

Foi identificado um total de seis polímeros nos dois pontos amostrados da baía sul de Florianópolis, aplicando a fórmula PHI (*Polymer Hazard Index*), resultou em uma pontuação de 126,08. Apesar da amostra conter seis tipos diferentes de polímeros, o metilmetacrilato foi o polímero com a pontuação de perigo mais alta, contribuindo com 112,31 (89,8%) do PHI da amostra total.

Embora a maior parte da abundância de polímeros corresponda a materiais classificados como de baixo nível de perigo, a presença, mesmo que discreta, de polímeros com índice de risco elevado (IR entre IV e V) aumenta significativamente o PHI (Tabela 5). Isso evidencia que, ainda que encontrados em pequenas proporções, esses polímeros podem contribuir de forma relevante para o risco toxicológico associado à contaminação por partículas plásticas.

Tabela 4 - Avaliação Global do Índice de Perigo (PHI) Associado a Polímeros Encontrados em Bivalves.

Espécies	País	Pol. Mais abund.	Nível Perigo	PHI	Pols com IR V-IV	Referencias
Amêijoas	Itália	PE	II	12,63		(Nalbone <i>et al</i> 2024)
<i>C. gigas</i>	Brasil	PS	IV	112,31	PMMA	Este estudo
<i>C. gigas</i>	Vietnã	Nylon	IV	295		(Do <i>et al</i> 2022)
<i>C. gigas</i>	Vietnã	PP	IV	313		(Doan <i>et al</i> 2023)
<i>C. gigas</i>	Vietnã	PET	III	313		(Thao Le <i>et al</i> 2024)
Moluscos	Tailândia	PS	IV	2016		(Hongsawat <i>et al</i> 2024)
Bivalves descascados	Vietnã	EVA	IV	1880,33	Resina Epoxy	(Xuan Le <i>et al</i> 2025)
Moluscos	China	PET	V	3870.5	PAN	(Fang <i>et al</i> 2019)
Moluscos	China	PET	V	4036	PAN e PVC	(Ding <i>et al</i> 2020)

7 DISCUSSÃO

O estudo evidencia uma lacuna significativa na segurança sanitária dos moluscos bivalves produzidos no estado de Santa Catarina, uma vez que, embora o estado mantenha um programa nacional voltado à qualidade sanitária (MoluBis), o escopo atual de vigilância ainda é insuficiente e o monitoramento ambiental não inclui de forma sistemática contaminantes emergentes, como as partículas plásticas (Traylor *et al*2024). Esse cenário é especialmente relevante para as baías Norte e Sul de Florianópolis, que concentram mais de 94% da produção nacional de *Magallana gigas* e apresentam condições estuarinas favoráveis ao cultivo (Moisés Da Silva *et al*2022; Parizotto, 2012), mas que também são fortemente influenciadas pela descarga de rios (Fernando Pessoa, 2021), pela intensa dinâmica costeira e pela elevada produtividade biológica (Proença, 2010), fatores que aumentam o potencial de exposição das ostras a fontes difusas de poluição e à entrada contínua de partículas plásticas no ambiente.

A análise integrada desses trabalhos evidencia uma ampla variação espacial na carga de microplásticos acumulada pelos organismos, refletindo tanto diferenças ambientais quanto padrões regionais de urbanização, tratamento de efluentes e pressões antrópicas. De modo geral, percebe-se que os estudos realizados na Europa e Ásia, particularmente na Tunísia, Vietnã, China, Portugal, Reino Unido e Argentina, reportaram concentrações mais elevadas de partículas plásticas nos tecidos dos bivalves, incluindo valores que superam em até duas ordens de magnitude aqueles observados em regiões de menor impacto antrópico.

No contexto brasileiro, os estudos conduzidos por Brocardo (2022) e Saldana-Serrano *et al.*, (2022) na região de Florianópolis apresentaram concentrações similares às registradas no presente trabalho. Essa convergência entre os resultados reforça que a Baía Sul está sujeita a fontes contínuas de contaminação por partículas plásticas, compatíveis com o histórico de aporte de resíduos urbanos, esgoto doméstico e a hidrodinâmica da região (Rodrigues; Oliveira, 2016, Eziquiel *et al.*, 2018). Além disso, a proximidade entre os valores registrados em diferentes anos indica um padrão consistente de exposição, o que demonstra que a contaminação por partículas plásticas na região não é pontual, mas integra um processo contínuo e estruturalmente associado à dinâmica estuarina e às pressões antrópicas da Baía Sul (Belli, 2024; Brocardo, 2020; Zanetti, 2019).

Tabela 5 - Estudos de concentração de partículas plásticas no gênero *Magallana* sp. ou *Crassostrea* sp., ao redor do mundo.

Espécie	Local	Digestão	Ident.	Mps/indv.	Mps/tec. Mole	Forma	Tam.	Ref.
<i>C. gigas</i>	Brasil	(KOH)10%	MF.	0,33 – 0,75	0,27–0,64	Fibra	100µm - 5mm	(Saldaña-Serrano <i>et al</i> 2022)
<i>C. gigas</i>	Brasil	(KOH)10%	ATR-FTIR	3,7	0,069	Fibra	500 µm - 5 mm	(Brocardo, 2022)
<i>C. brasiliiana</i>	Brasil	(KOH)	N/D	N/D	0,8 – 44,1	Fibra	N/D	(Guesse, 2022)
<i>C. rhizophorae</i>	Brasil	(KOH)10%	N/D	N/D	2,17 – 2,40	Fibra	0 - 5000 µm	(Costa, 2024)
<i>C. gigas</i>	Argentina	(HNO3) 22.5 M (H2O2) 30%	ATR-FTIR	2 – 7	N/D	Fibra	N/D	(Fernández Severini <i>et al</i> 2019)
<i>C. gigas</i>	EUA	(KOH)10%	EM.	10,95 – 0,77	0,35 – 0,04	Fibra	0,10 – 8,72 mm	(Baechler <i>et al</i> 2020)
<i>C. gigas</i>	EUA	(H2O2) 30%	ATR-FTIR	0,69 - 3	0,09 – 0,14	Fibra	50 - 2885 µm	(Martinelli <i>et al</i> 2020)
<i>C. gigas</i>	Canadá	(KOH)10%	ATR-FTIR	0,13 – 0,16	0,02 – 0,03	Fibra	10 - 5000 µm	(Covernton <i>et al</i> 2019)
<i>M. gigas</i>	Portugal	(H2O2) 15 %	EM.	4,97 – 6,75	2,22 – 1,93	Filme	11,36 – 2635,14 µm	(Silva <i>et al</i> 2025)
<i>C. gigas</i>	Reino Unido	(H2O2) 30%	MO.	N/D	3,4 – 2,5	Fibra	N/D	(Brown; Williams, 2025)
<i>C. gigas</i>	Itália	(H2O2) 30%	MEI.	N/D	0,13 – 0,03	Fibra	N/D	(Bonello <i>et al.</i> ; 2018)
<i>C. gigas</i>	França	(KOH)10%	ATR-FTIR	1,71 – 2,10	0,18 - 0,16	Fragmento	50 - 100 µm.	(Phuong <i>et al</i> 2018)
<i>C. tulipa</i>	Ghana	(KOH)10%	ATR-FTIR	2,30 – 1,40	N/D	Fibra	33 - 4870 µm	(Addo <i>et al</i> 2022)
<i>C. gigas</i>	Tunísia	(KOH)10%	ATR-FTIR	09,80 – 703,95	19,20 – 1482,82	Fibra	0,05 - 5 mm	(Abidli <i>et al</i> 2019)
<i>C. gigas</i>	China	(KOH)10% (H2O2) 30%	ATR-FTIR	2,93	0,62	Fibra	902,82 ± 782,99 µm	(Teng <i>et al</i> 2019)
<i>C. gigas</i>	Índia	(H2O2) 30%	ATR-FTIR	1 – 10	4,0 – 2,1	Fibra	10 - 300µm	(Saha <i>et al</i> 2021)
<i>C. gigas</i>	Coreia do Sul	(KOH)10%	ATR-FTIR	1,21 – 0,68	0,33 – 0,23	Fibra	<300µm	(Cho <i>et al</i> 2019)
<i>C. gigas</i>	Coreia do Sul	Lipase e Protease	ATR-FTIR	N/D	1,13 -0,84	Fibra	100 - 200 µm	(Jang <i>et al</i> 2020)
<i>C. gigas</i>	Vietnã	(KOH)10% H2O2 30%	ATR-FTIR	11,55 – 4,83	1,18 – 0,59	Fibra	20 - 998 µm	(Thao Le <i>et al</i> 2024)
<i>M. gigas</i>	Brasil	(KOH)10%	ATR-FTIR	0,5	0,303	Fibra	0,28 – 10,36 mm	Este estudo

No presente estudo, partículas plásticas foram detectadas nos tecidos das ostras em ambos os pontos amostrais, tanto em Veleiros quanto na Caieira da Barra do Sul (ponto de afinação). Os indivíduos coletados em Veleiros, no período pré-afinação, apresentaram a maior concentração, com média de 0,30 itens/g. Esse padrão é compatível com observações anteriores realizadas em áreas próximas por Brocardo (2025) e Saldana-Serrano (2022), que apontam níveis mais elevados de microplásticos em áreas sob forte influência antrópica, especialmente

em locais próximos a zonas urbanizadas, com aporte de drenagem pluvial, esgoto irregular e materiais sintéticos provenientes de atividades pesqueiras.

Por outro lado, a Caieira da Barra do Sul caracteriza-se por menor influência antrópica direta e alta renovação de água devido à proximidade com a abertura da baía. Apesar disso, as ostras coletadas nos períodos de afinação apresentaram concentrações superiores às observadas em Veleiros, com exceção das amostras de 48 horas, nas quais houve redução para 0,21 itens/g. Essa variação entre os pontos está diretamente relacionada às diferenças hidrodinâmicas da Baía Sul de Florianópolis.

A circulação é mais intensa próxima ao estreito que conecta a baía ao oceano Atlântico e torna-se progressivamente mais estagnada em direção ao norte, onde se localiza o ponto Veleiros (Rudorff, 2008). Assim ocorre a maior retenção de partículas orgânicas e sedimentos finos em Veleiros, que possui substrato predominantemente lodoso (Campos, 2011), favorecendo o acúmulo de partículas e pode reduzir a eficiência filtratória devido ao entupimento parcial das brânquias.

O aumento da concentração de partículas observado em alguns períodos de afinação pode estar associado a mecanismos fisiológicos e ambientais distintos daqueles descritos para áreas mais estagnadas (Nascimento, 2020). Em ambientes com maior renovação hídrica e carga orgânica mais dispersa, como a Caieira da Barra do Sul, *Magallana gigas* tende a aumentar a taxa de filtração para compensar a menor disponibilidade de seston, que são partículas orgânicas e minerais em suspensão na coluna d'água, filtrando um volume maior de água por unidade de tempo (Barillé & Prou, 1997; Beninger *et al.*, 2008).

Esse comportamento pode resultar em maior ingestão de partículas plásticas, mesmo em áreas com menor influência antrópica direta (Cole & Galloway, 2015; Woods *et al.*, 2018). Além disso, o processo de transferência das ostras entre os pontos amostrais pode induzir um ajuste fisiológico temporário, modificando a seletividade e a eficiência da filtração (Capelle *et al*2021; Navarro *et al*2003). Outro fator plausível é a ressuspensão de partículas associadas ao manuseio e ao substrato do cultivo, bem como o transporte de microplásticos pelas correntes que conectam diferentes regiões da Baía Sul, o que pode contribuir para a presença de partículas mesmo em zonas de maior renovação de água (Malli *et al*2022; Schreyers *et al*2024).

Tabela 6 - Estudos da eficácia da depuração de partículas plásticas em ostras e mexilhões ao redor do mundo.

Espécie	Tempo Eficácia Dep.	Tam. Pós Dep.	Redução%	País	Partículas	Referência
<i>C. gigas</i>	48h	500 - 2000	66.6	Portugal	Ambiente	(Moura <i>et al</i> 2025)
<i>P. perna</i>	93h	—	46.79	Brasil	Ambiente	(Birnstiel <i>et al</i> 2019)
<i>C. gigas</i>	3 d	>25	25.73	Alemanha	Partículas Teste	(Van Cauwenberghe & Janssen, 2014)
<i>C. gigas</i>	5d	1000-5000	73	Canadá	Ambiente	(Covernton <i>et al</i> 2022)
<i>M. gigas</i>	96h	1000 - 5000	88.9	Irlanda	Ambiente	(Paul <i>et al</i> 2023)
<i>C. gasar</i>	48h	680.0	98.3	Brasil	Partículas Teste	(Lins <i>et al</i> 2024)
<i>C. virginica</i>	44h	433 - 310	62	EUA	Partículas Teste	(Weinstein <i>et al</i> 2022b)
<i>C. gigas</i>	24h	100 - 500	84.6	Itália	Partículas Teste	(Graham <i>et al</i> 2019)
<i>M. gigas</i>	48h	2.14mm - 6.46mm	30	Brasil	Ambiente	Este estudo

Entre todos os períodos avaliados, as ostras submetidas à depuração por 48 horas apresentaram a maior redução na concentração de partículas plásticas. Esta observação está em concordância com estudos conduzidos em ambiente controlado sobre a eficácia da depuração de bivalves (**Tabela 6**), que indicam um intervalo de tempo ideal entre 24h e 96h, sendo a eliminação mais eficiente para partículas com dimensões inferiores a 400 µm. Os tamanhos remanescentes após o processo de depuração no presente estudo foram semelhantes aos observados nestes trabalhos. A eficiência da depuração demonstra, portanto, estar intrinsecamente associada ao tamanho das partículas que *Magallana gigas* é capaz de filtrar e eliminar, alinhando-se ao seu comportamento alimentar. De fato, Choi (2022) demonstrou que, embora *C. gigas* (ostra do pacífico) possua capacidade mecânica para filtrar partículas maiores (entre 500 e 1000 µm), ela ingere quantidades significativamente maiores de partículas menores que 50 µm. O autor descreve esse fenômeno como "ilusão de ingestão", no qual partículas

maiores são retidas nas brânquias e eliminadas posteriormente sem alcançarem o tubo digestivo, o que limita a eficácia da depuração para contaminantes de grande dimensão.

Resultados semelhantes foram obtidos por Lins (2024), que identificou uma redução drástica de partículas de aproximadamente 680 µm na glândula digestiva, após a depuração. Esses achados corroboram a ideia de que a eliminação eficiente de partículas é limitada às faixas menores de tamanho. Além disso, conforme destacado por Ward (2019), a eficiência de captura, transporte e digestão em bivalves é inversamente proporcional ao tamanho das partículas, e esses organismos realizam seleção qualitativa com base nas propriedades superficiais do material ingerido.

Com relação as formas, foi evidenciado a predominância de fibras entre as partículas plásticas identificadas nas ostras, padrão também amplamente reportado em investigações com organismos provenientes de ambiente natural ou de cultivos (**Tabela 5**), que detectaram fibras com maior frequência. Nossos resultados seguem essa tendência, indicando que as fibras constituem a principal forma encontrada nas ostras em ambos os pontos. Essa recorrência morfológica pode estar relacionada ao despejo de esgoto doméstico nas áreas de cultivo de bivalves, uma vez que, segundo Browne (2011), as fibras, tanto sintéticas quanto semissintéticas, são liberadas em grandes quantidades dos tecidos de roupas durante o ciclo de lavagem. A composição polimérica observada em nossas amostras reforça essa hipótese, já que a maior ocorrência de polímeros como rayon e polipropileno, em proporções superiores às demais classes, é característica de materiais amplamente utilizados pela indústria têxtil (Franciszczak *et al.*, 2017).

As cores identificadas foram azul, preto e vermelho, sendo as partículas de cor azul as mais abundantes. Nossos resultados também apontam a cor azul como a mais frequente, corroborando estudos anteriores conduzidos na Baía Sul por Brocardo (2022) e Saldaña-Serrano (2022), que igualmente reportaram a predominância dessa coloração na região. A maior prevalência de partículas azuis pode estar relacionada à maior suscetibilidade desse tipo de plástico à fotodegradação. Pigmentos que absorvem radiação em comprimentos de onda mais elevados, como os tons entre o vermelho e o amarelo, tendem a dissipar parte da energia recebida, reduzindo o dano direto à estrutura polimérica. Em contraste, pigmentos azuis absorvem menos energia luminosa; assim, uma fração maior da radiação UV incide diretamente sobre as ligações químicas do polímero, favorecendo sua quebra. Esse processo acelera a

fragmentação do material e pode resultar em maior disponibilidade de partículas plásticas azuis no ambiente (Li *et al*2024; Zhao *et al*2022;).

Foram identificados polímeros sintéticos, incluindo PP, PS, PE, PMMA e PA, além do polímero semissintético rayon. Entre os sintéticos, o polipropileno (PP) e o poliestireno (PS) foram os mais frequentes, resultado coerente com estudos prévios realizados na Baía Sul, que também registraram a presença predominante de PP, PS e PE (Brocardo, 2022; Zanetti; Leonel, 2019). A elevada ocorrência de PS foi associada ao descarte de produtos de uso único como copos, talheres e embalagens alimentares, ao emprego de revestimentos poliméricos na construção civil e à liberação de pellets plásticos utilizados em formulações cosméticas (Dybka-Stepień *et al*2021; Seewoo *et al*2024). O polietileno (PE), amplamente empregado na fabricação de filmes e embalagens industriais, agrícolas, hospitalares e alimentícias, além de brinquedos e componentes de uso geral, também surge como uma fonte plausível de contaminação na região (Coutinho; Mello; Santa Maria, 2003).

O rayon, por sua vez, corresponde a um termo genérico para fibras de celulose regenerada, produzidas a partir da solubilização e repolimerização da celulose, originando materiais utilizados na indústria têxtil, como viscose, liocel e acetato de celulose (Chamley *et al.*, 2025; Chen, 2015). As fibras de rayon e de polipropileno detectadas em nossas amostras são compatíveis com fontes associadas a produtos de vestuário, reforçando o vínculo entre resíduos têxteis e o aporte de esgoto doméstico. Em ambientes aquáticos, a elevada abundância desses polímeros é reconhecida como indicador de contaminação por efluentes urbanos, visto que fibras residuais se desprendem dos tecidos durante ciclos de lavagem em máquinas de lavar roupas (Frost *et al.*, 2020). A quantidade de fibras liberadas depende da composição polimérica, da densidade de fibras e de sua disposição estrutural no tecido (Hazlehurst; Sumner; Taylor, 2024).

Além disso, o polipropileno apresenta um amplo espectro de aplicações capazes de ampliar suas vias de entrada no ambiente marinho, podendo ser fabricado como filme em embalagens de salgadinhos e bolachas, como fitas e sacolas plásticas, como fibras para tapetes e tecidos, e ainda como frascos para produtos de higiene e limpeza, como shampoos e detergentes líquidos (Maddah, 2016). Essa versatilidade de usos contribui diretamente para sua elevada representatividade entre os polímeros detectados nos bivalves analisados.

A caracterização dos polímeros, cores e formas não apenas esclarece as possíveis fontes de contaminação nas áreas de cultivo, como também permite antecipar os potenciais

efeitos biológicos associados aos diferentes tipos de partículas presentes nos organismos (Teng *et al.*, 2021; Wright; Napper; Thompson, 2021; Xu *et al.*, 2019). Assim, à medida que se compreende a natureza química e estrutural desses microplásticos, torna-se possível avançar para a avaliação dos riscos que tais partículas representam tanto para os bivalves quanto para os consumidores humanos.

O polimetilmetacrilato (PMMA) foi o polímero que contém o monômero mais tóxico identificado, e sua presença elevou o PHI para o nível 4. Estudos mostram que a exposição de *M. gigas* a esse tipo de partícula plástica pode desencadear estresse oxidativo, além de promover alterações em vias metabólicas de aminoácidos, incluindo aumento de glutamato e asparagina, e redução de triptofano e uracil (Gao *et al.*, 2025).

Com relação à toxicidade para humanos, células HepG2 (hepatocarcinoma humano) expostas a concentrações elevadas de PMMA (1 mg/mL) apresentaram efeitos citotóxicos significativos. Esses efeitos incluem aumento acentuado de estresse oxidativo, evidenciado por níveis elevados de EROs, MDA, oxidação proteica e dano ao DNA (8-OHdG), acompanhado por redução dos principais sistemas antioxidantes celulares (GSH e SOD2). Além disso, o PMMA induziu uma resposta inflamatória pronunciada, com elevação das citocinas pró-inflamatórias (TNF- α , IL-6, IL-1) e também da citocina anti-inflamatória IL-10 (Boran *et al.*, 2024).

A comparação das estimativas de ingestão anual de partículas plásticas por consumidores de bivalves evidencia ampla variação entre países (**Tabela 3**), influenciada por diferenças na poluição costeira, nas espécies consumidas e nos hábitos alimentares (Li *et al.*, 2015; Smith *et al.*, 2018). Os valores variam de 21 itens \cdot g⁻¹ \cdot pessoa⁻¹ \cdot ano⁻¹, como registrado na Coreia do Sul, a mais de 10.000 itens \cdot g⁻¹ \cdot pessoa⁻¹ \cdot ano⁻¹ no Mar de Mármara, região marcada por alta pressão antropogênica (Van Cauwenberghe; Janssen, 2014).

No Brasil, a estimativa de 54,84 itens \cdot g⁻¹ \cdot pessoa⁻¹ \cdot ano⁻¹, correspondente a 3,4 partículas por grama de tecido mole em *Magallana gigas*, representa um nível intermediário, consistente com a presença de microplásticos em sistemas estuarinos e com a expansão da maricultura (Ribeiro *et al.*, 2025). Além disso, diferenças interespecíficas, como entre *Magallana gigas*, *Mytilus galloprovincialis* e *Perna viridis*, influenciam essas estimativas, uma vez que cada espécie apresenta capacidades distintas de filtração, ingestão e retenção de partículas (Choi *et al.* 2022; Ward; Shumway, 2004).

8 CONCLUSÃO

O estudo realizado nas ostras (*Magallana gigas*) na região de Florianópolis confirmou a presença significativa de partículas plásticas em seus tecidos, o que tem implicações diretas para a segurança do consumo e a sustentabilidade da maricultura catarinense. Foram detectadas partículas plásticas do tipo Fibras e Fragmentos, como Rayon, Polipropileno (PP), Poliestireno (PS), Polimetilmetacrilato (PMMA), Nylon e Polietileno (PE). A elevada abundância de Rayon, associado a tecidos e vestuário, e Poliestireno (PS), usados frequentemente na fabricação de embalagens, indica que as principais fontes de contaminação na Baía Sul são o despejo de esgoto doméstico e o descarte inadequado de resíduos sólidos.

Esta contaminação gera um risco direto à saúde pública, uma vez que a avaliação de risco identificou o PMMA (Polimetilmetacrilato) como o polímero de maior potencial tóxico entre os encontrados, elevando o valor do PHI (Polymer Hazard Index) à categoria IV segundo a classificação de Lithner (2011).

Estimou-se que o consumo de ostras não depuradas na região de Florianópolis pode levar à ingestão de até 54 partículas plásticas por ostra anualmente. Diante desse cenário, o processo de afinação em ambiente natural demonstrou eficácia parcial e sensibilidade ao tempo de exposição. O procedimento resultou em uma redução geral da concentração média de partículas plásticas de 54 partículas/ostra para 41 partículas/ostra, confirmando, em parte, a hipótese de que a técnica pode aumentar a segurança. A técnica demonstrou eficiência na remoção de partículas menores que 500 µm nas primeiras 48 horas. Contudo, nos intervalos subsequentes de monitoramento (72 horas e 14 dias), foi observado um novo aumento na concentração de partículas. Este achado sugere que o ambiente de afinação, apesar de limpo, pode sofrer influências externas ou que a fisiologia ou a anatomia da ostra impõe um limite à eliminação de partículas maiores.

De forma geral, os resultados reforçam a urgência em incorporar oficialmente os contaminantes emergentes, como os microplásticos, aos programas de monitoramento da maricultura, como o MOLUBIS, a fim de mitigar os impactos decorrentes de atividades antrópicas nos ambientes de cultivo, garantindo a segurança alimentar e a sustentabilidade da aquicultura catarinense.

9 REFERÊNCIAS

AGAMUTHU, P. *et al* Marine debris: A review of impacts and global initiatives. *Waste Management and Research*, v. 37, n. 10, p. 987–1002, 1 out. 2019.

AHMED, Nesar; THOMPSON, Shirley. The blue dimensions of aquaculture: A global synthesis. *Science of the Total Environment* Elsevier B.V. , 20 fev. 2019.

ALBERTO, Carlos *et al* Capítulo 4 Uso sustentável dos mares para soberania alimentar. 2019.

AVIO, Carlo Giacomo; GORBI, Stefania; REGOLI, Francesco. Experimental development of a new protocol for extraction and characterization of microplastics in fish tissues: First observations in commercial species from Adriatic Sea. *Marine Environmental Research*, v. 111, p. 18–26, 1 out. 2015.

AYRES, A. E. A., Lima, A. C. de O., Oliveira, C. E. do N., Neto, D. F. V., Bodens, F. W. P., Souza, F. A. de, Cintra, G. C. da S., Silva, J. L. da, Santos, M. J. M. dos, Gomes, S. S. S., Silva, S. M. da, Zomer, R. D., Silva, V. S., & Costa, V. H. B. (2022). Boletim da aquicultura em águas da união 2021 : relatório anual da produção - RAP. <http://192.168.3.118:8080/jspui/handle/1/213>

BELCHIOR, miriam *et al* ministra do planejamento, orçamento e gestão instituto brasileiro de geografia e estatística-ibge marinha do brasil. 2011.

BARILLÉ, Laurent; prou, jean. feeding of crassostrea gigas at high sea ton load : modeling requirements. 1997.

BELLI, Igor Marcon. Modelagem hidrodinâmica no rastreamento de microplásticos flutuantes em ambientes marinhos aplicada ao litoral do estado de Santa Catarina. 2024.

Boletim da aquicultura em águas da união 2023 relatório anual de produção-rap, 2024.

BENINGER, Peter G. *et al* Impact of seston characteristics on qualitative particle selection sites and efficiencies in the pseudolamellibranch bivalve *Crassostrea gigas*. 2008.

BONELLO, Guido; VARRELLA, Paolo; PANE, Luigi. First Evaluation of Microplastic Content in Benthic Filter-feeders of the Gulf of La Spezia (Ligurian Sea). *Journal of Aquatic Food Product Technology*, v. 27, n. 3, p. 284–291, 16 mar. 2018.

BORAN, Tugce *et al* An evaluation of a hepatotoxicity risk induced by the microplastic polymethyl methacrylate (PMMA) using HepG2/THP-1 co-culture model. *Environmental Science and Pollution Research* 2024 31:20, v. 31, n. 20, p. 28890–28904, 2 abr. 2024.

BOTTA, Robert *et al* A review of global oyster aquaculture production and consumption. *Marine Policy*, v. 117, 1 jul. 2020.

BROCARD, Giulia de Souza. Monitoramento da ocorrência de microplásticos nas praias da Ilha de Santa Catarina e avaliação dos efeitos moleculares, bioquímicos e fisiológicos na ostra do Pacífico *Crassostrea gigas* (THUNBERG 1793). 25 ago. 2020.

BROCARD, Giulia de Souza. Avaliação da presença de microplásticos (MPs) em três espécies de bivalves cultivadas na Ilha de Santa Catarina, Brasil. 2 dez. 2022.

BROWNE, Mark Anthony *et al* Accumulation of Microplastic on Shorelines Worldwide: Sources and Sinks. *Environmental Science and Technology*, v. 45, n. 21, p. 9175–9179, 1 nov. 2011.

Caderno Virtual de Turismo. 2006

CIDASC - Companhia Integrada de Desenvolvimento Agrícola de Santa Catarina. Disponível em: <<https://www.cidasc.sc.gov.br/defesasanimariaanimal/monitoramento-de-algas-nocivas/>>. Acesso em: 13 set. 2025.

CAMPOS, Alexandre Vilci. Caracterização morfológica e sedimentar do substrato das Baías Norte e Sul (SC) com base em técnicas de análise espacial. 2011.

CARBERRY, M., O'Connor, W., & Palanisami, T. (2018). Trophic transfer of microplastics and mixed contaminants in the marine food web and implications for human health. *Environment International*, 115, 400–409. <https://doi.org/10.1016/J.ENVINT.2018.03.007>

CAPELLE, Jacob J. *et al* Adaptation of gill-palp ratio by mussels after transplantation to culture plots with different seston conditions. *Aquaculture*, v. 541, p. 736794, 30 ago. 2021.

CHAMLEY, Alexandre *et al* Rayon fibre rope: A biodegradable alternative for marine use? *Marine Pollution Bulletin*, v. 215, p. 117917, 1 jun. 2025.

CHEN, J. Synthetic Textile Fibers: Regenerated Cellulose Fibers. *Textiles and Fashion: Materials, Design and Technology*, p. 79–95, 1 jan. 2015.

CHOI, Hoon *et al* Ingestion and egestion of polystyrene microplastic fragments by the Pacific oyster, *Crassostrea gigas*. *Environmental Pollution*, v. 307, p. 119217, 15 ago. 2022.

CHO, Youna *et al* Abundance and characteristics of microplastics in market bivalves from South Korea. *Environmental Pollution*, v. 245, p. 1107–1116, 1 fev. 2019.

COLE, Matthew; GALLOWAY, Tamara S. Ingestion of Nanoplastics and Microplastics by Pacific Oyster Larvae. *Environmental Science and Technology*, v. 49, n. 24, p. 14625–14632, 15 dez. 2015.

CORDEIRO, Pedro Hudson. aquicultura no brasil – análise da evolução do setor entre os anos de 2013 a 2023. *aracê*, v. 7, n. 7, p. 37184–37208, 8 jul. 2025.

COVERNTON, Garth A. *et al* Microplastics in bivalves and their habitat in relation to shellfish aquaculture proximity in coastal British Columbia, Canada. *Aquaculture Environment Interactions*, v. 11, p. 357–374, 11 jul. 2019.

COVERNTON, Garth A. *et al* Depuration of anthropogenic particles by Pacific oysters (*Crassostrea gigas*): Feasibility and efficacy. *Marine Pollution Bulletin*, v. 181, p. 113886, 1 ago. 2022.

DEDSA. (2025). *DEDSA Manual do Programa Nacional*.

DIEP, Loan *et al* Linkages between sanitation and the sustainable development goals: A case study of Brazil. *Sustainable Development*, v. 29, n. 2, p. 339–352, 1 mar. 2021.

DING, Jinfeng *et al* An examination of the occurrence and potential risks of microplastics across various shellfish. *Science of The Total Environment*, v. 739, p. 139887, 15 out. 2020.

DING, Jinfeng *et al* Towards Risk Assessments of Microplastics in Bivalve Mollusks Globally. *Journal of Marine Science and Engineering*, v. 10, n. 2, p. 288, 1 fev. 2022.

DOAN, Thi Oanh *et al* Microplastic accumulation in bivalves collected from different coastal areas of Vietnam and an assessment of potential risks. *Environmental Monitoring and Assessment* 2023 195:12, v. 195, n. 12, p. 1511-, 22 nov. 2023.

DO, Van Manh *et al* Abundance of microplastics in cultured oysters (*Crassostrea gigas*) from Danang Bay of Vietnam. *Marine Pollution Bulletin*, v. 180, p. 113800, 1 jul. 2022.

EZIQUEL, denilson *et al* medianeira 2018 universidade tecnológica federal do paraná diretoria de pesquisa e pós-graduação especialização em gestão ambiental em municípios analise evolutiva da rede de tratamento de esgoto no município de florianopolis, santa catarina 2018.

DE ESTADO DA AGRICULTURA PECUÁRIA VALDIR COLA, Secretário *et al* Governador do Estado Jorginho dos Santos Mello. 2024. Disponível em: <www.epagri.sc.gov.br>.

EZIQUEL, Denilson *et al* medianeira 2018 universidade tecnológica federal do paraná diretoria de pesquisa e pós-graduação especialização em gestão ambiental em municípios análise evolutiva da rede de tratamento de esgoto no município de florianopolis, santa catarina 2021.

ELY, Camila *et al* Universidade Federal de Santa Catarina Centro Tecnológico Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental curso de Engenharia Sanitária e Ambiental. 2020

FANG, Chao *et al* Comparison of microplastic contamination in fish and bivalves from two major cities in Fujian province, China and the implications for human health. *Aquaculture*, v. 512, p. 734322, 15 out. 2019.

FAO. The State of World Fisheries and Aquaculture 2024. The State of World Fisheries and Aquaculture 2024, 7 jun. 2024.

FARIA, Pedro Jerônimo Vianna de. “Florianópolis, paraíso da classe A”: turismo de elite e segregação como projetos de associações empresariais. 14 dez. 2023.

FERNÁNDEZ SEVERINI, Melisa D. *et al* Microplastics in oysters (*Crassostrea gigas*) and water at the Bahía Blanca Estuary (Southwestern Atlantic): An emerging issue of global concern. *Regional Studies in Marine Science*, v. 32, p. 100829, 1 nov. 2019.

FERNANDO PESSOA, Universidade. Ane-Mery Pisetta monitorização da contaminação da costa litoral do estado de santa catarina, brasil. 2021.

FRANCISZCZAK, P. *et al* Short-fibre hybrid polypropylene composites reinforced with PET and Rayon fibres – Effects of SSP and interphase tailoring. *Composite Structures*, v. 181, p. 121–137, 1 dez. 2017.

FROST, H. *et al* Do recycled cotton or polyester fibers influence the shedding propensity of fabrics during laundering? *AATCC Journal of Research*, v. 7, n. Special Issue 1, p. 32–41, 2020.

GESAMP. GUIDELINES FOR THE MONITORING AND ASSESSMENT OF PLASTIC LITTER IN THE OCEAN. [S.l.: S.n.]. Disponível em: <<http://gesamp.org>>.

GARLOCK, Taryn *et al* A Global Blue Revolution: Aquaculture Growth Across Regions, Species, and Countries. *Reviews in Fisheries Science and Aquaculture* Taylor and Francis Inc., 2 jan. 2020.

GODOY, V. *et al* The potential of microplastics as carriers of metals. *Environmental Pollution*, v. 255, p. 113363, 1 dez. 2019.

GRAHAM, Philip *et al* Microplastics uptake and egestion dynamics in Pacific oysters, *Magallana gigas* (Thunberg, 1793), under controlled conditions. *Environmental Pollution*, v. 252, p. 742–748, 1 set. 2019a.

GRAHAM, Philip *et al* Microplastics uptake and egestion dynamics in Pacific oysters, *Magallana gigas* (Thunberg, 1793), under controlled conditions. *Environmental Pollution*, v. 252, p. 742–748, 1 set. 2019b.

GUIMARÃES FILHO, Carlos Eduardo de Freitas *et al* Study of the efficacy of three depuration methods as a prerequisite for the hygiene-sanitary program in bivalve molluscs, from mariculture in Jurujuba, Niterói, Brazil. *Food Control*, v. 168, p. 110900, 1 fev. 2025.

GUNAALAN, Kuddithamby *et al* Is Zooplankton an Entry Point of Microplastics into the Marine Food Web? *Environmental Science & Technology*, v. 57, n. 31, p. 11643–11655, 8 ago. 2023.

HAZLEHURST, Alice; SUMNER, Mark; TAYLOR, Mark. Investigating the influence of yarn characteristics on microfibre release from knitted fabrics during laundering. *Frontiers in Environmental Science*, v. 12, p. 1340229, 20 mar. 2024.

HELM, Paul A. Improving microplastics source apportionment: a role for microplastic morphology and taxonomy? *Analytical Methods*, v. 9, n. 9, p. 1328–1331, 2 mar. 2017.

HELENA, Fabíola *et al* Vida na água COntribuiçõeS Da embrapa. 2018.

HONGSAWAT, Parnuch *et al* Microplastics in retail shellfish from a seafood market in eastern Thailand: Occurrence and risks to human food safety. *Marine Pollution Bulletin*, v. 201, p. 116228, 1 abr. 2024a.

HONGSAWAT, Parnuch *et al* Microplastics in retail shellfish from a seafood market in eastern Thailand: Occurrence and risks to human food safety. *Marine Pollution Bulletin*, v. 201, p. 116228, 1 abr. 2024.

JACOMEL, Bruno; CAMPOS, Lucila Maria de Souza. Produção sustentável e controlada de ostras: ações em Santa Catarina (Brasil) rumo aos padrões internacionais de comercialização. 2014.

JANG, Mi *et al*A close relationship between microplastic contamination and coastal area use pattern. *Water Research*, v. 171, p. 115400, 15 mar. 2020.

LE, Xuan Thanh Thao *et al*Risk assessment of microplastic exposure: A case study near a refinery factory at the central coast of Vietnam. *Marine Pollution Bulletin*, v. 196, p. 115636, 1 nov. 2023.

LI, Jiana *et al*Microplastics in commercial bivalves from China. *Environmental Pollution*, v. 207, p. 190–195, 1 dez. 2015.

LINS, Layse Rodrigues do Rozario Teixeira *et al*Ingestion and depuration of polyester microfibers by *Crassostrea gasar* (Adanson, 1757). *Marine Environmental Research*, v. 196, p. 106433, 1 abr. 2024.

LITHNER (2011), Delilah; LARSSON, Ake; DAVE, Göran. Environmental and health hazard ranking and assessment of plastic polymers based on chemical composition. *Science of The Total Environment*, v. 409, n. 18, p. 3309–3324, 15 ago. 2011.

LI, Xing *et al*Differential photoaging behaviors of different colored commercial polyethylene microplastics in water: The important role of color characteristics. *Science of The Total Environment*, v. 956, p. 177361, 15 dez. 2024.

LOGULLO, Ricardo Tiburtius. A influência das condições sanitárias sobre a qualidade das águas utilizadas para maricultura no Ribeirão da Ilha, Florianópolis, SC. 2005.

GARBOSSA, Luis Hamilton Pospissil Robson Ventura de Souza, Luiz Fernando de Novaes Vianna, Argeu Vanz, & Guilherme Sabino Rupp. (2014). BOLETIM TÉCNICO N.º 165 Moluscos bivalves Metodologia utilizada no Inquérito Sanitário das baías da Grande Florianópolis. 2014.

LUSHER, Amy L. *et al*Is It or Isn't It: The Importance of Visual Classification in Microplastic Characterization. *Applied Spectroscopy*, v. 74, n. 9, p. 1139–1153, 1 set. 2020.

MADDAH, Hisham A. Polypropylene as a Promising Plastic: A Review. *American Journal of Polymer Science*, v. 6, n. 1, p. 1–11, 2016.

MACHADO, Márcia; SIERRA, Eduardo Soriano. Impactos da maricultura em Santa Catarina. *Agropecuária Catarinense*, v. 27, n. 3, p. 15–17, 2014.

MALLI, Ali *et al* Transport mechanisms and fate of microplastics in estuarine compartments: A review. *Marine Pollution Bulletin*, v. 177, p. 113553, 1 abr. 2022.

MAPA. (2022). boletim-da-aquicultura-em-aguas-da-uniao-2013-2022-site_compressed.

MATIAS, Tális Pereira; LEONEL, Juliana; IMPERADOR, Adriana Maria. A systemic environmental impact assessment on tourism in island and coastal ecosystems. *Environmental Development*, v. 44, p. 100765, 1 dez. 2022.

MCHALE, M. E., & Sheehan, K. L. (2024). Bioaccumulation, transfer, and impacts of microplastics in aquatic food chains. *J Environ Expo Assess 2024*;3:15., 3(3), N/A-N/A. <https://doi.org/10.20517/JEEA.2023.49>

MOISÉS DA SILVA, Carlos *et al* Santa Catarina Secretaria DE Estad DA Agricultura, da Pesca e do Desenvolvimento Rural. 2022.

MONTAGNER, C. c., dias, m. a., paiva, e. m., & vidal, c. (2021). microplásticos: ocorrência ambiental e desafios analíticos. *química nova*, 44(10), 1328–1352. <https://doi.org/10.21577/0100-4042.20170791>

MOURA, Cláudia *et al* Assessing Microplastic Contamination and Depuration Effectiveness in Farmed Pacific Oysters (*Crassostrea gigas*). *Environments 2025*, Vol. 12, Page 254, v. 12, n. 8, p. 254, 25 jul. 2025.

MUKAI, J. P. de L. (2023). Toxicidade de pellets plásticos de diferentes regiões do Atlântico sobre embriões de bolacha-do-mar (*Mellita quinquesperforata*) e mexilhão (*Perna perna*).

NALBONE, Luca *et al* Occurrence of microplastics in store-bought fresh and processed clams in Italy. *Marine Pollution Bulletin*, v. 206, p. 116739, 1 set. 2024.

NASCIMENTO, Vanessa Silva do. Taxa de filtração e biodepósitos de ostras do gênero *crassostrea*. 2020.

NAVARRO, J. M. *et al* Feeding behavior and differential absorption of biochemical components by the infaunal bivalve *Mulinia edulis* and the epibenthic *Mytilus chilensis* in response to changes in food regimes. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, v. 287, n. 1, p. 13–35, 26 fev. 2003.

NUNES, david; bruzaca, aguiar. Universidade Federal Rural de Rernambuco pró-reitoria de pesquisa e pós-graduação programa de pós-graduação em recursos pesqueiros e aquicultura

incidência de microplásticos em anomalocardia brasiliana no estuário de itapessoca em goiana, pernambuco. 2021.

PARIZOTTO, Bianca Alves Dias Martins. Qualidade da água e distribuição espacial de foraminíferos bentônicos em estuários das Baías Norte e Sul da Ilha de Santa Catarina (Brasil). 2012.

PAUL, Ann Tracy *et al* Efficacy of microplastic depuration on two commercial oyster species from the west coast of Ireland. *Journal of the World Aquaculture Society*, v. 54, n. 5, p. 1217–1234, 1 out. 2023.

PESTANA, Carlos J. *et al* Potentially Poisonous Plastic Particles: Microplastics as a Vector for Cyanobacterial Toxins Microcystin-LR and Microcystin-LF. *Cite This: Environ. Sci. Technol*, v. 55, p. 15940–15949, 2021.

PHUONG, Nam Ngoc *et al* Factors influencing the microplastic contamination of bivalves from the French Atlantic coast: Location, season and/or mode of life? *Marine Pollution Bulletin*, v. 129, n. 2, p. 664–674, 1 abr. 2018.

Plano Estratégico para Desenvolvimento Sustentável da Maricultura Catarinense. 2015.

PROENÇA, I. a. clorofila a do fitoplâncton em seis enseadas utilizadas para o cultivo de moluscos bivalves no litoral de santa catarina. *brazilian journal of aquatic science and technology*, v. 6, n. 1, p. 33, 12 nov. 2010.

Programa Nacional de Moluscos Bivalves Seguros, (2025). <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/inspecao/produtos-animais/legislacao/Port8842023Molubis.pdf>

PROVIDENCE, Kevin Antonio. Avançando a economia azul através da maricultura sustentável: a perspectiva da ostra perolada e da esponja 0Cultivo em São Vincent e Granadinas. *Pesquisa no Golfo e Caribe*, v. 35, n. 1, p. 43–56, 1 jan. 2024.

QUEIROZ, Allyson; SILVA, D. A. Impacto de contaminantes emergentes em estuários urbanizados: efeitos em organismos não-alvos e avaliação de risco ecológico. 2020.

RIBEIRO, Victor Vasques *et al* Microplastic in bivalves of an urbanized Brazilian estuary: Human modification, population density and vegetation influence. *Journal of Hazardous Materials*, v. 482, 15 jan. 2025.

RIVOIRA, L., Castiglioni, M., Rodrigues, S. M., Freitas, V., Bruzzoniti, M. C., Ramos, S., & Almeida, C. M. R. (2020). Microplastic in marine environment: reworking and optimisation of

two analytical protocols for the extraction of microplastics from sediments and oysters. *MethodsX*, 7, 101116. <https://doi.org/10.1016/J.MEX.2020.101116>

ROBSON. BOLETIM DIDÁTICO No 160. 2021.

RODRIGUES, Lilian; oliveira, d. e. universidade do extremo sul catarinense-unesc curso de administração de empresas gestão dos recursos hídricos do litoral de santa catarina: um estudo nas bacias hidrográficas criciúma 2016.

RUDORFF, Natália de Moraes. Comparação biossedimentológica entre sítios de cultivo de moluscos marinhos sob influência de diferentes condições hidrodinâmicas: estudo aplicado à Baía Sul, Ilha de Santa catarina (SC). 2008.

SCANES, E., Wood, H., & Ross, P. (2019). Microplastics detected in haemolymph of the Sydney rock oyster *Saccostrea glomerata*. *Marine Pollution Bulletin*, 149, 110537. <https://doi.org/10.1016/J.MARPOLBUL.2019.110537>

SAHA, Mahua *et al* Microplastics in seafood as an emerging threat to marine environment: A case study in Goa, west coast of India. *Chemosphere*, v. 270, p. 129359, 1 maio 2021.

SALDAÑA-SERRANO, Miguel *et al* Microplastics and linear alkylbenzene levels in oysters *Crassostrea gigas* driven by sewage contamination at an important aquaculture area of Brazil. *Chemosphere*, v. 307, p. 136039, 1 nov. 2022.

SCHREYERS, Louise J. *et al* River plastic transport affected by tidal dynamics. *Hydrology and Earth System Sciences*, v. 28, n. 3, p. 589–610, 9 fev. 2024.

SMITH, Madeleine *et al* Microplastics in Seafood and the Implications for Human Health. *Current Environmental Health Reports*, v. 5, n. 3, p. 375, 1 set. 2018.

SORASAN, Carmen *et al* Ageing and fragmentation of marine microplastics. *Science of The Total Environment*, v. 827, p. 154438, 25 jun. 2022.

SOUZA, Robson Ventura de; SUPPLY, Felipe Matarazzo; NOVAES, André Luis Tortato. Depuração de moluscos bivalves. *Boletim Didático*, n. 160, 3 maio 2021.

TAHIM, Elda Fontinele; DE ARAÚJO JUNIOR, Inácio Fernandes. A carcinicultura do nordeste brasileiro e sua inserção em cadeias globais de produção: foco nos APLs do Ceará. *Revista de Economia e Sociologia Rural*, v. 52, n. 3, p. 567–586, 2014.

TENG, Jia *et al* Microplastic in cultured oysters from different coastal areas of China. *Science of The Total Environment*, v. 653, p. 1282–1292, 25 fev. 2019.

TENG, Jia *et al* Toxic effects of exposure to microplastics with environmentally relevant shapes and concentrations: Accumulation, energy metabolism and tissue damage in oyster *Crassostrea gigas*. *Environmental Pollution*, v. 269, p. 116169, 15 jan. 2021.

THAO LE, Xuan Thanh *et al* Overall evaluation of microplastic exposure in oysters (*Crassostrea gigas*) in coastal areas of Viet Nam. *Regional Studies in Marine Science*, v. 79, p. 103840, 20 dez. 2024.

The State of World Fisheries and Aquaculture 2024. *The State of World Fisheries and Aquaculture 2024*, 7 jun. 2024.

THEUERKAUF, Seth J. *et al* Habitat value of bivalve shellfish and seaweed aquaculture for fish and invertebrates: Pathways, synthesis and next steps. *Reviews in Aquaculture* John Wiley and Sons Inc., 1 jan. 2022.

THIELE, C. J., Hudson, M. D., & Russell, A. E. (2019). Evaluation of existing methods to extract microplastics from bivalve tissue: Adapted KOH digestion protocol improves filtration at single-digit pore size. *Marine Pollution Bulletin*, 142, 384–393. <https://doi.org/10.1016/J.MARPOLBUL.2019.03.003>

TRAYLOR, Summer D. *et al* From the ocean to our kitchen table: anthropogenic particles in the edible tissue of U.S. West Coast seafood species. *Frontiers in Toxicology*, v. 6, 2024.

UMMUS, m. e., arruda de oliveira, t. j., xavier, m., & filho, p. (2023). considerações acerca do ordenamento territorial da aquicultura no brasil. <https://www.embrapa.br/site-aquicultura>. 2023

VAN CAUWENBERGHE, Lisbeth; JANSSEN, Colin R. Microplastics in bivalves cultured for human consumption. *Environmental Pollution*, v. 193, p. 65–70, 1 out. 2014a.

WARD, J. Evan; SHUMWAY, Sandra E. Separating the grain from the chaff: particle selection in suspension- and deposit-feeding bivalves. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, v. 300, n. 1–2, p. 83–130, 31 mar. 2004.

WEINSTEIN, John E.; ERTEL, Bonnie M.; GRAY, Austin D. Accumulation and depuration of microplastic fibers, fragments, and tire particles in the eastern oyster, *Crassostrea virginica*: A toxicokinetic approach. *Environmental Pollution*, v. 308, p. 119681, 1 set. 2022a.

WEINSTEIN, John E.; ERTEL, Bonnie M.; GRAY, Austin D. Accumulation and depuration of microplastic fibers, fragments, and tire particles in the eastern oyster, *Crassostrea virginica*: A toxicokinetic approach. *Environmental Pollution*, v. 308, p. 119681, 1 set. 2022b.

WHITE, Kathryn; O'NEILL, Brendan; TZANKOVA, Zdravka. At a Crossroads: Will Aquaculture Fulfill the Promise of the Blue Revolution? A SeaWeb Aquaculture Clearinghouse report by. 2004.

WIDMER, Walter Martin; HENNEMANN, Mariana Coutinho. Marine Debris in the Island of Santa Catarina, South Brazil: Spatial Patterns, Composition, and Biological Aspects. *Journal of Coastal Research*, v. 26, n. 6, p. 993–1000, 1 nov. 2010.

WOODS, Madelyn N. *et al*Microplastic fiber uptake, ingestion, and egestion rates in the blue mussel (*Mytilus edulis*). *Marine Pollution Bulletin*, v. 137, p. 638–645, 2018.

WORLD FISHERIES AND AQUACULTURE THE STATE OF. 2024

WRIGHT, Luka Seamus; NAPPER, Imogen Ellen; THOMPSON, Richard C. Potential microplastic release from beached fishing gear in Great Britain's region of highest fishing litter density. *Marine Pollution Bulletin*, v. 173, p. 113115, 1 dez. 2021.

XUAN LE, Thao Thanh *et al*Microplastics in shucked bivalve products from Vietnam: Presence, characteristics, human exposure, and risk assessment. *Journal of Food Composition and Analysis*, v. 146, p. 107885, 1 out. 2025a.

XUAN LE, Thao Thanh *et al*Microplastics in shucked bivalve products from Vietnam: Presence, characteristics, human exposure, and risk assessment. *Journal of Food Composition and Analysis*, v. 146, p. 107885, 1 out. 2025b.

XU, Jun-Li *et al*FTIR and Raman imaging for microplastics analysis: State of the art, challenges and prospects. 2019.

XU, Pei *et al*Microplastic risk assessment in surface waters: A case study in the Changjiang Estuary, China. *Marine Pollution Bulletin*, v. 133, p. 647–654, 1 ago. 2018.

ZANETTI, Daniela Gadens. Microplásticos em praias arenosas da Ilha de Santa Catarina: ocorrência, distribuição e caracterização. 2019.

ZHANG, Kai *et al*Understanding plastic degradation and microplastic formation in the environment: A review. *Environmental Pollution*, v. 274, 1 abr. 2021.

ZHAO, Xiaoli *et al*Color: An Important but Overlooked Factor for Plastic Photoaging and Microplastic Formation. *Environmental Science & Technology*, v. 56, n. 13, p. 9161–9163, 5 jul. 2022.