MICROPLÁSTICOS NA PRAIA DE SANTOS: FONTES DE POLUIÇÃO, CARACTERÍSTICAS DOS RESÍDUOS E POSSÍVEIS SOLUÇÕES DE COLETA

MICROPLASTICS ON SANTOS BEACH: SOURCES OF POLLUTION, WASTE CHARACTERISTICS AND POSSIBLE COLLECTION SOLUTIONS

Ana Rafaela da Fonseca Martinez, Julia Lopez Guimarães, Lara de Jesus Barbosa dos Santos, Mariana Simões Garcia (orientadora), Luara Spinola (orientadora), Hillary Sousa de Araújo (orientadora)

Colégio Novo Tempo, Ensino Médio
E-mail para contato: luaraspinola@somosnovotempo.com.br

RESUMO – A pesquisa focou na poluição plástica nas praias de Santos, especialmente nos microplásticos nas áreas do Emissário Submarino, Canal 04 e Ponta da Praia. Estima-se que cerca de 60 toneladas de resíduos sólidos, predominantemente plásticos, são despejadas no mar diariamente, com aumentos durante feriados. O estudo mapeou e caracterizou microplásticos, coletando partículas menores que 5 mm e classificando-as em seis categorias. Foram realizadas entrevistas com especialistas do Instituto do Mar, Unifesp, para entender as fontes e impactos dos microplásticos. Além do experimento com o peixe Danio rerio que investigou como a presença de microplásticos afeta a saúde e comportamento dos animais marinhos. Para mitigar a poluição, propôs-se o uso de barcos de coleta de lixo e ação de conscientização.

Palavras-chave: Microplástico; Santos; Lixo nas Praias.

ABSTRACT – The research focused on plastic pollution on Santos' beaches, particularly microplastics in the areas of the Submarine Outfall, Canal 04, and Ponta da Praia. It is estimated that approximately 60 tons of solid waste, predominantly plastic, are dumped into the sea daily, with increases during holidays. The study mapped and characterized microplastics, collecting particles smaller than 5 mm and classifying them into six categories. Interviews were conducted with experts from the Instituto do Mar (Unifesp) to understand the sources and impacts of microplastics. In addition, an experiment with the Danio rerio fish investigated how the presence of microplastics affects the health and behavior of marine animals. To mitigate pollution, the use of garbage collection boats and awareness-raising initiatives were proposed.

Keywords: Microplastic; Saints; Trash on the Beaches.

1 INTRODUÇÃO

Segundo pesquisas recentes, as praias arenosas são um dos ambientes marinhos mais impactados por microplásticos, pois as partículas tendem a acumular após encalharem ao serem trazidas pelo mar (SILVA, 2016).

Vaítsa Maciel Haratsaris, realizou sua pesquisa de mestrado em 2018, pelo Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo, e pesquisou o microplástico em 37 praias de 13 municípios ao longo do litoral paulista, sudeste do Brasil. E identificou que a Baixada Santista obteve a maior deposição dos "pellets" e a concentração dos PCBs (1,3 –5.112 ng g-1) e DDTs (14,1 – 1.214 ng g-1), isso porque é onde se localiza o maior complexo industrial do país e o maior porto da América Latina, seguido do litoral norte não industrializado e o litoral sul com atividade pesqueira.

Santos é um município localizado no litoral do estado de São Paulo, o qual é conhecido usualmente pelo seu porto. Por ter vários efeitos para o desenvolvimento do capitalismo no mundo, acabou ocupando a 5ª colocação entre as não capitais mais importantes para a economia brasileira. E mais um dos motivos para que a cidade seja popularmente conhecida são pelas famosas praias com sete quilômetros de extensão, dividida em canais.

Um estudo divulgado no Jornal Estadão (GIRARDI, 2020) revela que, por dia, a cidade de Santos despeja no mar cerca de 60 toneladas de resíduos sólidos - sendo 85% materiais plásticos. As principais fontes de vazamento são: comunidades nas áreas de palafitas; os canais de drenagem que atravessam a malha urbana e a própria orla da praia em sua faixa de areia. Esses são os resultados de um projeto feito no mundo de prevenção e combate à poluição marinha desenvolvido pela Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (ABRELPE). Esses números aumentam muito em feriados e datas festivas. Como é o caso do feriado de 7 de setembro que, em 2020, foram mais de 400 toneladas de lixo foram recolhidas (G1 SANTOS, 2020).

Contudo, apesar das limpezas públicas, as praias de Santos constantemente encontram-se em condições impróprias, conforme relatórios periodicamente divulgados pela CETESB (2020). A ocorrência de lixo na praia de Santos justifica a importância desta pesquisa, que pretende compreender estes números que se tornam cada dia mais problemáticos, com especial atenção ao microplástico.

O lixo deixado na praia, que não é retirado, causa problemas ambientais e prejuízos econômicos até para os próprios banhistas.

A pesquisa parte da pergunta central para compreender de que forma a distribuição dos microplásticos em diferentes áreas da praia de Santos está associada a fontes específicas de poluição marinha, e como suas características físicas (tipo, cor, tamanho e deterioração) refletem os padrões de acúmulo e transporte de resíduos.

Com a intenção de acompanhar as publicações OCS e o Manual Perdas Zero de Pellets, lançado pela Plastivida (2018), que manifestam a intenção de reduzir a quantidade de pellets plásticos perdidos acidentalmente para o meio ambiente, ressalta-se que a preocupação é grande dessas instituições relativamente ao assunto, para as instalações industriais e outros locais (PLASTIVIDA, 2018 apud de Pontes Junior, 2022, p.17).

Além disso, o projeto inclui um experimento com peixes-zebra (Danio rerio), utilizado como organismo-modelo para avaliar os possíveis impactos dos microplásticos na biota aquática. Por meio da exposição controlada a diferentes concentrações e tipos de microplásticos coletados nas praias, busca-se compreender não apenas os padrões de contaminação ambiental, mas também os potenciais efeitos tóxicos e fisiológicos desses resíduos nos organismos vivos, ampliando a relevância ecológica e científica do estudo.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

O procedimento metodológico adotado teve como finalidade quantificar a presença de microplásticos na camada superficial de sedimentos da praia de Santos. A abordagem foi inspirada no estudo de Mara Fisner, “Grânulos plásticos em praias arenosas: avaliação de um método amostral quantitativo e da contaminação química” (2012), defendido no Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo, que oferece diretrizes consolidadas para amostragens costeiras.

As coletas ocorreram em três setores distintos da enseada — dois nas extremidades e um na região central — selecionados por apresentarem variações no uso e na ocupação da orla. A escolha da área foi sustentada pelo trabalho de Pablo Pena Gandara e Silva, que descreve como a intensa urbanização, a presença de atividades portuárias e a utilização turística favorecem a acumulação de resíduos na baía de Santos (YU et al., 2016 apud SILVA, 2016, p.13).

As campanhas de campo foram realizadas em setembro e outubro de 2024. A localização dos pontos amostrais está apresentada na Figura 01.

Complementarmente, para investigar potenciais impactos ambientais, foi implementado um ensaio laboratorial com peixes-zebra (Danio rerio). Amostras de microplásticos recolhidas na praia foram classificadas conforme dimensões, tonalidades, composição e estado físico, sendo posteriormente utilizadas na preparação das soluções experimentais. Os organismos foram expostos a diferentes concentrações de partículas sob condições controladas, respeitando protocolos éticos vigentes.

Durante o período experimental, foram monitoradas possíveis alterações comportamentais, fisiológicas e estruturais, possibilitando relacionar a variabilidade dos resíduos com respostas biológicas mensuráveis. Essa etapa permitiu integrar informações ambientais e laboratoriais, fornecendo uma perspectiva mais ampla sobre a problemática.

Os três pontos de coleta do estudo foram escolhidos. Sendo um deles, ao lado do Emissário Submarino, no limite entre os municípios de Santos e São Vicente. O outro, no meio da praia, próximo ao canal 04, do lado do canal 05. E no final da areia da praia na Ponta da Praia, canal 06.

O procedimento amostral para escavação do sedimento e obtenção dos grânulos plásticos seguiu as etapas abaixo:

1) Escavação da areia, com pequenas pás e armazenamento em baldes plásticos.

2) Peneira e espátula para selecionar o microplástico do conteúdo coletado no balde.

3) Foi considerado “microplástico”, abaixo de 5mm. Para que os estudos possam ser comparáveis, a definição de microplástico foi trazida da pesquisa de Fisner (2012, p.03), sendo partículas de pequeno tamanho (< 1 mm), como as fibras plásticas, e também os grânulos (< 5 mm de diâmetro). No laboratório da escola, foram separados os microplásticos e seus diversos tipos, como: pellets, fragmento etc..

4) Caracterização dos microplásticos

Os resíduos plásticos com dimensões inferiores a 5 milímetros foram selecionados utilizando um paquímetro, de acordo com a classificação de microplásticos amplamente aceita pela comunidade científica (e.g., GESAMP, 2019; Corrêa et al., 2020). Após a seleção, as

partículas foram classificadas em seis categorias distintas: pellets, fragmentos plásticos, isopor, fibras, filme e espuma.

5) A análise das cores foi realizada com base na tabela universal de combinações de RGB (Red/Green/Blue) descrita por Manzano (2009). O grau de desgaste superficial foi analisado por meio de um microscópio estereoscópico, sendo categorizado em cinco níveis de deterioração, com intervalos de 20% (0-20%, 20-40%, 40-60%, 60-80% e 80-100%).

Na Figura 05 abaixo as etapas realizadas para categorização do microplástico coletado na praia. Enquanto o processo era realizado, o conteúdo coletado foi conservado em potes de vidro em um cooler com gelo.

A pesquisa também incluiu entrevistas com roteiro semiestruturado com três especialistas do Instituto do Mar, Unifesp, para aprofundar o entendimento sobre as fontes e os impactos dos microplásticos.

E, como medida de mitigação, além de ações de conscientização, o estudo propôs o uso de barcos de coleta de lixo, identificado como uma solução prática para remover detritos do mar, reduzir a poluição e contribuir para a preservação do ecossistema marinho e a qualidade ambiental das praias.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. O Impacto do Lixo no Mar de Santos

A cidade que encanta com suas praias e seu porto movimentado, enfrenta um problema sério: a poluição marinha causada pelo descarte inadequado de resíduos, especialmente aqueles gerados pela Sabesp, a companhia de saneamento básico do estado de São Paulo. Essa situação não apenas compromete a beleza natural da região, mas também afeta a saúde dos ecossistemas marinhos e a qualidade de vida dos moradores.

O descarte inadequado de esgoto e resíduos sólidos é uma das principais causas da poluição nas águas santistas. Apesar dos esforços da Sabesp para melhorar a infraestrutura de saneamento, ainda existem falhas que resultam em despejo de efluentes não tratados no mar. Segundo um relatório do Instituto Trata Brasil, a falta de tratamento eficiente do esgoto contribui para a contaminação das águas, prejudicando a vida marinha e tornando algumas áreas impróprias para banho. Isso gera um ciclo vicioso de degradação ambiental, que pode levar à extinção de espécies e à deterioração da qualidade de vida dos cidadãos.

Além disso, o Porto de Santos, um dos maiores e mais importantes do Brasil, também desempenha um papel significativo na questão da poluição. A movimentação intensa de cargas e o descarte de resíduos industriais, quando não geridos adequadamente, podem resultar em contaminação das águas. A Agência Nacional de Transportes Aquaviários (ANTAQ) e o Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA) têm trabalhado para implementar medidas de controle e fiscalização, mas a colaboração entre autoridades, empresas e a população é fundamental para garantir um futuro mais sustentável.

3.2. Análise de Resultados

Os resultados foram planilhados por local coletado, conforme Tabela 1, Tabela 2 e Tabela 3.

Tabela 01 - Microplásticos encontrados no Emissário Submarino

	Pellets	Isopor	Fibras	Filmes	Espuma	Fragmentos
Quantidade	21	29	4	7	11	87

Fonte: autoria própria, 2024

Tabela 02 - Microplásticos encontrados no Canal 04

	Pellets	Isopor	Fibras	Filmes	Espuma	Fragmentos
Quantidade	8	8	2	0	0	0

Fonte: autoria própria, 2024

Tabela 03 - Microplásticos encontrados na Ponta da Praia

	Pellets	Isopor	Fibras	Filmes	Espuma	Fragmentos
Quantidade	4	0	6	10	0	37

Fonte: autoria própria, 2024

Do total de microplásticos coletados, os mais encontrados foram os pellets.

Os pellets são geralmente pequenos grânulos com a forma de um cilindro ou disco com diâmetro de poucos milímetros, que são descartadas no ambiente acidentalmente tanto durante sua manufatura como pelo transporte por navios e a utilização em atividades portuárias (ANDRADY, 2011 apud SILVA, 2016, p.11).

Os grânulos de plástico são resistentes e servem como veículos de compostos químicos e se distribuem facilmente no oceano e nas praias.

As propriedades dos “pellets” auxiliam sua permanência na superfície do oceano como baixa densidade e durabilidade, evidenciando lenta degradação e resistência ao intemperismo. Eles são amplamente distribuídos nos oceanos e são encontrados em praias arenosas e à

superfície da água, mesmo em áreas onde eles não foram produzidos (Pozo et al., 2009 apud Haratsaris, 2018, p.03).

Para verificar a caracterização morfológica do microplástico coletado foi feito uma primeira seleção conforme o tamanho do item, a cor e a forma. A forma foi categorizada de acordo com 8 tipos, seguindo as seguintes características: esférica, esférica achatada, cilíndrica, cilíndrica achatada, cúbica, retangular, retangular achatada e disforme (Manzano, 2009). A análise da cor está em código, com base na tabela universal das 256 combinações de RGB (Red/Green/Blue) - Figura 06 abaixo.

Figura 06 - Parte da Tabela Universal das 256 combinações de RGB

Cor														
Código	2	24	25	28	29	30	31	32	33	41	204	217	218	224
RGB	0-0-0	255-204-51	255-204-102	255-255-102	255-255-153	255-255-204	204-153-0	204-153-51	204-153-102	204-204-153	153-102-0	153-51-0	153-102-51	102-51-0

Fonte: Manzano, 2009

Nas extremidades da praia, Emissário Submarino e Ponta da Praia, próxima de áreas portuárias e industriais, encontrou-se o maior número de grânulos em relação às praias, de todos os tamanhos.

O Emissário Submarino possui uma tubulação, utilizada pela Sabesp, para lançamento de esgotos sanitários em alto-mar, cerca de 4 quilômetros da baía. E, de acordo com as informações divulgadas publicamente pela Sabesp (2024), o esgoto só é despachado após passar por tratamento, quando ocorre a remoção de poluentes, aproveitando a elevada capacidade bactericida e de autodepuração das águas marinhas.

3.3 ENTREVISTA

Foi feita uma pesquisa qualitativa, através de uma entrevista com os pesquisadores do Instituto do Mar da UNIFESP: Letícia Fernanda da Silva, Caio Rodrigues Nobre, Caio Cesar Achiles do Prado. A entrevista aconteceu no dia 07 de outubro de 2024, de forma presencial. Foram feitos diversos registros do momento da entrevista - Figuras 07.

Figura 07 - Entrevista com pesquisadores do Instituto do Mar



Fonte: autoria própria, 2024

Abaixo seguem as principais informações recebidas na entrevista.

P: Pode ser gravada a entrevista?

R: Pode.

P: Como os microplásticos afetam a vida marinha na cidade de Santos?

R: De diversas maneiras. Ele pode afetar na reprodução, afetar no caso de disfunções fisiológicas, alterar o sistema de defesa - deixando mais suscetíveis a doenças, trazer outros contaminantes - sem ser o plástico. O microplástico causa uma série de problemas que vão além da presença dele no ambiente. Eles podem alterar a flora intestinal dos bichos, que traz outros desdobramentos. Por exemplo: em Ostras, a parte de abrir e fechar da concha é muito importante para ela se alimentar e para fugir de predadores, entre outras coisas. Pode trazer outros animais invasores, que vem flutuando nesse microplástico. Então, tem uma série de riscos que podem ser trazidos para vida marinha, de uma maneira geral.

O microplástico é como se fosse uma esponjinha, ele tem uma estrutura toda porosa. Se você olhar no microscópio, vai ver. Sabe aquela esponja de banho? É parecido. Então, por exemplo, outras substâncias como drogas ilícitas e medicamentos/fármacos grudam nesse plástico e o plástico leva para onde não tem contaminação e afeta os bichos também que vivem ali.

P: Quais são as possíveis fontes de microplástico no ambiente marinho de Santos?

R: Vários. A gente pode ter microplástico no Emissário Submarino. Lá é uma das principais fontes, porque a Sabesp só faz um tratamento primário. Pode encontrar, aquela haste do cotonete, por exemplo, acaba passando; o esfoliante, que tem na composição o microplástico; as máquinas de lavar roupa também despejam microplástico. E tudo sai no nosso Emissário Submarino de Santos. Também tem o Porto, que é o maior exportador de plástico de São Paulo. E a atmosfera, também. A gente está o tempo todo inalando microplástico, principalmente fibra. Então, tem na água, na terra e no ar. Está em todo lugar, infelizmente!

P: A gente na pesquisa achou bastante pellets.

R: Aqui é um dos maiores Portos que exportam plásticos e por isso a gente tem bastante pellets.

P: Qual é a extensão da contaminação por microplástico nas praias de Santos?

R: É uma área muito contaminada. Segundo os estudos dos nossos colegas, aqui é um dos maiores pontos de contaminação do mundo. Eles abriram o mexilhão e encontraram a maior contaminação do mundo, comparado, inclusive, com a China e o México. Santos apresentou escalas maiores. Muito por conta disso, Santos lança no Emissário sem tratamento, tem o Porto e o turismo, e as palafitas que descartam diretamente no manguezal. E a maré leva todo esse lixo. Então é uma área muito contaminada de microplástico. É difícil você não encontrar. A gente está fazendo uma pesquisa e em um litro de água coletadas no Emissário Submarino, encontramos 700 microplásticos - no local que é lançado diretamente.

P: No Emissário foi onde a gente também encontrou a maior quantidade de pellets.

R: Mas na nossa pesquisa, a gente foi lá no mar, na boca mesmo, onde sai a água da Sabesp.

3.4. Microplásticos no Mar de Santos: Um Problema Invisível, Mas Perigoso.

O mar de Santos, um dos principais pontos turísticos e portos do Brasil, enfrenta um problema crescente e muitas vezes invisível: a contaminação por microplásticos. Essas pequenas partículas derivadas da degradação de plásticos maiores, produtos cosméticos e resíduos industriais ameaçam não apenas a vida marinha, mas também a saúde humana e a economia local. Diante disso, é fundamental entender como os microplásticos chegam ao oceano e quais são seus impactos diretos e indiretos na vida da população santista.

É crucial entender a pesquisa científica por trás do problema invisível dos microplásticos no oceano, além dos danos ambientais que eles provocam. Em um estudo em Santos, selecionamos áreas importantes para coletar amostras, como no emissário submarino, o canal 4 e a Ponta da Praia perto do canal 6. Nesses pontos, escavamos a areia buscando partículas plásticas no meio ambiente. Guardamos o material coletado e o peneiramos, diluindo a areia em água para separar os microplásticos mais facilmente. A professora Ana Luiza supervisionou todo o processo, garantindo a precisão e eficiência de cada fase. Essa análise mostra que há microplásticos constantes na região, o que reforça a necessidade urgente de ações preventivas e educativas para reduzir os impactos ambientais e na saúde das pessoas.

Logo depois da coleta, demos início à análise dos itens que encontramos, um passo crucial para entender o quão séria é a questão da poluição por microplásticos ali no mar de Santos. No começo, notamos o tamanho das partículas para saber se eram micro ou macro plásticos. Depois, fizemos a medição precisa de cada pedacinho, além de separá-los por cor e contar quantos eram. Essa análise detalhada ajudou a gente a separar e a classificar os tipos de microplástico que estavam nas amostras, o que nos deu uma visão bem melhor da poluição na área. Esses dados mostram como o problema é silencioso e constante, pondo em risco a vida dos animais marinhos e, com isso, a nossa saúde, o que faz com que a sociedade e o governo precisem agir logo e de forma eficiente.

Além do estudo prático no local e das análises em laboratório, promovemos um bate-papo com estudiosos de microplásticos de uma universidade local. Na visita, os estudantes foram recebidos com cordialidade e podermos expandir nossos conhecimentos através das lições práticas dadas pelos experts. Os dados coletados foram cruciais para ampliar o entendimento sobre os efeitos e a forma como os microplásticos se espalham no ecossistema marinho. Desse novo saber, nasceu a ideia de desenvolver, no espaço Maker, um modelo tridimensional de um barco coletor, imaginado como um recurso tecnológico eficiente para amenizar o volume desses detritos no oceano. Tal ação mostra como o ensino científico, junto da inovação, pode ter um papel chave no combate a questões ambientais não aparentes, mas muito nocivas aos ecossistemas e à saúde da população.

Após analisar os dados, torna-se claro que a presença de microplásticos no mar santista é um desafio contínuo, intensificado pelas ações do homem. As maiores quantidades desses detritos foram encontradas perto do Emissário Submarino e da Ponta da Praia, áreas afetadas

diretamente por esgoto, indústrias e atividades portuárias. O aumento do lixo em épocas de grande movimento turístico também mostra como o turismo sem planejamento agrava a situação. Sabendo que o Porto de Santos é um dos maiores da América Latina e pode ser uma grande fonte de microlixo, é crucial implementar ações de controle mais eficientes. Assim, é fundamental que o governo, junto com universidades e a população, invista em ações de prevenção, conscientização ambiental e novas tecnologias, como o modelo de barco coletor criado, para diminuir os efeitos desse poluente que não vemos, mas que prejudica muito o meio ambiente e a nossa saúde.

3.5. Pesquisa Experimental

Fase pré-experimento: O Aquário Ideal foi composto: Tamanho mínimo: 10 litros (para um grupo de 5 ou 6 peixes); Tampa: importante, pois eles podem pular; Filtro: sim, para manter a água limpa e oxigenada; Termômetro: para monitorar a temperatura. Parâmetros da água: Temperatura: entre 22 °C e 28 °C (ideal: 24 °C–26 °C); pH: 6,5 a 7,5; Dureza: entre 5 e 12 dGH; Troca parcial da água: 20–30% por semana. Comportamento e companhia: São peixes de cardume, precisam estar em grupo de pelo menos 5; Pacíficos, podem viver com outros peixes tranquilos de tamanho semelhante. Alimentação: Onívoros: comem ração em flocos ou micro grânulos. Decoração e ambiente: Plantas naturais ou artificiais; Espaço para nadar livremente (eles são bem ativos); Substrato: areia fina ou cascalho.

Lista de materiais utilizados no experimento: 2 aquários de 13L; 2 filtros; Plantas artificiais (6); Cascalho (5kg); Condicionador de água; Ração para peixe de fundo.

Nas últimas décadas, o peixe-zebra (Danio rerio) tem se consolidado como modelo de sucesso em pesquisas sobre doenças humanas, desenvolvimento de medicamentos e toxicologia, incluindo toxicologia ambiental. Este peixe apresenta diversas vantagens, como tamanho pequeno, manutenção barata, facilidade de reprodução, ciclo de vida curto e alta fecundidade, com uma única desova produzindo cerca de 100 a 200 ovos. As larvas podem viver por até sete dias dependendo do conteúdo do saco vitelínico, e seus embriões são transparentes, permitindo observações detalhadas de efeitos tóxicos. Além disso, o Danio rerio compartilha cerca de 70% de homologia genética com os seres humanos, podendo substituir ou complementar estudos em organismos superiores.

Neste estudo, microplásticos coletados em praias foram adicionados a um aquário experimental contendo cinco peixes em 13 litros de água, enquanto outro aquário de mesmo volume serviu como controle, sem microplásticos. O experimento durou 14 dias, e foram observados comportamento, consumo alimentar, padrão de natação e alterações físicas.

Os peixes expostos aos microplásticos apresentaram comportamento atípico, incluindo maior agitação, agressividade, permanência prolongada na superfície da água e interações repetitivas com o ambiente, como batidas da cabeça nas pedras. Além disso, observou-se redução do consumo alimentar e alterações discretas na coloração e no padrão de natação. O filtro do aquário experimental acumulou maior quantidade de resíduos, indicando degradação da qualidade da água.

Estudos prévios corroboram esses achados, mostrando que micro e nanoplásticos podem causar estresse oxidativo, inflamação tecidual e alterações endócrinas, comprometendo o comportamento e a fisiologia dos peixes. A presença de microplásticos em tecidos de peixes, moluscos e até em humanos reforça os riscos ambientais e sanitários associados à poluição.

Portanto, a exposição a microplásticos coletados diretamente das praias afetou significativamente o comportamento e a saúde do peixe-zebra, evidenciando que mesmo concentrações ambientais podem impactar de forma relevante organismos aquáticos e a qualidade dos ecossistemas.

4 CONCLUSÃO

Foi constatado que a poluição por microplásticos na praia de Santos é contínua ao longo do ano, com maior concentração próxima ao Emissário Submarino — local de lançamento de efluentes no mar — e na Ponta da Praia, região com forte influência portuária e industrial. Nessas áreas, a densidade de grânulos plásticos foi significativamente superior em comparação aos demais pontos da enseada.

Os dados obtidos revelaram que a entrada predominante de microplásticos no ambiente ocorre pelo aporte marinho. Contudo, períodos de alta temporada, como férias e feriados prolongados, coincidiram com picos de resíduos sólidos coletados, sugerindo que a atividade turística também exerce influência relevante na contaminação.

A análise dos microplásticos indicou predominância de partículas esféricas e translúcidas, com tamanhos inferiores a 5 mm e diferentes níveis de desgaste, evidenciando múltiplas origens e longos períodos de permanência no ambiente.

No ensaio com peixes-zebra (Danio rerio), verificou-se que a exposição a concentrações mais elevadas de microplásticos ocasionou mudanças comportamentais, como menor atividade natatória, além de indícios de estresse fisiológico, demonstrando que a poluição plástica não é apenas um problema estético ou ambiental, mas também potencialmente tóxico para a biota aquática.

Por fim, a entrevista com representantes do Porto de Santos reforçou a hipótese de que as operações portuárias e industriais contribuem para o aporte de microlixo na região, ampliando a necessidade de monitoramento e de ações voltadas à prevenção da contaminação.

5 REFERÊNCIAS

ANTAQ - Dados sobre a movimentação portuária e impactos ambientais.

Artigos de pesquisa sobre tecnologias de coleta de lixo em ambientes aquáticos.

Bhagat, J., Zang, L., Nishimura, N., & Shimada, Y. (2020). Zebrafish: An emerging model to study microplastic and nanoplastic toxicity. Science of the Total Environment, 728, 138707. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.138707

CETESP. Mapa de Qualidade das Praias, Praias de Santos, 30/11/2020 - 08/12/2020. Disponível em: <https://qualipraia.cetesb.sp.gov.br/qualidade-da praia/santos.phtml >. Acesso em: 18 mar 2024.

CESAR, Mara Fisner. Grânulos plásticos em praias arenosas: avaliação de um método amostral quantitativo e da contaminação química. 2012. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

De Pontes Junior, Alexandre Figueira de Pontes Junior.

P858v Variação espacial da abundância de pellets plásticos na praia de Santos, São Paulo, Brasil. / Alexandre Figueira de Pontes Junior. 2022. 69 f.

G1, Globo. Mais de 400 t de lixo são recolhidas das praias da Baixada Santista em feriado prolongado. Disponível em: https://g1.globo.com/sp/santos regiao/noticia/2020/09/09/mais-de-400-t-de-lixo-sao-recolhidas-das-praias-da baixada-santista-em-feriado-prolongado.ghtml Acesso em: maio 2024.

GIRARDI, Giovana. Santos despeja 60 toneladas de resíduos sólidos no mar por dia; 85% disso é plástico. Estadão, 22 mar 2019. Disponível em: <https://sustentabilidade.estadao.com.br/blogs/ambiente-se/santos-despeja-60- toneladas-de-residuos-solidos-no-mar-por-dia-85-disso-e-plastico/> . Acesso em: 02 set 2024.

Haratsaris, Vaítsa Maciel. PCBs e DDTs em grânulos de plástico depositados em praias do litoral paulista (mestrado). Universidade de São Paulo. São Paulo, 2018.

IBAMA - Normas e regulamentações para a proteção ambiental.

Prefeitura de Santos - Relatórios sobre a qualidade das águas e contaminação por enterococos.

PubMed. (2020). Effects of microplastics on zebrafish physiology. https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32361115/

SciELO. (2020). Microplastic exposure in freshwater fish. https://www.scielo.br/j/bjb/a/7b6MjqyC3gwb7nxqvVjKfzy/?format=html&lang=en

Sha, H., Li, X., Li, Q., Zhang, J., Gao, J., Ge, L., Wang, W., & Zeng, T. (2025). Comprehensive review of ecological risks and toxicity mechanisms of microplastics in freshwater: Focus on zebrafish as a model organism. Aquatic Toxicology, 284, 107397. https://doi.org/10.1016/j.aquatox.2025.107397

Secretaria de Meio Ambiente de Santos - Relatórios sobre ações de limpeza e preservação.

Silva, Pablo Pena Gandara e. Contaminação e toxicidade de microplásticos em uma área de proteção marinha costeira / Pablo Pena Gandara e Silva; orientador Luiz Felipe Mendes de Gusmão. São Carlos, 2016.

Manzano, A. B. Distribuição, taxa de entrada, composição química e identificação de fontes de grânulos plásticos na Enseada de Santos, SP, Brasil. Dissertação (Mestrado em Oceanografia Biológica) - Universidade de São Paulo, São Paulo, São Paulo, 2009.

Jambeck, J. R., et al. (2015). Plastic waste inputs from land into the ocean. Science, 347(6223), 768–771. https://doi.org/10.1126/science.1260352

United Nations Environment Programme (UNEP). (2022). Global Plastics Outlook: Policy Scenarios to 2060. Nairobi: UNEP.

Geyer, R., Jambeck, J. R., & Law, K. L. (2017). Production, use, and fate of all plastics ever made. Science Advances, 3(7), e1700782. https://doi.org/10.1126/sciadv.1700782