



FACULDADE DE ENGENHARIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA QUÍMICA
LICENCIATURA EM ENGENHARIA DO AMBIENTE

Trabalho de Final de Curso

TEMA: Avaliação Da Toxicidade Do Microplástico na Baía de Maputo

Estudo de Caso: Cidade De Maputo

Autor:

JOÃO, Otilia da Graça André

Supervisor:

Prof. Doutor Eng^o António Cumbane

Maputo, Junho de 2024



FACULDADE DE ENGENHARIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA QUÍMICA
LICENCIATURA EM ENGENHARIA DO AMBIENTE

Trabalho de Final de Curso

TEMA: Avaliação Da Toxicidade Do Microplástico na Baía de Maputo

Estudo de Caso: Cidade De Maputo

Autor:

JOÃO, Otilia da Graça André

Supervisor:

Prof. Doutor Eng^o António Cumbane

Maputo, Junho de 2024

DECLARAÇÃO DE HONRA

JOÃO, Otília da Graça André, estudante do 5º nível do curso de Engenharia do Ambiente na Faculdade de Engenharia da Universidade Eduardo Mondlane, declara que este trabalho é da sua autoria, sendo fruto dos conhecimentos adquiridos ao longo da sua formação, investigação pessoal e da orientação do supervisor. O conteúdo deste trabalho é original e todos os documentos consultados estão devidamente identificados nas referências bibliográficas.

Maputo, Maio de 2024

JOÃO, Otília da Graça André

DEDICATÓRIA

À minha amada mãe e ao meu tão querido pai (em memória).

À minha Yunnick, por quem me esforço todos os dias a ser melhor.

AGRADECIMENTOS

A Deus, pelo Dom da vida e por todas as suas Graças.

Aos meus irmãos e a minha cunhada Emília, por sempre apoiarem, acreditarem e investirem nos meus sonhos, em especial à Angélica, que tudo deu de si para que esta realização fosse possível.

Ao meu esposo, pelo suporte, e a minha filha por mesmo tão pequena, na sua maneira peculiar, permanecer quieta ao meu lado a acompanhar a compilação deste trabalho.

Aos funcionários do Laboratório Central de Veterinária do Instituto de Investigação Agrária de Moçambique, pela sua disposição e prontidão a ajudar; agradeço de forma especial ao Dr. Afonso Sussuro, que me auxiliou e direccionou desde o primeiro contacto mesmo nos momentos em que não esteve fisicamente presente.

A todos os docentes que ao longo do curso transmitiram os seus ensinamentos, o meu especial agradecimento.

Aos meus colegas de turma e de curso, por todo o aprendizado e vivências partilhadas.

Às minhas amigas, em especial a Farzana Walqueia, por todas as chamadas e mensagens de incentivo e cobrança, para que eu corresse atrás do meu tão almejado título.

Ao Dr Cumbane, meu supervisor, por aceitar me orientar, guiar e direccionar durante esta trajectória.

A todos aqueles a quem não mencionei, mas que de forma directa ou indirecta contribuíram para que a realização deste trabalho fosse possível, vai o meu mais profundo agradecimento.

RESUMO

O plástico é um dos materiais mais presentes no nosso quotidiano e serve de matéria-prima para o fabrico de vários objectos de uso diário. Estes objectos são normalmente descartáveis e de uso rápido o que faz com que sejam libertados para o ambiente de forma contínua, aglomerando-se nos diferentes ecossistemas. Quando descartados nos ecossistemas aquáticos, os resíduos plásticos maiores vão sofrendo sucessivas fragmentações e geram detritos de plásticos cada vez menores dando assim origem às chamadas partículas microplásticas que tem tamanhos entre 0.1 μm e 5mm. Tais partículas quando ingeridas podem provocar nos diferentes animais o bloqueio do trato digestivo, úlceras, causar perda das capacidades reprodutivas, impedir ou dificultar a alimentação, contaminar tecidos e possivelmente até causar a morte; por outro lado, estas partículas entram na cadeia alimentar causando deste modo possíveis danos severos para a saúde do Homem. Neste estudo, foram analisados os tratos-gastrointestinais de 84 peixes dentre eles corvina, sardinha africana (magumba) e pescadinha, tendo sido usado um método de identificação directa dos microplásticos, e um método de digestão do material biológico usando KOH a 10%. Dentre o material microplástico encontrado foi possível identificar algumas fibras, filamentos e fragmentos, o que indica que as espécies de peixes características da Baía de Maputo têm o microplástico inserido na cadeia alimentar.

Palavras-chave: microplásticos, trato-gastrointestinal.

ABSTRACT

Plastic is one of the most common materials in our daily lives and serves as a raw material for the production of diversified everyday objects. These objects are usually disposable and quickly used, which leads to their continuous release into the environment, accumulating in different ecosystems. When discarded in aquatic ecosystems, larger plastic waste undergoes successive fragmentation, producing smaller plastic debris, leading to the formation of so-called microplastic particles, which range in size from 0.1 μm to 5 mm. When ingested, such particles can cause blockages in the digestive tract, ulcers, loss of reproductive abilities, feeding difficulties, tissue contamination, and potentially even death in various animals. Moreover, these particles enter the food chain, possibly causing severe health damage to humans. In this study, the gastrointestinal tracts of 84 fish, including croaker, African sardine (magumba), and hake, were analyzed using a direct microplastic identification method and a biological material digestion method using 10% KOH. Among the microplastic material found, fibers, filaments, and fragments were identified, indicating that fish species characteristic of Maputo Bay have microplastics incorporated into their food chain.

Keywords: microplastic, gastrointestinal tract.

Índice

DECLARAÇÃO DE HONRA.....	i
DEDICATÓRIA	ii
AGRADECIMENTOS	iii
RESUMO.....	iv
ABSTRACT.....	v
1. INTRODUÇÃO.....	1
1.1. Objectivos.....	2
1.1.1. Objectivo Geral.....	2
1.1.2. Objectivos Específicos.....	2
1.2. Apresentação Do Problema.....	2
1.3. Justificativa.....	3
1.4. Metodologia	3
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	4
2.1. O Plástico e sua origem.....	4
2.2. Ciclo de Vida do Plástico e seus Processos de Degradação.....	6
2.2.1. Ciclo de vida do plástico.....	6
2.2.2. Processo de degradação do plástico.....	7
2.3. Microplásticos	8
2.3.1. Microplásticos primários	8
2.3.2. Microplásticos secundários.....	9
2.3.3. Microplásticos e a sua interação com os organismos	9
3. PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL	11
3.1. Área De Estudo	11
3.2. Protocolo de Amostragem, Conservação da Amostra e Análise.....	12
3.2.1. Primeira amostragem	13
3.2.2. Segunda amostragem	14
3.2.3. Terceira amostragem.....	15
3.3. Resultados e Discussão	16
3.3.1. Resultados para a primeira amostragem	16
3.3.2. Resultados para a segunda amostragem.....	19
3.3.3. Resultados para a terceira amostragem.....	21

3.4. Identificação de Polímeros	23
3.5. Análise E Discussão Dos Resultados	23
4. CONCLUSÃO	25
5. RECOMENDAÇÕES.....	26
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	27

Índice de Figuras

Figura 1 Cadeia Produtiva do plástico	5
Figura 2 Ciclo de vida do plástico	6
Figura 3 A baía de Maputo	11
Figura 4 Ponto de venda de mariscos do Porto de Maputo, Macaneta e Bairro dos Pescadores respectivamente	12
Figura 5 Processo de dissecação e rastreio de microplásticos	13
Figura 6 Processo de preparação das amostras	15
Figura 7 Transporte, preparação, digestão, filtração e análise visual com recurso a lupa binocular	16
Figura 8 Filamento, fibras e fragmentos microplásticos.....	21
Figura 9 Tipos de microplásticos ingeridos pelos peixes da Baía de Maputo	24

Índice de Tabelas

Tabela 1 Principais polímeros produzidos e suas aplicações	7
Tabela 2 Resultado da primeira amostragem para o rastreio de microplásticos com recurso á lupa simples para o material colhido na Macaneta	17
Tabela 3 Resultado da primeira amostragem para o rastreio de microplásticos com recurso á lupa simples para o material colhido no Porto de Maputo	18
Tabela 4 Resultados para a segunda amostragem.....	20
Tabela 5 Resultados para a terceira amostragem.....	22

Lista de abreviaturas e siglas

ABREVIATURAS/SIGLAS	DESCRIÇÃO
KOH	Hidróxido de potássio
OECD	Organização Para A Cooperação E Desenvolvimento Económico
PA	Poliamida
PE	Polietileno
PP	Polipropileno
PET	Poliéster
PVC	Policloreto De Vinilo
UV	Ultra Violeta
WWF	World Wide Fund for Nature

1. INTRODUÇÃO

Ao longo dos anos, havendo para o Homem uma grande necessidade de se adaptar às características e processos evolutivos do mundo em que vive, a busca por novos materiais tem sido crescente. Com vista a garantir a eficiência no fabrico dos instrumentos fundamentais para a realização das suas actividades diárias, este Homem modifica a partir de processos naturais ou artificiais materiais encontrados na natureza (como pedra, madeira, algodão, petróleo, etc.), dando origem a materiais artificiais como é o caso do vidro, papel, borracha e plástico (Piatti & Rodrigues, 2005).

Á cerca de 40 anos, com a produção do plástico e seu uso diversificado, o mundo começou a verificar uma mudança na constituição da maioria dos resíduos produzidos tendo, estes, passado de uma origem orgânica para uma origem sintética (Sheavly, 2005) *apud* (Neves, 2013). Estes resíduos quando descartados indevidamente, são arrastados e depositados no fundo dos oceanos “causando não só problemas ambientais como também económicos, de saúde pública e de degradação do valor paisagístico natural” (Neves, 2013). A poluição plástica é actualmente um problema de grande relevância sob o ponto de vista ambiental e sócio-económico, e é, na maioria das vezes, consequência da má gestão dos resíduos sólidos.

Os resíduos plásticos presentes no ambiente marinho, pelas condições meteorológicas, podem fragmentar-se por acção mecânica, química ou térmica em pedaços de pequenas dimensões ($x \leq 5$ mm), denominados microplásticos, podendo integrar cadeias tróficas de organismos aquáticos causando asfixia, lesionando os órgãos internos ou bloqueando o trato gastrointestinal, devido a sua degradação lenta (De Frias, 2010).

No mundo, nos tempos hodiernos, vários são os relatos de casos de animais aquáticos encontrados (vivos ou mortos) envoltos em plástico ou com quantidades significantes deste material no seu organismo. Ainda assim, a grande preocupação surge devido à ingestão do microplástico, por se tratar de partículas muito pequenas que podem passar despercebidas à olho nú.

Em Moçambique, a Baía de Maputo é palco de importantes pescarias de camarão e peixe. Além de sua importância ambiental e ecológica, a baía abriga um porto entre as cidades de Maputo e Matola com terminais de contentores de carga geral. O presente estudo, pretende avaliar a possível presença de microplásticos na Baía de Maputo através da sua ingestão por peixes. Para

compreender o nível de ingestão destes microplásticos analisar-se-ão os conteúdos estomacais das espécies abundantes na região.

1.1. Objectivos

1.1.1. Objectivo Geral

- Avaliar a toxicidade do microplástico na Baía de Maputo usando espécies de peixe das águas territoriais de Maputo

1.1.2. Objectivos Específicos

- Analisar a presença de microplásticos no trato gastrointestinal do peixe proveniente da Baía de Maputo;
- Identificar, quantificar e caracterizar através da espectroscopia de infravermelho os microplásticos colectados.

1.2. Apresentação Do Problema

Nos últimos anos, o uso do plástico nas suas diversas formas tem sido crescente. O plástico é um dos materiais mais presentes no nosso quotidiano e serve de matéria-prima para o fabrico de vários objectos de uso diário como é o caso de escovas de dente, brinquedos, bijuterias, peças de computador, utensílios de cozinha, embalagens, sacolas entre outros (Piatti & Rodrigues, 2005).

Grande parte dos objectos produzidos pelo plástico são descartáveis e de uso rápido o que faz com que sejam libertados para o ambiente de forma contínua, aglomerando-se nos diferentes ecossistemas. O ecossistema que mais sofre com o uso do plástico é o marinho. De acordo com (Serra, 2019) em Moçambique, devido a deficiência na retenção de resíduos nos pontos de descarga, as valas de drenagem, escoadouros subterrâneos, rios e riachos contribuem com quantidades significativas para a poluição plástica dos oceanos. Quando libertado nos oceanos, o plástico se fragmenta em partículas muito pequenas, as chamadas partículas microplásticas. Estas partículas, quando ingeridas pelos animais marinhos entram na cadeia alimentar e apesar de não

serem ainda claras as implicações da sua ingestão, acredita-se que podem, a longo prazo, causar danos severos para os animais e para o Homem.

1.3. Justificativa

A produção e uso crescente do plástico superou a capacidade da sociedade gerenciá-lo de modo eficaz até o fim de sua vida útil. Em outras palavras, o manejo do plástico, um material tão útil e versátil, se desenvolveu de modo não sustentável. O microplástico presente no ambiente marinho torna-se um problema pelo facto de levar muito tempo a desaparecer completamente. Um dos problemas mais graves causados pelo plástico no mundo animal é o de os animais confundirem resíduos de plástico com comida e, na maioria dos casos, as consequências são fatais. Em todo mundo, diversas vezes, grandes quantidades de plásticos foram encontradas nos estômagos de muitos animais mortos. Algumas vezes estes animais resistem e são consumidos pelo Homem. Em Moçambique, a pesca é uma das principais actividades que fornece meios de subsistência para centenas de comunidades e é a fonte de alimento e nutrição para a população do país (The World Bank in Mozambique, 2019), sendo, portanto, importante garantir a conservação e sanidade do ecossistema marinho no país.

1.4. Metodologia

Com vista a atingir os objectivos propostos, a realização do presente trabalho compreendeu as seguintes fases:

- I.** Revisão Bibliográfica (baseada na análise de livros, artigos, jornais e revistas científicas, monografias, dados documentais, documentários e *web sites*);
- II.** Colecta de amostras e análise laboratorial;
- III.** Discussão e Interpretação dos Resultados.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. O Plástico e sua origem

Os plásticos são materiais poliméricos sintéticos leves, impermeáveis e duráveis, que podem ser formulados para serem rígidos ou flexíveis, transparentes ou coloridos, e apresentam baixo custo. Por tantas vantagens, são amplamente empregados em todos os setores da sociedade moderna. Os plásticos, do grego “*plastikos* (que significa moldável)” são polímeros constituídos por macromoléculas - estruturas químicas de alto peso molecular, formadas por uma grande cadeia de monómeros, unidades químicas menores, que são unidas por ligações covalentes e que se repetem ao longo da cadeia (Olivatto, et al., 2018). Os monómeros são as unidades que se repetem dentro da estrutura do polímero e podem ser ou não unidades iguais, formando longas cadeias. Estes polímeros dividem-se em dois grandes grupos, podendo ser naturais ou sintéticos e podem ser classificados como termoplásticos ou termorrígidos (Polimeros, 2023). Os polímeros naturais são aqueles que se encontram de forma livre na natureza como por exemplo a borracha, os polissacarídeos (amido, celulose e glicogênio) e as proteínas; os polímeros sintéticos ou artificiais são produzidos em laboratório, em geral, de produtos derivados de petróleo. A partir dos polímeros sintéticos é possível fabricar sacolas plásticas, canos hidráulicos, materiais de construção civil, colas, isopor, tintas, pneus, embalagens plásticas, teflon e silicone (Polimeros, 2023). Os termoplásticos são considerados uma subcategoria da classe de polímeros orgânicos sintéticos e são facilmente fabricados, pois são passíveis de serem moldados quando submetidos ao aquecimento, tornando-se um fluido ou líquido viscoso, e se solidificam por arrefecimento, em um processo reversível. São exemplos de termoplástico o Polietileno (PE), Polipropileno (PP), Poliéster (PET), Poliamida o nylon (PA) e PVC (policloruro de vinilo). Os termorrígidos, conhecidos também como termofixos ou termoendurecidos, são plásticos cuja rigidez não se altera com a temperatura, diferentemente dos termoplásticos, que amolecem e se fundem. Em determinadas temperaturas, os polímeros termorrígidos se decompõem e não podem ser fundidos e/ou remoldados novamente. São exemplos de termorrígido o poliuretano e poliacetato de etileno vinil, além de outros como poliuretano, poliéster, resinas epóxi, entre outros, que podem ser aplicados na produção de peças de automóveis, aeronaves, pneus, entre outros (Olivatto, et al., 2018).

O surgimento do plástico é datado de 1862 (Alvaro, 2023) quando o químico e inventor Alexander Parkes apresentou em Londres, numa exposição, a parkesiana, um material orgânico derivado da celulose que era impermeável e flexível, isto é, podia ser moldado ao ser aquecido e continuava com a forma moldada ao ser arrefecido, sendo uma ótima substituta para a borracha, mas, o material não obteve grandes resultados comercialmente, pois apresentava um custo alto de produção. Mais tarde, em 1869, John Wesley Hyatt, aprimorou a parkesiana dando origem a celuloide o primeiro polímero sintético. Sua descoberta ocorreu em razão de um prêmio, oferecido por uma empresa de Nova York para quem descobrisse um material para substituir o marfim natural, utilizado nas bolas de bilhar. Na época, o marfim entrava em escassez e a sua utilização ameaçava os elefantes. No início do século XX, o químico belga Leo Hendrik Baekeland criou a baquelite, a primeira resina sintética (resina fenólica) a partir de uma combinação de fenol e formaldeído, tendo assim, sido considerado o pai da indústria do plástico. Devido a sua versatilidade, maleabilidade, durabilidade e resistência ao calor, a resina sintética foi considerada uma das mais importantes invenções do século XX, tendo a partir daí, começado a substituir materiais como vidro e papel (Alvaro, 2023).

A matéria prima principal usada no preparo do material plástico é derivada tanto do petróleo bruto quanto do gás natural. A indústria do petróleo destina 4 % de sua produção mundial para a indústria de plástico. O petróleo bruto, mistura complexa de diversos hidrocarbonetos com diferentes temperaturas de ebulição, é refinado e a partir disso podem ser obtidos vários subprodutos derivados, como por exemplo, a nafta, a principal matéria prima utilizada para a produção do material plástico (Olivatto, et al., 2018). A figura 1 ilustra de forma resumida a cadeia produtiva do plástico, desde a refinação do óleo bruto de petróleo até a produção dos transformados plásticos.

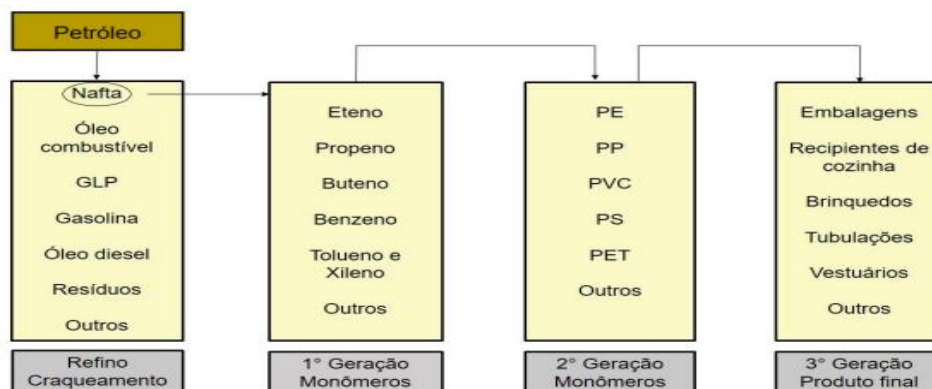


Figura 1 Cadeia Produtiva do plástico (fonte (Olivatto, et al., 2018))

2.2. Ciclo de Vida do Plástico e seus Processos de Degradação

2.2.1. Ciclo de vida do plástico

O ciclo de vida de um produto é o conjunto de acontecimentos que ocorrem desde a extração da matéria-prima, seu processamento, até o seu descarte. A produção mundial do plástico tem aumentado de forma significativa nos últimos tempos. De acordo com a Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Económico (OECD), o mundo produz anualmente cerca 460 milhões de toneladas de plástico na forma de embalagens, bens de consumo, roupas e têxteis e apenas 9% dessa quantidade é reciclada. A tabela 1 mostra de forma resumida os principais tipos de polímeros produzidos e suas aplicações.

Boa parte destes produtos é descartável, o que faz com que o volume de resíduos de natureza plástica depositados sobre o meio ambiente aumente a cada dia. O ciclo de vida do plástico compreende as fases de extracção de petróleo, refinação, produção de embalagens, distribuição e descarte, como ilustra a figura 2. Dos resíduos plásticos descartados, apenas 16% são reciclados para fazer novos plásticos, enquanto 40% são enviados para aterros sanitários, 25% para incineração e 19% são descartados no meio ambiente.



Figura 2 Ciclo de vida do plástico – (fonte: Bing images)

Tabela 1 Principais polímeros produzidos e suas aplicações (fonte: (Carvalho,et al, 2022))

Polímero	Código de reciclagem	Aplicação
Polipropileno (PP)	 PP	Embalagens de alimentos, acabamento interno de carros, para-choque, cadeirinha de criança.
Poliétileno de baixa densidade (PEBD)	 PEBD	Sacos plásticos, filme plástico, sacos de lixo, tubos, revestimentos de caixa de leite.
Poliétileno de baixa densidade (PEAD)	 PEAD	Garradas de plástico, recipientes para produtos de limpeza, canos para gás e água potável, utensílios domésticos.
Policloreto de vinila (PVC)	 PVC	Botas, cortinas de chuveiro, caixilhos de janelas, canos, revestimentos de piso, cabos elétricos, couro sintético.
Tereftalato de poliétileno (PET)	 PET	Fibras de poliéster, filmes, embalagens de alimentos, garrafas de bebidas.
Poliestireno (PS)	 PS	Embalagem de alimentos, material de embalagem, isolamento.
Outros (Plásticos diversos, como PC, PA, PMMA, PUR, ABS, ASA, SAN, termoplásticos)	 OUTROS	Malas, roupas, cordas, paraquedas, cerdas para escovas de dente, brinquedos, caixas de aparelhos, elétricos.

2.2.2. Processo de degradação do plástico

Uma das principais características dos polímeros é a sua durabilidade. Em geral, eles podem durar mais de 200 anos até se degradarem completamente. A degradação é qualquer reação química destrutiva dos polímeros, causando uma modificação irreversível nas propriedades. Ela pode ser causada por agentes físicos e/ou químicos, e por um ou mais agentes. São exemplos de agentes: exposição à luz visível, temperaturas extremas, umidade ou exposição a solventes. A

exposição aos raios ultravioletas é um dos principais factores para a degradação dos polímeros, podendo fazer com que os plásticos mudem de cor, rachem, quebrem ou até derretam. Em geral, essa exposição causa uma degradação de nível superficial, ocorrendo a ruptura da cadeia principal do polímero (Afinko Polímeros, 2023). Os resíduos plásticos maiores quando expostos no meio ambiente vão sofrendo sucessivas fragmentações e geram detritos de plásticos cada vez menores dando assim origem às chamadas partículas microplásticas.

2.3. Microplásticos

Os plásticos tornam as nossas vidas mais fáceis de várias formas e são frequentemente mais leves ou menos dispendiosos do que os materiais alternativos. Contudo, se não forem descartados ou reciclados adequadamente, podem terminar no meio ambiente, onde permanecem durante séculos, degradando-se em pedaços cada vez menores. Estes pequenos pedaços (normalmente inferiores a 5 mm) denominam-se microplásticos. Os microplásticos podem surgir com a quebra de plásticos maiores (microplásticos secundários) ou podem ser produzidos intencionalmente (microplásticos primários) e utilizados por exemplo como abrasivo na composição de produtos de higiene pessoal como pastas dentífricas, sabões, cremes esfoliantes e géis de banho (Carvalho, et al., 2022).

A presença de microplásticos no meio ambiente representa uma ameaça para a biota, pois, devido ao seu tamanho reduzido, estas partículas se distribuem com maior facilidade, podendo atingir áreas remotas tornando-se disponíveis para uma grande variedade de organismos (Olivatto, et al., 2018); o principal efeito dos microplásticos nos oceanos é o de entrarem na cadeia alimentar, uma vez que os organismos ingerem estas partículas. Posteriormente os mesmos organismos servem de alimento para algumas espécies marinhas, e essas espécies marinhas servem de alimento para os seres humanos, podendo o Homem desta forma também vir a ingerir estes microplásticos.

2.3.1. Microplásticos primários

Os microplásticos primários chegam ao ambiente por via do descarte de efluentes domésticos para os cursos hídricos. Podem surgir do procedimento de lavagem de roupas com tecidos sintéticos que libertam fibras plásticas de tamanho microscópico ou ainda do uso de cosméticos e produtos

de higiene, que libertam partículas de polietileno e que após o seu uso são enviados para as redes de água e esgoto e mesmo em locais onde há tratamento desses fluidos, as micropartículas não são retidas por seu pequeno tamanho, sendo assim acabam desaguando nos oceanos (Carvalho, et al., 2022).

2.3.2. Microplásticos secundários

A maior parte dos microplásticos presentes no ambiente são os classificados como secundários, que são aqueles formados pela fragmentação de materiais plásticos maiores em fragmentos pequenos. Tal fragmentação depende de factores ambientais aos quais os plásticos estão expostos como é o caso da presença de água (hidrólise), presença de oxigênio no meio e temperatura (termo-oxidação), abrasão do plástico com outros objetos e partículas, acção de microorganismos (biodegradação) e pela incidência de raios UV provenientes do sol (fotodegradação); sendo este último mecanismo o mais relevante, principalmente em plásticos e microplásticos na superfície em ambientes terrestres e em águas superficiais onde a incidência da luz solar é maior (Pinhatti, 2022).

2.3.3. Microplásticos e a sua interação com os organismos

Os microplásticos presentes no meio marinho entram na cadeia trófica sendo ingeridos pelos organismos dos níveis mais baixos até chegarem a ser ingeridos pelo Homem. A ingestão destas pequenas partículas pode causar a bioacumulação, que é o acúmulo de uma substância num organismo pela ingestão ou respiração; a bioacumulação e subsequente transferência de contaminantes pode resultar em biomagnificação, definida pelo aumento da concentração de contaminantes em um organismo, podendo causar bloqueio do trato digestivo, úlceras, causar perda das capacidades reprodutivas, impedir ou dificultar a alimentação, contaminar tecidos e possivelmente até causar a morte.

O Homem está exposto aos microplásticos de diversas formas, sendo por via da ingestão directa através de produtos de consumo, da água e até mesmo ao respirar ou indirecta, por via do consumo

de peixes ou crustáceos que tenham ingerido microplásticos (Pinhatti, 2022). Estudos realizados pelo mundo confirmam a presença de microplásticos em produtos alimentares como o sal, mel, leite e até em bebidas alcólicas. A ingestão destes produtos contaminados pelo Homem faz com que existam actualmente casos de microplásticos encontrados na corrente sanguínea (Pinhatti, 2022). Segundo a WWF (World Wide Fund for Nature) uma pessoa pode ingerir cerca de 5g de microplásticos em uma semana. Embora exista claras evidências da exposição de humanos aos contaminantes microplásticos, seus impactos à saúde humana ainda não foram plenamente compreendidos (Rochman, 2016) *apud* (Pinhatti, 2022).

3. PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

3.1. Área De Estudo

O estudo foi realizado na Baía de Maputo que está localizada, de acordo com (MAPCARTA), no sul de Moçambique, entre as latitudes 25° 40' e 26° 20' S, com uma largura de cerca de 20 milhas marítimas e uma abertura a nordeste para o oceano Índico aproximadamente com as mesmas dimensões, sendo limitada a leste pelas ilhas da Inhaca e dos Elefantes e pela península do Machangulo; entre esta península e a Inhaca existe um estreito canal de comunicação com o oceano, com uma grande dinâmica. A sul, encontra-se a desembocadura do rio Maputo, o limite norte da Reserva de Elefantes de Maputo e, mais para oeste, a Catembe. A oeste, encontram-se o estuário do Espírito Santo, formado pelos rios Umbeluzi, Matola e Tembe, Infulene e a cidade de Maputo. A norte, encontra-se a desembocadura do rio Incomati e a península da Macaneta, que forma o limite oeste da abertura maior da baía (MAPCARTA) .

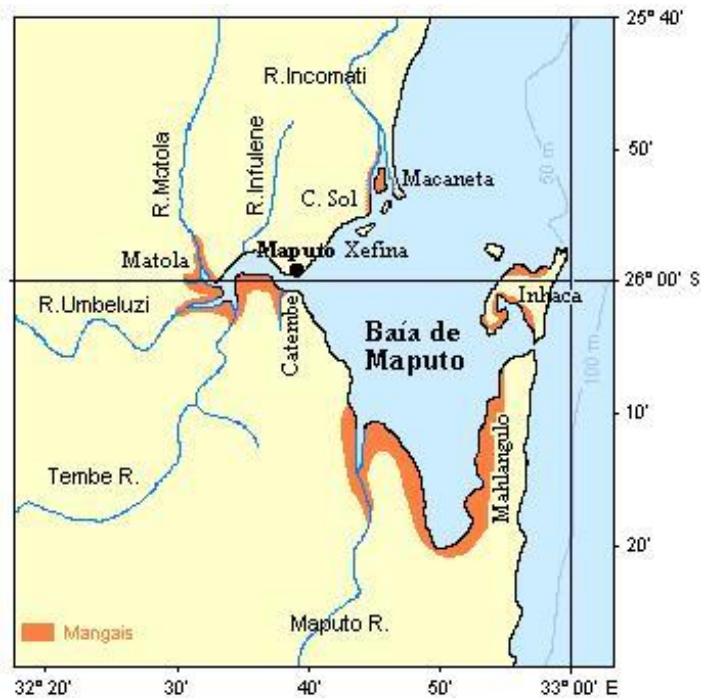


Figura 3 A baía de Maputo (fonte: Porto-Maputo.jpg (223×226) (mozshipsupply.com))

As amostras foram colhidas em três pontos, designadamente:

- Porto de pesca de Maputo – cidade de Maputo

- Bairro dos pescadores – Costa do Sol
- Praia de Macaneta – Marracuene

3.2. Protocolo de Amostragem, Conservação da Amostra e Análise

No presente estudo foram analisadas amostras de peixes como *Micropogonias furnieri* (corvina), *Merluccius merluccius* (pescadinha) e Hilsa kelee (sardinha africana – conhecida localmente como magumba). A colecta das amostras foi feita de forma aleatória nos pontos de venda de mariscos trazidos pelas embarcações de pesca de arraste como ilustra a figura 4. Para a conservação das amostras o peixe recolhido foi transportado numa caixa térmica com gelo e posteriormente retirado e prontamente dissecado, ou, nalgumas ocasiões, congelado num frigorífico e descongelado posteriormente à temperatura ambiente. As análises foram feitas em três fases com base no conteúdo estomacal de cada indivíduo.



Figura 4 Ponto de venda de mariscos do Porto de Maputo, Macaneta e Bairro dos Pescadores respectivamente (fonte: o autor)

3.2.1. Primeira amostragem

A colecta para a realização da primeira amostragem foi realizada a 16 de Setembro de 2023, tendo-se colhido o equivalente a 1kg de peixe para cada espécie. Nesta fase, as espécies colectadas foram corvina e pescadinha e foram adquiridas no Porto de Maputo e na Macaneta. O procedimento seguido para as análises foi o seguinte:

- Identificação e pesagem;
- Dissecção do peixe com recurso a uma faca e extração do conteúdo presente no trato gastro-intestinal dos indivíduos;
- Imersão do conteúdo estomacal em água;
- Separação do material orgânico do não orgânico;
- Uso da lupa para a identificação de material microplástico.



Figura 5 Processo de dissecção e rastreio de microplásticos (fonte: o autor)

3.2.2. Segunda amostragem

A colecta para a segunda amostragem foi realizada a 23 de Fevereiro de 2024 tendo-se colectado 1kg de corvina na Macaneta e na Costa do Sol (1kg em cada ponto), e 1kg de pescadinha no porto de Maputo. O peixe foi congelado por três dias. No dia 27 de Fevereiro, o peixe foi descongelado a temperatura ambiente e levado ao Laboratório Central de Veterinária do Instituto de Investigação Agrária de Moçambique onde cada peixe foi dissecado utilizando um bisturi, tesoura e pinça e foram removidas amostras do trato gastrointestinal. O material recolhido do trato gastrointestinal de cada peixe foi colocado num frasco plástico com tampa, devidamente identificado e posteriormente congelado. No dia seguinte, as amostras foram descongeladas à temperatura ambiente e posteriormente pesadas numa balança analítica para que se pudesse determinar a quantidade de KOH (hidróxido de potássio) a adicionar para a digestão das amostras. De acordo com o protocolo usado por (da Silva, 2020), “o uso de KOH a 10% é eficiente na digestão de material biológico, apresenta uma boa relação custo-benefício e não possui impacto na integridade dos polímeros”. Segundo (da Silva, 2020), deve-se adicionar às amostras um volume de KOH pelo menos três vezes superior ao peso do material biológico.

Depois de se pesar as amostras, adicionou-se a cada uma delas o volume correspondente de KOH a 10%. As amostras foram transferidas para placas petri e levadas à estufa a 60° C por 24h. Passadas 24h as amostras foram removidas da estufa com o objectivo de serem filtradas para posterior observação no estereomicroscópio.

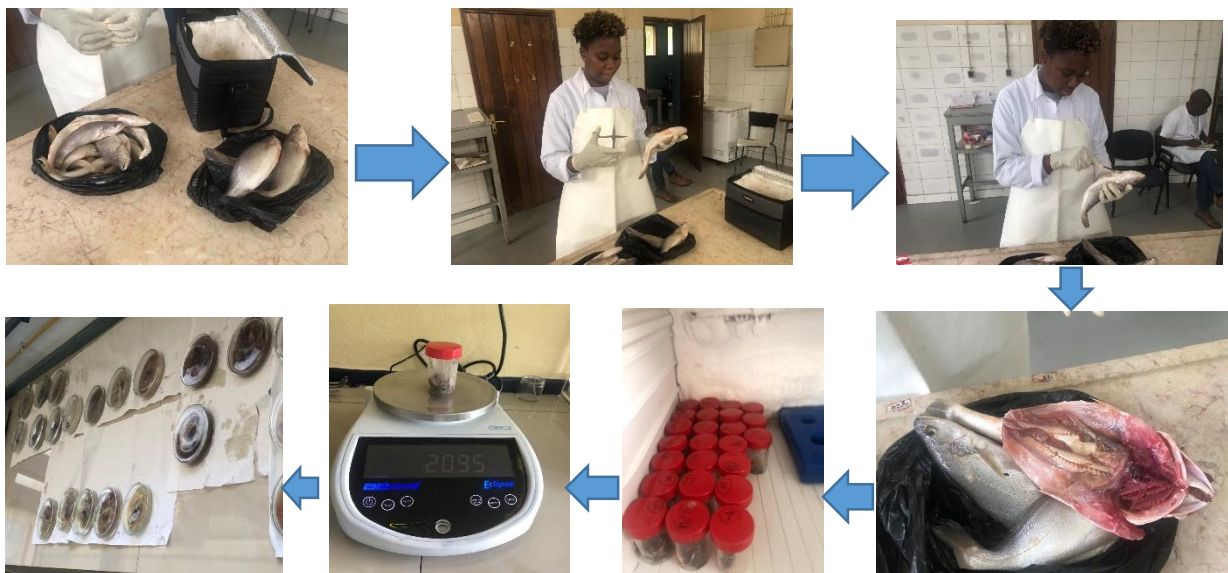


Figura 6 Processo de preparação das amostras (fonte: o autor)

Na figura 6 pode-se verificar de forma sequenciada o processo de preparação das amostras desde a dissecação do peixe até a adição de KOH para posterior digestão na estufa.

3.2.3. Terceira amostragem

A terceira colecta foi feita a 9 de Março de 2024 tendo-se colectado 1kg de corvina na Macaneta, 1kg de magumba na Costa do Sol e 1kg de pescadinha no Porto de Maputo. Os indivíduos foram prontamente dissecados e o seu trato gastrointestinal colocado em frascos de vidro com tampa de modo a evitar contaminações. Todas as amostras foram congeladas. A 11 de Março as amostras foram levadas ao laboratório da faculdade, tendo sido transportadas numa caixa térmica, e depois de as descongelar à temperatura ambiente, adicionou-se a cada uma delas volumes de KOH a 10% de modo a deixar todo o material orgânico submerso. As amostras foram levadas à estufa a 60° C por 24h. Passadas 24h as amostras foram removidas da estufa e filtradas usando papel de filtro com 11µm de porosidade. Para a eficiência do processo de filtração, os filtros foram colocados sob 2 coadores pequenos uma vez que quando usados da maneira convencional se rasgavam.

Durante a filtração as amostras foram cobertas por películas de alumínio para evitar contaminação. Terminado o processo de filtração, os filtros foram colocados em placas petri e levados à estufa a 60° C até secarem. Depois de secos, foram envolvidos em película de alumínio devidamente identificadas e conservados num envelope para posterior observação com recurso a uma lupa binocular.





Figura 7 Transporte, preparação, digestão, filtração e análise visual com recurso a lupa binocular

A figura 7 ilustra a sequência do procedimento de transporte, preparação das amostras, digestão biológica da matéria orgânica na estufa, filtração, secagem das amostras e visualização à lupa.

3.3. Resultados e Discussão

3.3.1. Resultados para a primeira amostragem

Na primeira amostragem foram analisados no total 36 peixes, dos quais 8 *Micropogonias furnieri* (corvina) pertencentes à família *Sciaenidae* e 28 *Merluccius merluccius* (pescadinha) da família *Merlucidae*. O método usado para detectar a presença de microplásticos nesta fase foi o visual, com recurso à uma lupa simples. Dos tratos gastro intestinais analisados apenas 1 apresentava pequenos grãos (3 pequenas partículas) de material não orgânico de cor vermelha que quando pressionados com a ponta de uma agulha quente apresentavam uma ligeira deformação. O comportamento das partículas identificadas face ao contacto com o metal quente levou a concluir que se tratava de microplásticos. O peixe em que se detectou a presença de microplásticos pertence à espécie das pescadinhas colhidas no Porto de Maputo.

Devido as dificuldades encontradas no uso deste método tanto para a detecção dos microplásticos como para a captação das imagens visualizadas a partir da lupa simples, nas amostragens seguintes foi usado um método químico de digestão da matéria orgânica usando hidróxido de potássio (KOH), e as amostras foram visualizadas com recurso a um estereomicroscópio (lupa binocular).

As tabelas 2 e 3 ilustram o resultado para o rastreio de microplásticos na primeira amostragem.

Na tabela 2 é possível ver os resultados obtidos no rastreio de microplásticos presentes no peixe colectado na Macaneta. Dos 17 peixes analisados, nenhum deles continha partículas microplásticas no seu trato gastrointestinal como se pode ver abaixo:

Tabela 2 Resultado da primeira amostragem para o rastreio de microplásticos com recurso á lupa simples para o material colhido na Macaneta

Espécie	Nº de Indivíduos	Hábito alimentar	Tamanho do peixe (g)	Microplásticos
Corvina	5	Crustáceos, sifões de bivalves e poliquetas.	253	Ausente
			128	Ausente
			326	Ausente
			105	Ausente
			189	Ausente
Pescadinha	12	Crustáceos e cefalópodes	93	Ausente
			75	Ausente
			87	Ausente
			91	Ausente
			59	Ausente
			68	Ausente
			97	Ausente
			73	Ausente
			87	Ausente
			95	Ausente
			98	Ausente
			79	Ausente

Na segunda fase da primeira amostragem, num total de 19 peixes dos quais 3 corvinas e 16 pescadinhas, foi possível visualizar 3 pequenas partículas de origem plástica de cor vermelha no trato gastrointestinal de uma das pescadinhas como ilustrado na tabela abaixo. O peixe cujo trato

gastrointestinal continha microplásticos alimenta-se normalmente a base de crustáceos e cefalópodes e tinha o peso de 67g.

Tabela 3 Resultado da primeira amostragem para o rastreio de microplásticos com recurso á lupa simples para o material colhido no Porto de Maputo

Espécie	Nº de Indivíduos	Hábito alimentar	Tamanho do peixe (g)	Microplásticos
Corvina	3	Crustáceos, sifões de bivalves e poliquetas.	433	Ausente
			307	Ausente
			328	Ausente
Pescadinha	16	Crustáceos e cefalópodes	54	Ausente
			82	Ausente
			42	Ausente
			56	Ausente
			67	Presente
			52	Ausente
			46	Ausente
			61	Ausente
			80	Ausente
			44	Ausente
			44	Ausente
			54	Ausente
			65	Ausente
			76	Ausente
			41	Ausente
			49	Ausente

3.3.2. Resultados para a segunda amostragem

Na segunda amostragem foram analisados 24 peixes dos quais 3 Corvinas colhidas na Macaneta, 6 Corvinas colhidas na Costa do Sol e 15 Pescadinhas colhidas no Porto de Maputo. Depois do processo de digestão na estufa as amostras foram levadas para serem filtradas, mas detectou-se que as amostras mais pequenas cujos volumes de KOH adicionados também eram menores – como ilustra a tabela 4 - não deixavam o conteúdo estomacal dos peixes totalmente submerso (devido ao uso de placas petri) não tinham sido totalmente digeridas tendo o material líquido secado totalmente, o que impossibilitou a filtração para estes casos. As amostras cuja digestão tinha sido completa foram filtradas, mas, por se ter detectado a posterior que não foram tomadas medidas para evitar a contaminação das amostras por partículas microplásticas presentes no ar, as amostras não foram visualizadas à lupa para evitar resultados viciados. Outro erro cometido ainda na preparação das amostras foi o de se conservar as amostras em frascos plásticos com tampas plásticas, pois facilmente contaminariam a amostra.

Na tabela abaixo é possível verificar que o volume de KOH adicionado às amostras é 3 vezes maior que o tamanho da amostra, como sugere o protocolo usado por (da Silva, 2020).

Tabela 4 Resultados para a segunda amostragem

Ponto de amostragem	Espécie	No de Indivíduos	Hábito alimentar	Tamanho do trato (g)	Volume de KOH adicionado (mL)
Macaneta	Corvina	3	Crustáceos, sifões de bivalves e poliquetas.	36.02	108.06
				27.14	81.42
				28.10	84.30
Costa do Sol	Corvina	6	Crustáceos, sifões de bivalves e poliquetas.	9.12	27.36
				5.48	16.44
				6.86	20.58
				13.24	39.72
				11.83	35.49
				6.43	19.29
Porto de Maputo	Pescadinha	15	Crustáceos e cefalópodes	2.02	6.06
				7.69	23.07
				3.02	9.06
				1.11	3.33
				5.74	17.22
				1.37	4.11
				4.20	12.60
				2.94	8.82
				12.36	37.08
				7.63	22.89
				6.06	18.18
				3.34	10.02
				2.42	7.26
				8.92	20.76
				2.21	6.63

3.3.3. Resultados para a terceira amostragem

Os resultados da terceira amostragem foram obtidos no dia seguinte à digestão das amostras no Laboratório Central de Veterinária do Instituto de Investigação Agrária de Moçambique com recurso a uma lupa binocular também conhecida como estereomicroscópio (referência: STEMI DV4). Ao longo do processo de visualização das amostras algumas partículas presentes no material dos tratos-gastrointestinais chamaram atenção pela sua cor e forma, tendo estado patentes, nos casos em que se identificaram estas partículas as cores azul e vermelha. Quanto a forma, foram identificadas fibras, filamentos e fragmentos, que muito se assemelham às imagens de microplásticos encontrados na literatura existente sobre o assunto. A figura 8 ilustra as imagens captadas a partir da lente da lupa binocular com recurso a câmara de um celular.

Com vista a minimizar a contaminação, em todas as etapas do processo de dissecação e manipulação das amostras foram utilizadas bata de algodão, toca e luvas de latex de uso único. Durante todo o processo laboratorial, todo o material utilizado foi previamente desinfectado e as amostras foram cobertas por película de alumínio sempre que necessário. Durante todo o processo em que as amostras estiveram em contacto com o meio externo foi usado um branco contendo um volume de KOH que a posterior também foi filtrado e visualizado à lupa, não se tendo portanto detectado neste a presença de microplásticos.

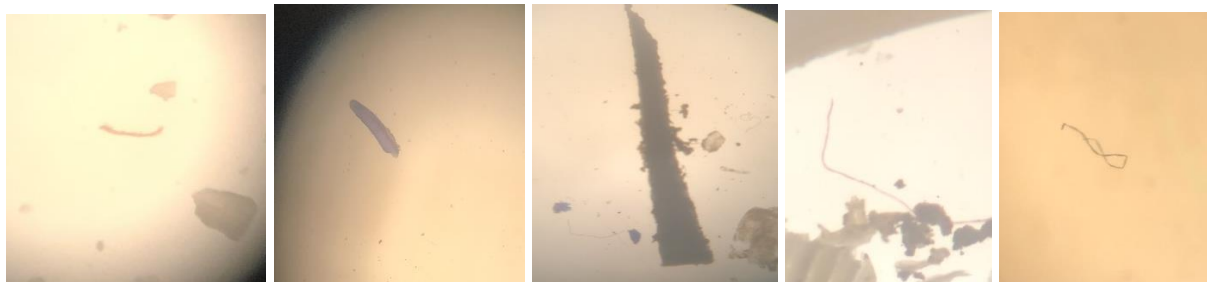


Figura 8 Filamento, fibras e fragmentos microplásticos

Nesta terceira amostragem foram analisados 24 tratos gastrointestinais; os microplásticos foram detectados nas três espécies, tendo sido maioritariamente encontrados na magumba (sardinha africana) como ilustra a tabela 5.

Tabela 5 Resultados para a terceira amostragem

Ponto de amostragem	Espécie	No de Indivíduos	Hábito alimentar	Tamanho do trato (g)	V de KOH adicionado (mL)	Micro plásticos
Macaneta	Corvina	4	Crustáceos, sifões de bivalves e poliquetas.	21.04	63.12	Ausente
				19.70	59.10	Ausente
				22.60	67.50	Ausente
				13.46	40.38	Presente
Costa do Sol	Magumba	10	Microalgas, Copépodes e ovos de peixe	1.37	4.11	Ausente
				2.03	6.09	Ausente
				1.12	3.36	Presente
				2.77	8.31	Ausente
				2.14	6.42	Presente
				1.11	3.33	Ausente
				2.43	7.29	Ausente
				1.47	4.41	Ausente
				1.65	4.95	Ausente
				1.11	3.33	Ausente
Porto de Maputo	Pescadinha	10	Crustáceos e cefalópodes	4.20	12.60	Ausente
				7.33	21.99	Ausente
				2.21	6.63	Ausente
				2.94	8.82	Ausente
				3.56	10.68	Ausente
				2.02	6.06	Presente

				1.37	4.11	Ausente
				4.74	14.22	Ausente
				3.27	9.81	Ausente
				5.01	15.03	Ausente

3.4. Identificação de Polímeros

A identificação dos polímeros é feita com recurso a espectroscopia de infravermelho por transformada de Fourier (FTIR) que é uma técnica usada para obter um espectro de infravermelho e é utilizada para a caracterização de partículas de plástico. Esta técnica permite identificar o material em estudo através da interação das moléculas do mesmo com os infravermelhos. Os infravermelhos medem a interação entre as moléculas, e como cada material é constituído por conjugações diferentes de moléculas, cada material tem uma vibração característica (da Silva, 2020). Infelizmente para a realização deste estudo não foi possível a identificação dos grupos de polímeros devido a indisponibilidade do equipamento; deste modo, é recomendado que para análises futuras, havendo possibilidade, se faça esta identificação de modo a obter dados mais específicos sobre os microplásticos em estudo.

3.5. Análise E Discussão Dos Resultados

A partir da análise do trato gastrointestinal dos 84 peixes, dentre eles corvina, magumba e pescadinha em cinco (5) deles foram encontradas fibras, filamentos e fragmentos de origem plástica; do total de 21 tratos gastrointestinais de corvinas, 53 de pescadinhas e 10 de magumbas, foram encontrados microplásticos em 1 corvina (4.76%), 2 pescadinhas (3.77%) e 2 magumbas (20%) respectivamente.

Dos processos de detecção de microplásticos usados para a realização deste estudo, notou-se que o método visual é pouco eficiente uma vez que dificulta a visualização do material não orgânico tendo o método de digestão biológica se mostrado bastante eficiente. Dos microplásticos

detectados, foram encontradas no geral, nos dois métodos, 2 fibras de cor azul e vermelha, 2 filamentos e 6 fragmentos de cores azul e vermelha (3 em cada método) como ilustra a figura 9.

Ainda que aparentemente insignificantes, os resultados aqui encontrados indicam que em 84 peixes, 5.95% deles apresentam microplásticos no seu conteúdo estomacal, o que indica de forma clara a vulnerabilidade destas espécies à ingestão de resíduos de origem plástica.

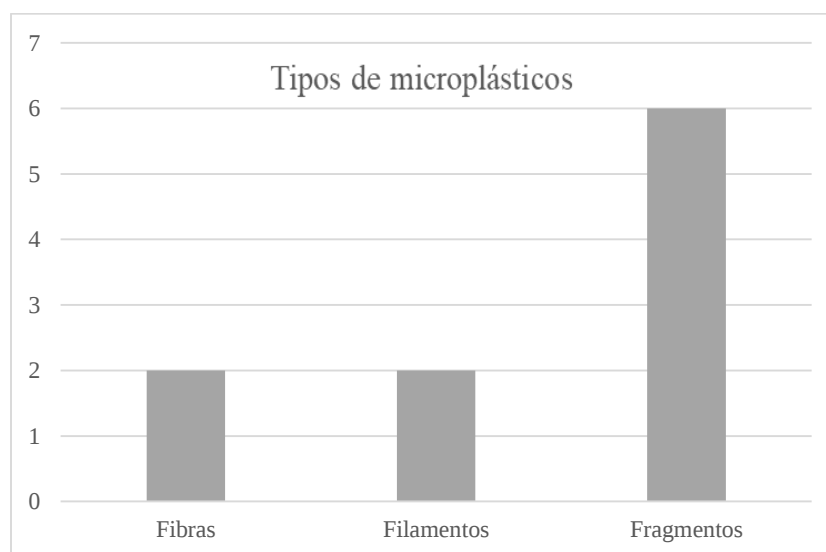


Figura 9 Tipos de microplásticos ingeridos pelos peixes da Baía de Maputo

4. CONCLUSÃO

Com a realização deste estudo foi possível colher informações sobre a ocorrência de microplásticos na Baía de Maputo bem como a sua interação com os organismos aquáticos. As espécies cujo conteúdo estomacal serviu como objecto de estudo, são de alto consumo a nível da população devido ao seu baixo custo de aquisição. No total de 84 peixes das 3 espécies analisadas 5.95% apresentaram microplásticos no seu trato gastrointestinal, tendo-se notado maioritariamente a ocorrência de fragmentos. Estas evidências levantam preocupações em relação à ingestão de microplásticos pelo ser humano e os seus potenciais efeitos para a saúde humana apesar de não serem ainda claras as implicações.

Devido ao alto nível de ingestão de microplásticos por espécies marinhas a nível mundial, países como o Reino Unido, Brasil, Canadá, Nova Zelândia, Itália, Bélgica, Suécia entre outros países da União Europeia vão criando leis de preservação ambiental. A título de exemplo, o Brasil aprovou em 2018 o Projecto de Lei Nº 6.528-A de 2016 que *“proíbe a manipulação, fabrico, importação e comercialização em todo o território nacional, de produtos de higiene pessoal, cosméticos e perfumaria que contenham a adição intencional de microesferas de plástico e dá outras providências”*.

Em Moçambique, ainda que existam estudos comprovados sobre a contaminação plástica tanto nos ecossistemas terrestres como marinhos, a legislação ainda apresenta muitas lacunas em relação a gestão de resíduos plásticos. De acordo com o estudo realizado por (Da Silva, 2020) além de não existir legislação que trate da poluição marinha pelo plástico, a lei moçambicana *“não promove a reciclagem e reutilização dos resíduos plásticos e não há sanções adequadas para actos que resultem em poluição por plásticos”*.

5. RECOMENDAÇÕES

Por se tratar de um problema global, e já havendo evidências da ingestão de microplásticos por peixes e outras espécies aquáticas a nível mundial, é importante que se faça um estudo mais aprofundado de modo a perceber o nível de ingestão de microplásticos e as suas implicações para a biota, economia e saúde da população em Moçambique. Para estudos futuros, é recomendado que (havendo possibilidade) se faça a identificação dos grupos de polímeros com recurso a espectroscopia de infravermelho por transformada de Fourier (FTIR) que é uma técnica usada para obter um espectro de infravermelho e é utilizada para a caracterização de partículas de plástico, permitindo identificar o material em estudo através da interação das moléculas do mesmo com os infravermelhos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Afinko Polímeros, 2023. *Afinko Polímeros*. [Online]
Available at: <https://afinkopolimeros.com.br/degradacao-dos-plasticos/>
- Alvaro, J., 2023. *plastico.com.br*. [Online]
Available at: <https://www.plastico.com.br/origem-do-plastico/>
- Anon., 2018. Microplásticos: Contaminantes de Preocupação Global no Antropoceno. *RVQ-REVISTA VIRTUAL DE QUIMICA*.
- Barbosa, P. d. s., 2018. *INGESTÃO DE PARTÍCULAS DE PLÁSTICO PELO PACU-CURUPETÉ Tometes kranponhah (SERRASALMIDAE), PEIXE ENDÊMICO DO RIO XINGU, BRASIL*, BELÉM/PA: UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ .
- Carvalho, A. L. et al., 2022. *Microplásticos: conceito, impactos ambientais e principais métodos de extração*, s.l.: s.n.
- Carvalho, A. . L. et al., 2021. *Microplásticos: conceito, impactos ambientais e principais métodos de extração*, s.l.: s.n.
- DA LUZ, J. A., 2018. *Caracterização de microplásticos em conteúdos de tratos gastrointestinais de peixes do estuário do rio Tramandaí- Litoral Norte do Rio Grande do Sul através de digestão de tecidos biológicos*, s.l.: UNIVERRSIDAE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL.
- Da Silva, A., 2020. *Quadros legal, políticos e institucional para a gestão dos Plásticos marinhos em Moçambique*, Alemanha: IUCN -Environmental Law Programme.
- da Silva, A. C. A., 2020. *Microplásticos em vários tecidos de espécies de peixes pelágicos com interesse comercial*, Lisboa: UNIVERSIDADE DE LISBOA-FACULDADE DE CIÊNCIAS, DEPARTAMENTO DE BIOLOGIA ANIMAL.
- De Frias, J. P. G. L., 2010. *MICROPLÁSTICOS: O “PRESENTE” ENVENENADO*, Lisboa: s.n.
- Farias, E. U., 2022. *Ingestão de microplásticos por Semaprochilodus Insignis e Semaprochilodus taeniurus na região central da bacia amazônica*, Manaus Amazonas: Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia- INPA.
- FARIAS, E. U., s.d. s.l.: s.n.
- MAPCARTA, s.d. MAPCARTA. [Online]
Available at: <https://mapcarta.com/pt/14426980>
[Acedido em 28 02 2024].
- Neves, D. F. P., 2013. *Lixo Marinho nos fundos oceânicos e a sua ingestão por peixes da costa portuguesa*, Lisboa: s.n.

NOBRE , C. R., 2016. *AVALIAÇÃO DA TOXICIDADE DE MICROPLÁSTICOS EM MATRIZES AMBIENTAIS UTILIZANDO INVERTEBRADOS MARINHOS* , SANTOS/SP : s.n.

Olivatto , G. P., 2017. *Estudo sobre Microplásticos em águas superficiais na porção oeste da Baía de Guanabara.* , Rio de Janeiro: s.n.

Olivatto, G., Carreira, R., Tornisielo, V. L. & Montagner, C. C., 2018. Microplásticos: Contaminantes de Preocupação Global no Antropoceno. *RVQ - REVISTA VIRTUAL DE QUIMICA*.

Pereira, F. C., 2014. *Microplásticos no ambiente marinho: mapeamento de fontes de identificação de mecanismos de gestão para minimização da perda de pellets plásticos* , São Paulo: Universidade de São Paulo.

Piatti, T. M. & Rodrigues, R. . A. F., 2005. *Plásticos: características, usos, produção e impactos ambientais*. Maceio: EDUFAL - Editora da Universidade Federal de Alagoas .

Pinhatti, V. C., 2022. *Microplástico: um contaminante invisível*, Sao Carlos-SP: UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS.

Polimeros, 2023. [Online]
Available at: <https://www.todamateria.com.br/polimeros/>

Pompeo, M., Rani-Borges, B. & de Paiva, T. C. B., 2022. *Microplásticos nos ecossistemas: impactos e soluções*. Sao Paulo: Instituto de Biociências – IB/USP - Universidade de São Paulo.

Serra, C. M., 2019. *ESTABELECIMENTO DE UM PROGRAMA SOBRE LIXO MARITIMO E MICRO-PLÁSTICO*, Maputo: s.n.

Sheavly, S. B., 2005. *Marine Debris- an Overview of a Critical Issue for Our Ocean*, Nova Iorque: Ocean Conservancy.

Soares, P. L., 2022. *Avaliação da Ingestão de Microplásticos por peixes: uma comparação entre metodologias*, João Pessoa: Universidade Estadual da Paraíba.

The World Bank in Mozambique, 2019. *The World Bank*. [Online]
Available at: <https://www.worldbank.org/pt/news/video/2019/03/19/boosting-fisheries-in-mozambique>
[Acedido em 22 Abril 2020].

