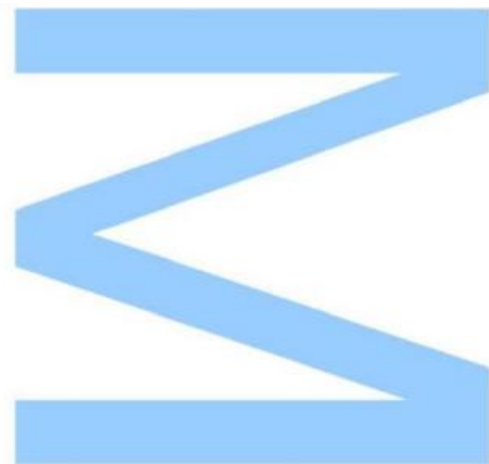


Estudo da Presença de Microplásticos na Bacia Hidrográfica do Rio Chiloango



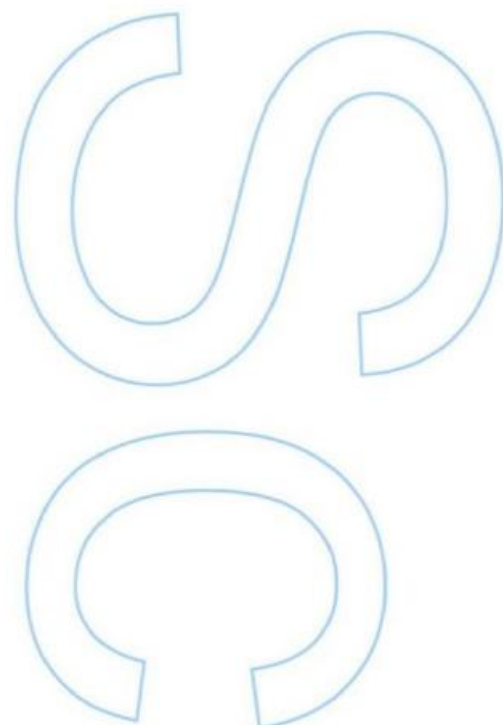
Josefina da Conceição Tuli

Mestrado em Biologia e Gestão da Qualidade da
Água.

Departamento de Biologia.

Faculdade de Ciências da Universidade do Porto

2024





Estudo da Presença de Microplásticos na Bacia Hidrográfica do Rio Chiloango

Josefina da Conceição Tuli

Dissertação realizada no âmbito do Mestrado em
Biologia e Gestão da Qualidade da Água.

Departamento de Biologia.

2024.

Orientador:

Professor Doutor Miguel Alberto Fernandes Machado
Santos, Professor Auxiliar com Agregação, Faculdade
de Ciências da Universidade do Porto

Coorientador:

Professora Doutora Maria de Natividade Vieira,
Professora Associada com Agregação, Faculdade de
Ciências da Universidade do Porto

Supervisor Externo:

Doutora Clara Lopes, Técnica Superior, Instituto
Português do Mar e da Atmosfera



Agradecimentos

Primeiramente agradecer a Deus pelo Dom da vida, pela saúde e por me ajudar a ultrapassar todos os obstáculos ao longo do curso. Agradeço e dedico esta trabalho, ao meu Pai João Tuli, a minha mãe Maria Tuli e aos meus irmãos Eddie e Valéria que sempre foram o meu alicerce e porto seguro durante a minha formação. O vosso apoio foi de suma importância e indispensável para a concretização desta etapa da minha vida que é o meu mestrado. Agradecer aos professores e orientadores Doutor Miguel Santos e a Doutora Maria Natividade pelos conselhos, por todos ensinamentos que me transmitiram, críticas construtivas e por toda paciência e disponibilidade prestada durante a elaboração do meu trabalho. Agradeço a toda Equipa da Empresa Pública de Águas e Saneamento de Cabinda, que prestaram todo o apoio necessário aquando a coleta das minhas amostras. Agradeço também à Dra. Clara Lopes pelo apoio, paciência, ensinamentos, hospitalidade, disponibilidade, pelos sábios conselhos e pela dedicação que teve comigo durante a minha formação no IPMA. Agradeço aos demais professores do curso de Biologia e Gestão da Qualidade da Água por todos conhecimentos transmitidos durante a minha formação. Agradecer a todos os meus amigos por toda força e apoio durante o desenvolvimento do projeto. A todos que direta ou indiretamente contribuíram para a concretização deste sonho, o meu “Muito Obrigada”

Resumo

Atualmente, África apresenta enormes desafios em termos de gestão de resíduos, mas, os dados existentes são insuficientes para determinar a extensão da problemática associada com a contaminação por microplásticos. Deste modo, é urgente a implementação de estudos que caracterizem a contaminação dos ecossistemas aquáticos por microplásticos de forma a suportar medidas de gestão mais eficazes. O presente trabalho foi realizado em Angola (Cabinda), e é o primeiro estudo feito nesta província e incidiu sobre a avaliação da presença de microplásticos na Bacia Hidrográfica do Rio Chiloango. Este rio é o principal curso de Água de Cabinda, e tratando-se de um rio transfronteiriço suscita a necessidade de mais atenção relativamente à sua qualidade. Analisou-se a presença de microplásticos em diferentes matrizes e áreas do rio Chiloango. O estudo avaliou a presença de microplásticos em amostras de água, biota (peixes) bem como em sedimentos. Estudou-se ainda a presença de microplásticos na água da principal Estação de tratamento de Água da província. Os resultados identificaram a presença de microplásticos nas amostras analisadas, que variou de acordo com o local de amostragem e matriz. Os resultados obtidos indicam que as concentrações evidenciadas de microplásticos nas amostras de sedimentos (média de 483 microplásticos/kg de peso seco na foz do Rio Chiloango) e tecidos (trato digestivo das tainhas da Foz do rio com valor médio de 3,30 microplásticos/g de tecido) são mais elevadas ou da mesma ordem de grandeza das registadas nos poucos estudos realizados até ao momento em África do Sul e em Luanda, respetivamente. Estes dados são preponderantes para se ter uma noção do estado da arte desta problemática em Cabinda, uma vez que se trata de um dos principais cursos de água da província, e utilizado para inúmeros fins pela população. Serão necessários estudos mais exaustivos envolvendo um número de amostras mais elevado, se possível expandindo também para mais pontos de amostragem na bacia do rio Chiloango. Dado que Angola apresenta variações sazonais muito marcadas em termos de pluviosidade será importante que estudos futuros avaliem a variabilidade sazonal na concentração de microplásticos, em particular na água e biota.

Palavras-Chaves: Água, Amostras, Cabinda, Chiloango, Microplásticos, rio, sedimentos, peixe

Abstract

Currently, Africa presents enormous challenges in terms of waste management, but existing data is insufficient to determine the extent of the problem associated with microplastic contamination. Therefore, it is urgent to implement studies that characterize the contamination of aquatic ecosystems by microplastics in order to support more effective management measures. The present work was carried out in Angola (Cabinda), and is the first study carried out in this province and focused on evaluating the presence of microplastics in the Chiloango River Basin. This river is the main watercourse in Cabinda, and as it is a transboundary river, it raises the need for more attention regarding its quality. The presence of microplastics was analyzed in different matrices and areas of the Chiloango River. The study evaluated the presence of microplastics in water samples, biota (fish) as well as in sediments. The presence of microplastics in the water of the province's main water treatment plant was also studied. The results identified the presence of microplastics in the analyzed samples, which varied according to the sampling location and matrix. The results obtained indicate that the concentrations of microplastics in sediment (mean of 483 microplastics/kg dry weight in the mouth of Rio Chiloango and tissue samples (digestive tract of mullet collected in the mouth of the river with mean value of 3.30 microplastics /g of tissue) are higher than of the same order of those recorded in studies carried out in South Africa and Luanda, respectively. These data are essential to get an idea of the state of the art of this problem in Cabinda, since it is one of the main watercourses in the province, and used for numerous purposes by the population. More exhaustive studies involving a larger number of samples will be necessary, if possible also expanding to more sampling points in the Chiloango River basin. Given that Angola presents very marked seasonal variations in terms of rainfall, it will be important for future studies to evaluate seasonal variability in the concentration of microplastics, particularly in water and biota.

Keywords: Water, Samples, Cabinda, Chiloango, Microplastics, river, sediments, fish

ÍNDICE

Lista de tabelas.....	vi
Lista de figuras	vii
Lista de Abreviaturas	x
1. Introdução	1
1.1 Estrutura da Dissertação.....	1
1.2. Antecedentes.....	1
1.3. Contextualização.....	6
1.4. Abordagens experimentais para o estudo de microplásticos.....	7
1.5. Objetivos.....	8
2. Materiais e Métodos.....	9
2.1 Seleção do local e amostragem.....	9
2.2. Rio Chiloango.....	9
2.3. Colheita das Amostras.....	11
2.3.1. Colheita das Amostras de Água.....	11
2.3.2. Colheita das Amostras de Sedimentos.....	13
2.3.3. Colheita das Amostras de Peixe.....	14
2.4. Parâmetros físico-químicos.....	14
2.5. Processamento das Amostras.....	15
2.5.1. Processamento das Amostras da Água.....	15
2.5.2. Processamento das Amostras de Peixe.....	15
2.5.3. Processamento das Amostras de Sedimentos.....	16
3. Resultados.....	18
3.1 Parâmetros Físicos-químicos.....	18
3.1.1. Rio Chiloango, ETA de Sassa – Zau e Reservatório de Bissassanha....	20
3.2. Presença de microplásticos nas amostras.....	23
3.2.1. Presença de microplásticos nas amostras de água.....	23
3.2.2. Presença de microplásticos nas amostras dos organismos.....	26
3.2.3. Presença de microplásticos nas amostras de sedimentos.....	32
3.3. Tratamento Estatístico das Amostras.....	36
3.3.1. Tratamento Estatístico das Amostras de sedimentos.....	36
3.3.2. Tratamento Estatístico das Amostras dos organismos.....	37
4. Discussão.....	43
5. Conclusões e Perspetivas futuras.....	46

6. Referências Bibliográficas.....	47
------------------------------------	----

Lista de tabelas

Tabela 1. Amostras de água coletadas do Rio Chiloango, data e suas quantidades.....	12
Tabela 2. Amostras de sedimentos colhidas, data e quantidades.....	13
Tabela 3. Amostras de peixe colhidas no rio Chiloango, data, tipologia e quantidades.	14
Tabela 4. Parâmetros Químicos para qualidade das Águas doces superficiais destinadas à produção de água para o consumo humano em Angola.....	18
Tabela 5. Parâmetros Químicos para qualidade das Águas doces superficiais destinadas à produção de água para o consumo humano em Angola.....	18
Tabela 6. Parâmetros Físicos e químicos medidos na Captação da ETA de Sassa – Zau.....	19
Tabela 7. Parâmetros físicos-químicos medidos na Fábrica de Tijolo à montante da ETA de Sassa – Zau.....	19
Tabela 8. Parâmetros Físicos e químicos medidos à entrada (água bruta) da ETA de Sassa – Zau.....	19
Tabela 9. Parâmetros Físicos e químicos medidos na água tratada da ETA de Sassa – Zau.....	20
Tabela 10. Parâmetros Físicos-químicos medidos na água tratada á saída da ETA de Sassa – Zau	20
Tabela 11. Parâmetros físicos-químicos medidos no reservatório de Bissassanha.....	20

Lista de figuras

Figura 1. Classificação de plásticos ou esferas fragmentadas.....	4
Figura 2. Área de estudo e os pontos de amostragens.....	9
Figura 3. Registos efetuados do rio Chiloango na região do Alto Sundi.....	10
Figura 4. Registos Fotográficos da colheita das amostras de água.....	13
Figura 5. Fotómetro multiparamétrico com Concentração de Oxigénio Dissolvido.....	15
Figura 6. Valores médios das medições da Amónia (NH_3 , mg/L).....	21
Figura 7. Valores médios das medições do Fosfato (PO_4^{3-} , mg/L).....	21
Figura 8. Valores médios das medições do Nitrato (NO_3^- , mg/L).....	22
Figura 9. Valores médios das medições do nitrito (NO_2^- , mg/L).....	22
Figura 10. Valores médios das medições de Silicatos (SiO_2 , mg/L).....	23
Figura 11. Número de microplásticos/Litro de água evidenciados nas amostras colhidas no Rio Chiloango, ETA de Sassa-Zau e no Reservatório de Bissassanha.....	24
Figura 12. Cores predominantes dos Fragmentos detetados nas amostras de água....	24
Figura 13. Cores predominantes das Fibras detetados nas amostras de água.....	25
Figura 14. Alguns tipos de microplásticos evidenciados nas amostras de água.....	25
Figura 15. Microplásticos/g de tecido (brânquias) evidenciados nas tainhas coletadas na Foz do Rio Chiloango.....	26
Figura 16. Microplásticos/g de tecido (MD) evidenciados nas tainhas coletadas na Foz do Rio Chiloango.....	27
Figura 17. Microplásticos/g de tecido (TD) evidenciados nas tainhas coletadas na Foz do Rio Chiloango.....	27
Figura 18. Microplásticos/g de tecido (Brânquias) evidenciados nas tainhas coletadas na Fábrica de Tijolo.....	28
Figura 19. Microplásticos/g de tecido (MD) evidenciados nas tainhas coletadas na Fábrica de Tijolo.....	28

Figura 20. Microplásticos/g de tecido (TD) evidenciados nas tainhas coletadas na Fábrica de Tijolo.....	29
Figura 21. Microplásticos/g de tecido (Brânquias) evidenciados nas tilápias coletadas na Fábrica de Tijolo.....	29
Figura 22. Microplásticos/g de tecido (MD) evidenciados nas tilápias coletadas na Fábrica de Tijolo.....	30
Figura 23. Microplásticos/g de tecido (TD) evidenciados nas tilápias coletadas na Fábrica de Tijolo.....	30
Figura 24. Cores predominantes dos Fragmentos detetados nos tecidos dos organismos.....	31
Figura 25. Cores predominantes dos Fibras detetados nos tecidos dos organismos...	31
Figura 26. Alguns tipos de microplásticos evidenciados nas amostras dos tecidos dos organismos	32
Figura 27. Microplásticos/g de sedimento evidenciados nas amostras de sedimentos coletadas na Fábrica de tijolo, na Foz do Rio Chiloango e no Necuto à profundidade de 3 cm.....	33
Figura 28. Microplásticos/g de sedimento evidenciados nas amostras de sedimentos coletadas na Fábrica de tijolo, na Foz do Rio Chiloango e no Necuto à profundidade de 6 cm.....	33
Figura 29. Microplásticos/g de sedimento evidenciados nas amostras de sedimentos coletadas na Fábrica de tijolo, na Foz do Rio Chiloango e no Necuto à profundidade de 9 cm.....	34
Figura 30. Cores predominantes dos Fragmentos detetados nos sedimentos.....	34
Figura 31. Cores predominantes das Fibras detetados nos sedimentos.....	35
Figura 32. Alguns registos de microplásticos evidenciados nas amostras de sedimentos.....	36
Figura 33. Concentração de fragmentos nas amostras de sedimentos.....	36
Figura 34. Concentração de fibras nas amostras de sedimentos.....	37
Figura 35. Concentração de fragmentos nas amostras dos organismos coletados na Foz do Rio Chiloango.....	37

Figura 36. Concentração de fibras nas amostras dos organismos coletados na Foz do Rio Chiloango.....	38
Figura 37. Concentração dos fragmentos nas amostras dos organismos coletados na Fábrica de Tijolo.....	38
Figura 38. Concentração das fibras nas amostras dos organismos coletados na Fábrica de Tijolo.....	39
Figura 39. Concentração de fragmentos nas brânquias dos organismos coletados em ambos os pontos de amostragens.....	39
Figura 40. Concentração de fibras nas brânquias dos organismos coletados em ambos os pontos de amostragens.....	40
Figura 41. Concentração de fragmentos na MD dos organismos coletados em ambos os pontos de amostragens.....	40
Figura 42. Concentração de fibras na MD dos organismos coletados em ambos os pontos de amostragens.....	41
Figura 43. Concentração de fragmentos no TD dos organismos coletados em ambos os pontos de amostragens.....	41
Figura 44. Concentração de fibras no TD dos organismos coletados em ambos os pontos de amostragens.....	42

Lista de Abreviaturas

AB – Água Bruta

AC – Água da Captação

AF – Água da Foz

AT – Água Tratada

ATJ – Água Tratada à Jusante

BH – Bacia Hidrográfica

DC – Divisão de Cabinda

ETA – Estação de Tratamento de Água

FT – Fábrica de Tijolo

FTIR - Espectroscopia de Infravermelho com Transformada de Fourier

IPMA - Instituto Português do Mar e da Atmosfera

MD – Mucosa Dorsal

MP – Microplástico

OMS – Organização Mundial da Saúde

POPs - Poluentes orgânicos persistentes

PCA - Presidente do Conselho de Administração

PNUMA - Programa das Nações Unidas para o Ambiente.

RB – Reservatório de Bissassanha

TD – Tubo Digestivo

1.Introdução

1.1 Estrutura da Dissertação.

A presente dissertação apresenta o estudo da presença de microplásticos na Bacia Hidrográfica (BH) do rio Chiloango tendo também como foco a Estação de Tratamento (ETA) de Bissassanha – Sassa-Zau por ser a ETA que faz a captação da água neste rio para o abastecimento de água potável para parte da população de dois municípios.

No primeiro capítulo, **Introdução** apresenta-se os antecedentes desta temática em África bem como um breve enquadramento da sua atual situação. São também enunciados os objetivos que estão na base do desenvolvimento deste trabalho.

No segundo capítulo, **Materiais e Métodos** são apresentados os métodos e técnicas utilizadas aquando a recolha das amostras e no tratamento das mesmas.

Os **Resultados** são enunciados no terceiro capítulo.

A **Discussão** dos resultados obtidos aquando a elaboração da presente dissertação é feita no quarto capítulo.

No quinto capítulo, são apresentadas as **Conclusões** finais obtidas e as perspectivas para os trabalhos futuros com finalidade de melhorar o estado da arte desta temática.

No sexto capítulo são indicadas as **Referências Bibliográficas**.

1.2. Antecedentes.

O plástico é um material que está muito presente na vida das pessoas, sendo que cada atividade do nosso dia a dia inclui a utilização de pelo menos um objeto plástico ou parte dele (1).

Na última década, a problemática associada com a contaminação por microplásticos (MP) tem vindo a ganhar maior destaque junto da sociedade civil e dos investigadores como resultado do aumento da poluição por estes compostos a nível mundial (2). Atualmente, a problemática dos microplásticos tem sido debatido a nível mundial, uma vez que a produção de plásticos tem aumentado e consequentemente a presença também tem aumentado em consequência do longo tempo de degradação no ambiente e no facto das economias continuarem fortemente dependentes deste material.

Por consequência desta abundância o termo “plasticeno” está a ser proposto para definir a era geológica atua (3).

Os estudos feitos demonstram que sensivelmente 80% do lixo nos oceanos é feito de plástico e, anualmente aproximadamente 8 milhões de toneladas de plásticos chegam aos oceanos, causando impactos ao turismo, ao ecossistema marinho, à vida costeira, aos recursos pesqueiros marinhos e à vida selvagem, o que resulta em custos de cerca de 8 mil milhões de dólares (4).

Nos últimos 75 anos, 80% dos resíduos plásticos foram depositados em aterros ou lançados para o meio ambiente. Estes resíduos plásticos quebram-se em partículas menores através da fragmentação, desgaste e outros métodos de desintegração gerando microplásticos (5).

O primeiro material plástico semissintético foi fabricado no final do século XIX (Alexander Parkes apresentou Parkesine também conhecido como Xylonite em 1861). Daí em diante vários tipos de plásticos foram produzidos e teve muito sucesso comercialmente pelas suas numerosas vantagens (1).

De acordo com a Plastics Europe (2023), em 2022 produziu-se cerca de 400,4 milhões de toneladas de plásticos em todo mundo (6). Segundo o Programa das Nações Unidas para o Ambiente (PNUMA), esse número pode triplicar até 2060. Devido o uso generalizado de microplásticos associado a má gestão dos mesmos, os microplásticos tem sido cada vez mais comuns em diferentes ambientes nos ecossistemas (7). Segundo a Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico menos de 10% do plástico produzido é reciclado (1). Atualmente, os microplásticos podem ser encontrados não só em cursos de águas, solo, ar, como também em organismos marinhos, sal, cerveja e em água potável engarrafada (8).

O termo “microplástico” foi utilizado pela primeira vez em África por Ryan e Moloneys em seu artigo de pesquisa **“Plásticos e outros artefactos nas praias sul: tendências temporais em abundância e composição”** em 1990. No entanto o termo, tornou-se mais popular e aceite pelos investigadores em meados de 2004 devido ao relatório de Thompson que examinou “a abundância de microplásticos em sedimentos de praias, estuários e subtidal” em torno de Plymouth no Reino Unido. A partir daí vários estudos foram realizados e demonstraram a contaminação por microplásticos e contaminantes associados em águas superficiais, sedimentos, habitats estuarinos e subtidais, bem como nos tecidos de certos organismos aquáticos e terrestres em todos os continentes.

Estes estudos foram preponderantes uma vez que se comprovou e compreendeu que os resíduos plásticos podem ser ingeridos, acumulados e adsorvidos podendo causar efeitos negativos ao organismo (7).

A quantidade e a distribuição de microplásticos dependem de alguns fatores que podem ser antropogénicos, variáveis ambientais e também depende da região, circunstâncias hidrodinâmicas, pressão ambiental e duração. As águas residuais e as estações de tratamento também são consideradas potenciais fontes de microplásticos (9).

Os principais contribuintes para a poluição por plástico nos ecossistemas aquáticos são as atividades humanas, agricultura, a poluição industrial, etc. (9)

Geralmente, os plásticos e os seus detritos derivados são transportados pelos rios, pelas águas pluviais, pelo vento das praias e pelas terras para os mares, rios e oceanos sendo ingeridos por peixes, moluscos, aves, répteis, e outros organismos entrando na cadeia alimentar e alcançando assim os seres humanos e suscitando questões acerca dos seus efeitos biológicos (1).

Os microplásticos são partículas sólidas de plásticos, insolúveis no ambiente aquoso, com um tamanho <5 mm, e por possuírem tamanho muito pequeno são difíceis de serem removidos dos cursos de águas e dos sedimentos. A sua classificação varia de acordo com o seu tamanho e formatos (9), (10). Relativamente ao seu tamanho podem ser:

- Grandes microplásticos (o tamanho varia de 5 mm a 1 mm);
- Pequenos microplásticos (o tamanho varia de 1 mm a $1\ \mu\text{m}$);
- Nanoplásticos ($<1\ \mu\text{m}$) (7).

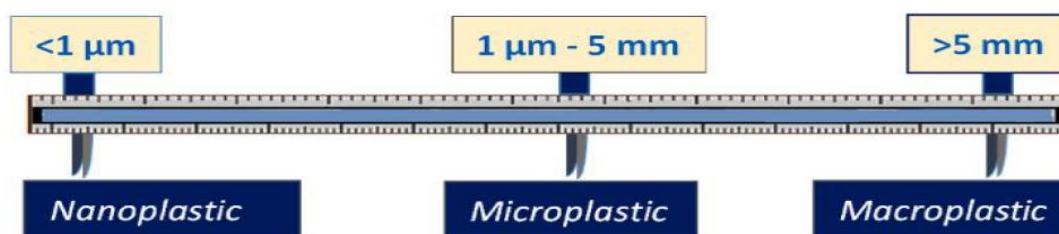


Figura 1 – Classificação de plásticos ou esferas fragmentadas (4).

Relativamente ao seu formato, estes podem ser microesferas, fibras, fragmentos, pellets de espuma de filme e filamentos (8).

De acordo com a sua origem, os microplásticos podem ser primários e secundários. Os microplásticos primários são aqueles que são fabricados de forma intencional pelas indústrias (maioritariamente produtos cosméticos), e os microplásticos secundários são gerados devido à degradação de resíduos plásticos no meio ambiente através da ação das ondas, crescimento de biofilme, exposição solar, cisalhamento mecânico e oxidação térmica. Esta degradação contínua dos microplásticos provoca alterações em algumas propriedades como a cor, a morfologia da superfície, tamanho, cristalinidade e densidade. Estas alterações influenciam as suas atividades químicas e físicas e impactam negativamente o ambiente e as formas de vida (8).

Os microplásticos podem acumular-se nos tecidos e partes do corpo humano quando estes se encontram expostos, podendo ocasionar a alteração do sistema imunológico e outras complicações a nível da saúde humana. Um estudo realizado demonstrou a presença de 7 partículas e fibras plásticas nas fezes humanas. Em outro estudo realizado recentemente também foram constatados 12 fragmentos de plásticos com formatos diferentes em placentas humanas, suscitando preocupação relativamente ao desenvolvimento dos fetos (1).

Além destes, outros estudos realizados evidenciaram a presença de microplásticos no corpo humano, tais como:

- Um estudo feito em Pequim evidenciou 1-36 partículas/g (com tamanhos entre 20-800 μm);
- Um outro evidenciou uma estimativa média de 20 microplásticos (com tamanhos entre 50-500 μm) por 10g de fezes humanas;
- Alguns estudos evidenciaram a presença de microplásticos em tecidos pulmonares humanos, placentas, expetoração e sangue (3).

Devido ao seu tamanho muito pequeno, em organismos de nível trófico inferior, os microplásticos se assemelham às presas pelo que são capturados e consumidos, entrando na cadeia alimentar. Por exemplo, os microplásticos são transferidos das algas para o zooplâncton e por conseguinte aos peixes (8).

Os microplásticos no ambiente marinho aparecem com diferente coloração, tais como amarela, branca e castanha, e devido a semelhança da coloração, estes atraem os zooplânctons parecendo alimento. Através da cadeia alimentar são ingeridos pelos peixes que poderão ser consumidos pelos seres humanos. Ao acumular-se no interior

dos organismos, os resíduos de microplásticos podem causar danos físicos como arranhões e bloqueios (8).

Alguns aspetos como a lixiviação de produtos químicos de aditivos e monômeros plásticos poderão promover a desregulação endócrina e carcinogénica (8).

Os peixes e outros animais aquáticos que ingerem microplásticos podem sofrer asfixia ou falta de nutrientes devido à pseudo saciedade. Os microplásticos também podem servir de vetores para o transporte de outros produtos químicos tóxicos como metais pesados, hidrocarbonetos aromáticos policíclicos e éteres difenólicos polibromados.

Os microplásticos ao serem ingeridos poderão ser transportados através da cadeia alimentar para níveis tróficos superiores. Têm tendência de absorver contaminantes do ambiente próximo, uma vez que possuem uma maior proporção entre a superfície, o volume e tamanho pequeno. A capacidade de adsorção dos microplásticos depende de alguns fatores como:

- os domínios emborrachados (alta acessibilidade e mobilidade), tamanho pequeno, grande área superficial, grupos funcionais, idade e polaridade dos resíduos dos microplásticos;
- Natureza dos poluentes (polaridade dos poluentes orgânicos, metais pesados e hidrofobicidade);
- Ambiente aquático (salinidade, pH e matéria orgânica dissolvida) (8).

Os microplásticos antigos têm a capacidade de adsorver maior número de contaminantes comparativamente aos microplásticos não adulterados (8).

Vários estudos foram realizados e comprovaram que existem inúmeros aspetos que influenciam na deposição final e seu sumidouro em fontes de água doce, bem como as características físico-químicas do microplástico como por exemplo, a baixa densidade, tamanho pequeno, diversidade, forma, leveza, geografia, temperatura entre outros aspetos. Estes aspetos contribuem para a dispersão inclusive para zonas remotas, em ecossistemas de zonas húmidas, pelo escoamento da água da chuva, furacões, etc. (4).

O polietileno e polipropileno são tipos de plásticos com menor peso, o que lhes permite flutuar, ao passo que o policloreto de vinila, poliestireno, poliamida, politereftalato de estileno, possuem maior densidade, fazendo com que se depositem nos sedimentos por meio do gradiente em qualquer coluna de água (4).

Os microplásticos com menor densidade são mais comuns na água, no solo e em amostras de sedimentos, razão pela qual são facilmente transportados pelos rios (4).

Uma investigação realizada recentemente no Paquistão evidenciou que as microfibras representam o microplástico mais dominante, seguido pelos microfilmes, microfragmentos e nurdles. Quimicamente foram identificados como poliéster, polietileno, copolímeros de polipropileno e poliuretano (3).

Devido à escassez de disponibilidade de dados, nomeadamente de relatórios acerca do impacto perigoso dos microplásticos na saúde humana, a Organização Mundial da Saúde (OMS) ainda não listou os microplásticos e os microplásticos adsorvidos com poluentes orgânicos persistentes (POPs), em conjunto com patógenos microbianos ligados aos microplásticos presentes na água (8).

África é o segundo maior continente e conta com cerca de 1,3 mil milhões de habitantes o que corresponde a 16,7% da população mundial total. De acordo com os dados disponíveis, de 1990 a 2007 em 33 dos 54 países africanos, estima-se que o consumo de plásticos terá sido de cerca de 172 milhões de toneladas de polímeros e plásticos, estimados em cerca de 285 milhões de dólares. É notório o elevado consumo de plásticos em África, mas, a má gestão dos resíduos e em casos mais extremos a inexistência de sistemas de gestão de resíduos tem contribuído fortemente para esta problemática que são os plásticos e coloca o continente nas primeiras posições do ranking mundial relativamente a má gestão de plásticos. O continente africano possui a menor quantidade de água doce, cerca de 9%, daí a necessidade de se preservar este recurso. A sensibilização relativa à poluição por microplásticos tem aumentado progressivamente, mas em África informações relacionadas com a ocorrência, distribuição e destino final ainda são escassas (8).

1.3. Contextualização.

O primeiro relato de poluição por microplásticos em África foi feito em ambientes marinhos e recentemente tem se levantado esta mesma problemática em sistemas de água doce e interações terra-água. O primeiro estudo de microplásticos em água doce foi feito no Lago Vitória na Tanzânia, no qual foram recuperados microplásticos no trato gastrointestinal de duas espécies de peixes, o *Lates niloticus* e o *Oreochromis niloticus* (10).

Nel et al., 2018, desenvolveram o segundo estudo em água doce no continente africano, na qual analisaram a abundância de MP no sedimento bentónico e num insecto

(*Chironomus spp*) num sistema fluvial sul-africano. Este estudo permitiu evidenciar uma relação direta entre a abundância de microplásticos nos tecidos e no leito do rio. Também foi possível evidenciar que estes organismos podem ser bons indicadores biológicos adequados para avaliar a contaminação por microplásticos de água doce (10).

Atualmente já existem alguns estudos realizados, mas não há registo de avaliações críticas e síntese de pesquisa atual acerca dos microplásticos detetados em ecossistemas aquáticos de países africanos. Esta escassez de estudos relativos aos microplásticos em África tem dificultado a compreensão sobre o ambiente, os riscos da poluição causada pelos microplásticos. Baseando-se na literatura disponível, a distribuição dos microplásticos em águas superficiais, tanto marinhas como águas doces foi constatado em cinco países do continente (cerca de 9,3%). Até ao momento não há registo de algum estudo feito na África Central, e na região sul do continente, África do Sul é o único país que desenvolveu estudos acerca da distribuição e abundância dos microplásticos na sua região (7).

A comparação da abundância e distribuição de microplásticos torna-se limitante pela falta de mais estudos em outros países. A maior abundância de microplásticos foi registado em águas superficiais das baías do sudoeste da África do Sul e do Boi lago Bow em Yenogoa na Nigéria, com cerca de 1215 e 8369 partículas/m³, respetivamente. Estes dois países foram classificados como os maiores produtores de resíduos plásticos, e também pela má gestão per capita (7).

Em 2022, Angola produziu e distribuiu mais de 4 bilhões de sacos plásticos, maioritariamente utilizado para o engarrafamento de água e sacolas dos supermercados anunciou a Presidente do Conselho de Administração (PCA) da Agência Nacional de Resíduos (12).

1.4. Abordagens experimentais para o estudo de microplásticos.

Existem algumas técnicas microscópicas para a deteção de microplásticos como microscopia estéreo, microscopia de fluorescência, microscopia eletrónica de transmissão, microscopia eletrónica de varredura e microscopia de força atómica. E as técnicas espectroscópicas mais utilizadas são: Espectroscopia de Infravermelho com Transformada de Fourier (FTIR) ou Espectroscopia Raman (3).

O FTIR mede a região infravermelha do espectro de radiação electromagnética para obter a estrutura química dos polímeros e pode detetar e distinguir partículas plásticas maiores que 10 μm . A espectroscopia Raman utiliza um feixe de laser para detetar as diferentes frequências de luz retroespalhada dependendo da estrutura molecular. A análise Raman tem uma grande vantagem de permitir detetar microplásticos com tamanhos menores que 10 μm e com pouca ou nenhuma preparação da amostra, mas leva mais tempo para analisar, comparativamente ao FTIR (3).

1.5. Objetivos.

Com a realização do presente trabalho pretende-se determinar a presença de microplásticos na água do rio Chiloango, da Estação de Tratamento de Água (ETA) de Sassa – Zau, do Reservatório de Bissassanha, bem como a presença de microplásticos nos sedimentos e em duas espécies de peixes teleósteos do Rio Chiloango.

Este trabalho vai permitir alavancar mais estudos sobre a problemática dos microplásticos em Angola, bem como contribuir para os estudos feitos em África acerca desta problemática. Uma vez que Angola encontra-se em processo de implementação do “Plano Nacional de Eliminação Progressiva de Plásticos até 2050”, este estudo poderá ser utilizado como dados de base na implementação de um programa mais abrangente, uma vez que pouquíssimos são os estudos publicados que foram realizados em Angola, e nenhum até aos dias de hoje na Província de Cabinda.

2. Materiais e Métodos

2.1 Seleção do local e amostragem.

A área de estudo foi a Bacia Hidrográfica (BH) do rio Chiloango, e os pontos de amostragem onde foram coletadas as amostras encontram-se ilustrados na figura 2.

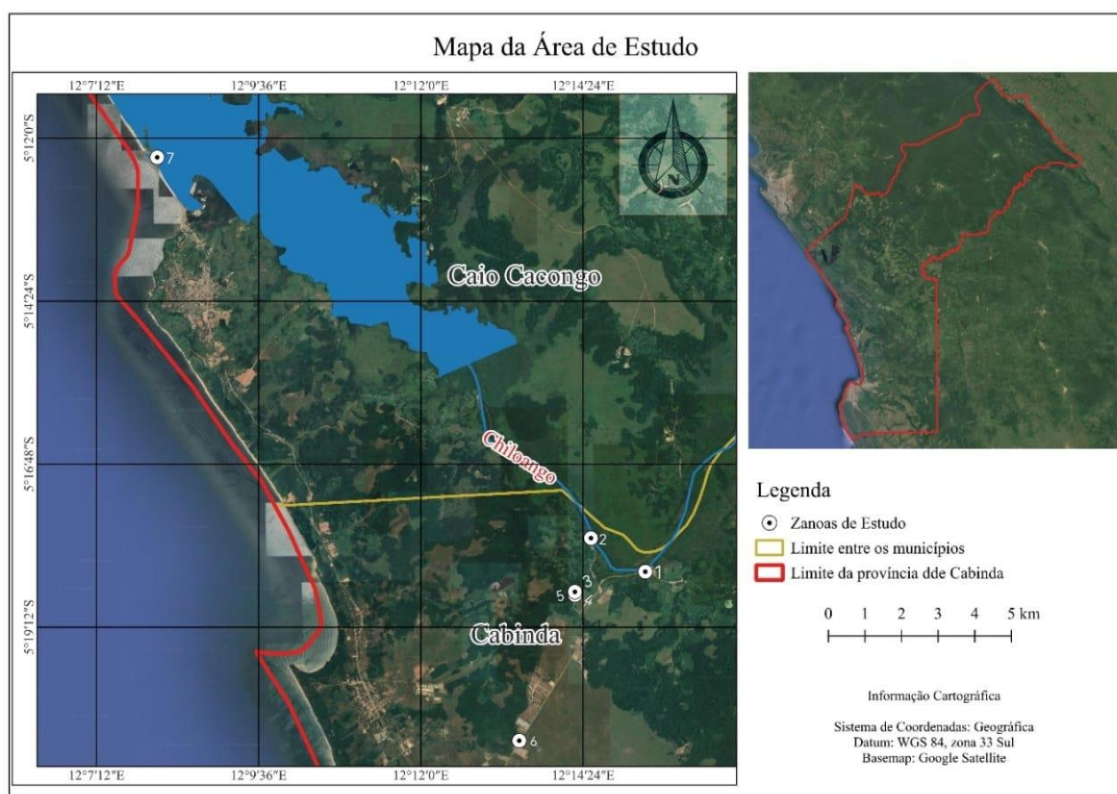


Figura 2 - Área de estudo e os pontos de amostragens.

- 1- Captação de Chinfimbo;
- 2- Fábrica de Tijolo;
- 3,4,5 – ETA de Sassa-Zau;
- 6 – Reservatório de Bissassanha;
- 7- Foz do Rio Chiloango;
- 8 - Aldeia de Cungo;
- 9- Á montante da Aldeia de Cungo Tadi (necuto);

Nota: Os pontos 8 e 9 são os pontos mais a jusante da ETA, e não se encontram evidenciados no mapa por questões geográficas.

2.2. Rio Chiloango

A Bacia Hidrográfica (BH) do rio Chiloango possui uma área total de 11.590 km² e um perímetro 515 km, com uma altitude máxima 880 m e média de 237 m. O rio Chiloango é navegável em torno de 160 km, desde a sua foz no Cacongo até sua convergência

com o Luali à entrada da floresta do Maiombe. A BH do rio Chiloango tem uma parte incluída na Província de Cabinda com uma área aproximadamente de 3760 km² (32%) e um perímetro de 12 km, uma parte um pouco menor na República do Congo com uma superfície de 330 km² (3%). A maior parte da bacia encontra-se inserida na República Democrática do Congo com uma área de 7500 km² (65%) (13)(14).

O rio Chiloango sofre de algumas pressões antrópicas, e recebe efluentes domésticos que a população nas margens do rio descarrega, efluentes industriais, especificamente da Fábrica de cerâmica do Sassa-Zau. A população que reside ao redor do rio Chiloango desenvolve algumas atividades do seu dia-a-dia como lavagem de roupa, louça, banhos e necessidades fisiológicas (defecar e urinar) como se observa na figura 3. A população afecto à área de estudo do presente trabalho, tem como principais atividades económicas, a pesca e a agricultura (15).



Figura 3 - Registos efetuados do rio Chiloango na região do Alto Sundi

Cabinda é uma província situada a norte de Angola, sendo limitada a norte pela República do Congo, a leste e sul pela República Democrática do Congo, e a oeste pelo Oceano Atlântico. Segundo as projeções feitas pelo Instituto Nacional de Estatística, a província de Cabinda tem aproximadamente 801.374 habitantes e uma área territorial de 7.283 km². Administrativamente está constituída por 4 municípios: Belize, Buco-Zau, Cabinda e Cacongo (13)(16).

2.3. Colheita das Amostras.

A seleção dos pontos de amostragem foi feita tendo como referência o rio Chiloango e a ETA de Sassa-Zau que faz a captação de água nesse rio para o abastecimento de água potável para a população. O primeiro ponto selecionado foi Estação de captação de chinfimbo, que é o ponto mais a montante da ETA e que faz a captação da água no rio Chiloango que posteriormente será tratada na ETA. O segundo ponto é a Fábrica de Tijolo que fica entre a Captação de Chinfimbo e a ETA de Sassa-Zau. Esta fábrica de tijolo foi construída junto ao rio Chiloango, utilizando a água do rio para o desenvolvimento de algumas atividades. O 3º, 4º e o 5º ponto situam-se na ETA, nomeadamente, Água Bruta à entrada da ETA, Água Tratada da ETA e Água Tratada à saída da ETA. O 6º ponto de colheita foi o reservatório de Bissassanha que recebe água da ETA e faz a distribuição de água potável para a população. O 7º ponto é a Foz do Rio Chiloango que se situa no município de Cacongo. O 8º e o 9º ponto são pontos localizados mais a jusante da ETA, e situam-se no município de Buco-Zau. De ressaltar que os pontos de amostragem selecionados se situam em 3 dos 4 municípios da província de Cabinda (Buco-Zau, Cabinda e Cacongo).

2.3.1. Colheita das Amostras de Água.

As amostras de água foram colhidas em agosto e setembro de 2023 nos finais da estação de cacimbo, como se observa na tabela 1.

Tabela 1- Amostras de água coletadas do Rio Chiloango, data e suas quantidades.

Ponto de Amostragem	Data de Colheita	Quantidade
1- Água da Captação de Chinfimbo (AC)	07/08/23	500 mL x 3
2- Fábrica de Cerâmica (Tijolo) do Sassa-Zau (FT)	07/08/23	500 mL x 3

3- Água Bruta à entrada da ETA do Sassa-Zau – Bissassanha (AB)	08/08/23	500 mL x 3
4- Água Tratada da ETA (AT)	08/08/23	500 mL x 3
5- Água Tratada à saída da ETA (ATJ)	08/08/23	500 mL x 3
6- Água do Reservatório de Bissassanha (RB)	09/08/23	500 mL x 3
7- Água da Foz do Rio Chiloango (AF)	08/08/23	500 mL x 3
8- Rio Chiloango (Aldeia de Cungo Tadi) – Divisão de Cabinda e Congo (DC)	01/09/23	500 mL x 3
9- A montante da Aldeia de Cungo Tadi – (MD)	01/09/23	500 mL x 3

Com exceção dos pontos de amostragens da ETA e do reservatório de Bissassanha, as amostras de água dos restantes pontos de amostragens foram coletadas com o auxílio de um balde, por captação direta no rio como se observa na figura 4, e depois encheu-se os recipientes de 500 mL. Estas amostras foram coletadas, transportadas em caixa térmica com termoacumuladores e armazenados em frigorífico a uma temperatura de - 24°C.



Figura 4 - Registos Fotográficos da colheita das amostras de água

2.3.2. Colheita das Amostras de Sedimentos.

As amostras de sedimentos foram coletadas em agosto e setembro de 2023, como se observa na tabela 2. A amostragem foi feita utilizando um tubo de PVC com medição de 3 em 3 cm (3 cm, 6 cm e 9 cm). O tubo foi projetado no chão com pressão e foram retirados os sedimentos de 3 cm, 6 cm e 9 cm de profundidade. Estes foram reservados em sacos higienizados e armazenados em frigorífico a uma temperatura de -24°C.

Tabela 2 - Amostras de sedimentos colhidas, data e quantidades.

Ponto de Amostragem	Data de Colheita	Profundidade
Fábrica de Cerâmica (Tijolo) do Sassa-Zau	07/08/2023	3 cm, 6 cm e 9 cm
Foz do Rio Chiloango	08/08/2023	3 cm, 6 cm e 9 cm
A montante da Aldeia Cungu Tadi	01/09/2023	3 cm, 6 cm e 9 cm

2.3.3. Colheita das Amostras de Peixe.

As amostras de peixe foram adquiridas através de pescadores locais, que desempenham esta atividade no rio Chiloango. Os peixes adquiridos são os que comumente aparecem neste rio. Na tabela 3 observa-se as espécies de peixe amostrados e suas quantidades.

Tabela 3 - Amostras de peixe colhidas no rio Chiloango, data, tipologia e quantidades.

Pontos de Amostragem	Data de colheita	Espécie de Peixes	Quantidade
Foz do Rio Chiloango	26/08/23	Taíñas (<i>Mugil capurrii</i>)	5 Peixes
Fábrica de Cerâmica (Tijolo) do Sassa-Zau	28/08/23	Taíñas (<i>Mugil capurrii</i>)	2 Peixes
		Tilápia (<i>Oreochromis niloticus</i>)	2 Peixes

A tainha é uma espécie pertencente à família *Mugilídea* que pode ser encontrada em zonas de pouca profundidade (normalmente entre os 0 e os 20 m), em enseadas, lagoas com fundo de areia e lodo, estuários e em rios (15).

A tilápia (cacusso) é uma espécie de peixe ciclídeos de água doce nativa de África e pertencente à subfamília *Pseudocrenilabrinae*. É um peixe bêntico e facilmente adaptável à água salgada (15).

2.4. Parâmetros físico-químicos.

Das amostras coletadas, uma parte foi utilizada para determinação de alguns parâmetros *in situ* como pH, temperatura, no laboratório da Estação de Tratamento de Sassa – Zau foram determinadas a condutividade e o cloro, e na Faculdade de Ciências da Universidade do Porto parâmetros como nitrito, nitrato, amônia, fosfato e silicatos com o equipamento de medição, o Fotómetro Multiparamétrico com Concentração de Oxigénio Dissolvido (figura 5).

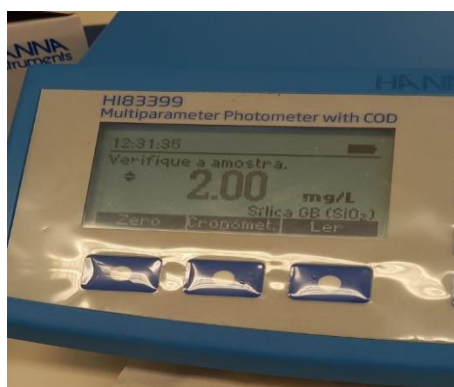


Figura 5 - Fotómetro multiparamétrico com Concentração de Oxigénio Dissolvido.

2.5. Processamento das Amostras

2.5.1. Processamento das Amostras da Água.

As amostras de água foram transportadas congeladas para o Instituto Português do Mar e da Atmosfera (IPMA), e posteriormente foram descongeladas a temperatura ambiente. Foram utilizados 600 mL de cada ponto de amostragem, exceto do ponto de amostragem do reservatório de Bissassanha que se utilizou 380 mL.

Utilizando um sistema de filtração a vácuo, filtrou-se a amostra de água para um filtro com uma malha de 20 µm, posteriormente colocadas em placas de petri e reservadas. Durante o procedimento todos os materiais foram completamente enxaguados com água ultrapura antes, entre e depois do uso dos materiais e as amostras foram mantidas sob uma câmara de fluxo laminar de ar limpo. Ao longo das análises microscópicas para identificação de potenciais microplásticos, foram colocadas duas placas de petri abertas contendo filtros limpos perto da área de trabalho com o objetivo de controlar a contaminação de fibras transportadas pelo ar. Alguns potenciais microplásticos foram detetados e fotografados utilizando uma lupa LEICA S9i (Leica Microsystems GmbH, Wetzlar, Alemanha) com uma câmara IC80 HD acoplada e a lupa WILD M5A, e foram fotografados com um telemóvel. Estes microplásticos posteriormente foram medidos em sua maior seção transversal utilizando o software ImageJ (17).

2.5.2. Processamento das Amostras de Peixe.

Com o auxílio de uma balança de precisão, os peixes foram pesados individualmente e registou-se o seu peso. Utilizando uma régua, fez-se a medição do comprimento dos peixes.

Utilizando o material de disseção, retirou-se alguns órgãos dos peixes, nomeadamente, as brânquias, a mucosa dorsal e o tubo digestivo. Com o auxílio de uma tesoura para dissecação, fez-se um corte na lateral do peixe, e com a pinça retirou-se o tubo digestivo (TD) que foi pesado. Após registar o seu peso, foi armazenado no papel de alumínio e congelado a -20°C . A mucosa dorsal (MD) foi retirada com o auxílio de uma tesoura, foi armazenada no papel de alumínio e igualmente congelada a -20°C . As brânquias também foram retiradas, armazenadas em papel de alumínio e congeladas a -20°C . O mesmo procedimento foi feito para as amostras de peixe.

Posteriormente, as amostras foram descongeladas a temperatura ambiente, e colocadas individualmente em frascos. Adicionou-se uma solução de KOH a 10% ao recipiente, num volume de pelo menos 3 vezes superior ao peso do material biológico. De seguida, as amostras foram incubadas a 60°C nos recipientes devidamente fechados para impedir a evaporação da solução, até o material biológico estar completamente digerido.

Após as amostras estarem completamente digeridas, estas foram filtradas através de um sistema de vácuo para um filtro com uma malha de $20\ \mu\text{m}$, e posteriormente o filtro foi armazenado numa placa de petri para posterior análise. O mesmo procedimento foi feito para todas as amostras.

Durante o procedimento todos os materiais foram completamente enxaguados com água ultrapura antes, entre e depois do uso dos materiais e as amostras foram mantidas sob uma câmara de fluxo laminar de ar limpo. Ao longo das análises microscópicas para identificação de potenciais microplásticos, foram colocadas duas placas de petri abertas contendo filtros limpos perto da área de trabalho com o objetivo de controlar a contaminação de fibras transportadas pelo ar. Alguns potenciais microplásticos foram detetados e fotografados utilizando uma lupa LEICA S9i (Leica Microsystems GmbH, Wetzlar, Alemanha) com uma câmara IC80 HD acoplada e a lupa WILD M5A, e foram fotografados com um telemóvel. Estes microplásticos posteriormente foram medidos em sua maior seção transversal utilizando o software ImageJ (17).

2.5.3. Processamento das Amostras de sedimentos.

As amostras de sedimentos foram liofilizadas até estarem completamente secas. Após serem liofilizadas, pesou-se 100 g de cada amostra e foram adicionadas em recipientes e adicionou-se solução KOH a 10%. Esta solução foi misturada com o auxílio de uma

vareta por cerca de 2 minutos. As amostras foram colocadas na estufa a 60°C durante 24h para sua digestão.

Após a digestão, filtrou-se o sobrenadante (a fase superior contendo os microplásticos) para filtros com malha de 20 µm. Posteriormente a filtração, adicionou-se a solução de NaCl aos recipientes contendo o sedimento e misturou-se com o auxílio de uma vareta por cerca de 2 minutos para possibilitar a flutuação dos microplásticos. De seguida, deixou-se decantar durante cerca de 12h. Após decantar, filtrou-se o sobrenadante para um filtro com malha de 20 µm através de um sistema de vácuo. Este procedimento repetiu-se mais uma vez com a solução de NaCl.

Durante o procedimento todos os materiais foram completamente enxaguados com água ultrapura antes, entre e depois do uso dos materiais e as amostras foram mantidas sob uma câmara de fluxo laminar de ar limpo. Ao longo das análises microscópicas para identificação de potenciais microplásticos, foram colocadas duas placas de petri abertas contendo filtros limpos perto da área de trabalho com o objetivo de controlar a contaminação de fibras transportadas pelo ar (17).

Os microplásticos foram detetados através da Lupa LEICA S9i (Leica Microsystems GmbH, Wetzlar, Alemanha) com uma câmara acoplada e Lupa WILD M5A, e foram fotografados com um telemóvel. Estes microplásticos posteriormente foram medidos em sua maior seção transversal utilizando o software ImageJ.

Todas as análises estatísticas foram feitas no software SPSS versão 29. Os testes de normalidade e homogeneidade de variância foram realizados bem como os testes de Kruskal-Wallis para os dados que não apresentavam homogeneidade. Quando existiu homogeneidade de variâncias utilizou-se uma ANOVA um fator seguido do teste de comparação múltipla de Fisher LSD. Para todas as análises foi considerado um nível de significância de $p=0,05$.

3.Resultados.

3.1 Parâmetros Físicos-químicos.

Os resultados obtidos foram referenciados de acordo com os critérios de classificação para qualidade das águas doces superficiais destinadas à produção de água para o consumo humano em Angola. A tabela 4 e 5, apresentam os valores máximos para os parâmetros físicos-químicos gerais que foram analisados no presente estudo (18).

Tabela 4 – Parâmetros Químicos para qualidade das Águas doces superficiais destinadas à produção de água para o consumo humano em Angola.

Parâmetros Químicos	Valores máximos
Amónia	2 N mg/L
Cloro	-
Fosfato	0,7 mg/L P ₂ O ₃
Nitrato	50 mg/L NO ₃
Nitrito	-
pH.25°C	5,5-9,0
Silicatos	-

Fonte: Ministério de Energia e Águas, 2011

Tabela 5 - Parâmetros Químicos para qualidade das Águas doces superficiais destinadas à produção de água para o consumo humano em Angola.

Parâmetros Físicos	Valores máximos
Temperatura	25°C
Condutividade	1000
Turbidez	-
Cor	100

Na tabela 6, encontra-se referido os parâmetros físicos-químicos medidos na captação da ETA de Sassa-Zau.

Tabela 6. Parâmetros Físicos e químicos medidos na Captação da ETA de Sassa – Zau.

Parâmetros Físicos	Valor Medido
Temperatura	24,6°C
Turbidez	13,5 NTU

Condutividade	77,0 $\mu\text{s/cm}$
Cor	135 units PtCo
Parâmetro químico	Valor Medido
pH	7,02

Os parâmetros físicos-químicos medidos na Fábrica de Tijolo, que se encontra a jusante da captação e a montante da ETA encontram-se evidenciados na tabela 7.

Tabela 7 – Parâmetros físicos-químicos medidos na Fábrica de Tijolo à montante da ETA de Sassa – Zau.

Parâmetros Físicos	Valor Medido
Temperatura	24,7°C
Turbidez	14,3 NTU
Condutividade	76,1 $\mu\text{s/cm}$
Cor	142 units PtCo
Parâmetro químico	Valor Medido
pH	7,24

As tabelas 8, 9 e 10 evidenciam os parâmetros físico-químicos medidos à entrada da ETA (AB), água tratada e água tratada na saída da ETA, respetivamente.

Tabela 8 - Parâmetros Físicos e químicos medidos à entrada (AB) da ETA de Sassa – Zau.

Parâmetros Físicos	Valor Medido
Temperatura	24,6°C
Turbidez	12,4 NTU
Condutividade	72,3 $\mu\text{s/cm}$
Parâmetro químico	Valor Medido
pH	6,9

Tabela 9 - Parâmetros Físicos e químicos medidos na água tratada da ETA de Sassa – Zau.

Parâmetros Físicos	Valor Medido
Temperatura	25,8°C
Turbidez	0,48 NTU
Condutividade	82,9 $\mu\text{s/cm}$
Parâmetro químico	Valor Medido

pH	6,9
Cloro	0,10 mg/L

Tabela 10 - *Parâmetros Físicos-químicos medidos na água tratada á saída da ETA de Sassa – Zau.*

Parâmetros Físicos	Valor Medido
Temperatura	24,4°C
Turbidez	0,65 NTU
Condutividade	78,1 µs/cm
Parâmetro químico	Valor Medido
pH	6,9

A tabela 11 evidencia os parâmetros físicos-químicos medidos no reservatório de Bissassanha que recebe água da ETA e distribui para parte da população do município de Cabinda e Cacongo.

Tabela 11 - *Parâmetros físicos-químicos medidos no reservatório de Bissassanha.*

Parâmetros Físicos	Valor Medido
Temperatura	24,7°C
Turbidez	1,32 NTU
Condutividade	96,2 µs/cm
Cor	18 units Ptco
Parâmetro químico	Valor Medido
pH	7,67

3.1.1. Rio Chiloango, ETA de Sassa – Zau e Reservatório de Bissassanha.

As figuras 6, 7, 8, 9 e 10 demonstram os resultados obtidos das medições dos parâmetros químicos nomeadamente a amónia (NH_3), o fosfato (PO_4^{3-}), o nitrato (NO_3^-), o nitrito (NO_2^-) e os silicatos (SiO_2), feitos no rio Chiloango, na ETA de Sassa – Zau e no reservatório de Bissassanha.

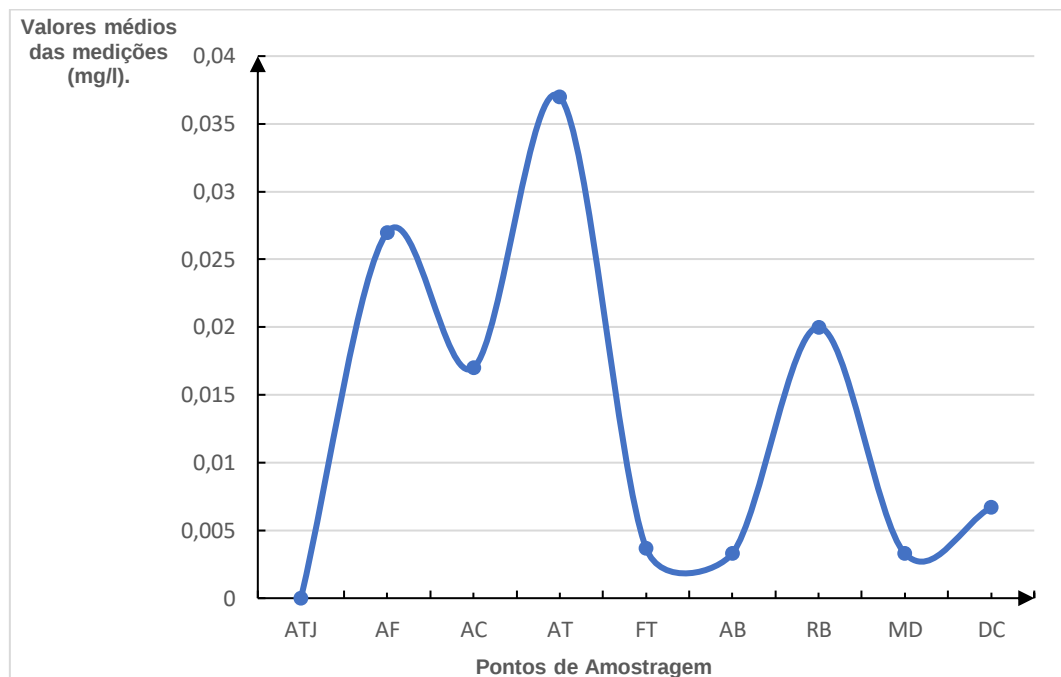


Figura 6 – Valores médios das medições da Amónia (NH_3 , mg/L).

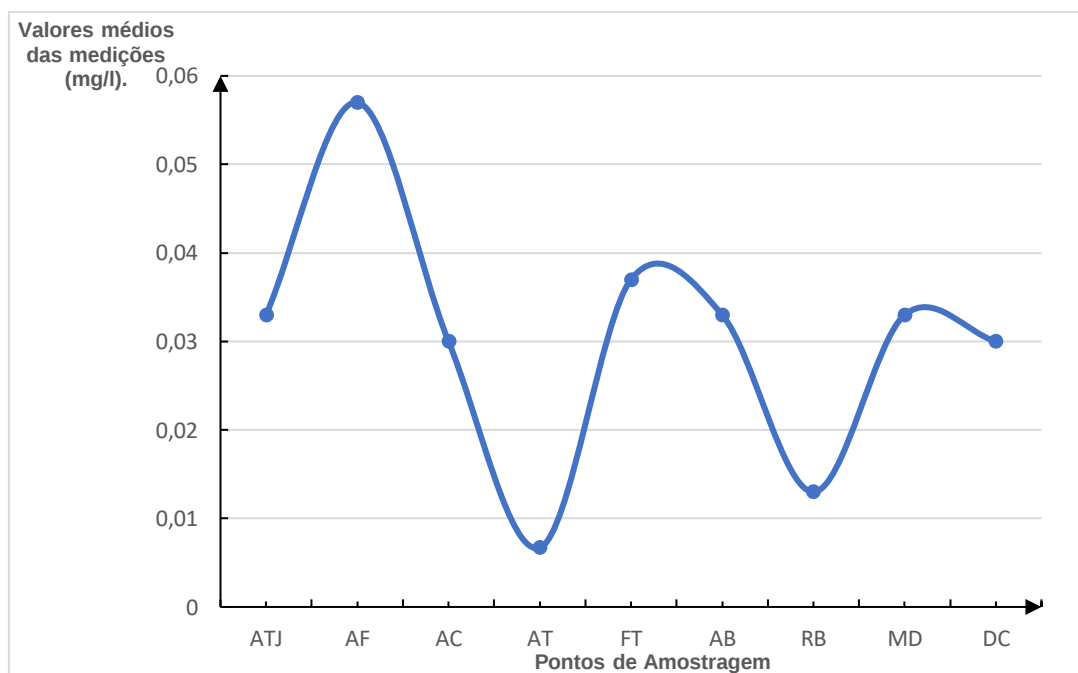


Figura 7- Valores médios das medições do Fósforo (PO_4^{3-} , mg/L).

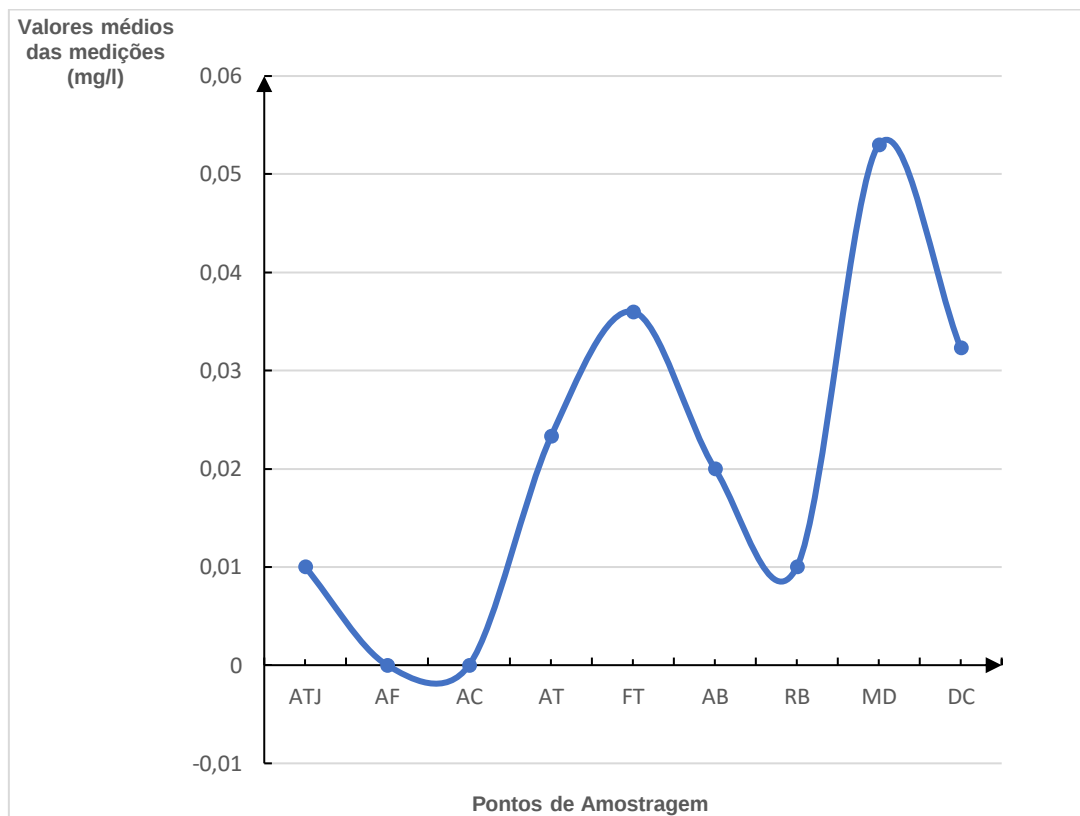


Figura 8 - Valores médios das medições do Nitrato (NO_3^- , mg/L).

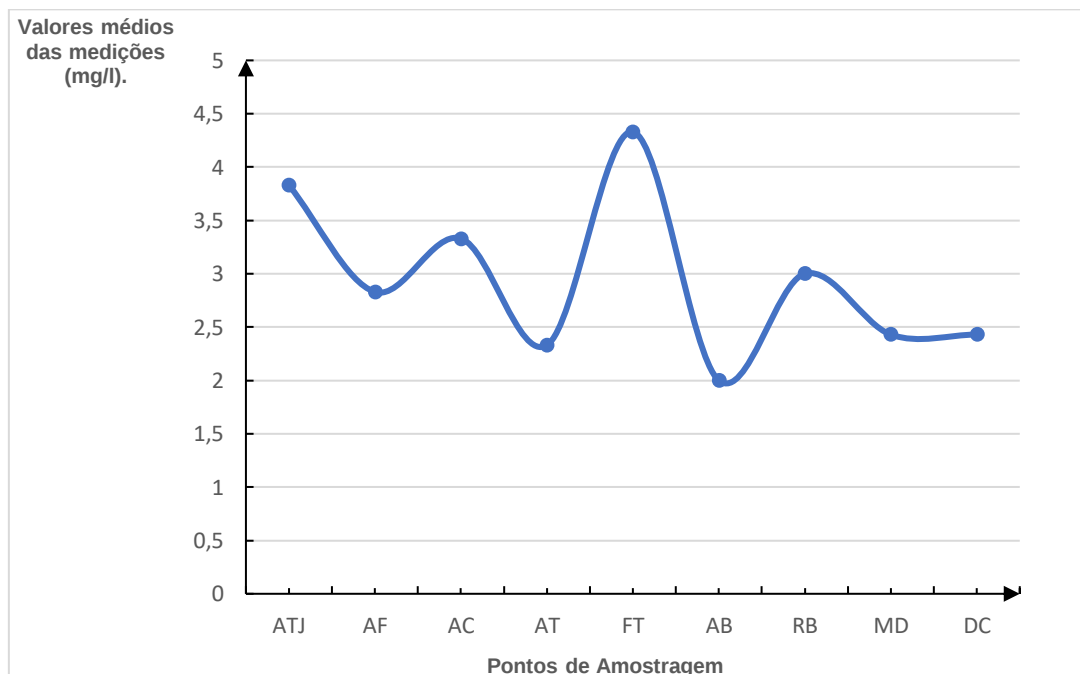


Figura 9 - Valores médios das medições do nitrito (NO_2^- , mg/L).

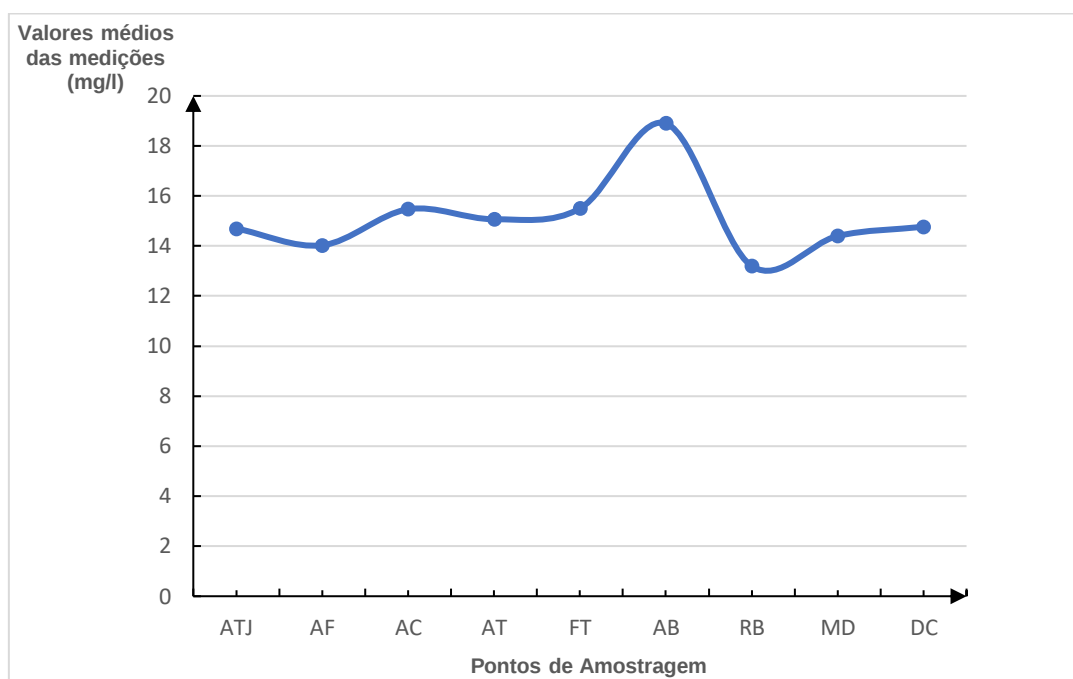


Figura 10 - Valores médios das medições de Silicatos (SiO_2 , mg/L).

As concentrações de amónia, fosfato, nitrato e nitrito encontram-se dentro dos padrões legislados.

Em todos pontos de amostragem em que foram medidos a quantidade de silicatos, constatou-se uma concentração elevada (acima da gama alta medida pelo Fotómetro multiparamétrico), o que levou a fazer uma diluição de 1:10 com água destilada de forma a diminuir a concentração da amostra colhida. Esta concentração de silicatos pode estar relacionada a presença de um grande número de diatomáceas (um dos grupos taxonómicos mais abundantes do fitoplâncton) na floração do fitoplâncton durante o período de amostragem.

3.2. Presença de microplásticos nas amostras.

3.2.1. Presença de microplásticos nas amostras de água.

No presente estudo, foram coletadas 1,5 L de amostra de água em cada ponto de amostragem. Para a determinação dos microplásticos, foram utilizados cerca de 0,600 L de cada ponto com exceção do Reservatório de Bissassanha que se utilizou cerca de 0,380L. Em 9 amostras coletadas e analisadas foram evidenciados um total de 100 microplásticos (70 fragmentos e 30 fibras). A figura 11 evidencia a média de microplásticos/Litro de água em cada ponto de amostragem, na qual constatou-se que a amostra coletada na Foz do Rio Chiloango contém a concentração de microplásticos

e de fibras mais elevada relativamente às restantes amostras. Nas amostras da Fábrica de Tijolo e da Água Tratada à Jusante não se registou fragmentos nem fibras.

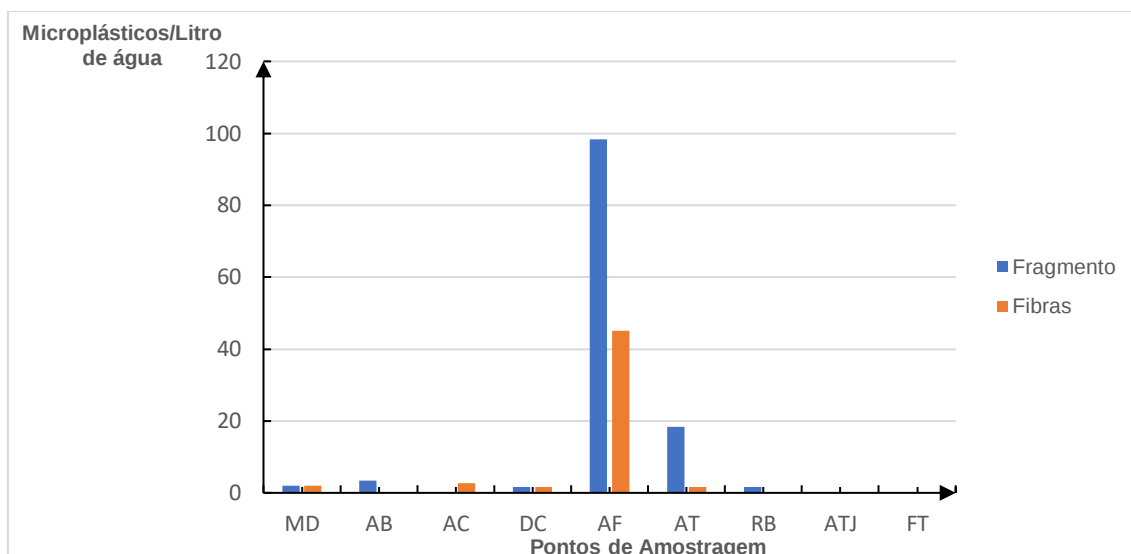


Figura 11- Número de microplásticos/L de água evidenciados nas amostras colhidas no Rio Chiloango, ETA de Sassa-Zau e no Reservatório de Bissassanha.

As figuras 12 e 13 ilustram o resumo das cores dos MP (fragmentos e fibras) registados nas amostras de água analisadas, na qual é evidente que os fragmentos mais predominantes tinham a coloração transparente seguido da cor bege. Enquanto que nas fibras, a cor mais predominante é a cor azul seguido da cor preta.

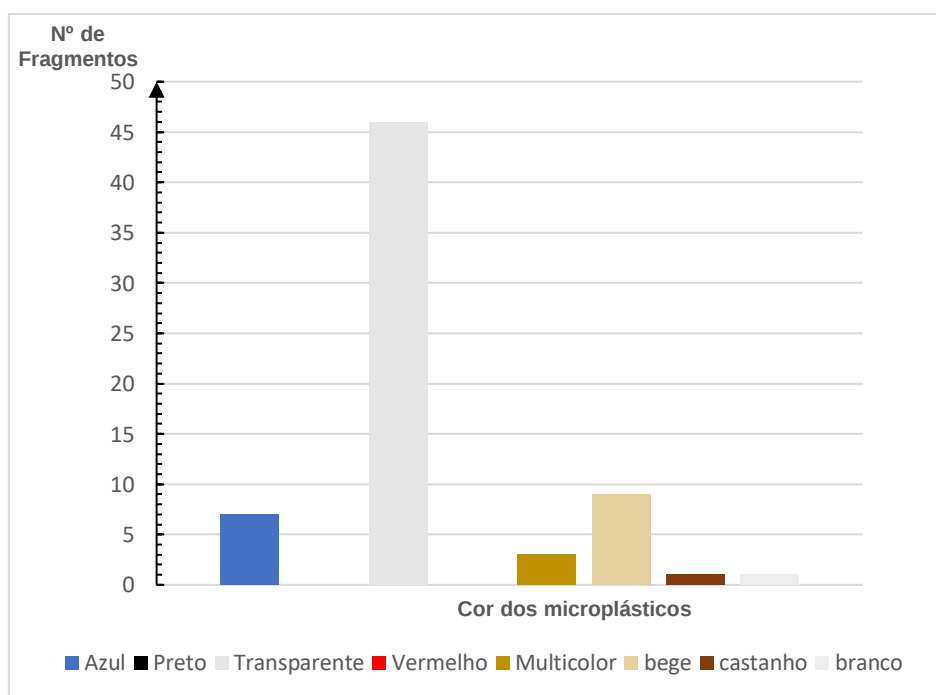


Figura 12 - Cores predominantes dos Fragmentos detetados nas amostras de água.

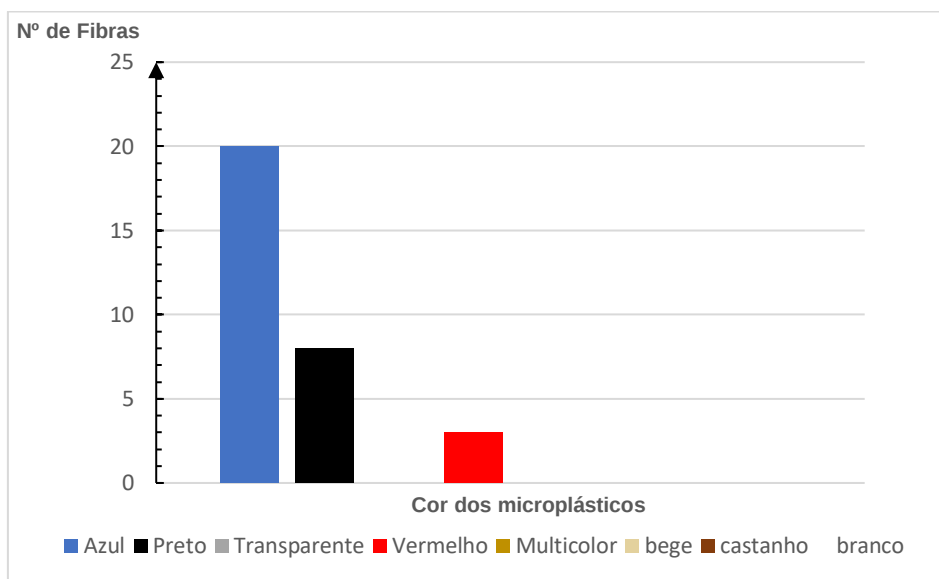


Figura 13 - Cores predominantes das Fibras detetados nas amostras de água.

A figura 14 apresenta alguns microplásticos detetados nas amostras de água. O tamanho dos fragmentos evidenciado nos tecidos variou de 28 μm a 855 μm . Quanto às fibras, o tamanho variou de 189 μm a 2887 μm .

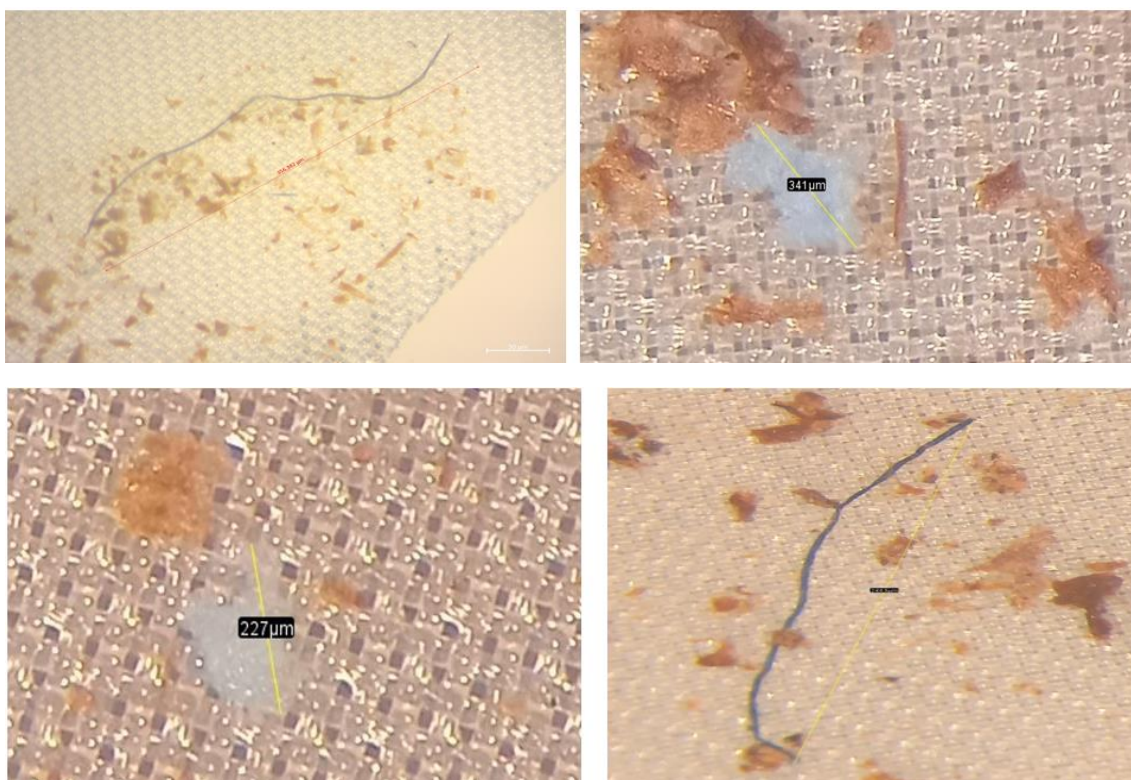


Figura 14 – Alguns tipos de microplásticos evidenciados nas amostras de água.

3.2.2. Presença de microplásticos nas amostras dos organismos.

Neste estudo foram utilizados 9 exemplares de peixes, dos quais 5 tainhas que foram coletados na Foz do Rio Chiloango, e na Fábrica de Tijolo foram coletados 2 tainhas e 2 tilápias. Foram encontrados um total de 331 de MP (314 fragmentos e 17 fibras), e foram registados a presença de microplásticos em todos os organismos analisados. O organismo que registou a presença de maior número de microplásticos foi a tainha 5 da foz do rio Chiloango, que registou um total de 53 microplásticos, não tendo sido evidenciado a presença de nenhuma fibra neste organismo. A tainha 1 coletado na foz do rio Chiloango e a tainha 1 coletado na Fábrica de tijolo foram os organismos que apresentaram menor número de microplásticos (22).

Nas Brânquias da tainha 3 coletada na Foz do Rio Chiloango foi evidenciado uma maior concentração de fragmentos e de fibras (figura 15) relativamente às brânquias dos organismos do mesmo ponto de amostragem. Nas brânquias dos organismos 1, 2 e 5 não se registou a presença de fibras.

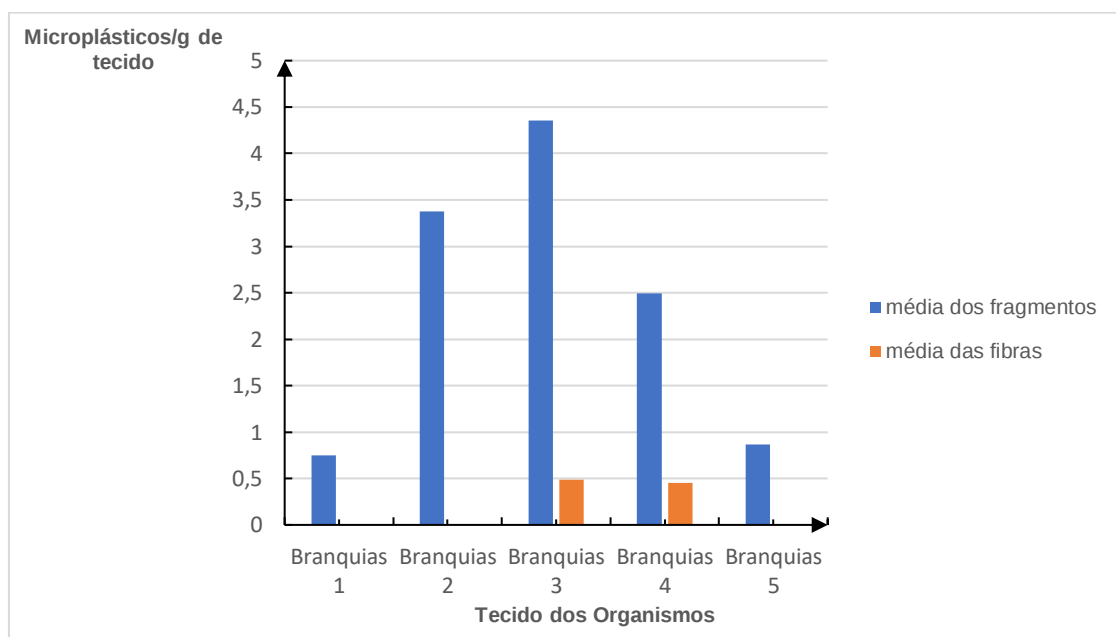


Figura 15-Microplásticos/g de tecido (BR) evidenciados nas tainhas coletadas na Foz do Rio Chiloango.

Em relação a mucosa dorsal dos organismos, a tainha 2 apresentou concentrações mais elevadas (figura 16). Quanto a presença de fibras, apenas foram evidenciadas na mucosa dorsal do organismo 3.

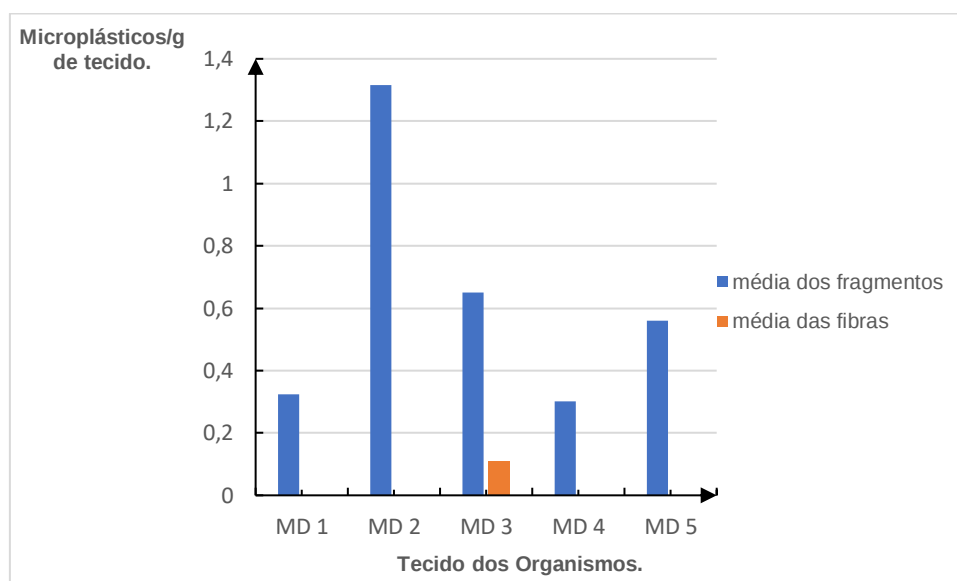


Figura 16 - Microplásticos/g de tecido (MD) evidenciados nas tainhas coletadas na Foz do Rio Chiloango.

Os tubos digestivos dos organismos, foi o órgão que apresentou maior presença de microplásticos (figura 17). O tubo digestivo do organismo 5, apresentou maior concentração de fragmentos comparativamente aos outros tecidos, apresentando uma média de 6,02 microplásticos/g de tecido. Entretanto, apenas registrou-se a presença de fibras no tubo digestivo dos organismos 1 e 2.



Figura 17-Microplásticos/g de tecido (TD) evidenciados nas tainhas coletadas na Foz do Rio Chiloango.

Nas brânquias das tainhas coletadas na Fábrica de tijolo não foram evidenciadas a presença de fibras, e, a presença de fragmentos apenas foi evidenciada nas brânquias do organismo 1 (figura 18).

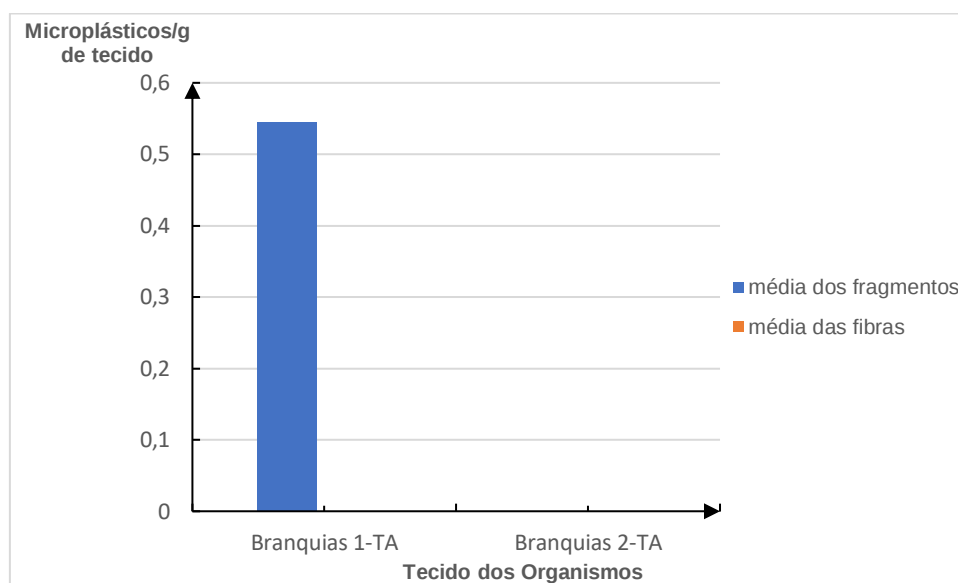


Figura 18-Microplásticos/g de tecido (Brânquias) evidenciados nas tainhas coletadas na Fábrica de Tijolo.

Na mucosa dorsal das tainhas não se registou a presença de fibras, e a concentração média de fragmentos na mucosa dorsal do organismo 1 foi maior relativamente ao organismo 2 (figura 19).

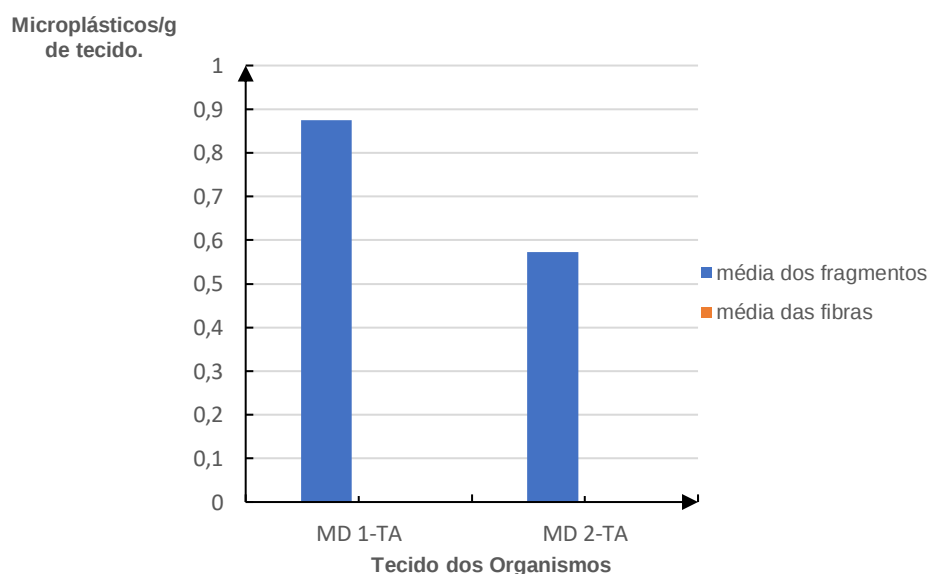


Figura 19-Microplásticos/g de tecido (Mucosa Dorsal) evidenciados nas tainhas coletadas na Fábrica de Tijolo.

Relativamente à concentração de microplásticos no tubo digestivo, registou-se a presença de fibras e fragmentos (figura 20). A concentração média mais elevada foi evidenciada no tecido do organismo 2, ao passo que a maior concentração de fibras foi registada no organismo 1.

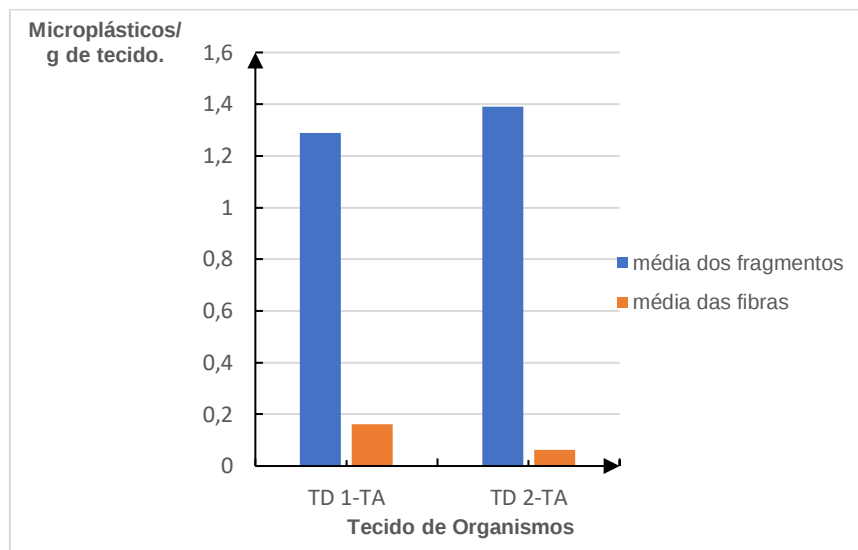


Figura 20- Microplásticos/g de tecido (Tubo Digestivo) evidenciados nas tainhas coletadas na Fábrica de Tijolo.

Nas brânquias da tilápia coletadas na fábrica de tijolo apenas foram registados microplásticos no tecido do organismo 1 (figura 21), com uma concentração de fragmentos de 2,208 microplásticos/g de tecido e de fibras é de 0,315 microplásticos/g de tecido.

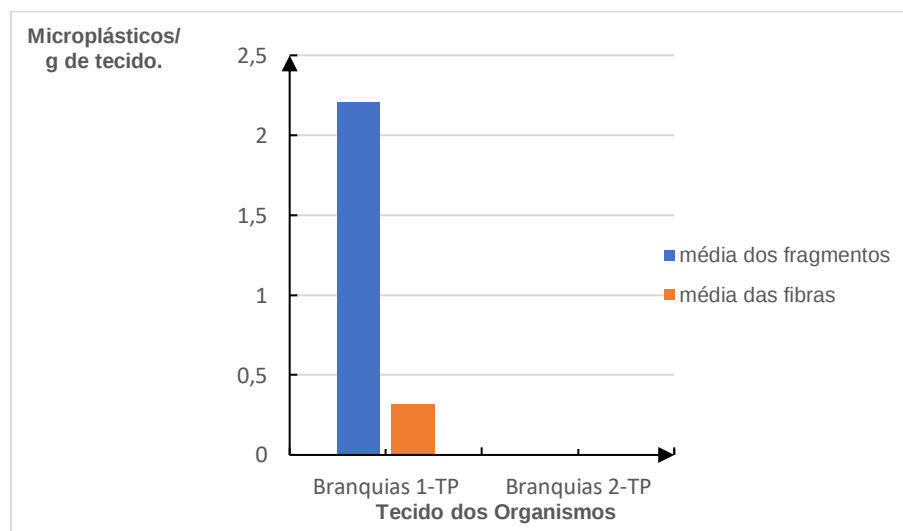


Figura 21 - Microplásticos/g de tecido (Brânquias) evidenciados nas tilápias coletadas na Fábrica de Tijolo.

Em relação às mucosas dorsais das tilápias, evidenciou-se a presença de fragmentos em ambos os tecidos e a presença de fibras apenas no tecido do organismo 1 (figura 22).

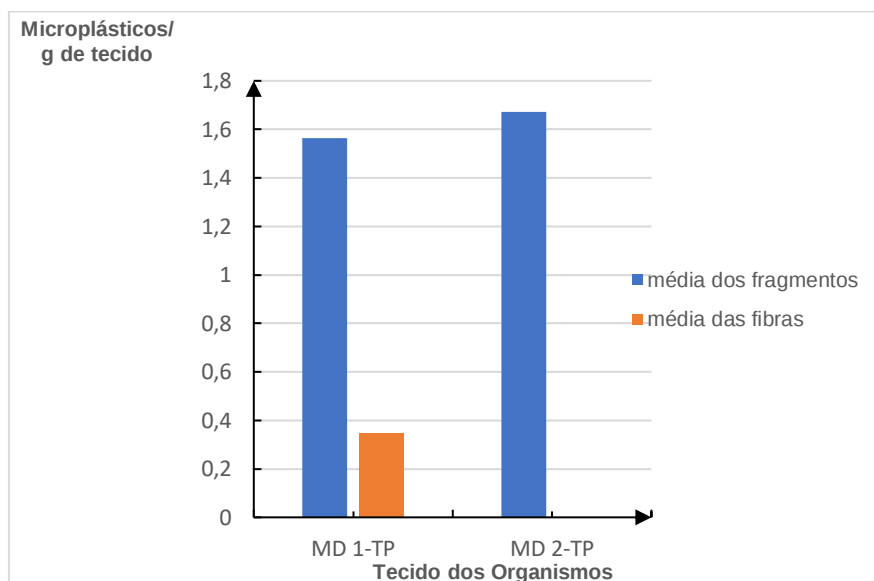


Figura 22-Microplásticos/g de tecido (*Mucosa Dorsal*) evidenciados nas tilápias coletadas na Fábrica de Tijolo.

A concentração média de fragmentos e fibras mais elevadas nos tubos digestivos das tilápias foi evidenciada no tecido do organismo 1 (figura 23).

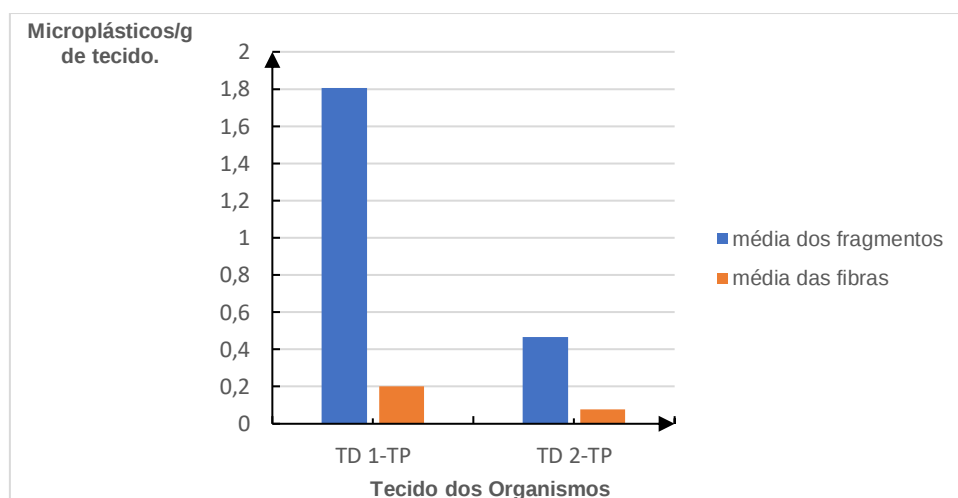


Figura 23-Microplásticos/g de tecido (*Tubo Digestivo*) evidenciados nas tilápias coletadas na Fábrica de Tijolo.

As figuras 24 e 25 ilustram as cores predominantes dos MP detetados nas amostras dos tecidos analisados. Nos fragmentos a cor predominante é a transparente seguido da cor azul. Nas fibras a cor mais frequente foi a cor preta seguido da cor azul.

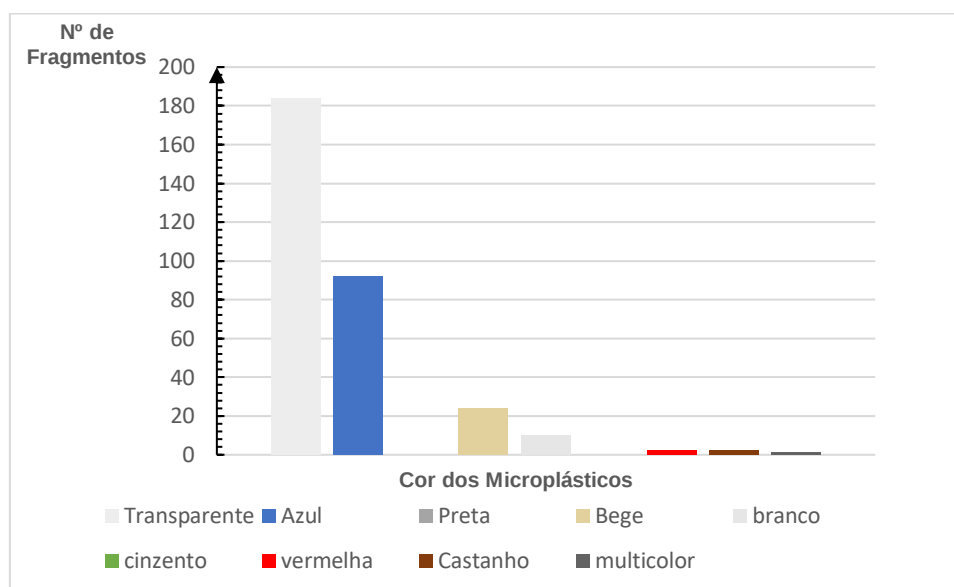


Figura 24 - Cores predominantes dos Fragmentos detetados nos tecidos dos organismos.

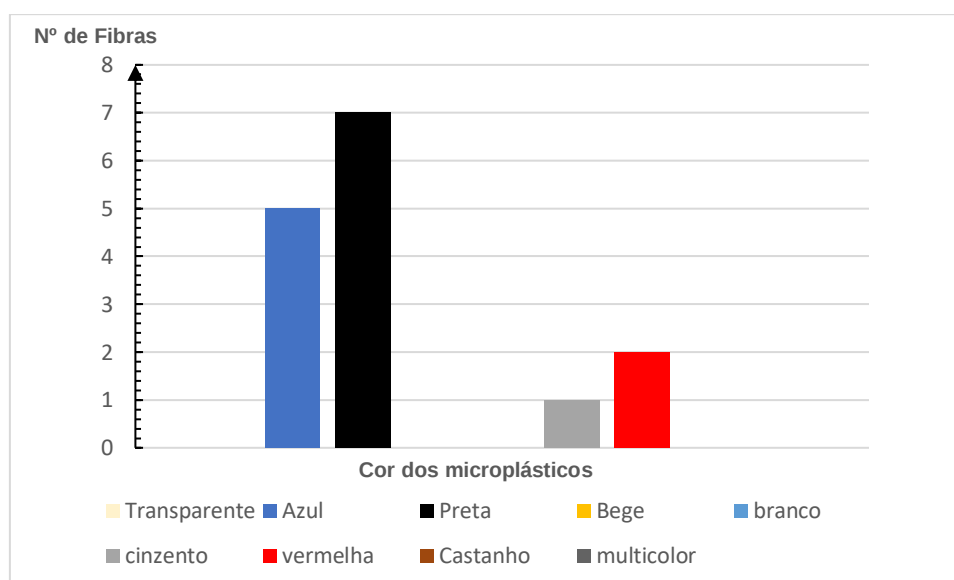


Figura 25 - Cores predominantes das Fibras detetadas nos tecidos dos organismos.

A figura 26 apresenta alguns microplásticos detetados nas amostras de tecidos. O tamanho dos fragmentos evidenciado nos tecidos variou de 66,6 μm a 1913 μm . Quanto as fibras, o tamanho variou de 281 μm a 5790 μm .

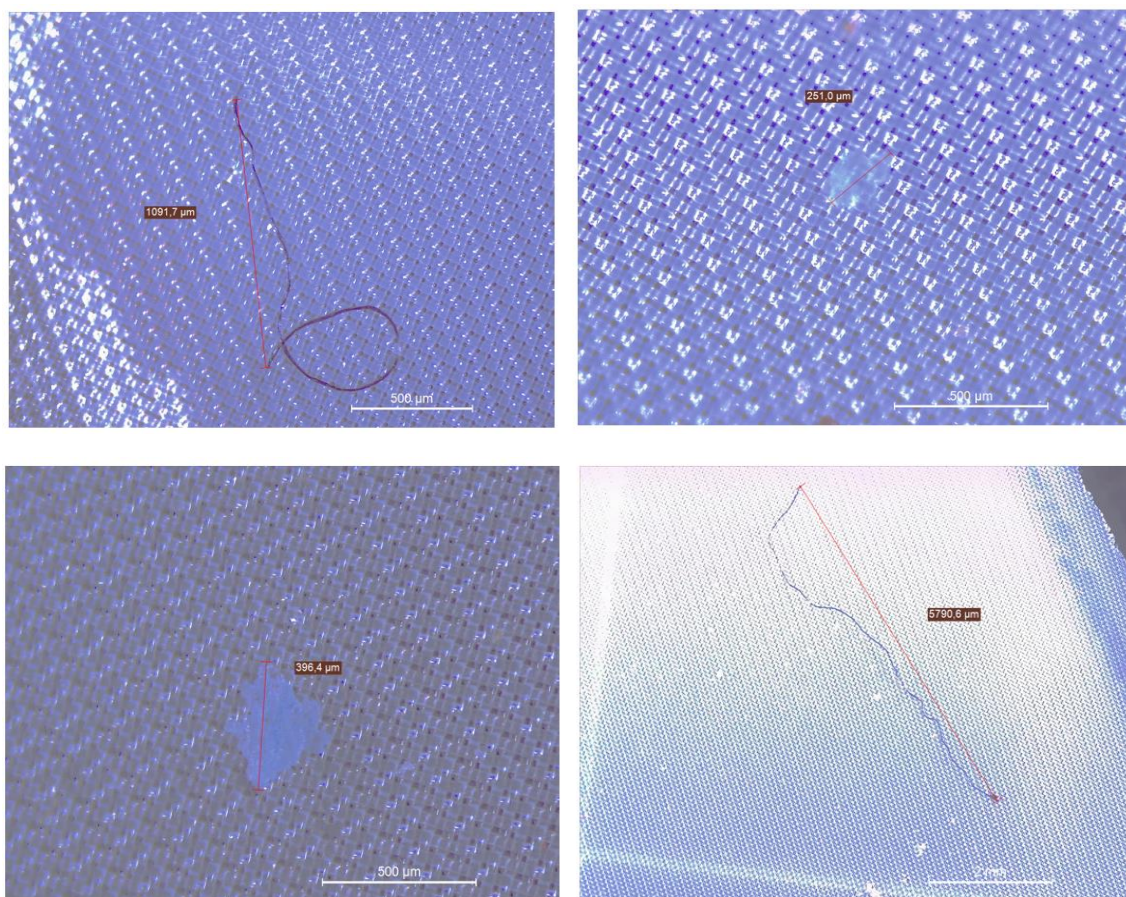


Figura 26 - Alguns tipos de microplásticos evidenciados nas amostras dos tecidos dos organismos.

3.2.3. Presença de microplásticos nas amostras de sedimentos.

Para o estudo da presença de microplásticos nos sedimentos do rio Chiloango, foram coletados sedimentos de 3 em 3 cm (3 cm, 6 cm e 9 cm) de 3 pontos de amostragem. Fábrica de tijolo, na Foz do rio Chiloango e no Necuto. Nas amostras coletadas na Fábrica de tijolo foram evidenciados um total de 144 microplásticos (135 fragmentos e 9 fibras). Na foz do rio Chiloango foram evidenciados um total de 314 microplásticos (285 fragmentos e 29 fibras), sendo o ponto de amostragem que se registou a presença de mais microplásticos relativamente aos outros dois. No Necuto foram evidenciados um total de 96 microplásticos (85 fragmentos e 11 fibras), tendo sido o ponto de amostragem que apresentou o menor número de microplásticos.

A profundidade de 3 cm, nos 3 pontos de amostragens foi possível evidenciar que maior concentração média de fragmentos e fibras ocorreu nos sedimentos coletados na foz do rio Chiloango, sendo que a menor concentração foi evidenciada no Necuto que é o ponto de amostragem mais a montante (figura 27).

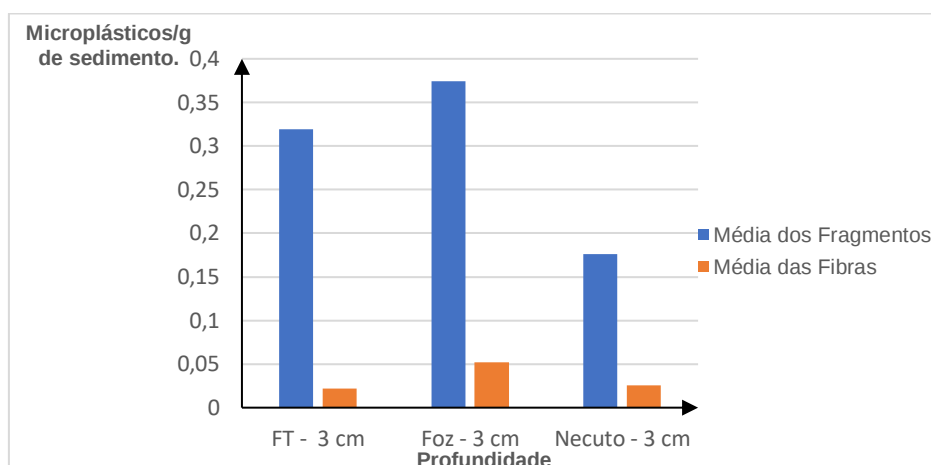


Figura 27 -Microplásticos/g de sedimento evidenciados nas amostras de sedimentos coletadas na Fábrica de tijolo, na Foz do Rio Chiloango e no Necuto à profundidade de 3 cm.

Aos 6 cm nos 3 pontos de amostragens, também se sucedeu o ocorrido nos 3 cm. A foz do rio Chiloango detém a maior concentração de fragmentos (0,536 microplásticos/g de sedimentos) e de fibras (0,0292 microplásticos/g de sedimentos) (figura 26). Ao passo que novamente a amostra coletada no Necuto apresentou as menores concentrações de fibras e de fragmentos. De realçar que comparativamente a outras profundidades, a maior concentração de fragmentos foi evidenciada aos 6 cm.

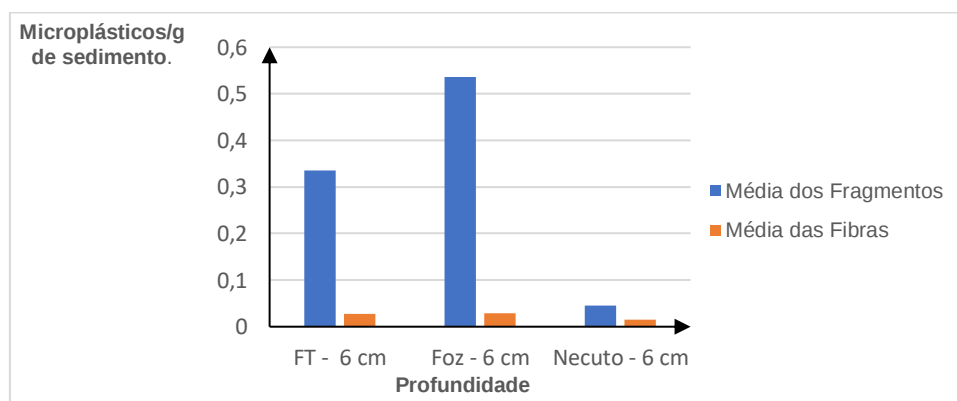


Figura 28-Microplásticos/g de sedimento evidenciados nas amostras de sedimentos coletadas na Fábrica de tijolo, na Foz do Rio Chiloango e no Necuto à profundidade de 6 cm.

As amostras coletadas aos 9 cm também apresentaram o mesmo padrão que as restantes profundidades. A amostra coletada na foz do rio Chiloango apresentou concentrações mais elevadas de microplásticos em relação às outras amostras. A amostra do Necuto apresentou as menores concentrações médias de microplásticos. A maior concentração média de fibras comparativamente as outras profundidades foi constatada aos 9 cm (figura 29).

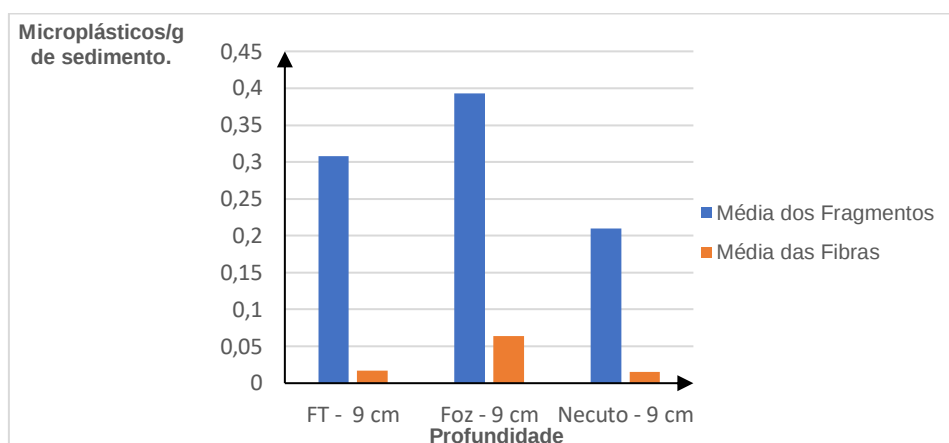


Figura 29- Microplásticos/g de sedimento evidenciados nas amostras de sedimentos coletadas na Fábrica de tijolo, na Foz do Rio Chiloango e no Necuto à profundidade de 9 cm.

As cores dos microplásticos detetados nas amostras de sedimentos analisadas encontram-se evidenciados nas figuras 30 e 31. Nos fragmentos a cor mais predominante foi a cor transparente que foi evidenciado em maior parte dos fragmentos, enquanto que nas fibras, a cor mais predominante foi a cor preta seguida da cor azul.

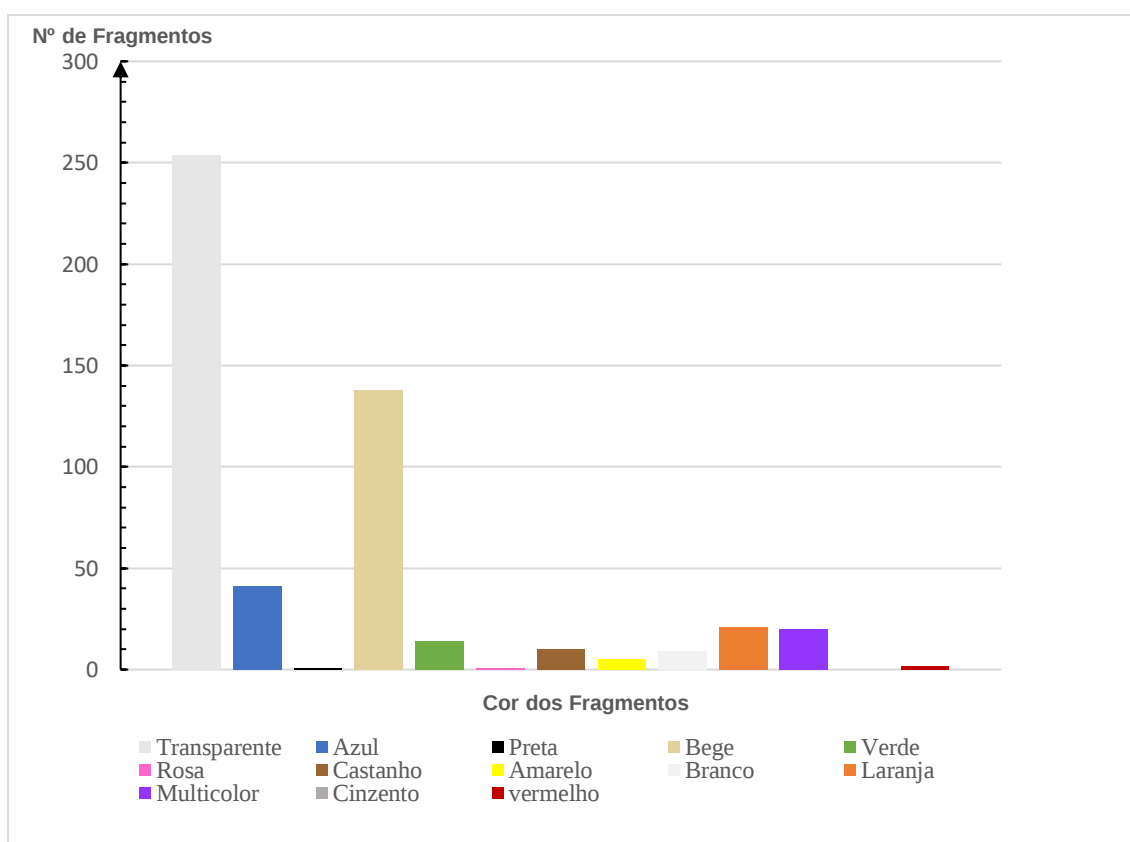


Figura 30- Cores predominantes dos Fragmentos detetados nos sedimentos.

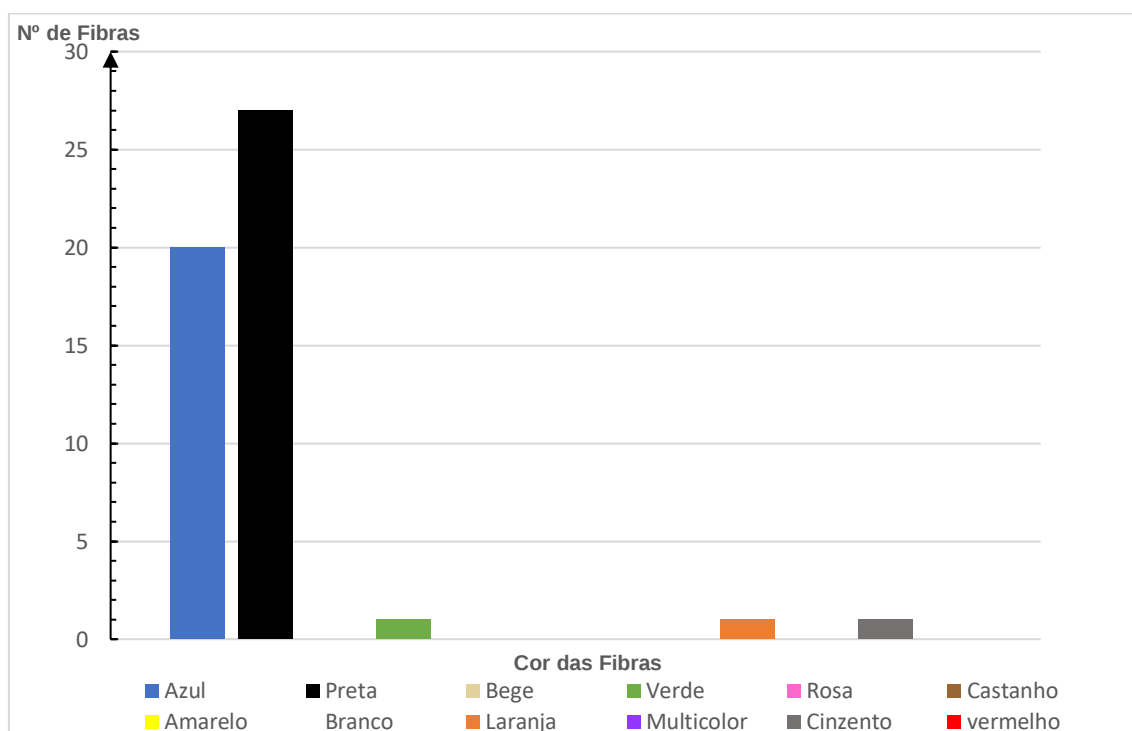
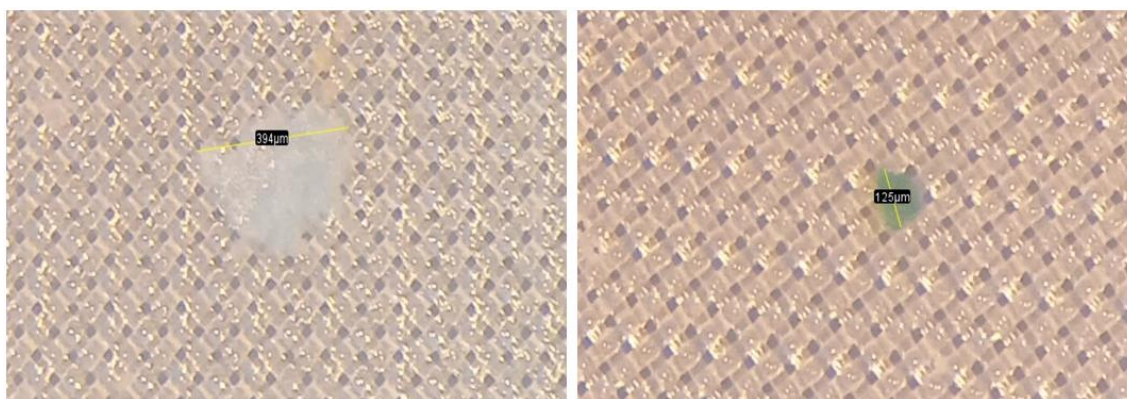


Figura 31 - Cores predominantes das Fibras detetados nos sedimentos.

A figura 32 apresenta alguns microplásticos detetados nas amostras de sedimentos. O tamanho dos fragmentos evidenciado nos tecidos variou de 85 μm a 1242 μm . Quanto as fibras, o tamanho variou de 193 μm a 2663 μm .



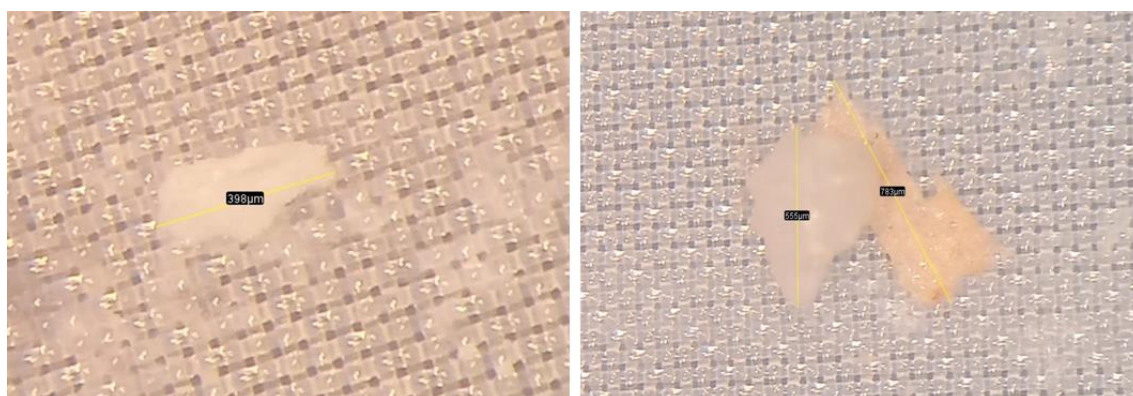


Figura 32 - Alguns registos de microplásticos evidenciados nas amostras de sedimentos.

3.3. Tratamento Estatístico das Amostras.

3.3.1. Tratamento Estatístico das Amostras de sedimentos.

As figuras 33 e 34, evidenciam as concentrações de fragmentos e fibras nas amostras de sedimentos.

Nos fragmentos constatou-se diferenças significativas, em que a foz apresentou concentrações mais elevadas comparativamente ao necuto ($p=0,003$).

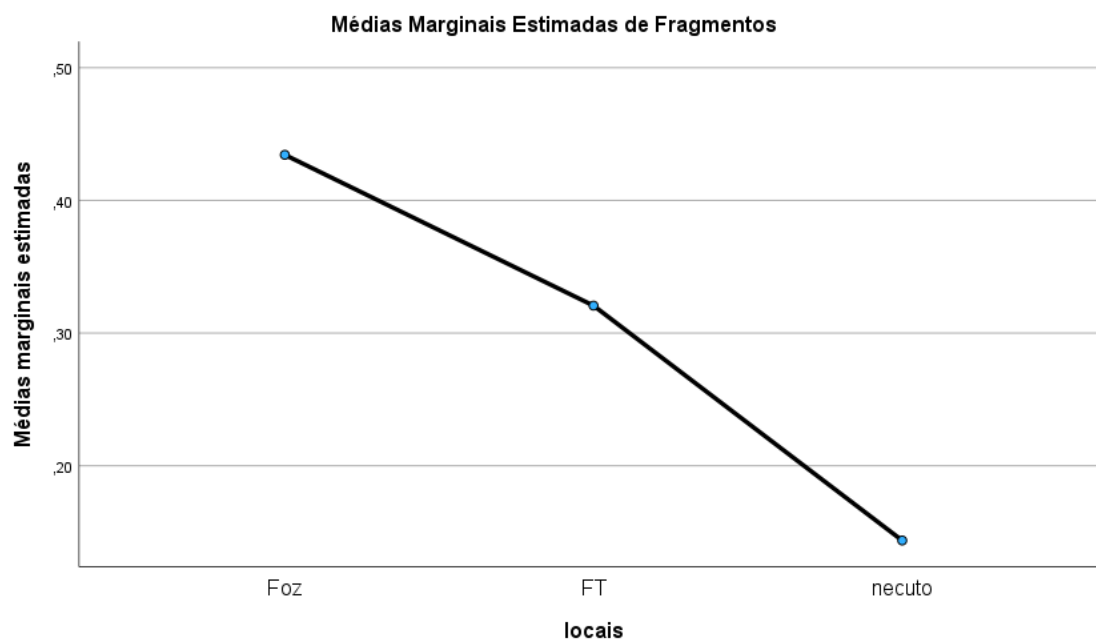


Figura 33 – Concentração média/g de fragmentos nas amostras de sedimentos

Nas fibras, também se constatou diferenças significativas, em que na Foz observou-se concentrações mais elevadas que na Fábrica de tijolo ($p=0,030$) e no necuto (0,018).

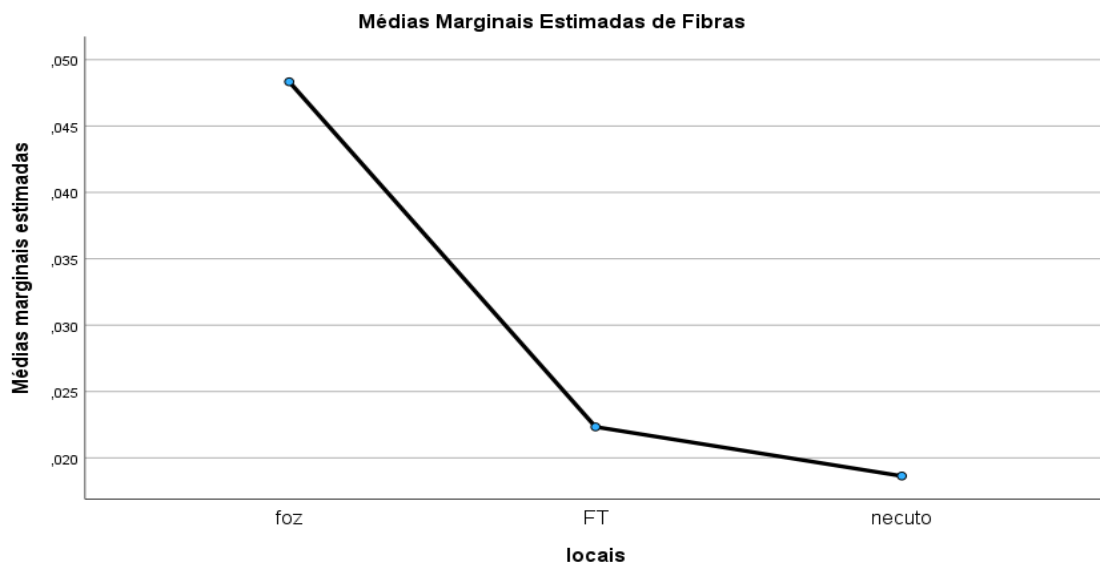


Figura 34 – Concentração média/g de fibras nas amostras de sedimentos.

3.3.2. Tratamento Estatístico das Amostras dos organismos.

As figuras 35 e 36 evidenciam as concentrações de fragmentos e fibras nos tecidos dos organismos amostrados na Foz do Rio Chiloango. Nos fragmentos constatou-se diferenças significativas, em que o tubo digestivo apresentou uma concentração de microplásticos superior a Mucosa dorsal ($p=0,016$). Ao passo que comparativamente as brânquias não apresentou uma diferença significativa ($p=0,380$).

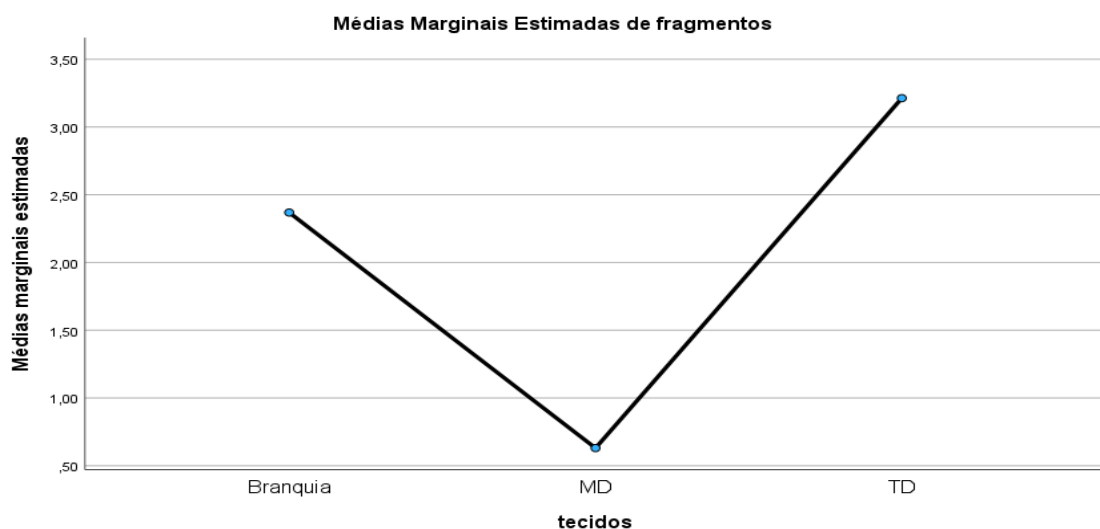


Figura 35 – Concentração média/g de tecido de fragmentos nas amostras dos organismos coletados na Foz do Rio Chiloango.

Na figura 36, relativa às concentrações fibras nas amostras não se constatou diferenças significativas entre os tecidos ($p=0,561$).

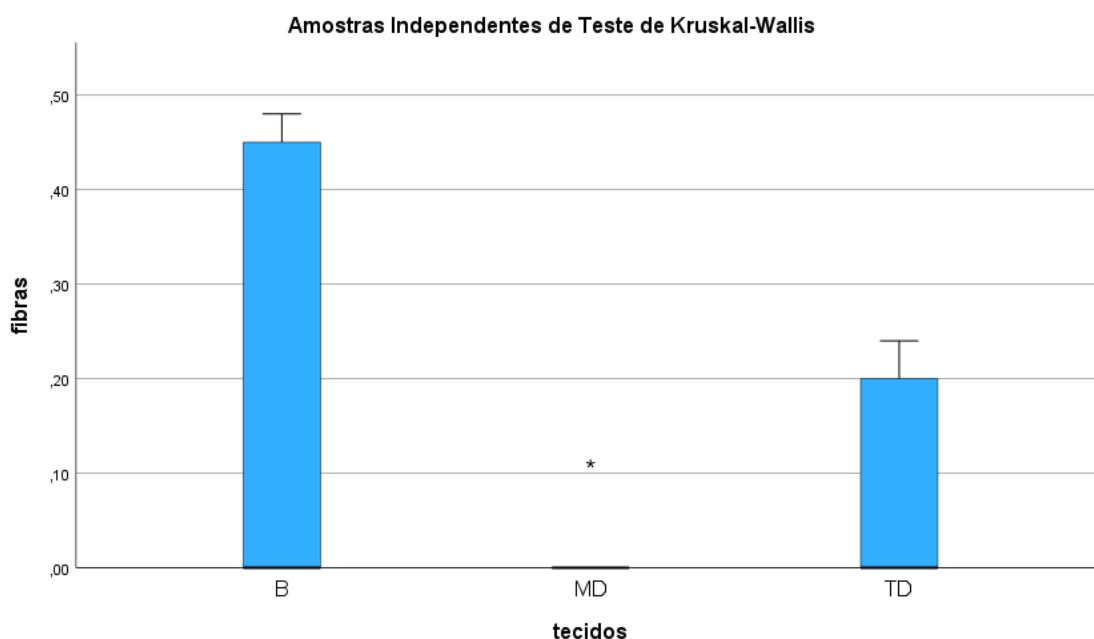


Figura 36 – Concentração média/g de tecido de fibras nas amostras dos organismos coletados na Foz do Rio Chiloango.

As figuras 37 e 38 evidenciam as concentrações de fragmentos e fibras nos tecidos dos organismos amostrados na Fábrica de Tijolo, com base no teste não paramétrico de Kruskal-Wallis. Em ambas as análises não se constatou diferenças significativas nas análises entre os tecidos, $p=0,490$ e $p=0,347$, respetivamente.

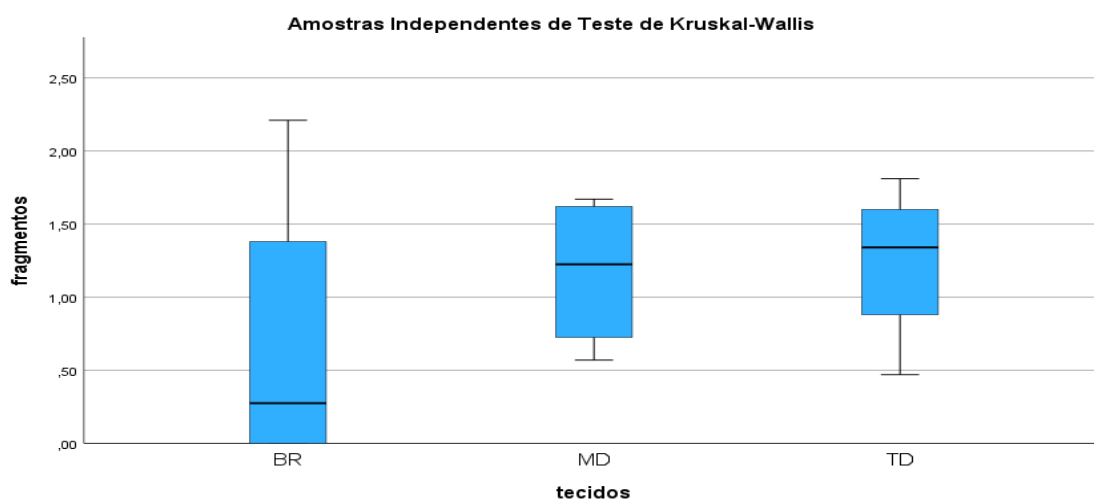


Figura 37 – Concentração média/g de tecido (Brânquias, Mucosa dorsal e Tubo digestivo) de fragmentos nas amostras dos organismos coletados na Fábrica de Tijolo

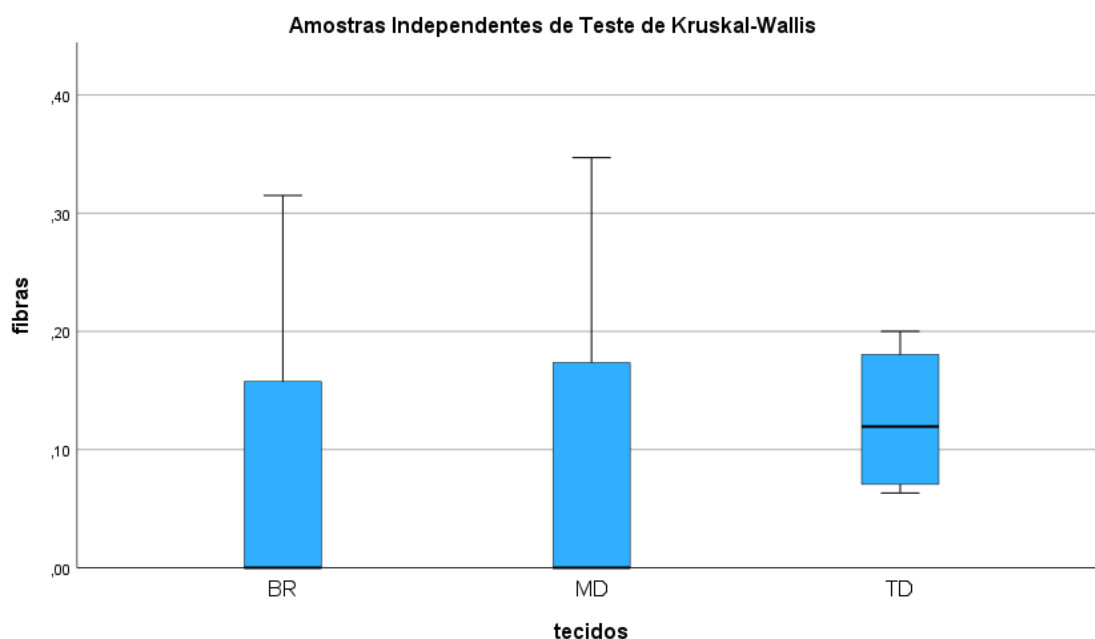


Figura 38- Concentração média/g de tecido (Brânquias, Mucosa Dorsal e Tubo Digestivo) das fibras nas amostras dos organismos coletados na Fábrica de Tijolo.

No âmbito da comparação mais aprofundada de tecidos, fez-se uma comparação mais detalhada entre tecidos dos dois pontos de amostragem. As figuras 39 e 40, evidenciam as análises feitas das concentrações de fragmentos e fibras, respetivamente, detetados nas brânquias dos organismos de ambos os pontos de amostragem. A comparação das brânquias dos dois pontos de amostragem, permitiu evidenciar diferenças significativas para concentrações de fragmentos nas brânquias ($p=0,049$),

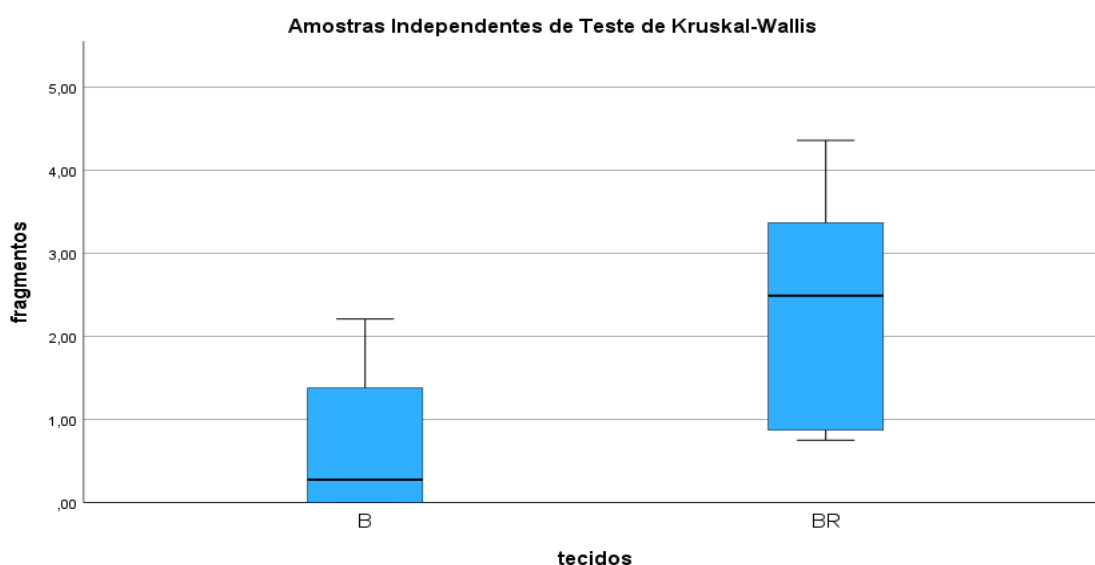


Figura 39 – Concentração média/g de tecido de fragmentos nas brânquias (B e BR) dos organismos coletados na Foz (B) e na Fábrica de Tijolo (BR).

Ao passo que nas fibras não se evidenciou diferenças significativas ($p=0,467$).

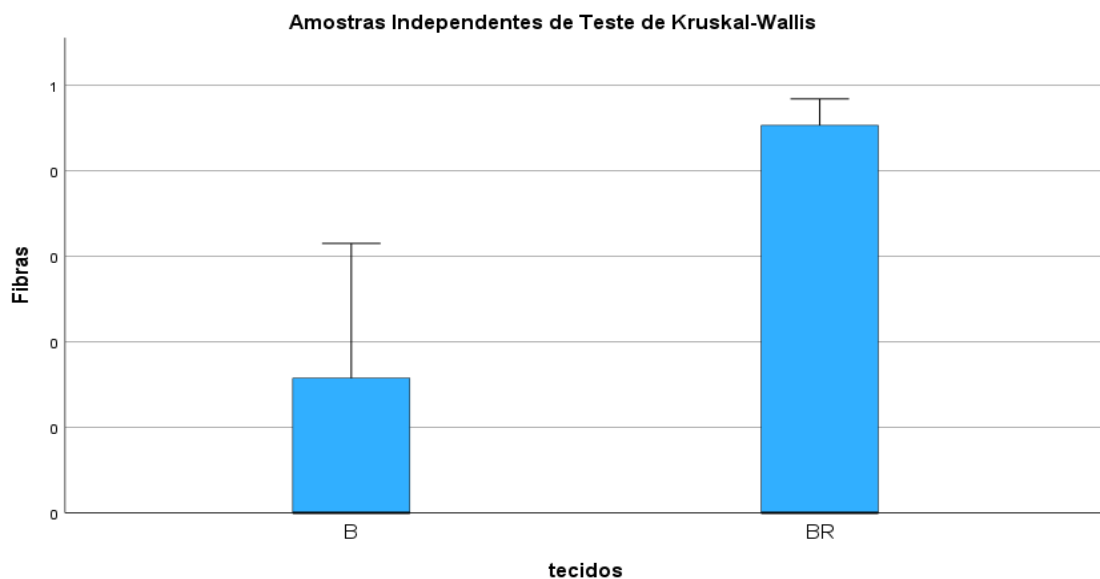


Figura 40 – Concentração média/g de tecido de fibras nas brânquias (B e BR) dos organismos coletados na Foz (B) e na Fábrica de Tijolo (BR).

As figuras 41 e 42, evidenciam as análises feitas das concentrações de fragmentos e fibras, respetivamente, detetados na mucosa dorsal dos organismos de ambos os pontos de amostragem. As análises dos fragmentos e das fibras da MD não demonstraram diferenças significativas ($p=0,86$) e ($p=0,737$).

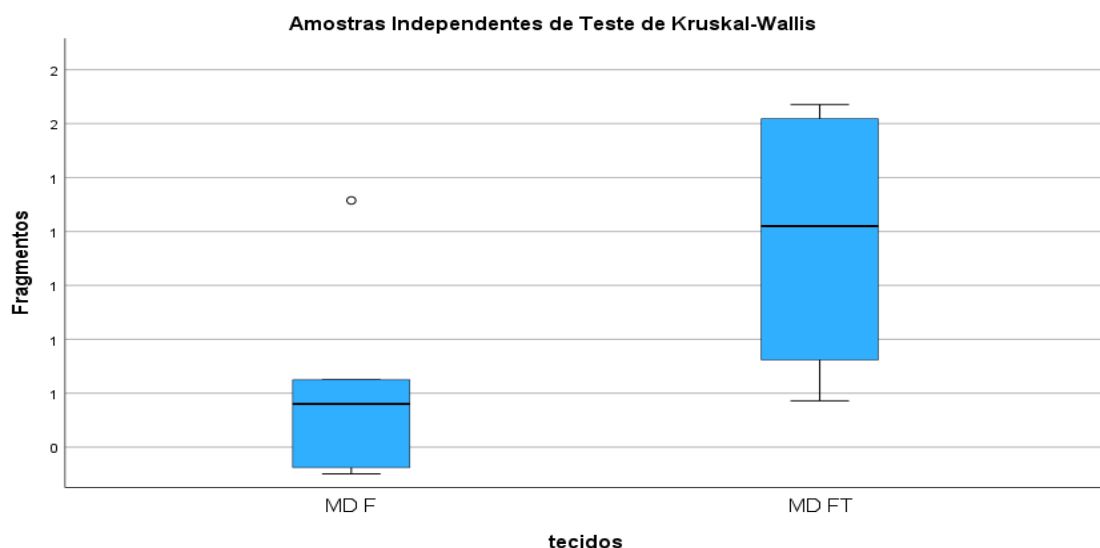


Figura 41 – Concentração média/g de tecido de fragmentos na mucosa dorsal dos organismos coletados na Foz (F) e Fábrica de Tijolo (FT).

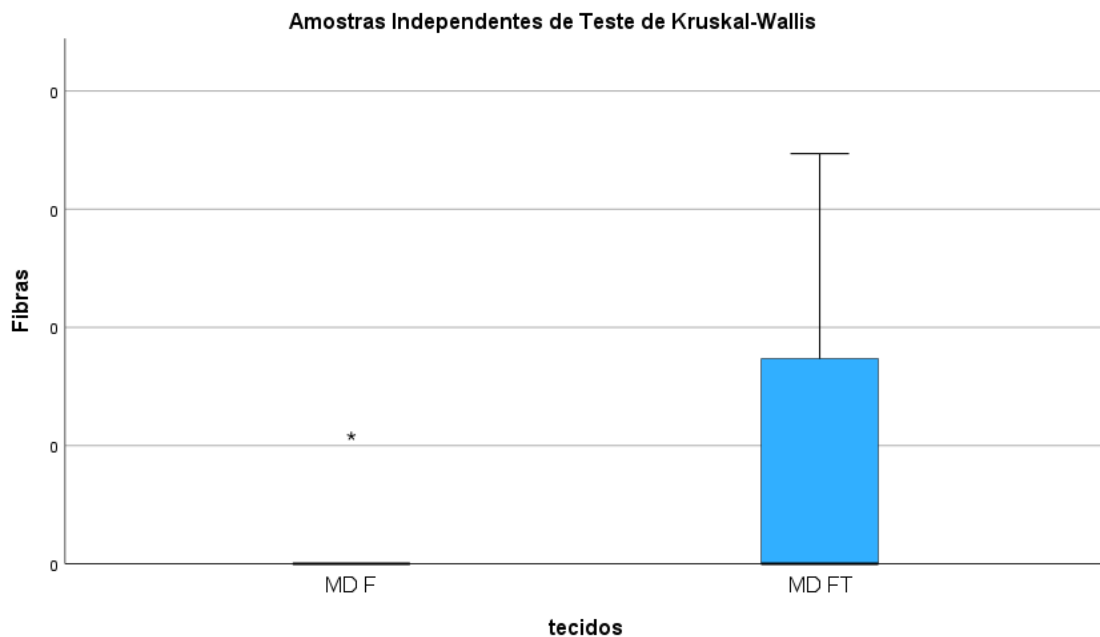


Figura 42 – Concentração média/g de tecido de fibras na mucosa dorsal dos organismos coletados na Foz (F) e na Fábrica de Tijolo (FT).

As figuras 43 e 44, evidenciam as análises feitas das concentrações de fragmentos e fibras, respetivamente, detetados no tubo digestivo dos organismos de ambos os pontos de amostragem. As análises feitas de fragmentos e fibras no TD dos organismos de ambos os locais de amostragem não evidenciou diferenças significativas, ($p=0,86$) e ($p=0,319$), respetivamente.

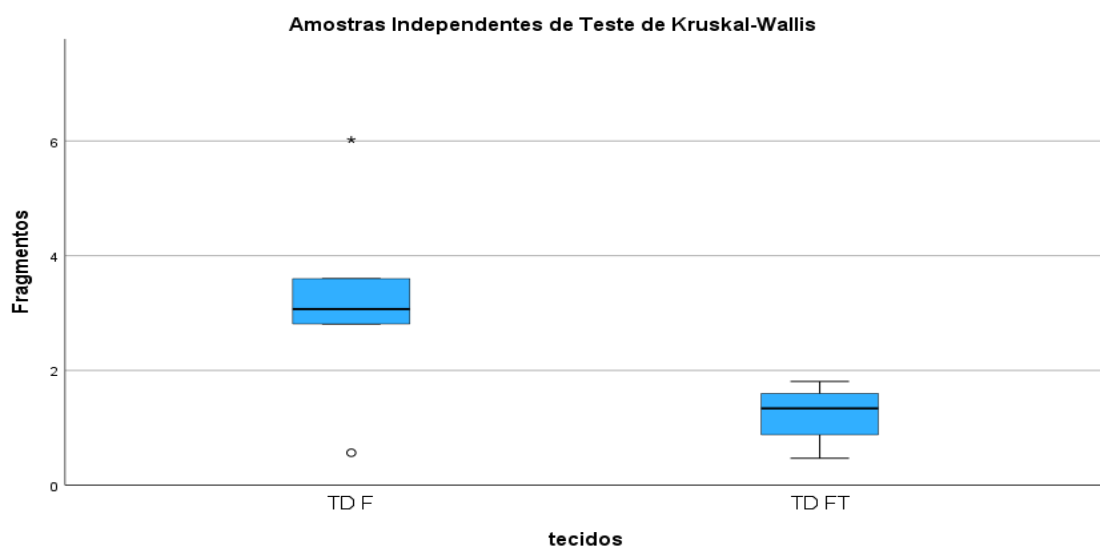


Figura 43 – Concentração média/g de tecido de fragmentos no tubo digestivo dos organismos coletados na Foz (F) e Fábrica de Tijolo (FT).

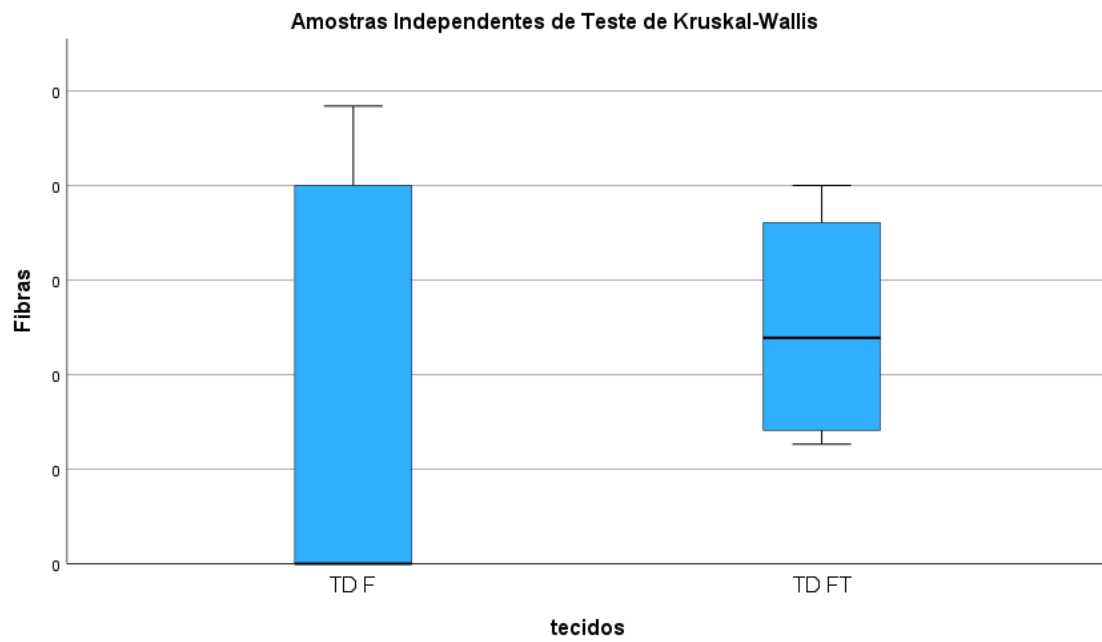


Figura 44 – Concentração média/g de tecido de fibras no tubo digestivo dos organismos coletados na Foz (F) e Fábrica de Tijolo (FT).

4. Discussão.

Atualmente, existem poucos estudos referentes à presença e distribuição de microplásticos em África. Esta escassez de informação referente a esta problemática dificulta a nossa compreensão sobre os riscos associados à poluição por microplásticos em África. Em Angola, até à presente data, apenas existe uma dissertação que aborda as metodologias de recuperação de microplásticos e um artigo de um estudo (feito em Luanda) das características e concentrações de microplásticos no tubo digestivo de peixe carapau. Não obstante a escassez de estudos realizados em África, aquando a revisão de toda literatura disponível, foi possível evidenciar que os estudos existentes também apresentaram divergências nas metodologias utilizadas bem como as unidades de medidas (19).

Relativamente às amostras de água coletadas, quase em todas amostras evidenciou-se a presença de microplásticos (Fragmentos e Fibras), com exceção das amostras coletadas na Fábrica de Tijolo e na saída da ETA (Água Tratada à Jusante). De realçar que apenas foram processadas 500 mL para cada ponto de amostragem, o que é limitado para análise. Idealmente, as amostras deveriam ter sido recolhidas com o auxílio de uma rede de plâncton e amostras compostas na ETA. A amostra que continha maior concentração de microplásticos é a amostra coletada na foz do rio Chiloango. Nesta zona não há registo de grande concentração de urbanização, mas estes dados são coerentes com a maior concentração (significativa do ponto de vista estatístico) de microplásticos observada também nos sedimentos deste local, em comparação com os outros pontos de amostragem

A coleta da amostra de sedimento na foz do rio Chiloango foi feita na praia (uma vez que o rio Chiloango desagua no mar). Geralmente nos sedimentos da praia, os microplásticos são transportados através das correntes das água, ondas, vento e atividades que sejam desenvolvidas a montante, o que poderá justificar a maior concentração de microplásticos em amostras de água e sedimentos.

Ao passo que a concentração de Fragmentos nas amostras evidenciou que há diferenças em ambos locais de coleta, sendo que a Foz apresentou a maior concentração de Fragmentos relativamente à Fábrica de tijolo e o Necuto. Também se constatou diferenças significativas entre a concentração de fragmentos na Fábrica de tijolo relativamente às amostras do Necuto.

As amostras de sedimentos coletadas apresentaram a presença de microplásticos em todos os pontos de amostragem. Nas amostras coletadas na fábrica de tijolo observou-se uma média de 343 microplásticos/kg de peso seco. Na foz do Rio Chiloango observou-se uma média de 483 microplásticos/kg de peso seco e nas amostras do Necuto foram observados uma média de 162,3 microplásticos/kg de peso seco.

Um estudo realizado num rio em África do Sul, o rio Vaal é principal afluente do rio Orange-Vaal, considerado o maior sistema de água doce desse país. Neste estudo foi evidenciado a presença de microplásticos variando de 29,12 a 1095,89 partículas/kg de peso seco, e uma média de cerca de 463,28 partículas/kg de peso seco. O presente estudo registou concentração de microplásticos da mesma ordem de grandeza dos reportados para os sedimentos do rio Vaal (20).

Outros estudos realizados na Tunísia e na China em que se analisou a presença de microplásticos nos sedimentos, em que, no estudo realizado na Tunísia (nos Lagos localizados na zona litorânea da costa norte) observou-se uma média de 316 microplásticos/kg de peso seco (21) e no estudo realizado na China (no rio Daliao) observou-se a concentração média mais elevada de 237 microplásticos/kg de peso seco (22).

Relativamente aos tecidos das espécies analisadas, quase todos apresentaram a presença de microplásticos, com exceção de duas brânquias (1 de cada espécie). Os resultados obtidos das análises feitas nos tecidos das espécies coletadas, foi possível constatar que em ambos os locais de amostragens, o trato digestivo foi o tecido que apresentou maiores concentrações de microplásticos relativamente aos outros tecidos em estudo e a mucosa dorsal apresentaram menor concentração de microplásticos. No trato digestivo das tainhas da Foz do rio se observou uma média de 3,30 microplásticos/g de tecido. Enquanto que nas brânquias e na mucosa dorsal se observou uma média de 2,556 e 0,65 microplásticos/g de tecido, respetivamente. Ao passo que nas espécies da fábrica de tijolo, no trato digestivo das tainhas se observou uma média de 1,45 microplásticos/g de tecido. Nas brânquias e na mucosa dorsal se observou uma média de 0,27 e 0,72 microplásticos/g de tecido, respetivamente. Nas brânquias, na mucosa dorsal e no trato digestivo das tilápias observou-se uma média de 1,27, 1,80 e 1,27 microplásticos/g de tecido, respetivamente.

Comparando ambas espécies, as tainhas apresentaram maiores concentrações de microplásticos relativamente as tilápias. Uma vez que as tainhas são peixes pelágicos que se alimentam também de detritos que retira das camadas mais profundas do mar

ou do rio, suscita-se que seja a razão que está na base da concentração mais elevada de microplásticos em relação as tilápias (15).

Um estudo recente foi realizado no Egipto (Rio Nilo), em que uma das espécies selecionadas para o estudo, foi a Tilápia, constatou-se que a média de microplásticos em 22 das 29 tilápias, presentes no trato digestivo foi de $4,5 \pm 4,9$. Uma outra espécie, o bagre, foi também analisada e constatou-se uma presença média de microplásticos por bagre de $4,7 \pm 1,7$ (20). Este estudo, apesar de ser muito interessante por incidir sobre uma espécie e um tecido que também foi utilizada no nosso estudo não pode ser utilizada como comparação, uma vez que a metodologia de análise da concentração utilizada (microplástico/indivíduo) é diferente da metodologia aplicada no presente trabalho (23).

Outro estudo, como o realizado na Costa do Gana em que se analisou a presença de microplásticos no Trato digestivo de 3 espécies pelágicas e demersais, em que a concentração média mais elevada foi de 40 microplásticos/kg por peixe. Apesar de também ser um estudo interessante por utilizar espécies pelágicas no seu estudo e ter sido realizado em África também não pode ser utilizado como comparação devido a sua metodologia de análise utilizada (microplástico/indivíduo) (24).

De forma global, um estudo realizado em Portugal, em que foi analisado as brânquias, mucosa dorsal e tubo digestivo do carapau, anchovas e sardinha europeia em que foram constatados microplásticos em todos os tecidos analisados. Neste estudo se evidenciou maior concentração de microplásticos no tubo digestivo das sardinhas europeias (4,8 MP/g de tecido). Nas Brânquias, evidenciou-se a maior concentração nas anchovas (4,93 MP/g de tecido). Relativamente à mucosa dorsal, a maior concentração foi evidenciada nas sardinhas (0,15 MP/g de tecido e um máximo de 2,9 MP/g de tecido).

De acordo com o estudo realizado em Luanda, as concentrações mais elevadas evidenciados no tubo digestivo de carapau, foi de 0,42 MP/g de tecido. 95% dos microplásticos detetados eram fibras e 5% eram fragmentos (26).

Em todos os estudos aqui evidenciados, foi notório que a predominância dos tipos de microplásticos detetados foram as fibras, ao passo que no presente estudo, foram detetados mais fragmentos relativamente às fibras em todas as amostras analisadas (26).

5. Conclusões e Perspetivas futuras.

Este trabalho teve como objetivo estudar a presença de microplásticos na BH do rio Chiloango, um dos principais rios da província de Cabinda, na qual é feita a captação de água de que abastece boa parte da população de Cabinda. O presente estudo permitiu confirmar a presença de microplásticos nas amostras de águas, peixes e sedimentos. Trata-se do primeiro estudo realizado na Província de Cabinda e no rio Chiloango. Além disso, é o primeiro estudo em Angola que teve o seu foco em 3 tipos matrizes diferentes para o estudo da presença de microplásticos. Este estudo servirá de base para trabalhos futuros em bacias hidrográficas Angolanas. Os dados aqui evidenciados são muito importantes para a avaliação da acumulação de microplásticos em tecidos, principalmente na mucosa dorsal que é consumido. De realçar que, os peixes utilizados neste estudo estão muito presentes na dieta da população da Província de Cabinda, e representam um papel ecológico e económico preponderante. Por questões técnicas, no presente estudo não foi possível fazer a identificação dos tipos de microplásticos através do FTIR, portanto, em trabalhos futuros será importante ter a confirmação dos tipos de microplásticos evidenciados nas amostras.

Angola carece de investigações sobre os microplásticos, é necessário um estudo muito mais aprofundado, bem como estudos de outros cursos de água doce para se entender a dimensão desta problemática em Angola.

As amostras utilizadas neste estudo foram coletadas no tempo de cacimbo (estação seca), e para um estudo mais aprofundado, é necessário que futuramente seja feita uma amostragem na estação chuvosa, para poder fazer um estudo mais completo envolvendo as duas estações que Angola possui e perceber se existem diferenças significativas e se as estações influenciam nas concentrações de microplásticos, como foi evidenciado em outros estudos feitos em África e no mundo.

O Rio Chiloango é muito importante para a população de Cabinda, uma vez que uma boa parte da população rural não tem acesso a água potável, e muitas das atividades do dia a dia são desenvolvidas diretamente no rio, o que influencia na contaminação dos cursos de Água. Por exemplo, a lavagem de roupa no rio, poderá libertar milhões de fibras nos cursos de águas, que contaminam as águas, e, que serão consumidas pelos organismos aquáticos que servem de alimento para população. Estas questões suscitam preocupação, uma vez que o nível de contaminação por plásticos nesta província, apesar do presente estudo, continua a ser ainda pouco documentado.

6. Referências Bibliográficas.

- 1- Conti, I., Simioni, C., Varano, G., Brenna, C., Costanzi, E., & Neri, L. (2021). Legislation to limit the environmental plastic and microplastic pollution and their influence on human exposure. *Environmental Pollution*. 288, 2-13. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2021.117708>
- 2- Vetrimurugan, V., Jonathan, M.P., Sarkar, S.K., Rodríguez-González, F., D. Roy, P., Velumani, S., & Sakthi, J.S. (2020). Occurrence, distribution and provenance of micro plastics: A large scale quantitative analysis of beach sediments from southeastern coast of South Africa. *Science of the Total Environment*. 746, 2-11. Disponível: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.141103>
- 3- Jung, S.Y., Sampath, V., Prunicki, M., Aguilera, J., Allen, H., LaBeaud, D., Veidis, Erika., Barry, M., Erny, B., Patel, L., Akdis, C., Akdis, M. & Nadeau, K. (2022). Characterization and regulation of microplastic pollution for protecting planetary and human health. *Environmental Pollution*. 315, 2-10. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2022.120442>
- 4- Nirmala, K., Rangasamy, G., Ramya, M., Shankar, U.V. & Rajesh G. (2023). A critical review on recent research progress on microplastic pollutants in drinking water. 222, 2-11. *Environmental Research*. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.envres.2023.115312>
- 5- Rai, M., Pant, G., Pant, K., Aloo, N.B., Kumar, G., Singh, B.H. & Tripathi (2023). Microplastic Pollution in Terrestrial Ecosystems and Its Interaction with Other Soil Pollutants: A Potential Threat to Soil Ecosystem Sustainability. *Resources*. 12(6), 67, 2-14. Disponível: <https://doi.org/10.3390/resources12060067>
- 6- Plastics Europe. (2023). Plastics- The fast Facts 2023. Disponível em: <https://plasticseurope.org/knowledge-hub/plastics-the-fast-facts-2023/>
- 7- Alimi, S. O., Fadare, O.O. & Okoffo. D. E. (2021). Microplastics in African ecosystems: Current knowledge, abundance, associated contaminants, techniques, and research needs. 755, 2-13. *Science of the Total Environment*. Disponível: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.142422>
- 8- Tirkey, A. & Upadhyay, B.S.L. (2021). Microplastics: An overview on separation, identification and characterization of microplastics. *Marine Pollution Bulletin*. 170, 2-12. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2021.112604>
- 9- Ashrafy, A., Liza, A.A., Islam, N.Md., Billah, M.Md, Arafat, T.S., Rahman, M.Md. & Rahman, M.S. (2023). Microplastics Pollution: A Brief Review of Its Source and

- Abundance in Different Aquatic Ecosystems. *Journal of Hazardous Materials Advances*. 9, 2-12. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.hazadv.2022.100215>
- 10- Akindele, O.E., Ehlers, M.S. & Koop, E.H.J. (2019). First empirical study of freshwater microplastics in West Africa using gastropods from Nigeria as bioindicators. *Limnologica*. 78, 2-9. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.limno.2019.125708>
- 11- Apetogbor, K., Pereao, O., Sparks, C. & Opeolu, B. (2023). Spatio-temporal distribution of microplastics in water and sediment samples of the Plankenburg river, Western Cape, South Africa. *Environmental Pollution*. 323, 2-9. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2023.121303>
- 12- Indústria Ambiente (2023). Disponível em: <https://www.industriaeambiente.pt/noticias/angola-produziu-distribuiu-mais-4-bilhoes-sacos-plasticos-2022/>
- 13- SWECO GRØNER (2005): A rapid water resources and water use assessment for Angola, National water sector management project activity c: final report. Luanda. Disponível via Development Workshop em: https://dw.angonet.org/lib_doc/rapid-water-resources-and-water-use-assessment-angola-report/
- 14- Francisco, J.G.C. (2018). A política internacional e a segurança da «água doce». (Tese de Doutoramento não publicada). Universidade Lusófona de Humanidades e Tecnologia, Portugal.
- 15- Governo Provincial de Cabinda (2016): Plano de Desenvolvimento da Província de Cabinda (Plano Diretor Municipal de Cacongo)
- 16- INRH: MINEA, (2014). Plano Nacional da Água. Vol I, Tomo 2, Ed. Coba, Luanda.
- 17- Lopes, C. (2022), Protocolos de amostragem e processamento de amostras para análise de microplásticos em matrizes ambientais
- 18- República de Angola (2011): Decreto Presidencial nº261/11 de 6 de Outubro
- 19- Alimi, S. O., Fadare, O.O. & Okoffo, D. E. (2021). Microplastics in African ecosystems: Current knowledge, abundance, associated contaminants, techniques, and research needs. *Science of the Total Environment*. 755(1), 2-11. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.142422>
- 20- Saad, D., Ndlovu, M., Ramaremba, G. & Tutu, H. (2022). Microplastics in freshwater environment: the first evaluation in sediment of the Vaal River, South Africa. *Heliyon*. 8, 2-7. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2022.e11118>

- 21-Abidli, S., Antunes, C.J., Ferreira, L.J., Lahbib, Y., Sobral, P. & El Menif, T.N. (2018). Microplastics in sediments from the littoral zone of the north Tunisian coast (Mediterranean Sea). *Estuarine, Coastal and Shelf Science*. 205, 1-9. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ecss.2018.03.006>
- 22-Xu, Q., Xing, R., Sun, M., Gao, Y. & An, L. (2020). Microplastics in sediments from an interconnected river-estuary region. *Science of the Total Environment*. 729. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.139025>
- 23-Khan, R. F., Shashoua, Y., Crawford, A., Drury, A., Sheppard, K., Stewart, K. & Sculthorp, T. (2020). The Plastic Nile': First Evidence of Microplastic Contamination in Fish from the Nile River (Cairo, Egypt). *Multidisciplinary Digital Publishing Institute*. 8(2), 2-13. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/toxics8020022>
- 24-Adika, A. S., Mahu, E., Crane, R., Marchant, R., Montford, J., Folorunsho, R. & Gordon, C. (2020). Microplastic ingestion by pelagic and demersal fish species from the Eastern Central Atlantic Ocean, off the Coast of Ghana. *Marine Pollution Bulletin*. 153. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2020.110998>
- 25-Lopes, C., Ambrosino, C. A., Figueiredo, C., Caetano, M., Santos, M.M., Garrido, S. & Raimundo, J. (2023). Microplastic distribution in different tissues of small pelagic fish of the Northeast Atlantic Ocean. *Science of the Total Environment*. 901, 2-11. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.166050>
- 26-Sparks, C., Coelho, P., Pedro, S., José, G., Vaz-Velho, F. & Nicolau, S. (2023). Characteristics and concentrations of microplastics in Horse Mackerel guts off the coast of Angola. *Social Science Research Network*. Disponível em: <https://dx.doi.org/10.2139/ssrn.4332429>