U.PORTO

FEP FACULDADE DE ECONOMIA UNIVERSIDADE DO PORTO

DESENVOLVIMENTO DE UMA METODOLOGIA PARA A AVALIAÇÃO DOS MICROPLÁSTICOS LIBERTADOS PELO CENTRO DE TRIAGEM – LIPOR

Marta Silva Carvalho

Orientado por:

Professor Doutor António José Guerner Dias

Relatório de estágio

Mestrado em Economia e Gestão do Ambiente

2020/2021

Aos meus pais.

Agradecimentos

Este trabalho exigiu muita dedicação e motivação que sem o apoio de todos os que me acompanharam nesta etapa, seria bem mais complicado.

Começo por agradecer à Faculdade de Ciências da Universidade do Porto, que financiou e facultou todos os equipamentos que necessitei. Em especial ao Paulo Ferreira, que me ajudou com todas as adversidades no laboratório e à Professora Helena Ribeiro pela sua disponibilidade e ajuda no processo inicial deste estágio.

À LIPOR, por me receber e proporcionar um estudo numa área que tanto me interessa, com um agradecimento especial à Engª Rosário Faria pela sua generosidade e estendo o agradecimento à Engª Patrícia Carvalho que lidou de perto com o processo deste estudo.

Agradeço também ao Professor António Guerner pela orientação e pelas críticas construtivas que me fizeram evoluir e que contribuíram para esta realização académica e pessoal.

Muito obrigada aos meus amigos, por estes cinco anos de apoio mútuo e por tornarem o mundo mais bonito de cada vez que os encontro. Em especial a ti, Sara, por toda a amizade e, sobretudo, pelo companheirismo entre nós. E a ti, Simão, que partilhaste comigo inúmeros momentos de incerteza e me fizeste acreditar nas minhas capacidades até ao último dia.

Agradeço à Andreia e à Xana pelas importantes dicas e à Cat, que acompanha, desde sempre, todos os meus anseios.

Na vida não há nada melhor que a família e, dessa forma, obrigada ao Tio Zé e à Tia Dete, por tornarem a sua casa uma casa de todos aqueles que me fazem bem e que tornaram os momentos menos bons em momentos felizes. Aos meus primos(as), que são os melhores do mundo, particularmente à Su, pela preocupação e pelo amparo.

Um obrigada gigante não é suficiente para partilhar a gratidão pelos Pinós, JJ, Ana e Maria João, sem a vossa contribuição a conclusão desta fase não teria sido possível.

Ao meu irmão que me proporcionou todas as minhas conquistas, pelos ideais de exemplo para mim e pela força recíproca que existe entre nós.

Aos meus pais que, mesmo longe, tenho a certeza de que o orgulho é muito e, por isso, esta etapa é especialmente dedicada a vocês.

De mim, a minha gratidão, OBRIGADA.

Resumo

Os microplásticos são um dos problemas ambientais a necessitar de resolução com maior urgência nos dias de hoje. Podem estar presentes no meio ambiente na forma de micropartículas produzidas no tamanho que as caracteriza ou resultantes da degradação de plásticos de maior dimensão. A maioria dos estudos sobre este poluente tem-se concentrado no ambiente marinho, no entanto, não deve ser ignorado que a sua origem provém, em grande parte, de fontes terrestres. Neste sentido, a LIPOR mostrou interesse em entender quais as quantidades libertadas de microplásticos, devido à triagem dos resíduos plásticos no seu Centro de Triagem.

No presente estudo desenvolveu-se uma metodologia que permitiu entender, não só quais as quantidades potenciais de microplásticos presentes dentro da instalação, como também perceber a capacidade de dispersão dos mesmos para o meio ambiente, tendo em conta as suas diferentes tipologias.

Além desta metodologia, que assume uma vertente quantitativa, foi associada uma análise qualitativa, que teve como propósito reunir um conjunto de medidas a aplicar na estratégia da empresa para diminuir o seu impacte nesta temática: medidas de prevenção e de mitigação, bem como a inclusão deste tema no Sistema de Gestão Ambiental.

A metodologia implementada permitiu obter resultados que possibilitaram um melhor conhecimento da matéria, originando a criação de um método base para o futuro. Foram obtidos resultados que possibilitaram concluir que a quantidade e, sobretudo, a tipologia de plásticos presentes no Centro de Triagem influencia as quantidades e tipologias de microplásticos que são libertados. Também tornaram possível concluir que o PET é o material com menor tendência a originar micropartículas e que o EPS e Plásticos Filme são as tipologias cujas micropartículas foram mais encontradas. Conclusões estas, que foram relacionadas com as diferentes características dos materiais.

Identificou-se como vantagem para a LIPOR, num cenário de negócio em constante mudança, a capacidade de se antecipar às expectativas do futuro, criando uma mais-valia no presente, com a implementação das medidas de Gestão Ambiental propostas e a inclusão dos microplásticos no seu relatório integrado e na lista de Aspetos e Impactes Ambientais.

PALAVRAS-CHAVE: Gestão ambiental, Microplásticos, Prevenção, Mitigação, Tipologia de microplásticos.

Abstract

Microplastics are one of the environmental problems that need to be more urgently addressed today. They may be present in the environment in the form of microparticles produced in the size that characterizes them or resulting from the degradation of larger plastics. Most studies on this pollutant have been focused on the marine environment, however, it should not be ignored that its origin comes largely from terrestrial sources. In this sense, LIPOR has shown interest in understanding the quantities of microplastics released due to the sorting of plastic waste in its Sorting Centre.

In this study, a methodology is presented which allow us to understand the potential amounts of microplastics present within LIPOR facilities alongside their dispersion capacity for the external environment, taking into account their different typologies.

In addition to this methodology, which assumes a quantitative aspect, a qualitative analysis was associated aiming at gathering a set of measures to be applied in the company's strategy to reduce microplastics' impact: prevention and mitigation measures, as well as the inclusion of this matter in the Environmental Management System of the company.

The methodology implemented allowed us to obtain results that permitted a better knowledge of the subject, leading to the creation of a basic method for the future. The obtained results showed that the quantity and, above all, the typology of plastics present in the Sorting Centre influences the amounts and typologies of microplastics that are released. It was also possible to conclude that PET is the material with the least tendency to originate microparticles and that EPS and Film Plastics are the typologies whose microparticles were most found. These conclusions were related to the different characteristics of the input materials.

A competitive advantage has been identified for LIPOR: in an ever-changing business scenario, the ability to anticipate the expectations of the future is a key for companies' success. By creating an added value in the present, with the implementation of the proposed Environmental Management measures and the inclusion of microplastics in its integrated report and in the list of Environmental Aspects and Impacts.

KEYWORDS: Environmental management, Microplastics, Prevention, Mitigation, Microplastics Typology.

Índice

Agradecimentos II

Resumo III

Abstract IV

Índice de Figuras VII

Índice de Tabelas IX

Lista de abreviaturas X

1. Introdução 1

1.1- Enquadramento do Tema e Desafios 1

1.2- Objetivos e Pertinência do Tema 5

1.2.1-Questões de Investigação 6

1.3- Estrutura do Relatório 6

2. Entidade de acolhimento 8

2.1- Centro de Triagem - LIPOR 9

3. Revisão de Literatura 13

3.1- Resíduos 13

3.2- Plásticos 15

3.3- Microplásticos 21

3.3.1- Fontes 24

3.3.2- Impactes Ecológicos e Socioeconómicos 27

3.3.3- Recolha e análise 30

3.3.4- Medidas de prevenção e mitigação 34

3.3.5- Políticas Ambientais 38

4. Metodologia 42

4.1- Abordagem Metodológica 42

4.2- Plano de trabalhos 43

5. Resultados e Discussão 52
5.1- Massa total e massa de microplásticos 53
5.1.1- Correlação entre massa da amostra e massa de microplásticos 54
5.2- Contribuição do número de partículas de microplástico 56
5.3- Tipologia dos Microplásticos 58
5.3.1- Comparação dos resultados dos amostradores internos e externos 61
5.4- Extrapolação da amostra para o CT 66
5.4.1- Comparação dos resultados de microplásticos com os dados do CT 69
5.5- Caracterização das partículas de microplástico 72
6. Propostas de medidas para melhoria do desempenho ambiental da LIPOR 74
6.1- Medidas de Prevenção e Mitigação 74
6.2- Inclusão da temática no Sistema de Gestão Ambiental 78
6.3 Implicações e Benefícios 85
7. Conclusão 87
7.1- Limitações e linhas de investigação futuras 89
8. Referências bibliográficas 91
9. Legislação consultada 98
10. ANEXOS 99
Anexo I 99
Anexo II 106
Anexo III 107
Anexo IV 109
Anexo V 111

Índice de Figuras

Figura 1 - Sistema Internacional de Unidades de Comprimento. 2
Figura 2 - Da Economia Linear para a Economia Circular. 3
Figura 3 - Esquematização do processo de funcionamento do CT. 10
Figura 4 - Caracterização física dos resíduos urbanos em Portugal Continental, no ano de 2019. 14
Figura 5 - Distribuição por tipo de plásticos. 16
Figura 6 - Distribuição do uso de plástico na Europa em 2018. 17
Figura 7 - Destino dado aos resíduos de plástico produzidos na Europa em 2018. 17
Figura 8 - Objetivos do Pacto Português para o Plástico em 2020. 18
Figura 9 - Simbologia dos diferentes tipos de plásticos. 19
Figura 10 - Microplásticos presentes em cosméticos - microesferas - microplásticos primários (A) e fragmentos de plásticos - microplásticos secundários (B) 22
Figura 11 - Pellets (A); Fibras (B); Espumas (C). 22
Figura 12 - Esquema Ilustrativo da cadeia produtiva de microplásticos. 23
Figura 13 - Aplicação *Beat the Microbead*. 25
Figura 14 - Partículas de microplástico encontradas no organismo de um peixe. 28
Figura 15 - Esquema da relação dos impactes ecológicos e socioeconómicos. 30
Figura 16 - Luvas de Sumo (A) e Bandejas de Recolha (B). 36
Figura 17 - Tampas de drenagem das águas pluviais (A) e *Skimmers* de superfície (B). 37
Figura 18 - Preparação dos amostradores. 45
Figura 19 - Esquematização dos pontos de amostragem na LIPOR. 46
Figura 20 - Tipos de amostras obtidas. 47
Figura 21 - Tratamento das amostras de água com sedimentos de microplásticos. 48
Figura 22 – Lupa binocular utilizada para a análise das amostras. 49
Figura 23 - Massa total da amostra recolhida em cada amostrador. 53
Figura 24 - Massa de microplásticos obtida nas amostras após identificação e separação dos mesmos. 53
Figura 25 - Gráfico de correlação entre a massa total e a massa de microplásticos. 55
Figura 26 - Número de microplásticos em cada amostrador nas três amostragens. 57
Figura 27 - Gráficos da soma do número de microplásticos dos amostradores internos, por tipologia de microplásticos, para o mês de fevereiro, março e abril. 59

Figura 28 - Gráfico da soma do número de partículas de microplástico encontradas nos quatro amostradores internos (1, 4, 7 e 10) nas três amostragens (A) e gráfico da soma das massas das partículas de microplástico encontradas nos amostradores internos nas três amostragens (B), por tipologia de microplásticos. 62
Figura 29 - Gráfico da soma do número de partículas de microplástico encontradas nos doze amostradores externos (2, 3, 5, 6, 8, 9, 11, 12, 13, 14, 15 e 16) nas três amostragens (A) e gráfico da soma das massas das partículas de microplástico encontradas nos amostradores externos nas três amostragens (B), por tipologia de microplásticos. 62
Figura 30 - Esquema da posição dos amostradores internos com a quantidade e tipologia de microplásticos encontrados. 64
Figura 31 - Esquema da posição dos amostradores externos com a quantidade e tipologia de microplásticos encontrados. 65
Figura 32 -Esquematização das áreas consideradas na extrapolação dos resultados para o CT e a sua envolvente. 68
Figura 33 - Gráfico comparativo do número de fardos produzidos no CT (CT) com a soma do número de partículas de microplástico encontradas nos quatro amostradores internos (m), por cada mês de amostragem. 71
Figura 34 - Exemplos de partículas de microplástico encontradas: Plástico Filme (A); PET (B); EPS (C); PEAD (D); Outros (E). 73
Figura 35 - Requisitos GRI 306-1 81
Figura 36 - Requisitos GRI 306-2 81

Índice de Tabelas

Tabela 1 - Exemplos de plásticos por tipologia que podem chegar ao CT. 11
Tabela 2 - Fonte de microplásticos: cosméticos e produtos de higiene. 24
Tabela 3 - Fonte de microplásticos: fibras de tecidos sintéticos. 25
Tabela 4 - Fonte de microplásticos: pneus. 26
Tabela 5 - Fonte de microplásticos: plásticos de maiores dimensões. 26
Tabela 6 - Massa média das partículas por tipologia de microplásticos. 52
Tabela 7 - Média de microplásticos na amostra total. 56
Tabela 8 - Tipologia de microplásticos por amostrador 58
Tabela 9 - Massa potencial de microplásticos libertados dentro do CT em fevereiro, março e abril 67
Tabela 10 - Massa potencial de microplásticos que chegam à área envolvente, até 22 m do perímetro do CT, em fevereiro, março e abril. 68
Tabela 11 – Comparação dos dados do CT com os resultados relativos aos microplásticos 70
Tabela 12 - Medidas de prevenção propostas. 75
Tabela 13 - Medidas de mitigação propostas. 76
Tabela 14 - Resumo da análise de Relatórios de sustentabilidade (S) e integrados (I) 79

Lista de abreviaturas

Unidades	
µm	Micrómetro
cm	Centímetro
g	Grama
m	Metro
m²	Metro quadrado
mg	Miligrama
mm	Milímetro
t	Tonelada
Tipos de plástico	
EPS	Poliestireno expandido
PE	Polietileno
PEAD	Polietileno de alta densidade
PEBD	Polietileno de baixa densidade
PET	Polietileno tereftalato
PP	Polipropileno
PS	Poliestireno
PVC	Policloreto de vinil
Siglas	
APA	Agência Portuguesa do Ambiente
APCER	Associação Portuguesa de Certificação
APIP	Associação Portuguesa da Indústria de Plásticos
CT	Centro de Triagem
DP	Desvio padrão
EuPC	*European Plastics Converter*
GRI	*Global Reporter Iniciative*
IIRC	*International Integrated Reporting Council*
IPMA	Instituto Português do Mar e da Atmosfera
ISO	Organização Internacional de Normalização
LIPOR	Serviço Intermunicipalizado de Gestão de Resíduos do Grande Porto
NOAA	Administração Nacional Oceânica e Atmosférica dos Estados Unidos
P. Filme	Plástico Filme
P. Mistos	Plásticos Mistos
PERSU	Plano Estratégico dos Resíduos Sólidos Urbanos
REACH	Regulamento relativo ao registo, avaliação, autorização e restrição dos produtos químicos
SASB	*Sustainability Accounting Standards Board*
SGA	Sistema de Gestão Ambiental
UE	União europeia

1. Introdução

1.1- Enquadramento do Tema e Desafios

As questões ambientais são um dos temas centrais do debate social de hoje, desde o problema das alterações climáticas, à sobre-exploração de recursos, ou à perda de biodiversidade, bem como o uso excessivo de plástico pelos consumidores e a visão do mesmo como um material descartável.

Os plásticos são materiais que vieram tornar mais prático o modo de vida das sociedades e que fazem parte da atividade diária de praticamente todos os setores, pois são muito versáteis, alguns duráveis, económicos e possibilitam inúmeras inovações tecnológicas. No entanto, este material revolucionário, apesar das inúmeras vantagens, lentamente se evidenciou como uma ameaça ambiental à escala global, particularmente devido à forma como é utilizado: uso único e descartável. Atualmente, é indiscutível o quão nocivos estes materiais são para o meio ambiente e, consequentemente, para a saúde humana. Em 2017, um estudo estimou que o uso excessivo de plástico já tinha acumulado no meio ambiente cerca de 5 gigatoneladas de resíduos, o que equivale a cerca de 60% de todo o plástico produzido (Geyer, Jambeck, & Law, 2017).

Os plásticos podem ser encontrados sob a forma de partículas de diversas dimensões, e é necessário caracterizá-las e padronizá-las. Esta é uma área de pesquisa que se tem intensificado nos últimos anos, mas ainda sem consenso na comunidade científica relativamente a metodologias de padronização, recolha e análise. Genericamente, os plásticos podem ser categorizados em cinco diferentes classes: megaplásticos para plásticos maiores que 50 centímetros (cm); macroplásticos se forem entre 5 e 50 cm; mesoplásticos entre 0,5 e 5 cm, microplásticos para micropartículas de 1 micrómetro (μm) a 5 milímetros (mm) e, ainda, os nanoplásticos para partículas menores que 1 μm, ou seja, na ordem dos nanómetros (nm) ou inferiores (J. P. G. L. Frias & Nash, 2019). Cada uma destas subcategorias é discutida por diferentes autores, com diversas opiniões, sem que se chegue a um consenso sobre as suas características, sobretudo no que ao tamanho diz respeito. Como suporte de compreensão é fornecida uma escala auxiliar (Figura 1).

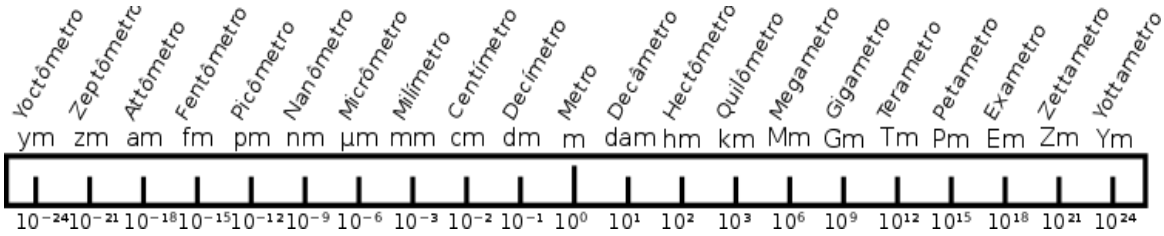


Figura 1 - Sistema Internacional de Unidades de Comprimento.
(Fonte: Admar, 2014)

Independentemente da dimensão, o aumento da utilização de plástico e o descarte incorreto do mesmo, seja causado por comportamentos irresponsáveis ou inadequadas práticas de gestão ambiental, tem vindo a provocar uma acumulação de partículas de menores dimensões no meio ambiente. O foco do presente estudo são os microplásticos. Apesar da discussão na comunidade científica relativamente às medidas inferiores e superiores dos microplásticos, para efeitos da presente investigação considera-se microplástico como: uma partícula de plástico com dimensão de 1 µm (0,0001 cm) a 5 mm (0,5 cm) (J. P. G. L. Frias & Nash, 2019).

Os microplásticos podem existir no meio ambiente nomeadamente de duas formas. Se por um lado, surgem como plásticos de maior dimensão que posteriormente se desintegram em partículas de menores dimensões, devido a diferentes agentes (designados de microplásticos secundários), podem também manifestar-se como micropartículas de plástico que são já produzidas com esse tamanho (designadas como microplásticos primários) (Cole, Lindeque, Halsband, & Galloway, 2011).

Existem inúmeros estudos que se focam nos riscos físicos e químicos que os microplásticos podem causar no ambiente e nos organismos vivos, sobretudo direcionados para o ecossistema marinho. Esses estudos têm vindo a estender o seu foco para outros elementos do meio (solo e ar) e a avaliar diferentes impactes, como os possíveis efeitos na saúde humana. Admitindo as características dos plásticos, duráveis e resistentes, a sua permanência no meio pode ser muito longa e, no caso dos microplásticos, de fácil propagação devido à massa e tamanho reduzidos. Além disso, conforme o plástico se vai degradando, as partículas de microplástico vão-se tornando cada vez menores e em maior quantidade (Sobral, Frias, & Martins, 2011). Também devido a este tamanho diminuto, tanto a caracterização como a quantificação no meio ambiente são um desafio. Tal como aludido, mesmo que esta temática seja alvo de intensa pesquisa académica, ainda não existem formas padronizadas para a recolha, análise e quantificação destas micropartículas, sobretudo quando é o ar ambiente ou ar exterior o analisado (Klein & Fischer, 2019).

Contrariamente aos plásticos de maior dimensão, que podem ser retirados do meio ambiente e encaminhados para um processo de reciclagem (com as suas dificuldades associadas), tal modelo operativo não é viável para as micropartículas, devido ao eu tamanho diminuto. O que torna pertinente a implementação de medidas de mitigação ao impacte ambiental associado aos microplásticos e a importância de precaver e criar metodologias que reduzam a sua emissão para o meio ambiente (Silva et al., 2018). Isto torna fundamental a gestão dos microplásticos na transição do modelo de economia linear para a economia circular (Figura 2) e na implementação de sistemas compatíveis com a sustentabilidade ambiental.

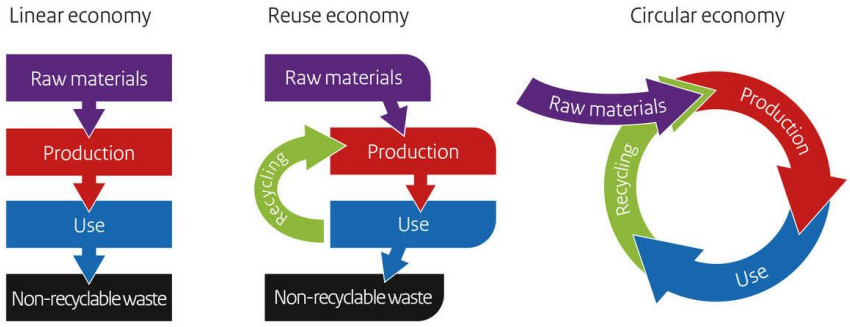


Figura 2 - Da Economia Linear para a Economia Circular.
(Fonte: Site oficial do Governo dos Países Baixos)

Nesta era de mudança, é muito importante garantir que as soluções, que se entendem como adequadas, se baseiam e consideram a sustentabilidade e que esta é tida em consideração ao longo de todo o ciclo de vida do produto. Daí o peso das iniciativas que envolvam as empresas produtoras, que têm um papel fulcral no início do ciclo ao definirem a maneira como o produto é pensado e idealizado (o seu *design*), de forma a ser reintegrado na economia quando está finalizado o propósito para o qual foi produzido (Ferraboli, Carolize Maria Manfé, Pazmino, 2007). Seja por estratégia empresarial, por uma potencial vantagem competitiva perante as partes interessadas, por cumprimento de regulação direta ou, simplesmente, por verdadeira inquietação, atualmente as iniciativas sustentáveis estão a transformar os mercados e a criar mudança nos padrões de consumo das sociedades.

A LIPOR (Serviço Intermunicipalizado de Gestão de Resíduos do Grande Porto), atua na área de mercado ligada ao ambiente e à sustentabilidade e, agregado a isso e o mais relevante para este estudo, realiza triagem de resíduos plásticos. O presente estudo resulta do interesse da LIPOR em obter mais dados e informações que relacionem esta atividade da empresa com a produção de microplásticos.

Esta preocupação surgiu, essencialmente, com base num questionário (Anexo I) enviado para a LIPOR pela Associação Portuguesa da Indústria de Plásticos (APIP), da autoria da

European Plastics Converter[1] (EuPC) com o título "*Introduction to survey on plastics pellet/powder loss assessment, monitoring and indicators*". Segundo a APIP, o questionário foi enviado em linha de contribuição com o seu programa *Operation Clean Sweep* (OCS)[2], que visa impedir a perda de micropartículas de plástico para o meio ambiente e é direcionado para entidades produtoras de matérias-primas plásticas (APIP & PlasticsEurope, 2020).

Apesar da LIPOR não estar diretamente incluída na área das empresas onde esse programa se foca e sabendo que a avaliação das resinas de plástico libertadas não é de carácter obrigatório, mostra um interesse acrescido em explorar o assunto para além de inquéritos, uma vez que, na triagem de resíduos plásticos, manuseia grandes quantidades deste material. A empresa considera fundamental obter o máximo de dados possíveis, numa criação de valor e ambição futura para evitar diversos impactes originados pela sua atividade. Além do mais, é esperado que, no âmbito do *Green Deal*, a Comissão Europeia desenvolva novas políticas ambientais que aspirem controlar a libertação de microplásticos para o meio ambiente (Comissão Europeia, n.d.-b).

No âmbito deste estudo e de forma a servir de suporte ao presente documento, as tarefas desempenhadas culminaram no desenvolvimento de uma metodologia inovadora para a avaliação e quantificação dos microplásticos que são libertados durante as atividades do Centro de Triagem (CT) da LIPOR. Esta avaliação pretendeu propor sugestões de medidas de gestão adequadas para a empresa. Complementarmente, de uma forma sucinta, foram realizadas recolhas de amostras de microplásticos com o objetivo de elevar o conhecimento sobre os mesmos e, assim, definir as estratégias mais apropriadas para o seu controlo, como uma mais-valia a este estudo e ao trabalho operacional da empresa. Indicadores de teor mais prático-científico vêm permitir a avaliação da situação atual e dessa forma pensar numa estratégia a implementar que suavize a libertação de microplásticos.

[1] É o órgão representante profissional dos transformadores de plásticos a nível europeu, cuja atividade abrange todos os setores da indústria de conversão de plásticos (EuPC, n.d.).
[2] Campanha voluntária para as empresas produtoras de matérias-primas plásticas (distribuidores de polímeros, empresas transformadoras e recicladoras) (APIP & PlasticsEurope, 2020).

1.2- Objetivos e Pertinência do Tema

O presente relatório é o resultado do trabalho desenvolvido na LIPOR no âmbito da unidade curricular "Dissertação/Projeto/Estágio" do segundo ano do Mestrado em Economia e Gestão do Ambiente, bem como do conhecimento adquirido durante os cinco anos de estudo na área ambiental. Este estudo deu início em outubro de 2020, com uma duração de 8 meses e foi realizado com a supervisão da LIPOR pela Engenheira Patrícia Carvalho, responsável do acompanhamento pelo contrato de exploração do CT.

Após o exposto, o objetivo geral deste estudo foi o seguinte:

- Desenvolver uma metodologia para a avaliação e quantificação de microplásticos libertados na triagem dos resíduos plásticos.

Como objetivos específicos e, de forma a perceber a aplicabilidade ao caso LIPOR, pode-se considerar:

- Determinar a quantidade média de microplásticos libertada por unidade de tempo;
- Determinar medidas de prevenção e mitigação para a libertação de microplásticos;
- Identificar as implicações económicas relacionadas com a gestão deste tipo de resíduos – microplásticos;
- Identificar quais os benefícios económicos para a LIPOR ao implementar os resultados deste estudo;

Após o referido, tonar-se evidente que os microplásticos são uma área de interesse e com uma visibilidade cada vez maior, tanto ao nível das autoridades ambientais como dos utilizadores e cidadãos em geral. Além disso, trata-se de uma área em crescimento em Portugal, o que pode tornar este estudo muito útil, pois agrega diferentes domínios ambientais impactados pelos microplásticos e não apenas o enfoque no meio aquático marinho.

Os dados deste estudo permitirão à LIPOR retirar o máximo de informação útil para incorporar futuramente nas suas atividades diárias. Este estudo contempla ainda um novo desafio: pela microescala do tema e a agregação de uma área científica com a economia e gestão. A abordagem da temática dos microplásticos na sua origem, não se centrando meramente nas suas implicações no meio ambiente, será o ponto de partida para a resolução de muitos problemas a jusante e uma peça fundamental na transição para um modelo económico circular.

1.2.1-Questões de Investigação

As questões de investigação ao qual este estudo pretendeu responder são:

- **Q1:** A tipologia e a quantidade dos plásticos presentes no Centro de Triagem terão influência na quantidade e tipologia de microplásticos libertados?
- **Q2:** Quais as medidas de gestão adequadas de modo a incluir a temática dos microplásticos no Sistema de Gestão Ambiental da LIPOR?

Pretende-se que a resposta a estas questões auxilie o cumprimento dos objetivos propostos e vice-versa. Focando na Q2, pretende-se, ainda, acrescentar mais-valia ao Sistema de Gestão Ambiental da empresa, com a inclusão da temática dos microplásticos.

1.3- Estrutura do Relatório

O presente documento reflete e suporta todo o trabalho desenvolvido no âmbito do estágio curricular. Divide-se em vários capítulos, seguidos de referências bibliográficas e anexos de apoio ao mesmo. Inicialmente, é enfatizado o contexto de todo o estudo e das razões que o tornam uma mais-valia. São também abordados alguns temas importantes para se entender o enquadramento da temática dos mioplásticos assim como os objetivos e as questões de investigação que serão respondidos no desenvolver dos restantes capítulos.

O capítulo 2 pretende dar a entender mais sobre a LIPOR. É dada uma visão geral da mesma realçando-se a área do CT, local da empresa onde esta investigação se focou. Entendeu-se que este capítulo devia ser abordado num momento inicial pois, toda a dinâmica do CT é complexa e a compreensão básica do seu funcionamento é essencial para se compreender os resultados deste estudo.

O capítulo seguinte, com o número 3, suporta todo o enquadramento teórico que se entendeu como necessário ao tema. De forma a contextualizar, são primeiramente referidos assuntos como os resíduos (na sua generalidade), depois dá-se enfoque aos plásticos como um tipo de resíduo e, só após esses tópicos, é abordada a revisão bibliográfica dos microplásticos que, por lógica, diz respeito à parte mais densa deste capítulo. Nesse subcapítulo, são abordados todos os temas que se entenderam como relevantes para cumprir os objetivos definidos, desde perceber de que fontes provêm estas micropartículas, os impactes que causam, passando para casos de estudo relativos à recolha e análise. Temas estes, que vêm contribuir para a definição da metodologia deste estudo. Após isto, são referidas medidas de prevenção e mitigação possíveis e, por fim, é realçado o entendimento

das políticas ambientais diretas ou indiretas existentes ou que poderão vir a existir relacionadas com o tema, de forma a entender as possíveis influências para a LIPOR.

A metodologia utilizada no presente documento foi realçada no capítulo 4, onde é referida a abordagem geral da mesma seguida do plano de trabalhos definido para a recolha e análise dos microplásticos provenientes do CT (como: tipos de amostrador, locais de amostragem e critérios de análise).

No capítulo 5 são revelados os resultados obtidos com a recolha e análise, juntamente com uma discussão dos mesmos. Com os diferentes subcapítulos, revela-se a análise da diversidade de resultados obtidos, desde a massa da amostra total, massa e número de microplásticos, as diferentes tipologias obtidas e a comparação desses resultados, não só entre si, como também com os dados fornecidos pela empresa sobre a atividade do CT. Só desta forma se torna possível alcançar os objetivos propostos e responder às questões de investigação.

Antes do momento final relativo à conclusão, tornou-se indispensável incluir um capítulo com propostas para a empresa (capítulo 6). Ao existir, neste estudo, uma abordagem mais prática de recolha de amostras, realçada nos resultados e discussão, este capítulo serviu para salientar a resposta às restantes perguntas de investigação, desde as medidas de prevenção e mitigação a aplicar na LIPOR, até às propostas relacionadas com a inclusão da temática dos microplásticos no Sistema de Gestão Ambiental da empresa e as implicações e benefícios associados.

Por fim, no capítulo 7 é efetuada uma síntese conclusiva do trabalho como um todo, com as limitações encontradas ao longo do estudo bem como propostas de melhorias futuras.

2. Entidade de acolhimento

A LIPOR – Serviço Intermunicipalizado de Gestão de Resíduos do Grande Porto – é a entidade responsável pela gestão, valorização e tratamento dos Resíduos Urbanos produzidos pelos oito Municípios que a integram: Espinho, Gondomar, Maia, Matosinhos, Porto, Póvoa de Varzim, Valongo e Vila do Conde, o que a torna impactante na vida de cerca de 1.000.000 de habitantes (LIPOR, n.d.-a).

Divide-se essencialmente em três unidades principais: Central de Valorização Orgânica, Valorização Multimaterial no CT nas instalações da LIPOR I e Valorização Energética nas instalações da Incineradora da LIPOR II.

Em todas as suas atividades, produtos e serviços, bem como no relacionamento com todas as partes interessadas, a LIPOR definiu, no âmbito da sua Estratégia de Gestão Sustentável para a Qualidade, Ambiente, Energia, Segurança e Saúde, Responsabilidade Social e Inovação, como componentes chave de política: "educar, formar, informar e partilhar conhecimentos, de modo a contribuírem para a sustentabilidade e para o sucesso da LIPOR" (LIPOR, n.d.-a).

A produção de resíduos é, indiscutivelmente, um dos maiores problemas a nível global, principalmente em países mais desenvolvidos, onde impera um consumismo cada vez mais irresponsável e, por consequência, uma maior repercussão a nível ambiental. A LIPOR é uma empresa bastante ativa no que diz respeito ao desenvolvimento de estratégias que promovam e elevem a reutilização dos materiais, procurando ao máximo garantir uma valorização adequada dos mesmos, no sentido de uma economia circular. A visão de um modelo circular de negócios é um conceito que faz questão de realçar e de atentar como um caminho a seguir pela empresa, onde o resíduo é visto como um recurso. Além disso, a LIPOR mostra uma preocupação acrescida em complementar o seu modelo de negócios com um conjunto de práticas que envolvam a comunidade e as demais partes interessadas da organização, de forma a favorecer uma mudança comportamental em toda a cadeia de valor (LIPOR, n.d.-a).

2.1- Centro de Triagem - LIPOR

A Valorização Multimaterial, que foi a área da LIPOR onde este estudo se focou, abarca o CT que ocupa uma área de 4.000 m², com capacidade de tratamento de 50.000 toneladas (t) de resíduos por ano. A sua finalidade é realizar uma triagem mais fina dos materiais provenientes dos diferentes circuitos de recolha (ecopontos, ecocentros, os circuitos de recolha seletiva Porta-a-Porta e os circuitos especiais, como o Ecofone) de forma a serem separados, encaminhados e valorizados numa indústria recicladora (LIPOR, n.d.-b). Atualmente o CT recebe cerca de 1150 t de resíduos por mês, sendo importante referir que não se encontram todos dentro da categoria do material plástico (informação interna).

É crucial mencionar que todo o processo desta unidade é bastante complexo e, para a sua compreensão neste estudo não será necessário entendê-lo na sua totalidade. No entanto, é importante ter uma visão geral do mesmo, para obter resultados coerentes e o mais precisos possível. Conhecer os tipos de plásticos que chegam à instalação para triagem ou enfardamento e as suas características, foi também importante para permitir uma relação com os resultados relativos aos microplásticos, assim como aumentar a sensibilidade para a análise do material recolhido.

É apresentado um esquema na Figura 3, breve e simplificado, do que acontece dentro das instalações do CT, com enfoque no que ao material plástico diz respeito, tendo em consideração que a triagem do alumínio, aço e ECAL (embalagens de cartão para alimentos líquidos) também é aqui praticada, bem como os materiais que são colocados erradamente pelos cidadãos no ecoponto amarelo.

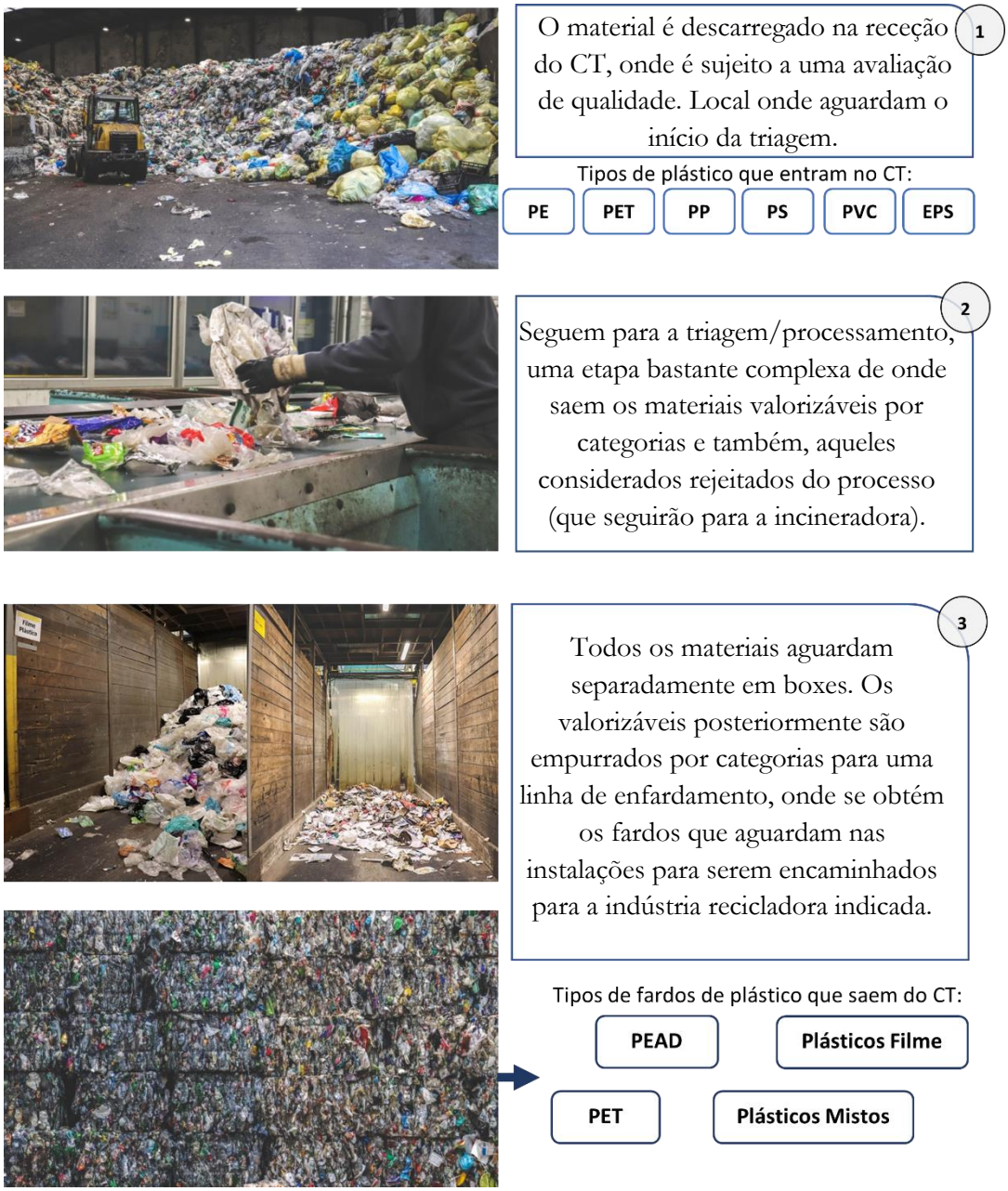


Figura 3 - Esquematização do processo de funcionamento do CT.
Nota: PE= Polietileno; PET= Polietileno teraftalato; PP= Polipropileno; PS= Poliestireno; PVC= Policloreto de vinil; EPS= Poliestireno expandido.
(Fonte fotografias: Site LIPOR) (Fonte esquema: Elaboração própria)

É importante referir que, segundo a Portaria nº 851/2009 que se refere ao Regime Legal da Gestão de Resíduos, mais precisamente o nº 2.1 do anexo I, nas empresas desta área, nomeadamente a LIPOR, há a obrigatoriedade da realização de uma caracterização do material recebido. Deve ser realizada uma campanha anual composta por dois períodos de amostragem, um no Outono- Inverno, outro na Primavera- Verão. No caso da LIPOR essa mesma amostragem é realizada com dez amostras de todos os municípios. Estas caracterizam

os plásticos dividindo-os em quatro diferentes grupos[3], onde cada um se subdivide em diferentes tipos de plástico (que se repetem de grupo para grupo, mas com morfologias diferentes), caracterização é feita de acordo com o número 1 do anexo I da portaria já referida. Com apoio no histórico destas caracterizações, foi possível perceber que há seis categorias diferentes de plásticos a chegar à instalação já representados acima no ponto 1 da Figura 3, onde o Polietileno (PE) se divide em PE alta densidade (PEAD) e baixa densidade (PEBD). Todos eles são intitulados como termoplásticos, ou seja, são plásticos reversíveis que podem ser derretidos quando aquecidos e endurecidos quando arrefecidos, sendo esta a característica que os torna um material reciclável (PlasticsEurope, n.d.-b).

De seguida, na Tabela 1, são transmitidos breves exemplos, com base na campanha de caracterização já mencionada, de cada um desses materiais plásticos que chegam ao CT, tendo em conta que há casos em que diferentes tipos de plástico que vão originar o mesmo produto final, como é o caso de algumas embalagens de detergentes. Mais abaixo serão abordadas características físicas e químicas, de forma enriquecer o presente estudo.

Tabela 1 - Exemplos de plásticos por tipologia que podem chegar ao CT.

PEAD (Polietileno de alta densidade)	Embalagens de detergentes, shampoos e iogurtes líquidos
PEBD (Polietileno de baixa densidade)	Sacos descartáveis
PET (Polietileno tereftalato)	Garrafas de água e refrigerantes
PP (Polipropileno)	Pacotes de manteiga, de arroz e massa e alguns detergentes
PS (Poliestireno)	Embalagens de iogurtes sólidos
PVC (Policloreto de vinil)	Alguns fracos de sal fino e de molhos (exemplos raros)
EPS (Poliestireno expandido)	Esferovite

[3] Filmes embalagem; Garrafas e frascos; Outras embalagens plásticas; Outros resíduos plásticos (não embalagem);

Apesar de serem recebidos na instalação estas variedades de plástico, são agrupados apenas em quatro fardos diferentes (ponto 3 da Figura 3) que posteriormente seguem para a indústria recicladora apropriada. No caso da LIPOR são acondicionados fardos de PET, PEAD, Plástico Filme e Plásticos Mistos, que seguem os valores e as normas impostas pelas Especificações Técnicas de materiais de embalagem com origem na recolha seletiva. Para os fardos mencionados e de forma a reter o máximo de informação para uma comparação dos plásticos presente no CT com os microplásticos, elegem-se as seguintes especificações de acordo com CAGER (2018) e a APA (2017):

- PET - 96% ou mais de PET com tolerância a 0,25% de PET óleo e 4% ou menos de contaminantes, nos quais se inclui PVC (0,2%), PE+PP (0,25%) e outros não especificados[4] (4%);
- PEAD – 95% ou mais de PEAD com tolerância (destes 95) para 10% de PP rígido e 5% ou menos de contaminantes, nos quais se inclui papel (1%), borrachas + silicones+ espumas (0,3%), peças por injeção (1%) e outros não especificados (4%);
- Plásticos mistos – naturalmente um fardo que é composto por um conjunto de diferentes materiais plásticos tipo embalagem, inclui o PVC, PP e PS. No mínimo 90% de plásticos mistos e 10% de contaminantes, dos quais EPS, PET, filme e PEAD;
- Plástico Filme - no mínimo 94% de filme embalagem ou não embalagem com tolerância para 2% de filmes de PP e 6% ou menos de contaminantes, nos quais se inclui filmes de outro tipo de material (2%), papel + têxteis (1,5%) e outros não especificados (4%).

[4] Outros não especificados são, geralmente, algum resíduo que conjugue plástico com outros materiais plásticos, ou com outros tipos de materiais.

3. Revisão de Literatura

3.1- Resíduos

Os resíduos produzidos pela nossa sociedade e pelas atividades económicas industriais têm de ser tratados mediante operações que têm consequências ambientais, impactes económicos e repercussões sociais (APA, 2021).

Nos últimos anos, a gestão de resíduos na Europa, de uma forma geral, tem vindo a registar profundas alterações resultantes dos requisitos legais publicados, os quais, por sua vez, refletem as pressões e preocupações da sociedade civil. Em Portugal essas repercussões já se fazem sentir. No entanto, os próximos anos serão decisivos em matéria de mudança do paradigma na gestão dos resíduos, o que terá fortes implicações no melhoramento das soluções tecnológicas existentes (APA, 2020).

Antes da década de 90, em Portugal era frequente a gestão não adequada dos resíduos sólidos urbanos, devido a isso e, complementarmente ao facto do atraso que existia no Sistema de Gestão Ambiental (SGA) em relação à maior parte das entidades dos Estados-Membros da União Europeia (UE), este tema passou a ser considerado uma prioridade da política ambiental nacional. Em 1996 foi aprovado o primeiro Plano Estratégico dos Resíduos Sólidos Urbanos (PERSU) que contribui para uma melhor gestão ambiental, que se mantém até aos dias de hoje, com ambições cada vez maiores (APA, 2020).

Segundo o Decreto-Lei n.º 73/2011, de 17 de junho, o termo "resíduos" é considerado como "quaisquer substâncias ou objetos de que o detentor se desfaz ou tem a intenção ou a obrigação de se desfazer". Por sua vez, segundo a mesma referência, o "resíduo urbano" é definido como "resíduo proveniente de habitações bem como outro resíduo que, pela sua natureza ou composição, seja semelhante ao resíduo proveniente de habitações". Ainda de acordo com o mesmo Decreto-Lei, é realizada anualmente uma caracterização dos resíduos urbanos (ou resíduos sólidos urbanos), elaborada com base nas especificações técnicas da portaria n.º 851/2009, de 7 de agosto. É possível observar a caracterização de 2019 na Figura 4.

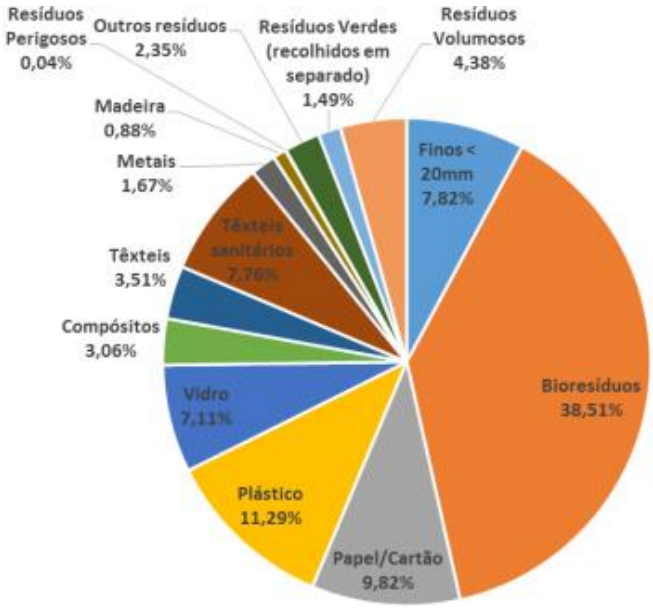


Figura 4 - Caracterização física dos resíduos urbanos em Portugal Continental, no ano de 2019. (Fonte: APA)

A caracterização representada equivale a 5.281 milhões de toneladas de resíduos urbanos produzidos em Portugal, ou seja, 513 kg/hab (quilogramas por habitante). Para 2020 foi definida uma meta de 410 kg/hab (APA, 2020).

Relativamente ao destino final de todas estas toneladas de resíduos, em 2019 assim como nos anos anteriores, verificou-se um decréscimo daquela que é a quantidade depositada em aterro (face aos valores de 1995). No entanto, esta percentagem, especificamente de 57,8%, continua a ser elevada comparativamente com quantidades encaminhadas para os processos que contribuem para uma circularidade dos resíduos (valorização orgânica e multimaterial por exemplo). Apenas 13,1% deste material segue para reciclagem (APA, 2020).

De acordo com a Agenda de 2030 para o Desenvolvimento Sustentável, para além dos outros objetivos estipulados, agregado ao objetivo 12 ("Garantir padrões de consumo e de produção sustentáveis") refere-se "Até 2030, reduzir substancialmente a geração de resíduos por meio da prevenção, redução, reciclagem e reutilização". Para isso, é fundamental aplicar no dia-a-dia da sociedade e nas atividades económicas, a política dos 5 R's: Recusar, Repensar, Reduzir, Reutilizar e Reciclar (Organização das Nações Unidas, 2016).

Independentemente do tipo de resíduo, tudo o que é enviado para um processo, seja ele deposição em aterro, incineração ou triagem e reciclagem, envolve repercussões, daí ser cada vez maior a importância dos passos prévios à reciclagem (APA, 2021).

3.2- Plásticos

Os plásticos, comparando com outros resíduos, especialmente com o papel/cartão e vidro, são a categoria com mais percentagem de material que dá origem a resíduos (como é possível verificar na Figura 4), pela sua elevada taxa de produção para diversos fins e pela comum visão deste material como material de uso único (APA, 2020).

Apesar de terem surgido um pouco antes, destacaram-se muito após a segunda guerra mundial. A partir de então e devido à sua versatilidade, foi uma indústria que teve um grande impulso no desenvolver de diferentes materiais de acordo com as necessidades que iam surgindo e de acordo com o conhecimento que acrescia à ciência e à tecnologia (PlasticsEurope, n.d.-c). Essa necessidade foi aumentando com o passar dos anos e a quantidade de plásticos produzida cresceu exponencialmente: em 2017 foram criados 8,3 milhares de milhões de toneladas e em 2016 previu-se que a produção de plásticos dobraria até 2036 e quase quadruplicaria até 2050 se nada se viesse a alterar relativamente a este consumo (Geyer et al., 2017; Payne, 2016).

Inicialmente, para a sua produção, eram usados materiais naturais com propriedades plásticas intrínsecas, até que a evolução permitiu a modificação química de outro tipo de materiais. Atualmente, são gerados principalmente por processos de polimerização de químicos, extraídos essencialmente da nafta vinda do petróleo ou do gás natural. Por outras palavras, são macromoléculas, formadas por uma longa cadeia de monômeros, que formam os polímeros (PlasticsEurope, n.d.-a).

Cerca de 80% do uso total global de plástico é petroquímico e termoplástico (família de plásticos reversíveis, que podem ser derretidos quando aquecidos e endurecidos quando arrefecidos, mas que se tornam parecidos com vidro e sujeitos a fratura quando congelados) o que os torna mecanicamente recicláveis. Segundo a PlasticsEurope, apesar de serem produzidos plásticos não reversíveis (termófixos), como é o caso do poliuretano (PUR), a distribuição de plásticos comum é representada como na Figura 5.

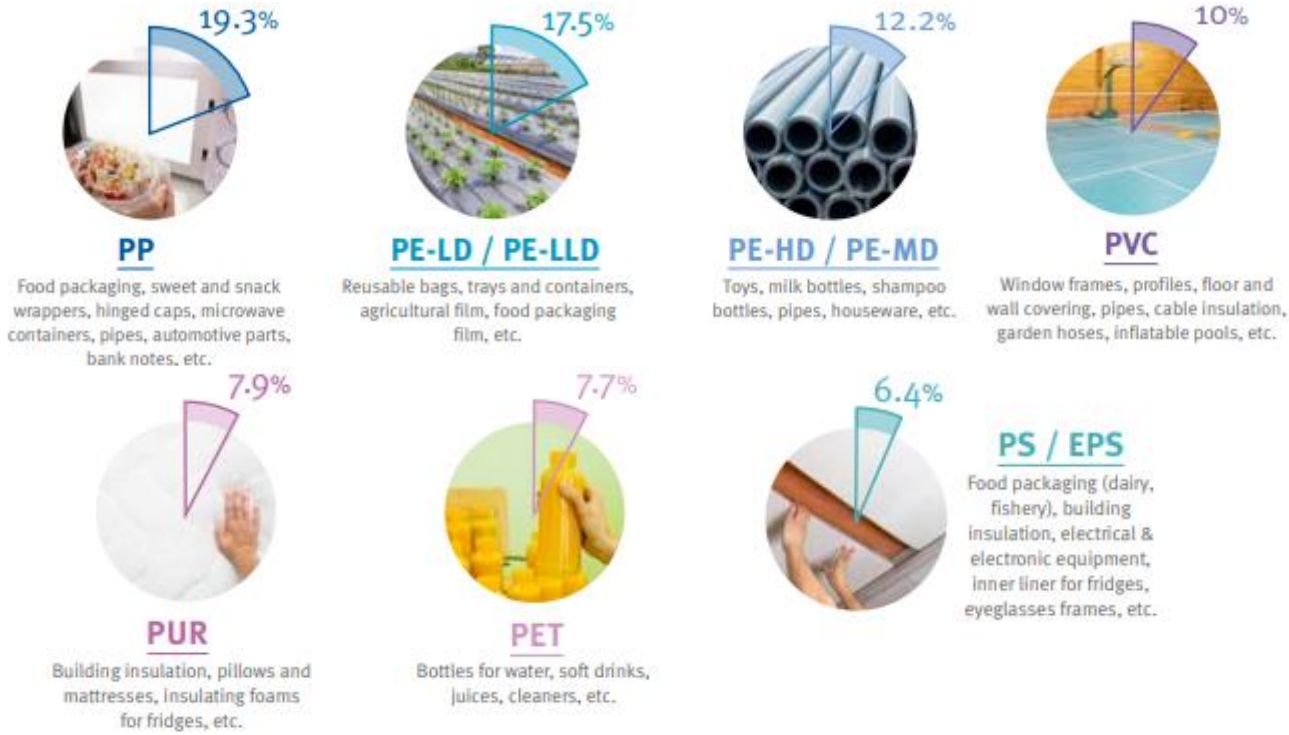


Figura 5 - Distribuição por tipo de plásticos.
Nota: os 20% não representados na figura fazem parte de outro tipo de plásticos sem representatividade no mercado, como os que constituem os óculos e as fibras óticas (Fonte: Relatório 2018 - *PlasticsEurope*).

A principal limitação destes plásticos convencionais à base de petróleo é o facto de se fragmentaram sob a ação de fatores abióticos (radiação UV, temperatura, erosão) e originarem as micropartículas conhecidas como microplásticos. O ideal seria investir no desenvolvimento e crescimento no mercado de bioplásticos, ou seja, plásticos que possuem características que lhes permitem ser decompostos e assimilados por organismos ou microrganismos num processo de biodegradação, resultando na fragmentação do material através de atividades enzimáticas microbianas (como bactérias e fungos). No entanto, a nível económico é um investimento que criará grandes mudanças no sistema e que poderá acarretar outros impactes que, idealmente, devem ser previamente avaliados. Apesar dos bioplásticos terem uma pequena cota do mercado, atualmente, são cada vez mais tidos em conta como uma alternativa aos polímeros convencionais (Mohan Pathak, 2017).

Paralelamente a mudanças na indústria, existe necessidade de investir em processos para o plástico já existente. Trabalhos científicos demonstram que existem organismos capazes de decompor o material plástico, como as larvas da traça-da-cera e das farinhas que os transformam em adubo, ou até micróbios capazes de reduzir significativamente o tempo de decomposição deste material (Geographic, 2018 ; Zimmermann, 2021).

Segundo dados da Comissão Europeia, na Europa são produzidas, por ano, cerca de 58.000.000 t de plástico, onde Portugal contribui com a produção de quase 370.000 t (dados de 2015), o que dá uma média de 36 kg por habitante português, valor acima da média europeia (31 kg) (APA, n.d.). O fim de produção desses plásticos a nível Europeu distribui-se da seguinte forma, representada na Figura 6 (APA, n.d.).

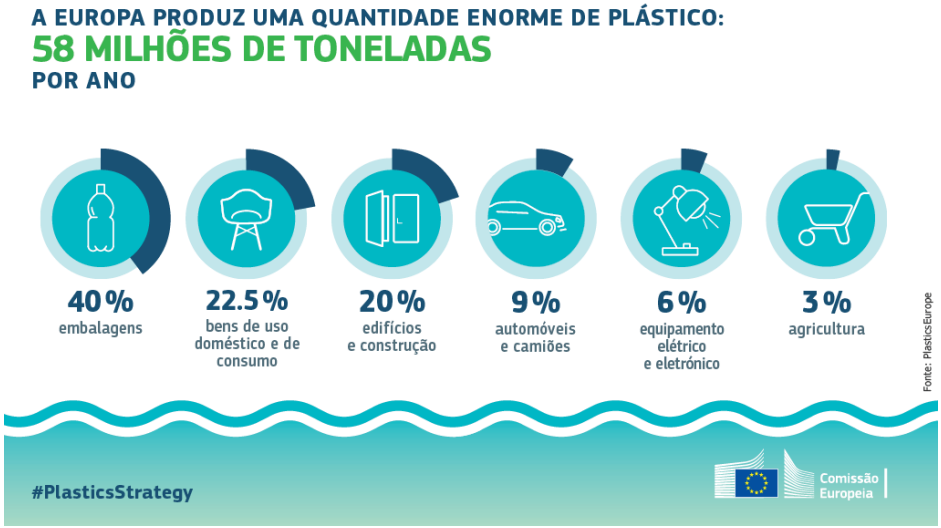


Figura 6 - Distribuição do uso de plástico na Europa em 2018.
(Fonte: Comissão Europeia; Eurostat)

Após conhecidas as quantidades produzidas, segundo dados da Comissão Europeia apenas 30% dos plásticos em estado de resíduos são devidamente reciclados na Europa, indo a restante percentagem para incineração ou aterro (Figura 7), não contabilizando aqueles que, voluntária ou involuntariamente, são descartados para o meio ambiente (APA, n.d.).



Figura 7 - Destino dado aos resíduos de plástico produzidos na Europa em 2018.
(Fonte: Comissão Europeia; Eurostat)

A limitada percentagem de plástico reciclado, não só a nível nacional e europeu, mas também a nível global, revela repercussões no presente e no futuro. Desta forma, é muito importante que o consumidor final altere os seus hábitos, mas, mais considerável, será investir no começo do percurso deste material, isto é, nas empresas, aplicando o conhecimento atual e inovação, contribuindo para a sensibilização do cidadão em geral (Comissão Europeia, n.d.-a).

Entre outras iniciativas, iniciou-se em fevereiro de 2020 o Pacto Português para os Plásticos, liderado pela Associação *Smart Wast* Portugal que visa o alinhamento com os objetivos do desenvolvimento sustentável (ODS), assim como solucionar a poluição associada aos plásticos através da transição para uma economia circular. Os membros da cadeia de valor dos plásticos, dos quais a LIPOR faz parte, mostraram a sua liderança e compromissos assumindo cinco metas a atingir até 2025, apresentadas na Figura 8 ("Pacto Português para os Plásticos," 2020).



Figura 8 - Objetivos do Pacto Português para o Plástico em 2020.
(Fonte: Pacto Português para os Plásticos)

Tal como prevê este pacto, o caminho para a economia circular é um caminho mais sustentável e alternativo à visão linear da economia, incorporando valores como a redução, reutilização, recuperação e reciclagem. Os materiais e os recursos devem ser mantidos ao máximo, aumentando o seu valor, não devendo ser descartados para o meio ambiente.

Quando se refere ao tratamento dos resíduos plásticos em grande escala, a diversidade de diferentes materiais existentes acarreta algumas complicações no processo e no encaminhamento correto dos mesmos. Obviamente que, devido a isso, existe necessidade de

um processo de triagem prévio à reciclagem (onde há perdas e impactes associados) (Zacho, Mosgaard, & Riisgaard, 2018).

Com o objetivo de facilitar esse processo de triagem (pré-reciclagem), é já prática comum a identificação da tipologia dos plásticos na sua fase de produção, com uma simbologia (Figura 9) que indica, a toda a cadeia de abastecimento, o tipo de material plástico em questão. No entanto, nem todos os plásticos são identificados e muitos perdem a referência no processo de uso.

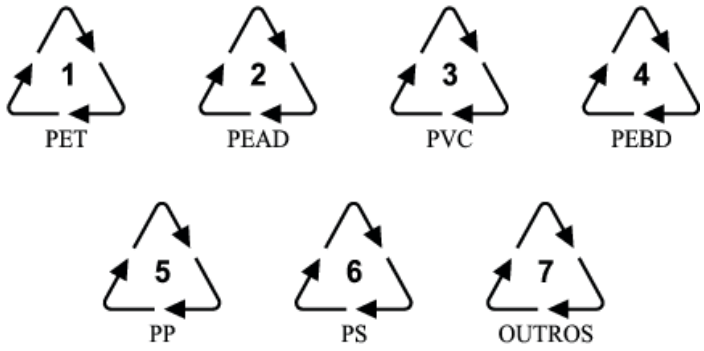


Figura 9 - Simbologia dos diferentes tipos de plásticos.
(Fonte: Forlin & Faria, 2002)

De acordo com os documentos consultados, juntamente com a participação na caraterização do material realizada na LIPOR, expõe-se de seguida, as informações pertinentes para o entendimento de cada um dos tipos de plásticos (PlasticsEurope, n.d.-c; So, Cheng, Chow, & Zhan, 2016; OpenLearn, n.d.). Estas informações vieram aumentar o conhecimento sobre as características dos diferentes materiais, de forma a, posteriormente, serem relacionadas com os resultados deste estudo. De realçar que, o facto do mesmo tipo de plástico poder reter diferentes propriedades, torna complicado definir características gerais.

O PET, representado pelo número 1, é um dos plásticos mais comuns no mundo, usado essencialmente para embalagem de alimentos ou bebidas. É muito usado para garrafas de água, refrigerante e embalagens para alimentos. A acrescentar a isto, deve referir-se que é projetado para ser um material de uso único. É um plástico rígido, mas com tendência a voltar ao seu estado inicial quando dobrado.

Os polietilenos (PE) são a família de plásticos mais usada para produzir plásticos no mundo. É um plástico possível de ser encontrado em múltiplas variantes, as mais comuns dizem respeito a polietileno de alta densidade (PEAD), representado pelo número 2 e polietileno de baixa densidade (PEBD), representado pelo número 4. O PEAD possui longas cadeias de monómeros, o que o torna um material denso e, portanto, mais forte e rígido que

o PET, mas não tão reciclável. É comummente usado para sacos de supermercado, embalagens de detergentes, shampoos e iogurtes líquidos. Não é um plástico fácil de dobrar, mas quando possível, têm tendência para partir. Por sua vez, o PEBD tem a estrutura química de polímero plástico mais simples, tornando-o muito fácil e muito barato de processar, com uma densidade menor e, por isso, mais flexível. Pode ser encontrado em sacas de plástico, desta vez usados para a fruta ou rolos de sacos domésticos para os resíduos, também em copos descartáveis e para embalagens maleáveis como as usadas para molhos. A película aderente é um conhecido exemplo deste material como PE estirável, também de baixa densidade. Tal como o PEAD pode variar a sua densidade, mas, geralmente, é flexível e facilmente rasgado. Quando são pouco densos, em formato de sacos ou embalagens descartáveis, são associados comummente a plástico tipo Filme.

O PVC (número 3) é durável, leve, forte e com características como cor, força e rigidez ajustáveis. É um plástico mais utilizado para materiais duradouros, como os conhecidos tubos de PVC, sendo que ainda é utilizado nalguns tipos de recipientes e rótulos específicos. Ao dobrar, em vez de voltar ao seu estado normal, têm uma tendência para rachar.

O PP, representado pelo número 5, é um tipo de plástico muito versátil, uma ótima barreira contra a humidade e, por isso, usado para embalar cereais, por exemplo. Alguns tipos são as tampas das garrafas, algumas garrafas rígidas e reutilizáveis, recipientes de comida (bastante resistente a temperaturas mais elevadas), pacotes de manteiga e de arroz e massa (produzido com menos densidade). Algumas embalagens de detergentes são também comercializadas com PP em vez de PEAD. Não quebra com facilidade, dependendo da sua rigidez, mas, geralmente, é mais resistente que o PEAD.

O PS, representando pelo número 6, é também usado para produzir plástico descartável, como os copos e iogurtes sólidos. Dentro do poliestireno existe o poliestireno expandido (EPS) que é comummente conhecido como esferovite que também é reciclável. Não é tão rígido e compacto como os restantes plásticos, separando-se com mais facilidade.

O número 7 está associado a todos os plásticos que não sejam os identificados pelos números de 1 a 6 e ainda para produtos cuja sua produção incorpore diferentes tipos de plástico. São mais raros, mas a maioria são mais resistentes e só partem com alguma força aplicada.

3.3- Microplásticos

Ao contrário dos plásticos, o termo "Microplásticos" é relativamente recente. Alguns estudos revelarem a preocupação com a degradação de plásticos em micropartículas por volta das décadas de 80/90 (Cassidy & Aminabhavi, 1981; Aminabhavi, Balundgi, & Cassidy, 1990). No entanto, o termo em si, somente em 2004, foi referido pela primeira vez por Thompson et al. (2004) num estudo sobre o plástico nos oceanos, para descrever a acumulação de fragmentos microscópicos de plástico em sedimentos marinhos, assim como na coluna de água das águas europeias. Foi este mesmo estudo que revelou o potencial dos microplásticos para absorverem compostos orgânicos persistentes de elevada toxicidade. Em 2009, permitindo uma melhor caracterização, foi proposto um limite de tamanho pelo qual seriam considerados microplásticos e, dessa forma, passaram a ser caracterizados como partículas de plástico que possuem entre 1 nm e 5 mm de diâmetro (Courtney & Baker, 2009). Neste seguimento, Gigault et al., (2018), numa publicação focada nos nanoplásticos, definiu que os mesmos exibem um comportamento, com base em análises químicas e físicas, dentro da variante de tamanho de 1 nm a 1 μm, sendo capaz de definir um limite inferior para os microplásticos como 1 μm, considerando 5 mm como o seu limite superior. A título adicional, os nanoplásticos são incluídos por diversos autores na categoria de microplásticos mas as dificuldades técnicas associadas ao seu tamanho têm dificultado avanços nesta nova área de investigação (Boyle & Örmeci, 2020).

Até ao presente, vários foram os estudos divergentes sobre os limites superiores e inferiores dos microplásticos que contribuem para a inexistência de um consenso. Um uniformização que só se vai aprimorando com a evolução de técnicas de recolha e análise destas micropartículas (Hidalgo-Ruz, Gutow, Thompson, & Thiel, 2012).

Apesar do tamanho ser a característica com mais relevância para definir os microplásticos, outras tentativas abrangem a consideração de propriedades físico-químicas, como a solubilidade em água, densidade ou presença de compostos químicos. A realidade é que, qualquer um desses estudos, acaba por não unir todos os critérios que seriam necessários para uma caracterização de forma assertiva e credível o suficiente para serem considerados futuramente (Verschoor, 2015).

Além de todas as características que possam assumir, os microplásticos podem ser encontrados de diversas formas físicas, que dependem, em grande parte, da sua origem.

Nesta lógica, segundo Cole, Lindeque, Halsband, & Galloway (2011) os microplásticos dividem-se em dois grupos, de acordo com a sua origem ou fonte:

- **Microplásticos primários:** são fabricados no tamanho que os caracteriza. Incluem principalmente microesferas de plástico que são encontradas em vários cosméticos (Figura 10- A), produtos de maquilhagem e detergentes industriais;
- **Microplásticos secundários:** são plásticos de maior dimensão que, após algum processo químico, físico ou biológico, se fragmentam em detritos menores (Figura 10- B). Manuseamento pela ação humana, exposição solar ou erosão são exemplos desses processos.



Figura 10 - Microplásticos presentes em cosméticos - microesferas - microplásticos primários (A) e fragmentos de plásticos - microplásticos secundários (B).
(Fonte: eCycle)

Neste sentido, podem assumir as seguintes formas: microesferas e fragmentos (Figura 10), pellets, fibras e espuma plástica (Figura 11).

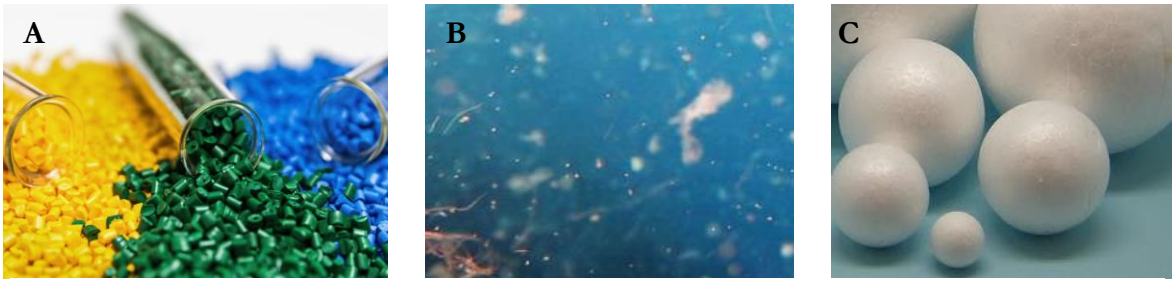


Figura 11 - Pellets (A); Fibras (B); Espumas (C).
(Fonte: *Pixabay*).

As microesferas são, geralmente, um microplástico primário, associado a partículas de forma esférica, produzida para diversos fins, dos quais os cosméticos é dos mais comuns (Governmente of Canada, 2015). Os pellets são a matéria-prima industrial para a fabricação de plásticos maiores depois de derretidos e moldados, eles podem ser libertados involuntariamente no processo de produção ou no seu transporte. Têm, geralmente, um formato cilíndrico ou em disco e podem assumir diferentes cores, também são considerados microplásticos primários (Kooi et al., 2016). As fibras são geradas pelo desgaste de material têxtil (principalmente poliéster) nas lavagens, têm forma cilíndrica de diâmetro médio de

10–20 μm e comprimento menor que 5 mm. As espumas e os fragmentos têm uma forma irregular pois derivam da degradação de plásticos maiores, ou seja, são de origem secundária (Wu et al., 2019).

As características referidas (forma, tamanho e densidade p.e.) têm um papel crucial na facilidade no transporte destas micropartículas pelos diversos elementos do meio ambiente. Essencialmente nos últimos cinco anos, uma série de estudos tem vindo a evidenciar a presença de microplásticos sobretudo em ambientes marinhos e costeiros. No entanto, o investimento científico deste poluente tem aumentado à escala global e alargado o seu foco para ecossistemas que não somente o ecossistema marinho (Pivokonsky et al., 2018).

Os tipos de plásticos mais produzidos vão gerar, consequentemente, os tipo de micropartículas de plásticos mais referenciadas em estudos, como é possível reforçar ao associar o esquema representado na Figura 12 (Hong, Shim, & Hong, 2017; Andrady & Neal, 2009).

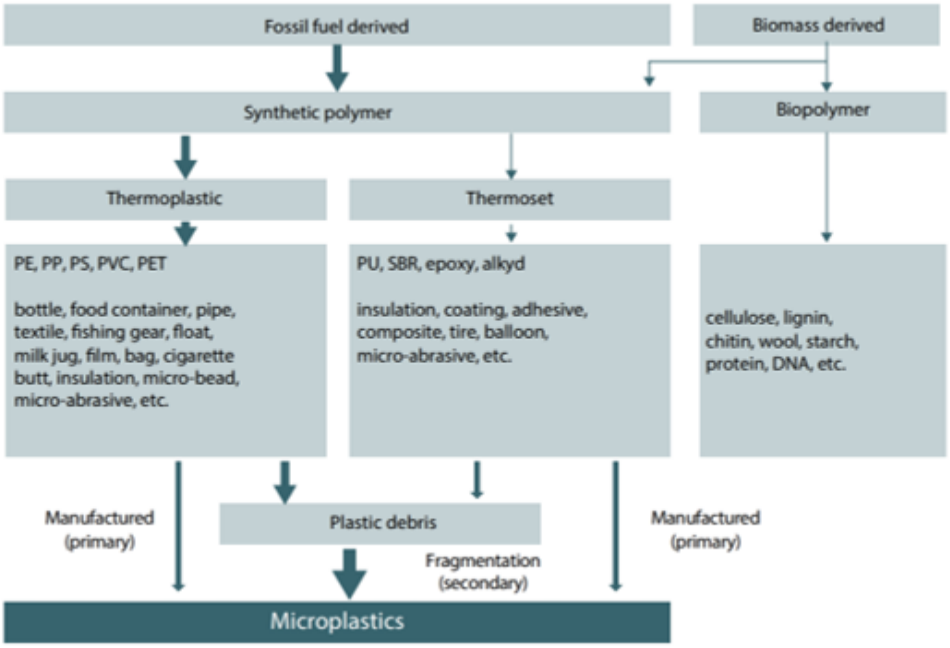


Figura 12 - Esquema Ilustrativo da cadeia produtiva de microplásticos.
(Fonte: Relatório 2016 - Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente)

Uma das maiores preocupações com os microplásticos, para além da dificuldade em serem encaminhados para um processo de reciclagem, diz respeito à sua alta durabilidade no ambiente natural. Também é preocupante o seu forte potencial de libertação de produtos químicos derivados e a sua extraordinária capacidade para adsorver[5] outros poluentes

[5] Agregação - adesão de partículas líquidas a partículas sólidas.

tóxicos, como hidrocarbonetos e metais pesados e os libertar para o meio ambiente (Stephanie L. Wright & Kelly, 2017).

Reconhecendo esta ameaça, os líderes da UE têm falado sobre o plástico como, para além de um problema ambiental, um risco associado à saúde humana, o que justificará uma ação legal rápida em toda a Europa. Por sua vez, a nível nacional, a investigação começou essencialmente no ano de 2008 com as primeiras recolhas de microplásticos em praias portuguesas (J. Frias, 2010).

Apesar de todas as informações divergentes, segundo J. P. G. L. Frias & Nash (2019), a definição de microplásticos é: "Microplásticos são qualquer partícula sólida sintética ou matriz polimérica , com forma regular ou irregular e com tamanho de 1 μm a 5 mm, de qualquer origem de fabricação primária ou secundária , que são insolúveis em água". Uma definição que é vista pelos autores como uma definição abrangente e útil para os microplásticos em todo o mundo.

3.3.1- Fontes

Como já referido, os microplásticos podem ser divididos em dois grandes grupos de acordo com a sua origem (primários e secundários), o que o torna um contaminante diversificado no que diz respeito à fonte do qual provém. Entre muitas outras possibilidades, as fontes apresentadas nas tabelas seguintes (Tabela 2, Tabela 3, Tabela 4 e Tabela 5) são as mais patenteadas. Apesar de atividades portuárias e marítimas também terem uma grande contribuição para a presença deste poluente no meio ambiente, segundo diversos estudos, as fontes mais reportadas são de atividades terrestre (Mark Anthony Browne et al., 2011).

Tabela 2 - Fonte de microplásticos: cosméticos e produtos de higiene.
(Referência: Thompson et al., 2004; Mark A Browne, Galloway, & Richard, 2007)

FONTE	
Cosméticos e produtos de higiene	Microplásticos primários
	Essencialmente no final do seculo XIX começam a ser fabricados cosméticos e produtos de cuidados de higiene com microesferas de plástico
	Exemplos: Esfoliantes e pastas dos dentes
	Por volta dos anos 2000 estas micropartículas, com origem a montante, são encontradas em reservatórios de água (rios, lagos, mares)

As estações de tratamento de águas residuais (ETAR) seriam uma etapa crucial para impedir a chegada deste poluente a um meio mais amplo, no entanto, estas não se encontrarem adaptadas para reter partículas de tamanho tão reduzido (Sun, Dai, Wang, van Loosdrecht, & Ni, 2019). Na Europa existem iniciativas para banir ou sensibilizar o consumidor para os microplásticos presentes nos cosméticos, como é o caso da aplicação gratuita "*Beat the Microbead*" (Figura 13) que permite a qualquer consumidor perceber se o seu cosmético contém ou não este tipo de partículas (Beat the microbead, n.d.).

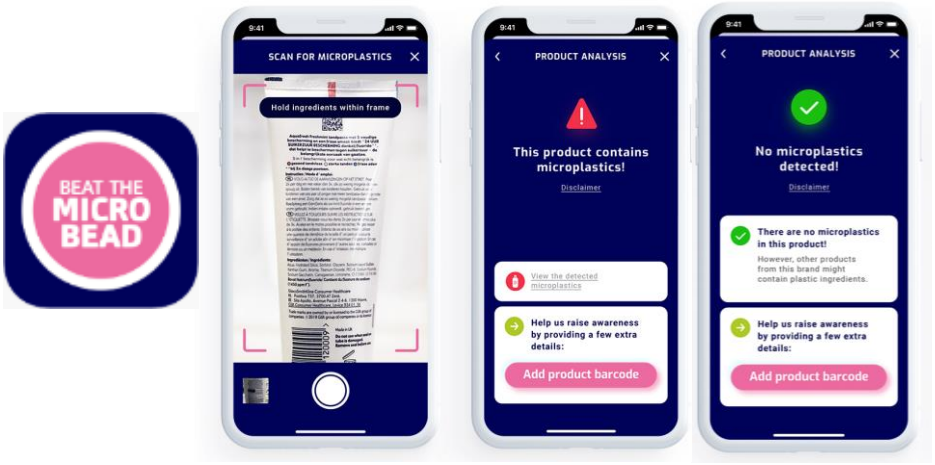


Figura 13 - Aplicação *Beat the Microbead*.

Tabela 3 - Fonte de microplásticos: fibras de tecidos sintéticos.
(Referência: S. L. Wright, Ulke, Font, Chan, & Kelly, 2020; Mark Anthony Browne et al., 2011)

FONTE	
Fibras de tecidos sintéticos (p.e. poliéster)	Microplásticos **secundários**
	Trabalhos científicos mostraram que, por uma única peça de roupa numa lavagem de máquina, são libertadas 1900 fibras de microplástico, que não são retidas nas ETAR's. Podem ainda ser libertadas pelas redes de pesca perdidas nos oceanos. Além disso são uma tipologia de microplásticos muito reportadas por diversos estudos atmosféricos. Libertam-se para o ar com alguma facilidade

Tabela 4 - Fonte de microplásticos: pneus.
(Referência: Nacional Geographic, n.d.)

FONTE	
Pneus	Microplásticos **secundários**
	Os pneus são contruídos com borracha sintética, que é polímero de plástico
	Microplásticos originados pelo atrito que existe entre os pneus e o pavimento
	Águas da chuva ou limpezas de ruas facilmente arrastam estes microplásticos que acabam por se infiltrar no solo e nas águas subterrâneas

O desgaste dos pneus é uma fonte de microplásticos que passa despercebida, mas que tem repercussões consideráveis. Um estudo de 2017, publicado na *International Journal of Environmental Research and Public Health*, estimou que os pneus representam até 10% do total dos resíduos microplásticos nos oceanos (Kole, Löhr, Van Belleghem, & Ragas, 2017). Este valor foi atualizado num relatório da União Internacional para a Conservação da Natureza para 28% (IUCN, 2017; Bhandari, 2017).

Tabela 5 - Fonte de microplásticos: plásticos de maiores dimensões.
(Referência: Zuccarello et al., 2019; Sobhani et al., 2020)

FONTE	
Plásticos de maiores dimensões	Microplásticos **secundários**
	Além da natural quebra das partículas de plásticos de maior dimensão, devido a fatores bióticos e abióticos já exposta, um estudo de 2020 sobre a libertação de microplásticos na abertura de embalagens plásticas revela que, independentemente da abordagem na abertura (apesar desta afetar a quantidade libertada) ou do tipo de plástico, há uma geração de partículas de microplástico. Além disso, existem vários estudos sobre microplásticos não visíveis a olho nu presente na água engarrafada

Após esta recolha de informação e leitura dos diversos documentos, percebeu-se que qualquer material, produzido na sua base por plástico, vai libertar estas micropartículas, divergindo nas quantidades, no entanto, por mínimas que sejam, tornar-se-ão significativas no seu conjunto.

3.3.2- Impactes Ecológicos e Socioeconómicos

Como transmitido anteriormente, encontra-se estabelecido que os microplásticos, pelas suas características de tamanho e peso, estão distribuídos pelos diferentes recursos que completam o meio ambiente. Acrescentando, o nosso planeta, de alguma forma, está interligado, fazendo com que este poluente se alastre naturalmente. O ciclo da água é um exemplo simples dessa relação, inclusive há estudos que revelam a precipitação atmosférica de microplásticos, em locais urbanos e suburbanos (Klein & Fischer, 2019; Dris et al., 2017). Uma vez introduzidos no meio, o seu transporte é facilmente alimentado, seja pela força do vento, escoamento de águas pluviais ou sistemas de drenagem e pelas águas residuais. Factos que causam efeitos adversos em vários setores, claramente a nível dos organismos vivos e da qualidade ambiental, como também a nível socioeconómico (Eriksen et al., 2013; S. L. Wright et al., 2020).

No ambiente aquático, os microplásticos têm atraído muito a atenção, tanto dos investigadores como dos cidadãos em geral, não só devido à sua difícil perceção, mas também devido à sua persistência no meio ambiente e, especialmente, porque é visível a formação das grandes manchas de resíduos plásticos, como a do Pacífico Norte (1,6 milhões de km^2 e 80.000 t de peso - 17 vezes o tamanho de Portugal) (Cleanup, 2018). O oceano é o meio que mais se encontra poluído com plástico que, consequentemente, se degrada em pequenas partículas desse material. Um estudo de 2015 estimou que em cada quilómetro quadrado dos oceanos do mundo existem, em média, cerca de 63.300 partículas de microplástico (Isobe, Uchida, Tokai, & Iwasaki, 2015). O relatório de 2017 da União Internacional para a Conservação da Natureza (IUCN) revela que, anualmente, 15 a 31% das 9,5 milhões de toneladas de plástico libertadas nos oceanos, são partículas que chegam no seu estado de microplástico. Quase dois terços desse valor provêm da lavagem de têxteis sintéticos e da erosão de pneus, o que revela que mesmo nas atividades mais inconscientes o ser humano contribui para esta acumulação (Bhandari, 2017).

A adicionar, todo o sistema hidrográfico representa um papel crucial no transporte dos microplásticos, fundamentalmente os rios que estão distribuídos por todas as partes do mundo e que encaminham as partículas para os oceanos, sendo esse o seu percurso natural (Yang, Zhang, Kang, Wang, & Wu, 2021).

O tamanho característico dos microplásticos faz com que possam, por exemplo, ser confundidos com alimentos por diversos organismos (Figura 14), como o fitoplâncton, peixes de pequeno porte e até baleias, prejudicando-os com variações histológicas nos intestinos, alterações no metabolismo e flutuações comportamentais. Uma realidade que leva à possibilidade deste contaminante se propagar pela cadeia alimentar, criando uma alusão a um dos possíveis perigos para o ser humano (Jovanović, 2017).



Figura 14 - Partículas de microplástico encontradas no organismo de um peixe.
(Fonte: Instituto Dr. *Marcus Eriksen Gyres*, 2008)

No entanto, não é apenas no meio aquático que os microplásticos são prejudiciais. A presença dos mesmos no solo pode afetar adversamente a sua estrutura e dinâmica. A biota presente pode sofrer efeitos, como as minhocas e as plantas (Boots, Russell, & Green, 2019; Rillig, Lehmann, de Souza Machado, & Yang, 2019). Além disso, estudos recentes focados em alimentos que fazem parte da dieta da maior parte da população, demonstram que a maçã é a fruta mais contaminada por microplásticos (<10 μm) e que a cenoura é o vegetal com esse título (Oliveri Conti et al., 2020).

Apesar destas informações, ainda não existem estudos que relevem uma avaliação suficientemente clara para generalizar um risco que os microplásticos possam causar no meio. É possível que as partículas de plástico que sejam encontradas no ambiente terrestre provenham das diversas fontes já mencionadas e ainda de outras fontes relacionadas diretamente com práticas agrícolas, como o *Plastic mulching*[6] ou uso de utensílios de plástico que se vão degradando. Infiltração de água, essencialmente pluvial, que possa conter microplásticos é outro fator que poderá afetar a dinâmica deste meio (Steinmetz et al., 2016; Hurley & Nizzetto, 2018).

Relativamente ao impacte dos microplásticos na qualidade do ar, as micropartículas têm um tamanho reduzido (abaixo dos 10 μm) comparativamente com os tamanhos que têm sido

[6] É um plástico usado, de maneira semelhante à cobertura morta, para suprimir ervas daninhas (Gao et al., 2019).

reportados nos trabalhos específicos de amostragem no solo e água. O que contribui para o facto de ser este o meio onde menos estudos se focam, e os existentes seguem muito a linha de pensamento do ar como um fator de transporte, podendo as partículas atingir diferentes distâncias, depositando-se nos outros meios (S. L. Wright et al., 2020). Apesar dos estudos neste meio serem limitados, seja em quantidade como na informação que revelem, conhece-se a possibilidade destas micropartículas poderem ser inaladas pelos seres vivos e ficarem retidas nas vias aéreas. Alguns estudo focam-se nos problemas respiratórios quando existe uma exposição a quantidades significativas deste contaminante, referem inflamação pulmonar e o aumento do risco de cancro (Gasperi et al., 2018).

Para além dos impactes diretos destas micropartículas como material no seu estado físico nos seres vivos e no meio ambiente, estas também podem originar diferentes impactes pelas suas propriedades químicas. Além da utilização de combustíveis fósseis na produção de materiais plásticos, que por si só são prejudiciais, ainda lhes são adicionados aditivos, como plastificantes, retardadores de chama, antioxidantes, lubrificantes, agentes anti-inflamatórios, estabilizadores de UV e corantes, de forma a criar características ideais para fins de venda, que aumentam os impactes e os efeitos tóxicos no meio ambiente e nos seres vivos (Rani et al., 2017; Beltifa et al., 2017). Reforçando este facto, ainda existem plásticos com capacidade para, além dos seus componentes intrínsecos referidos, adsorver numerosos contaminantes tóxicos, como hidrocarbonetos ou metais pesados e poluentes orgânicos persistentes[7] (conhecidos como POP's). A título de exemplo, no oceano, esta característica faz com que os poluentes adsorvidos se concentrem num local específico, ampliando as diversas consequências (Thompson et al., 2004).

Como representado no esquema da Figura 15, há uma relação lógica entre os impactes ecológicos e as consequências a nível social e económico pois, tudo o que é consumido e comercializado, resulta, de alguma forma, do meio ambiente como recurso. Quando esse mesmo recurso carece de mais qualidade, os organismos presentes na cadeia alimentar irão sair afetados e, consequentemente, os negócios e comercializações.

[7] Compostos altamente estáveis, tóxicos e que persistem no ambiente, resistindo à degradação química, fotolítica e biológica (ASAE, n.d.).

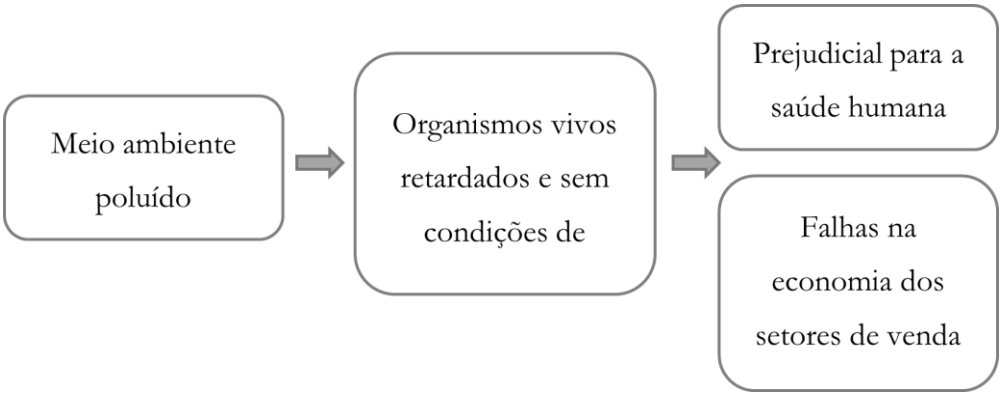


Figura 15 - Esquema da relação dos impactes ecológicos e socioeconómicos.
(Fonte: Elaboração própria)

Neste seguimento, um estudo português reporta a presença de pequenos polímeros sintéticos em espécies marinhas que são comercializadas para servirem de alimento ao ser humano (Neves, Sobral, Ferreira, & Pereira, 2015). Estima-se que na Europa os consumidores de marisco sejam expostos a 11.000 partículas deste poluente por ano (Dehaut et al., 2016). Um estudo de 2021, focado na costa portuguesa, vem reforçar esta ideia ao comprovar a existência de microplásticos em organismos provenientes de habitats e localizações diferentes ao longo do litoral (p.e. carapau, cavala, mexilhão) (Pequeno, Antunes, Dhimmer, Bessa, & Sobral, 2021).

A interferência com o desenvolvimento neurológico e o com o sistema endócrino dos organismos marinhos torna clara o impacte no setor das pescas e aquacultura, pela falta de segurança alimentar e, naturalmente, perdas económicas associadas à falta de qualidade do produto (Jovanović, 2017).

O mesmo acontece quando estudos se referem ao solo e à qualidade do mesmo. Além de evidências de microplásticos em alimentos, estas micropartículas podem causar efeitos no solo que influenciam a sua capacidade e, para muitas realidades, a produção de alimentos neste meio é uma fonte de rendimento (Rillig et al., 2019).

3.3.3- Recolha e análise

Apesar dos microplásticos serem uma temática com interesse nos últimos anos, não existe uma forma padronizada para realizar a recolha de amostras e respetiva análise. No entanto foi possível perceber que técnicas utilizadas em áreas científicas como Gestão da Água, Qualidade dos Solos e Qualidade do Ar, são viáveis no que diz respeito à envolvente dos microplásticos (Ng et al., 2018; Jiang, 2018).

Atualmente, é cada vez mais a informação disponibilizada acerca dos microplásticos. Alguns dos argumentos contam com discrepância sobre a prevalência deste poluente, que pode decorrer das dificuldades inerentes à avaliação e monitoramento no ambiente, bem como à falta de consistência nos estudos de campo e à dificuldade de detetar e identificar micropartículas menores na ordem dos micrómetros (Costa, Duarte, & Rocha-Santos, 2017).

De acordo com Hidalgo-Ruz, Gutow, Thompson, & Thiel (2012), a recolha de microplásticos pode ser feita de diferentes formas, dependendo do seu estado e concentração:

- **Amostragem seletiva:** consiste em separar e recolher no local os microplásticos visíveis a olho nu. Um método eficaz em zonas de muita acumulação com microplásticos de tamanho maior e/ou pellets;
- **Amostragem em massa:** exige a recolha de sedimento/água e uma posterior filtragem, não alterando a amostra durante todo o processo de amostragem. Normalmente utilizada quando os microplásticos não são visíveis porque:
  - estão cobertos de outras partículas/sedimentos;
  - têm pouca abundância (exige a recolha de grandes volumes de sedimento/água);
  - têm um tamanho muito reduzido;
- **Amostragem em volume reduzido**: amostras onde o volume inicial recolhido é alterado no decorrer do processo de forma a preservar apenas a parte da amostra com interesse analisar.

Os dois últimos tipos de amostragem requerem um trabalho de laboratório acrescido comparativamente às amostras seletivas.

A metodologia utilizada na recolha dos microplásticos vai depender, essencialmente, do meio de estudo, isto é, ar, água ou solo. Tendo em conta os objetivos do presente estudo e o enquadramento já referido, achou-se relevante conhecer, apenas de uma forma geral, as metodologias utilizadas em cada um destes três meios.

Mais uma vez, o meio aquático, seja água salgada ou doce, ganha realce comparando com os restantes meios, inclusive a Administração Nacional Oceânica e Atmosférica dos Estados Unidos (conhecida como NOAA) publicou em 2015, exclusivamente neste sentido, conteúdo com recomendações de processos e métodos laboratoriais para a análise de microplásticos, tanto em amostras de água, como noutros sedimentos presentes no meio aquático (NOAA, 2015).

Dependendo dos objetivos pretendidos como, por exemplo, obtenção de uma amostra de água em profundidade ou à superfície, os materiais a utilizar para a recolha podem variar. Alguns exemplos de materiais/técnicas usadas para recolha de microplásticos em amostras de água são: balde de inox, coletor de braço retrátil, amostradores de plâncton, bomba de água, redes Neuston ou de plâncton com uma malha adequada ao tamanho que se pretende recolher (100 μm normalmente) e bombas (Campbell, Williamson, & Hall, 2017).

Quanto ao solo, após delimitada uma área, normalmente quadrada, de forma a conseguir transpor os resultados para o solo no seu todo, pode ser usado para recolher a amostra, uma sonda ou uma caixa de *Corer* e alguns estudos referem o uso de uma pá. Mais uma vez dependendo do objetivo e da profundidade pretendida (Thomas, Schütze, Heinze, & Steinmetz, 2020; Bläsing & Amelung, 2018).

Os microplásticos presentes no ar têm tamanhos muito reduzidos, pelo que a dificuldade de determinar metodologias acresce. Há equipamentos possíveis e eficazes para a determinação de partículas de microplástico no ar interior, ou seja, ar de uma instalação/divisão, de alguma forma saturado (o monitor de partículas Haz-Dust p.e.), no entanto para a qualidade do ar ambiente esses mesmos equipamentos não são eficazes devido à elevada probabilidade de dispersão, apesar de poderem ser utilizados. Não deixa de ser um meio afetado por estas micropartículas mas ainda com informação limitada (Dris et al., 2017; S. L. Wright et al., 2020).

Após a preparação e recolha da amostra, os microplásticos podem ser isolados, identificados e quantificados através de diversas técnicas. As suas propriedades únicas, como tamanho, cor, forma, densidade e composição química são fatores cruciais. Tendo isto em conta, a metodologia de análise pode dividir-se em dois grandes grupos, a caracterização morfológica/física e a caracterização química. Como referido, a cor, forma e tamanho são características tidas em conta em diversos estudos, no entanto as propriedades químicas são um fator muito importante, principalmente como motor de confirmação (Claessens, Meester, Landuyt, Clerck, & Janssen, 2011; Vianello et al., 2013).

Uma técnica muito usada para a separação de microplásticos de outros materiais, é a separação por flutuação ou por diferença de densidade. Se o objetivo for separá-los da água, pode ser adicionado cloreto de sódio (o mais comum) que faz com que as partículas de plástico fiquem à superfície da matéria liquida (Rocha-Santos & Duarte, 2015). Por sua vez, na água mas com presença de outros sedimentos sólidos, a abordagem é idêntica, mas com

a utilização de um sal com maior densidade como o cloreto de zinco (Van Cauwenberghe, Devriese, Galgani, Robbens, & Janssen, 2015).

A utilização de peneiras é outra técnica bastante usada para uma separação dos microplásticos noutras partículas sólidas, inclusive é reportada a utilização de uma sequência de várias peneiras com diferentes malhas, de forma a passar a amostra por todas e se obter diferentes categorias de microplásticos pelo seu tamanho (Desforges, Galbraith, Dangerfield, & Ross, 2014).

Uma das abordagens mais comum na identificação deste tipo de partículas consiste na inspeção/identificação visual, com ou sem auxílio de microscopia ótica, seguida ou não de confirmação por análises da composição química, que combina os dois grandes grupos de análises (morfológicas e químicas), de forma a minimizar o erro associado (Hanvey et al., 2017; Zhang et al., 2017; Costa et al., 2017; Liu et al., 2019). A utilização unicamente de análise visual, segundo Eriksen et al. (2013), revela aproximadamente 20% de partículas identificadas como microplásticos, que após a utilização de microscopia eletrónica de varrimento (SEM do inglês *scanning electron microscopy*), se confirma que são outro tipo de micropartículas. Utilizando outras análises químicas, como a microscopia-Raman, segundo Lenz, Enders, Stedmon, MacKenzie, & Nielsen, (2015), 32% das partículas de microplástico contadas por análise visual abaixo de 100 μm, não foram confirmadas. E Hidalgo-Ruz et al. (2012) referiu que até 70% das partículas foram erradamente identificadas após a análise de espectroscopia de infravermelho por transformação de Fourier (μ-FTIR do inglês, *Fourier-Transform Infrared Spectrometry*), o que revela uma maior precisão desta última técnica, comparativamente com as anteriores.

Numa abordagem menos técnica mas referida como viável, quando não há possibilidade de utilizar equipamentos mais dispendiosos, como analisadores espectroscópicos é o "teste de agulha quente" mencionado por Campbell, Williamson, & Hall (2017). Este teste consiste no contacto de uma agulha aquecida com o material em análise e verificar qual o seu comportamento quando sujeito ao calor e se derretem ou não. Como desvantagens, é um método que permite apenas entender se é ou não material plástico, sem entrar em caracterizações mais profundas e também não é viável para partículas numa ordem de grandeza menor.

É importante referir que, apesar das técnicas de laboratório e inovações virem a evoluir a cada dia, o limite de tamanho potencial para uma identificação de microplásticos, varia entre 20 e 100 μm, mas com técnicas ainda mais avançadas do que as comummente utilizadas, será

possível reduzir esta faixa até ao limite inferior do tamanho dos microplásticos, ou seja, 1 μm. Apenas laboratórios mais especializados conseguem visualizar e obter a tipologia de partículas na ordem dos nanômetros, apesar de se tornar mais comum com a evolução (J. Frias et al., 2018).

Embora existam estas técnicas, os estudos realçam a necessidade de investir mais em metodologias deste tipo, principalmente que permitam entender os compostos químicos presentes nas micropartículas que são, evidentemente, prejudiciais para o meio e para os organismos. A evolução tecnológica é também necessária, de forma a ser possível analisar as mais pequenas micropartículas, para progredir no sentido da criação de uniformidade neste tema. Só assim os diversos estudos que hoje se contradizem, podem ser comparados passando a existir um complemento mútuo (Rocha-Santos & Duarte, 2015).

3.3.4- Medidas de prevenção e mitigação

Vários dos estudos referidos sugerem a magnitude da contaminação ambiental por microplásticos e torna-se clara a necessidade de estudar e desenvolver metodologias para a prevenção e mitigação desta problemática. A sua remoção do meio ambiente, como já referido, é uma tarefa desafiadora devido ao seu tamanho reduzido e à sua decomposição contínua, pelo que se torna essencial diminuir as perdas que possam existir, antes mesmo de chegarem ao meio ambiente. Tendo em conta a aplicabilidade ao caso LIPOR, é importante realçar as definições dadas pela EuPC (2020), no inquérito enviado para a LIPOR, a estes dois conceitos tão relevantes, aquelas que servirão de base para a reunião de possíveis medidas. Referem:

- **medidas de prevenção** como medidas aplicadas para evitar qualquer derrame de microplásticos dentro da instalação. De realçar que, no caso LIPOR, não existe propriamente derrames num curto período de tempo, mas sim uma libertação contínua com o manuseamento, ou seja, dirá respeito a medidas que diminuam a degradação do material plástico;
- **medidas atenuantes ou de mitigação** dizem respeito a evitar qualquer perda de microplásticos presentes nas instalações para o meio ambiente. Ao diminuir a quantidade no meio, diminui o impacte que o poluente causa.

A prevenção e mitigação são conceitos que devem pertencer no topo das preocupações de todas as empresas no tocante aos riscos associados às suas atividades, enquanto entidade impactante na sociedade. Quando não existe forma de agir diretamente nos riscos dos

microplásticos, os esforços devem passar pela redução da produção de resíduos plásticos, através de medidas políticas ou científico-tecnológicas e, sobretudo, por sensibilizar a comunidade para os problemas reais que daí advêm. Além disso, investir em prevenção/mitigação, poderá reduzir custos económicos posteriores derivados a maiores consequências ambientais. Apesar do foco ser o meio ambiente, investir em medidas é um esforço que vem contribuir para melhorar o relacionamento com todos os *stakeholders*, desde parceiros à comunidade. Existem muitas outras vantagens segundo o Manual da OCS da APIP & PlasticsEurope, (2020) , entre elas:

- Iniciativas em prol de um desenvolvimento sustentável que trazem reputação na comunidade;
- Contribuição para preservar a qualidade da água, do ar, solo e da vida animal;
- Cumprimento da regulamentação que exista, evitando coimas;
- Antecipação e organização de esforços futuros em prol de regulamentações;
- Segurança dos colaboradores.

Muitas medidas reportadas vão de encontro a campanhas de sensibilização e ações de limpeza de plásticos (menos plásticos no meio, consequentemente menos microplásticos). Além de causar um impacte positivo no meio, cria-se consciência nos indivíduos envolvidos, tendo também um impacte social benéfico (GESAMP, 2016).

Informações destas categorias, seja relativo à prevenção como à mitigação, que digam respeito diretamente a entidades que manuseiam material plástico (produção, transporte, tratamento, reciclagem, etc.) é muito reduzida. Para a obtenção de medidas efetivas, serviram como fortes referências o questionário da EuPC e informações sobre o programa OCS da APIP. Este último, apesar de ser um programa especialmente direcionado para indústrias produtoras que manuseiam *pellets,* revela de uma forma muito completa e pormenorizada, ferramentas para a implementação de medidas nas empresas. Essas medidas foram consultadas e reveladas as que se entendeu como pertinentes (APIP; PlasticsEurope, 2020; EuPC, 2020).

Iniciando com as medidas preventivas aquelas que, na prática, vão de encontro a ferramentas que permitam manusear o material plástico diminuindo a degradação deste em micropartículas. Apesar da libertação nunca ser nula, visto que esta degradação é uma característica já referida dos polímeros plásticos, revelam-se as seguintes medidas de prevenção:

- Luvas de sumo - material acolchoado para colocar nos empilhadores ou nas retroescavadoras, que traz benefícios para a segurança dos trabalhadores, além de impedir estragos, derrames e perda de partículas (Figura 16- A);
- Tabuleiros ou bandejas de recolha - projetados por questões ambientais, de forma a reterem um possível derrame ou apenas a libertação natural de matéria, podendo ser adaptado o tamanho à necessidade. Desta forma não se depositam no solo, o que torna possível o seu armazenamento com mais facilidade. No manual da OCS referem a possibilidade de ter tabuleiros disponíveis para utilizar nas válvulas de descarga dos camiões (Figura 16- B).

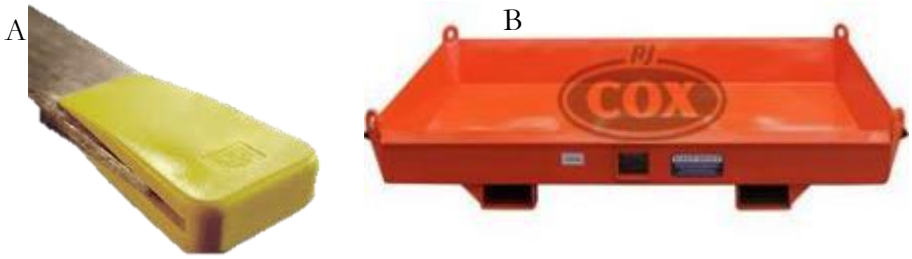


Figura 16 - Luvas de Sumo (A) e Bandejas de Recolha (B).
(Fonte A: Site Embrace Safety); (Fonte B: Site AllRubber)

No que diz respeito ao impedimento da chegada destas micropartículas ao ambiente, com a aplicabilidade direta de medidas de mitigação, estas poderão passar por diferentes opções dependendo da dinâmica da indústria. Sendo o meio aquático bastante afetado nesta temática, as tampas de drenagem das águas pluviais são uma das últimas linhas de defesa contra a propagação dos microplásticos nesse meio, o que faz das mesmas uma prioridade. Neste sentido, podem ser colocadas tampas de drenagem ou agregação (Figura 17 - A), cuja malha indicada deve ser do tamanho da partícula mais pequena manuseada nas instalações, em alguns casos redes e filtros poderá ser viável. Além disso, estes pontos de drenagem das águas pluviais devem ser limpos regularmente para evitar entupimentos e transbordos. Em zonas onde exista um ponto de água (lago, lagoa, riacho, etc.) um possível exemplo para impedir que as partículas libertadas permaneçam são os *skimmers* de superfície (Figura 17 - B) que, com movimento, vão acumulando as partículas sólidas presentes possibilitando a sua recolha (APIP; PlasticsEurope, 2020; EuPC, 2020).

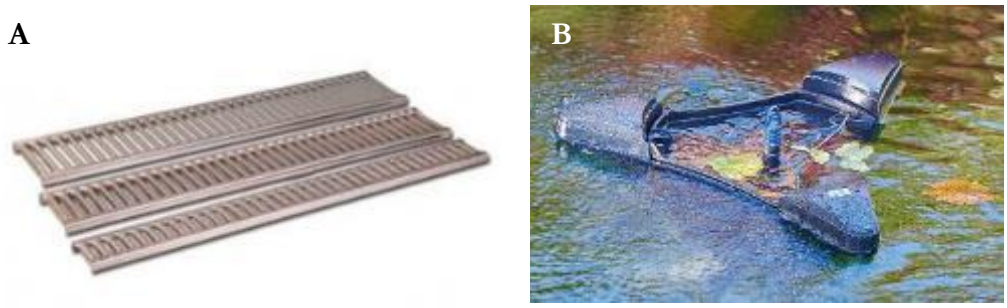


Figura 17 - Tampas de drenagem das águas pluviais (A) e *Skimmers* de superfície (B).
(Fonte A: CapaDrain); (Fonte B: Oase Living water).

Em impactes relacionados com a qualidade do ar, tanto em questões ambientais como para a saúde e segurança dos colaboradores, entre outras opções, os filtros LEV (*Local Exhaust Ventilation*) e os filtros de ventilação são importantes na temática dos microplásticos, sendo ideais para poeiras e vapores, e retêm grande parte dos microplásticos menores que são os característicos do ar (APIP; PlasticsEurope, 2020; EuPC, 2020).

Outras medidas de mitigação são direcionadas para a limpeza da zona onde são originados os microplásticos, quando se aplica a possíveis derrames é muito importantes ter disponível ferramentas de limpeza imediata (indicado para manuseio de pellets). É importante que exista um horário de limpeza que seja cumprido, complementado com recipientes específicos para os microplásticos em cada área onde estes são manuseados, devidamente identificados e rotulados, juntamente com material de limpeza ao dispor dos colaboradores, de forma a não permitir uma grande acumulação das partículas no pavimento (APIP; PlasticsEurope, 2020; EuPC, 2020).

No manual da OCS referem uma hierarquia dos métodos de limpeza a aplicar a estes resíduos, de forma a evitar a sua maior propagação que, do mais indicado para o menos, são:

1. Aspiração (aspiradores para o interior e exterior quando necessário);
2. Varredura;
3. Lavagem com água (apenas se houver sistemas de contenção adequados);
4. Sopradores - apenas como última opção, pois pode alastrar os resíduos em vez de os reter.

3.3.5- Políticas Ambientais

As Políticas Ambientais são um tópico crucial a referir, visto que refletem as possíveis resoluções de um problema ambiental. A política ambiental europeia tem em conta diferentes princípios e instrumentos, mas a precaução, a prevenção e a correção da poluição na fonte estão intrínsecos em todos eles (Kurrer, 2021).

Segundo o livro "Economia do meio ambiente" de May, Lustosa, & Vinha (2018), estas políticas podem ser definidas como "o conjunto de metas e instrumentos que visam reduzir os impactes negativos da ação antrópica — aquelas resultantes da ação humana — sobre o meio ambiente", de onde resultam três possíveis instrumentos como resposta a problemáticas ambientais:

- Instrumentos de comunicação
  - Os instrumentos com foro menos direcionado para regulação dos três existentes, pois são utilizados de forma a tornar a sociedade e os agentes poluidores mais sensibilizados para diversos temas ambientais, realçando os possíveis danos das diversas atividades em questão. Rótulos ou certificações ambientais, educação ambiental, acordos e *marketing* verde, são exemplos deste tipo de instrumento, que trazem para uma entidade empresarial mais prestígio. Segundo a OECD (2017) (Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Económico) são "compromissos por empresas ou indústrias em melhorar o seu desempenho ambiental para além das obrigações legais";
- Instrumentos de comando-e-controlo (ou de regulação direta)
  - São instrumentos que implicam a participação de entidades reguladoras com a implementação de normas, regras, procedimentos, padrões e controlos, que tenham que ser seguidas pelos agentes poluidores, acompanhadas de penalidades previstas para as desobediências. Numa visão geral, estes instrumentos são as leis de alçada ambiental, no qual existem determinados exemplos: licenças após a AIA[8] para o funcionamento de uma fábrica; especificações tecnológicas; controle ou proibição de produtos; legislação a ser seguida de padrões de gases emitidos;

[8] Avaliação de Impacte Ambiental- onde está incluso o EIA (estudo de impacte ambiental) (Decreto-Lei nº152-B/2017).

- Instrumentos económicos (ou de mercado)
    - São instrumentos cujo objetivo vai de encontro à internalização, por parte da entidade poluidora, dos seus custos externos associados, ou seja, das externalidades[9] (no caso que originam riscos ambientais). Com a cobrança de taxas, tarifas ou emissão de licenças, é possível, para além do melhoramento ambiental, haver produção de receitas que podem ser aplicadas em iniciativas que promovam o desenvolvimento sustentável. Como exemplos existe a atribuição de subsídios quando há melhoria no desempenho ambiental das entidades poluidoras, taxas que incidam na utilização de produtos poluentes e o popular imposto sobre o carbono. No caso, na visão de um economista, internalizá-las vai de encontro à entidade que os originou assumir os custos associados (Pereira, 2013).

Atualmente, o último instrumento referido tem mais realce, no entanto os instrumentos de regulação direta desde os primeiros passos da política ambiental, foram os preferenciais (Mendes, 2005, p.130).

Após esta descrição, outro propósito deste capítulo passou por entender o que se encontra em vigor em termos de políticas ambientais aplicadas, direta ou indiretamente, à temática dos microplásticos, assim como entender o que poderá surgir nos próximos anos.

De momento, não existem instrumentos de regulação direta direcionados para os microplásticos, quer a nível nacional, quer a nível europeu. No entanto, há uma clara preocupação pois, além do programa OCS referido atrás, totalmente focado nas empresas, existe também uma iniciativa em rumo da Comissão Europeia, cuja adoção está planeada para o quarto trimestre de 2022. Iniciativa esta que visa combater aqueles microplásticos que, involuntariamente, são libertados para o meio ambiente, focando-se em rotulagens, padrões, certificações e medidas regulatórias nas principais fontes identificadas para reduzir esta poluição e melhorar toda a informação científica dos riscos associados aos microplásticos o que, mais uma vez, coloca as empresas numa posição ativa. O *Green Deal* tem levado a uma maior preocupação neste sentido (Comissão Europeia, 2020).

Neste percurso e na obtenção de resultados positivos, entram também as entidades ativas e preocupadas com as questões ambientais, dos quais a ECHA (*European Chemicals Agengy*) faz parte. É uma das entidades que tem criado mais forças neste sentido, inclusive realizado propostas, essencialmente desde 2018, que vão de encontro à proibição do uso intencional

[9] Uma ação criada por um ator do mercado vai afetar, positiva ou negativamente, a atividade de outro, sem que isso seja transmitido através do sistema de preços (May et al., 2018).

de microplásticos em produtos (principalmente de origem primária), de forma a diminuir ou evitar a sua perda para o meio ambiente. Esta entidade estima que a proposta reduza as emissões em pelo menos 70%, evitando a libertação de 500.000 t de microplásticos durante o período de 20 anos após a sua introdução, sendo que a mesma, se for aceite, será adotada entre final de 2021 e início 2022 (ECHA, 2018).

Regressando ao programa OCS, reconhecendo-o como um instrumento de comunicação, as empresas abrangidas podem aderir e assumir um compromisso voluntário de implementar as melhores práticas no combate às perdas de microplásticos, o que, além de benefícios ambientais, permite estar um passo à frente das restantes entidades (APIP & PlasticsEurope, 2020).

Como referido, estas micropartículas têm uma capacidade de adsorver e libertar químicos, o que aumenta o risco associado às mesmas para além da sua fácil propagação pelos meios ambientais e pela cadeia alimentar que, por si só, não é, geralmente, considerado de elevada ameaça. Num contexto de avaliação de risco, um ponto de partida poderá ir de encontro a restrições ao uso de certos produtos químicos na criação de polímeros plásticos, como é o caso da adição de corantes. Estudos demonstram a importância de haver um registo e avaliação dos polímeros de acordo com o REACH (Regulamento relativo ao registo, avaliação, autorização e restrição dos produtos químicos) da UE, referindo que estes materiais devem receber o mesmo nível de atenção e monitorização de outros resíduos perigosos, ao longo de todo o seu ciclo de vida. Além disso, apesar de existir para produtos químicos como as substâncias perigosas, para os mesmos na presença de microplásticos essa monitorização pode não ser a apropriada, realçando mais esta importância (Steensgaard et al., 2017). Na visão do REACH, os fabricantes e fornecedores devem disponibilizar ao longo da cadeia de abastecimento, além da identificação do material, informações sobre os riscos gerados pelas substâncias e as formas de os combater. Ainda refere a importância e o papel crucial dos utilizadores a jusante, empresas ou particulares, que utilizam substâncias químicas nas suas atividades e que têm que transmitir informações das mesmas aos seus *stakeholders,* promovendo a sua utilização segura (EU-OSHA, 2021).

Atualmente, a temática dos plásticos sobrepõe-se à preocupação para com as suas micropartículas no meio ambiente que, no entanto, indiretamente poderá acarretar efeitos positivos para a poluição por microplásticos. Da perspetiva dos órgãos legisladores, a implementação de taxas ou impostos, de forma a desencorajar os produtos plásticos descartáveis ou de uso único pode ser vantajoso. Para além de redução desse plástico no

meio o que, consequentemente, reduz os microplásticos, poderá vir a gerar rendimentos para investir em controlo da perda de micropartículas em diversos pontos críticos (Oosterhuis, Papyrakis, & Boteler, 2014). Além disso, foi aprovado pela comissão europeia em 2019, com um prazo de dois anos para cada estado-membro transpor para a sua legislação nacional, a proibição de venda de plástico de utilização única para qual existem alternativas (pratos, talheres, palhinhas, entre muitos outros). De forma complementar, foram discutidas algumas metas relativas à percentagem de material reciclado, aos resíduos da atividade piscatória e informações em embalagens de produtos constituídos por plástico. Apesar desta diretiva entrar em vigor ao longo de 2021, em Portugal alguns efeitos já se foram revelando (Stoycheva, Daniela; Brivio, 2019 ; Parlamento Europeu, 2019). No primeiro dia de julho de 2021 já entraram em vigor alguns pontos desta legislação, apesar de afirmado como pouco ambiciosos por algumas entidades, são um ponto de partida para maiores objetivos (Fernandes, 2021). Estes tipos de instrumentos, de comando-e-controlo, são aqueles que impactam indiretamente na diminuição do problema ambiental associado aos microplásticos, visto que não existem diretamente para os mesmos.

A nível de regulação direta mais relacionado com a qualidade do ar, de acordo com o Decreto-Lei n.º 118/2013, de 20 de agosto, o valor médio diário do limite de partículas em suspensão com diâmetro equivalente menor que 10 μm é de 50 $\mu m/m^3$ e menor que 2,5 μm é de 25 $\mu m/m^3$ para ambientes internos, dimensões onde se podem incluir os microplásticos, não havendo valor na legislação diretamente para estas micropartículas.

4. Metodologia

4.1- Abordagem Metodológica

A metodologia adotada para o presente estudo foi baseada num processo de investigação quali-quantitativa, ou seja, uma abordagem mista que colocou em simbiose um estudo qualitativo e quantitativo (Kelle, 2006).

A pesquisa qualitativa é uma metodologia apoiada por referências que permitem a contextualização do tema em questão. Deve ser feita uma leitura, avaliação, observação e interpretação do meio e das características, tal como elas são descritas, para aumentar a compreensão do contexto pelo investigador (Macdonald, 2012). A abordagem metodológica aplicada serviu-se de diferentes técnicas de recolha de dados para a caracterização dos microplásticos e do entendimento sobre a sua gestão no contexto da triagem de plásticos. Recorreu à investigação de casos práticos de recolha e análise de micropartículas de plástico, o que tornou possível, posteriormente, compreender a sua aplicabilidade à gestão da empresa, que se complementou com relatórios de sustentabilidade ou integrados de outras entidades. Além da utilização de documentos oficiais e publicados, foram também utilizadas técnicas indiretas, tendo em conta a utilização de documentos e dados não publicados, fornecidos pela empresa.

A pesquisa quantitativa consiste num processo de recolha de dados observáveis e quantificáveis baseados, essencialmente, na observação de factos objetivos e acontecimentos. Desta forma os dados quantificáveis obtidos são passíveis de serem analisados e potencialmente escaláveis para o caso global (Freitas & Prodanov, 2013). Este tipo de metodologia quantitativa baseou-se na recolha e análise dos microplásticos libertados pelo CT, na sua base por um processo de experimentação, que se encontra representado no plano de trabalhos, no subcapítulo seguinte.

Numa fusão das duas abordagens, de forma a se complementarem, a metodologia quali-quantitativa é uma estratégia para que os dados quantificáveis facultem validação às informações qualitativas, aumentando o valor de toda a pesquisa (Kelle, 2006). No caso em prática, as teorias foram fundamentadas com quantificações da libertação de microplásticos.

4.2- Plano de trabalhos

O plano de trabalhos foi pensado e desenvolvido de forma a serem atingidos os objetivos do presente estudo. O método foi criado como resposta à inexistência de procedimentos padronizados que permitam compreender a libertação de microplásticos, sobretudo no contexto de uma central de triagem.

Um dos pontos de partida para a criação deste método foi o questionário da EuPC enviado pela APIP[10], já mencionado atrás. Este questionário tem o objetivo de harmonizar as medidas implementadas sobre os microplásticos no mercado europeu em paralelo com o programa OCS, também já mencionado. Apesar de tanto o questionário como o programa terem sido desenhados para empresas específicas de manuseamento de *pellets* e contenha pontos e questões que não se enquadram neste estudo, funcionou como referência para a metodologia que se segue, uma vez que levantou questões que contribuíram para a realização de um plano de trabalho, entre elas: "Já efetuaram medições à perda de microplásticos nas instalações?" "Se sim que métodos foram implementados?" "Têm barreiras preventivas e atenuantes instaladas dentro das suas instalações?" (EuPC, 2020).

O confronto com a pertinência destas respostas levou à necessidade de realizar recolha de amostras, devido à inexistência de qualquer conhecimento das quantidades libertadas no CT, tanto internamente como aquelas que chegam ao meio ambiente.

Posto isso, o plano de trabalhos definiu características, periodicidades, locais e formas possíveis de chegar a uma metodologia futura eficaz. O critério de avaliação e validação da metodologia escolhida centrou-se em perceber, numa fase prematura, se havia efetivamente uma recolha de microplásticos que permitisse chegar a conclusões. O que fez do primeiro mês da sua implementação, um mês experimental, mas crucial para o seguimento do trabalho.

Tendo em conta a divergência já verificada relativa ao tamanho definitivo dos microplásticos, é importante relembrar que o tamanho referido por Courtney & Baker, (2009) e J. P. G. L. Frias & Nash (2019), ou seja, 1 μm a 5 mm, foi aquele dado como aceite para o presente estudo, sendo que foram analisados microplásticos de 64 μm até 5 mm. Abaixo deste valor serão excluídos desta investigação, uma vez que a sua pequena dimensão não permite a aplicação da metodologia idealizada.

[10] O questionário foi entregue pela LIPOR à APIP no dia 9 de setembro de 2020, com respostas baseadas na informação que a empresa dispunha no momento.

Considerando todo o contexto exposto, para o método de recolha de amostras foram tidas em conta características que permitissem a obtenção de dados no tempo previsto do projeto, sem envolver técnicas científicas de elevada performance, com custos controlados e que não restringisse os resultados a um só meio (água, solo ou ar), visto que o foco passou por entender a libertação de microplásticos e a sua dispersão, independentemente do meio onde eles, posteriormente, se depositassem.

Assim, de uma forma abreviada, o método passou por colocar recipientes de amostragem no interior e em diferentes pontos da área envolvente ao CT, para posterior recolha, análise, contabilização e criação de grupos tipológicos de microplásticos. Este método permitiu avaliar as partículas que se deslocam em suspensão no ar e que, no decorrer do período de amostragem se depositaram nos recipientes, ao qual, na sua ausência, se teriam depositado no meio ambiente (solo ou água). Trata-se de uma amostragem em volume reduzido, que se mostra mais prática quando comparada com a recolha de amostras de água ou solo (amostragem em massa), pelo facto de as amostras serem recolhidas sem necessidade de técnicas laboratoriais especiais para o processo de separação das partículas plásticas de maior interesse.

Posto isto, o plano de trabalhos foi estruturado tendo em conta os seguintes passos, detalhados abaixo:

- Amostragem;
- Preparação da amostra;
- Separação dos microplásticos da amostra;
- Caracterização e quantificação dos microplásticos;
- Análise de dados.

1. Amostragem

À priori, devido à inexistência de quaisquer dados relativos ao tema na empresa, foi definida a necessidade de recolha de amostras. Desta forma, foi importante passar por entender qual a melhor forma de recolha, quantos e quais os pontos de amostragem.

Foram utilizados recipientes cilíndricos, devidamente identificados, de 10 L de volume, com uma abertura na parte superior, com um diâmetro de cerca de 26,8 cm e com uma altura de 27,5 cm. Como alguns desses amostradores seriam colocados em zonas externas e, existindo possibilidade de o recipiente encher com água da chuva, foram adaptados com uma

abertura redonda na sua base, de 10 mm de diâmetro (Figura 18 – A) no qual foi aplicado, na parte interior do amostrador, um filtro metálico fixo com malha de 64 micrómetros (Figura 18 – B e C). Na parte exterior foi aplicado um filtro de papel com uma maior capacidade de retenção (Figura 18 - D) que, quando necessário, foi substituído, de forma a ser possível o escoamento da água e a retenção das micropartículas.

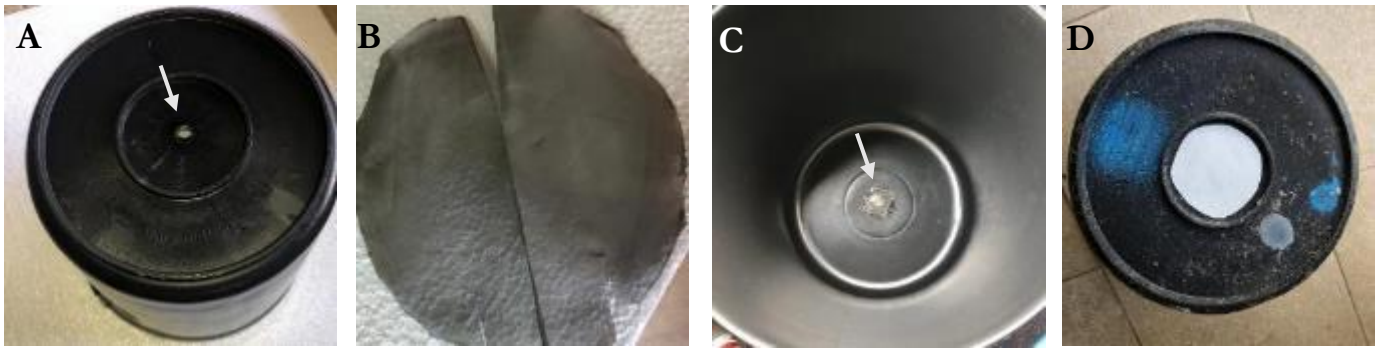


Figura 18 - Preparação dos amostradores.
A - Abertura de 10 mm na base do amostrador; B - Filtro metálico com malha de 64 μm; C - Filtro metálico colocado na parte interna do amostrador que permaneceu ao longo de toda a amostragem; D - filtro de papel colocado na parte externa da base do amostrador, substituído em cada amostragem.
(Fonte: Arquivo pessoal)

Tendo em conta a área e dinâmica do CT foram utilizados dezasseis amostradores. De modo a entender a quantidade e a tipologia dos microplásticos resultantes da atividade diária do CT e a sua dispersão, achou-se relevante que os mesmos permanecessem em locais, tanto no interior como no exterior das instalações.

Quatro dos amostradores foram colocados no interior do CT (amostrador 1, 4, 7 e 10), perto dos quatro portões que, usualmente, servem de entrada (portão 3 e 4) e saída (portão 5 e 6) dos resíduos. Estes serviram para avaliar a libertação de microplásticos no interior, sendo este o local considerado como foco da libertação e, ainda, adicionaram mais-valias informativas quando relacionados com os obtidos do exterior.

Os restantes doze amostradores foram dispersos na zona externa, na área envolvente ao CT. Os locais estipulados contaram com uma estratégia prévia, do ponto de vista dos objetivos do estudo. Foram posicionados em locais onde os microplásticos, na ausência dos amostradores, se depositariam no sistema de drenagem das águas pluviais, seguindo para o meio hídrico, ou nos jardins da área envolvente. Na parte externa de cada um dos quatro portões referidos anteriormente, foram colocados dois amostradores (perfazendo um total de oito), um deles imediatamente após a tampa das águas pluviais e, o outro, ligeiramente mais distante, no jardim. Os restantes quatro amostradores externos, com o objetivo de entender a capacidade de dispersão dos microplásticos, foram colocados mais distantes,

um em cada lado do CT (amostrador 13, 14, 15 e 16).Encontra-se representado na Figura 19 um mapa da disposição no CT de todos os pontos de amostragem referidos.

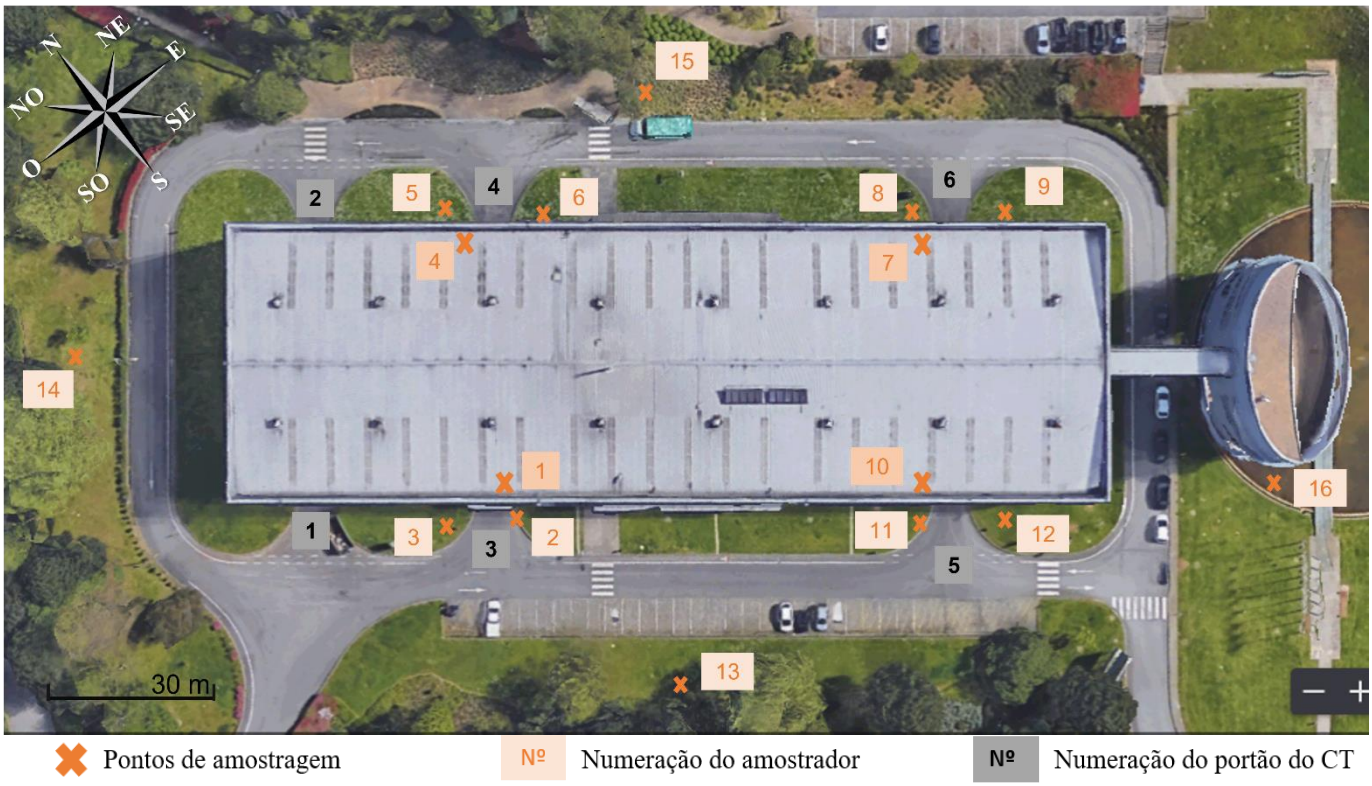


Figura 19 - Esquematização dos pontos de amostragem na LIPOR.
Quatro amostradores internos: 1, 4, 7 e 10. Dois amostradores externos por cada um dos quatro portões do CT: perto das tampas das águas pluviais - amostrador 2, 5, 8 e 11; no jardim- amostrador 3, 6, 9 e 12. Quatro amostradores mais distantes: 13, 14, 15 e 16.
(Fonte: Elaboração própria em imagem do Google Earth)

Após a instalação dos amostradores no local estipulado, foram realizados três momentos de amostragem:

1. Amostras obtidas desde o dia 1 de fevereiro até ao dia 1 de março – Primeira campanha de amostragem/Amostragem de fevereiro;
2. Amostras obtidas desde o dia 2 de março até ao dia 30 de março – Segunda campanha de amostragem/Amostragem de março;
3. Amostras obtidas desde o dia 31 de março até ao dia 28 de abril – Terceira campanha de amostragem/Amostragem de abril.

Os amostradores estiveram expostos durante 28 dias consecutivos por cada amostragem (não contabilizando o dia da recolha), sendo que, após este período, foram recolhidos de forma a garantir o armazenamento das amostras para que, no dia seguinte, se iniciasse o novo mês de amostragem. A periodicidade foi definida, primeiramente para facilitar a comparação dos resultados da amostra de microplásticos com as quantidades de material presente no CT, sendo que estas últimas existem transpostas na forma mensal. E depois, foi definida tendo

em consideração o facto de, menos tempo de recolha poder comprometer a quantidade de amostra significativa para a obtenção de resultados.

2. Preparação da amostra

Depois de colhidas as amostras, com o auxílio de um instrumento de medição (paquímetro métrico), a primeira ação foi a retirada das partículas cuja dimensão fosse claramente superior aos 5 mm (p.e. macroplásticos que caiam nos amostradores). Para separar os microplásticos da amostra total, que continha outros materiais (p.e. matéria orgânica e matéria mineral), houve necessidade de definir métodos de separação.

Obtiveram-se 2 tipo de amostras (Figura 20): amostras sólidas com os diferentes materiais já mencionados e amostras de água da chuva com partículas, de amostradores onde o escoamento da água foi mais lento devido a dias mais chuvosos. Também foram obtidas amostras de partículas presentes no filtro de papel colocado no lado externo do amostrador, no entanto, não se consideraram relevantes para a metodologia aplicada, tratando-se de partículas menores que 64 μm.

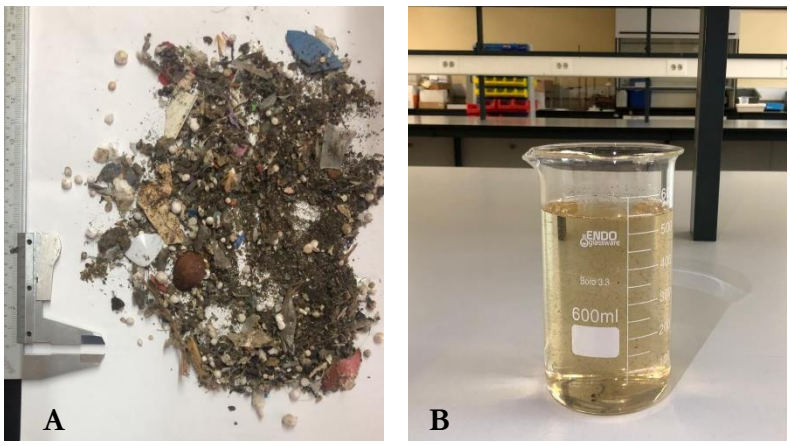


Figura 20 - Tipos de amostras obtidas.
A - Exemplo de uma amostra sólida recolhida; B - Exemplo de uma amostra de água pluvial recolhida.
(Fonte: Arquivo pessoal)

O foco deste estudo, como referido, incidiu sobre a amostra sólida, aquela que conta com os microplásticos com dimensão de 64 μm a 5 mm, incluindo os resíduos presentes nas amostras das águas pluviais, quando aplicável.

Considera-se como um primeiro momento e crucial de qualquer análise, as pesagens de todas as amostras obtidas que, quando necessário, foram transferidas para placas de Petri devidamente identificadas e colocadas na estufa a 50ºC durante 24h, facilitando a posterior identificação dos diferentes materiais presentes.

Relativamente às amostras de água, a forma mais eficaz de reter os sedimentos sólidos passou por um processo de filtragem, com o apoio de um funil onde foi colocado um filtro de papel (Figura 21 - A) que posteriormente foi para a estufa a uma temperatura de 50ºC durante 24h (Figura 21 - B).



Figura 21 - Tratamento das amostras de água com sedimentos de microplásticos.
(Fonte: Arquivo pessoal)

Em amostras sólidas com grande quantidade de material, de forma a facilitar a identificação de microplásticos, a amostra foi quartilhada. Este método consiste na divisão da amostra em quatro partes iguais (quatro quadrantes), onde é selecionada apena uma parte, restringindo a quantidade em análise. Para o erro associado a este método ser o mais diminuto possível, é importante realizar a homogeneização da amostra previamente à separação em quadrantes, para promover uma mistura da mesma da forma mais regular possível. Devem ser selecionados para análise dois quadrantes opostos de forma a garantir representatividade da mesma quando transposta para o seu total. Como se analisa apenas uma parte, os resultados são transpostos com cálculos para o total da amostra (Alakangas & Impola, 2015). Este processo foi realizado de forma sucessiva até ser obtida a dimensão da amostra desejada, isto é, ao serem selecionados dois quadrantes obtém-se 1/2 da amostra total, se essa quantidade ainda não for a desejada é novamente aplicada a divisão e ao selecionar dois quadrantes obtém-se 1/4 da amostra inicial e assim sucessivamente.

3. Separação dos microplásticos da amostra

Após completa a preparação da amostra, executou-se a separação dos microplásticos com o auxílio de uma lupa binocular, porque exclusivamente a olho nu não seria concretizável. Este equipamento, apresentado na Figura 22, consta de uma capacidade de ampliação até 60,6x, com uma ocular que amplia 10x e uma objetiva de 0,6x a um máximo de 6,6x. De acordo com o tamanho das partículas em análise, a ampliação da objetiva utilizada variou.



Figura 22 – Lupa binocular utilizada para a análise das amostras.
(Fonte: Arquivo pessoal)

Este processo permitiu retirar os materiais não plásticos (identificados pela sua aparência, textura, dureza e brilho) e isolar os materiais claramente constituídos por plástico (pelas mesmas características). Este método agregou-se com a realização de separação magnética, com o auxílio de um íman capaz de atrair as partículas com características metálicas, o que permitiu eliminá-las da amostra não sendo essa uma característica dos microplásticos. Todo este processo de separação e análise tem o propósito final de caracterizar e quantificar as micropartículas de plástico, processo detalhado a seguir.

Além deste equipamento, foi também utilizada uma lupa binocular Leica, com uma capacidade de ampliação da ocular de 10x e até 10x na sua objetiva, o que perfaz um máximo de 100x o tamanho da partícula em análise. Esta lupa encontra-se equipada com uma câmara e tem ligação a um *software* Leica X, o que permitiu observar e registar os microplásticos encontrados.

4. Caracterização e quantificação dos microplásticos

De acordo com as especificações técnicas dos fardos produzidos no CT referidas no subcapítulo 2.1-, foram definidas as seguintes tipologias a considerar como microplásticos: PET, PEAD, Plástico Filme, EPS e Outros, onde estes últimos, devido à dificuldade na identificação destas partículas muito diminutas, correspondem a micropartículas plásticas indiferenciadas.

Para além da contabilização do número total de micropartículas, a determinação da sua massa foi um passo relevante. Perante a dificuldade em isolar cada micropartícula para obter o valor da sua massa, desenvolveu-se uma série de procedimentos que facilitaram esse processo: nas amostras da primeira amostragem (fevereiro) foram selecionados microplásticos de três amostradores a diferentes distâncias do CT, para posteriormente se determinar a massa média de cada uma dessas micropartículas. Neste sentido, foram selecionadas e contabilizadas micropartículas de cada grupo tipológico, seguindo-se, com o auxílio de uma balança analítica, a determinação da massa desse mesmo conjunto. Ao dividir a massa total obtida pelo número de partículas em questão, obteve-se a massa média das partículas de cada um dos cinco grupos tipológicos. Este método possibilitou um processo de análise mais rápido, dado que nas amostragens seguintes deixa de ser necessário o procedimento de separação das diferentes micropartículas para isolar todos os microplásticos. É apenas necessária a sua contabilização e o fator massa é determinado por cálculos (multiplicação do número de partículas pelos valores médios obtidos).

5. Análise de dados

O registo e tratamento dos resultados foram suportados pela ferramenta Excel, que permitiu uma mais especializada interpretação e manipulação dos dados e resultados obtidos. De forma complementar, os resultados dos amostradores foram extrapolados para a área total do CT e para a sua envolvente, de maneira a compreender os valores potencialmente reais. Estes valores serviram como base às medidas propostas que se encontram apresentadas no capítulo 6, após os resultados e discussão dos mesmos.

Além disso, podendo a libertação de microplásticos ser influenciada por diversos fatores, a sua comparação com os dados disponíveis do CT foi indispensável, tendo em consideração os objetivos e questões a que se pretendia responder. Para esta comparação foi necessário que os grupos tipológicos de microplásticos utilizados na caracterização e quantificação dos

mesmos se fizessem corresponder às tipologias de plásticos presentes no CT. Dessa forma, tendo em conta, mais uma vez, as especificações técnicas mencionadas, os grupos EPS e Outros de microplásticos, nesta fase, foram fundidos e obtiveram-se quatro grupos ao invés de cinco: PET, PEAD, Plástico Filme e Plásticos Mistos, onde este último diz respeito à fusão referida.

Uma ferramenta útil para a georreferenciação dos amostradores foi o *Google Earth*, que também permitiu aceder a dados que se mostraram necessários, como algumas distâncias e a orientação cardeal do CT e dos pontos de amostragem. Desta forma foi possível relacionar os resultados com fatores meteorológicos, que também se apresentaram como um dos fatores necessários avaliar pela possibilidade da sua influência na quantidade de microplásticos libertada.

5. Resultados e Discussão

Como descrito na metodologia, foram utilizados dezasseis pontos diferentes para a amostragem, distribuídos no interior e exterior do CT. Em cada um, foi recolhida uma amostra por mês, durante três meses (perfazendo um total de 48 amostras).

À recolha das amostras seguiu-se a separação do material plástico presente nas mesmas. Foram recolhidos dois tipos de dados de microplásticos: 1) o número de partículas (quantidade de partículas de microplástico) e 2) a massa estimada dessas partículas (massa de microplásticos). A massa estimada foi determinada com o método referido no capítulo anterior com a utilização da massa média estimada por tipo de partícula, obtendo-se os resultados apresentados na Tabela 6. No Anexo II são apresentadas todas as massas utilizadas para esta obtenção.

Tabela 6 - Massa média das partículas por tipologia de microplásticos.
Valores em miligramas arredondados com duas casas decimais, por excesso.

Massa média das partículas por tipologia de microplásticos em miligramas (mg)				
P. FILME	PET	EPS	PEAD	Outros
1,41	4,01	1,37	15,59	0,09

Nos gráficos apresentados neste capítulo, os amostradores internos estão realçados com contorno, pois são estes que servem como referência para as ocorrências dentro do CT.

5.1- Massa total e massa de microplásticos

Os resultados da pesagem da amostra total recolhida são apresentados no gráfico da Figura 23, e a massa de microplásticos que foi encontrada nessas mesmas amostras, é apresentada no gráfico da Figura 24.

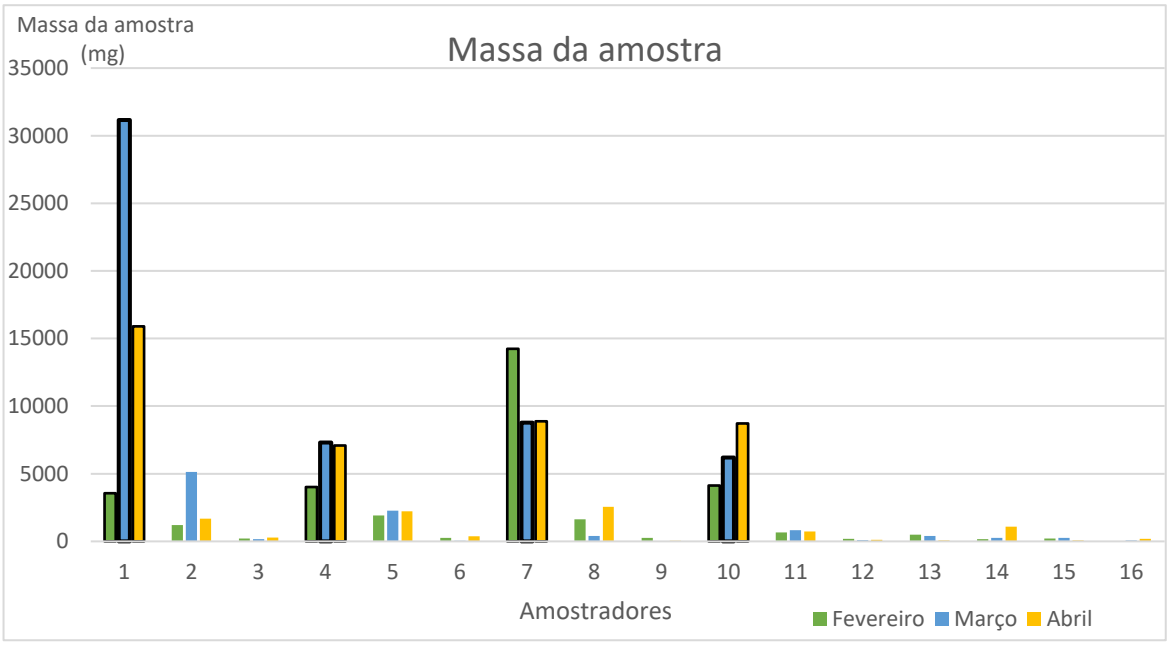


Figura 23 - Massa total da amostra recolhida em cada amostrador.
Cada número presente no eixo do xx representa um ponto de amostragem de acordo com a Figura 19. Os amostradores colocados no interior do CT são: 1, 4, 7 e 10.

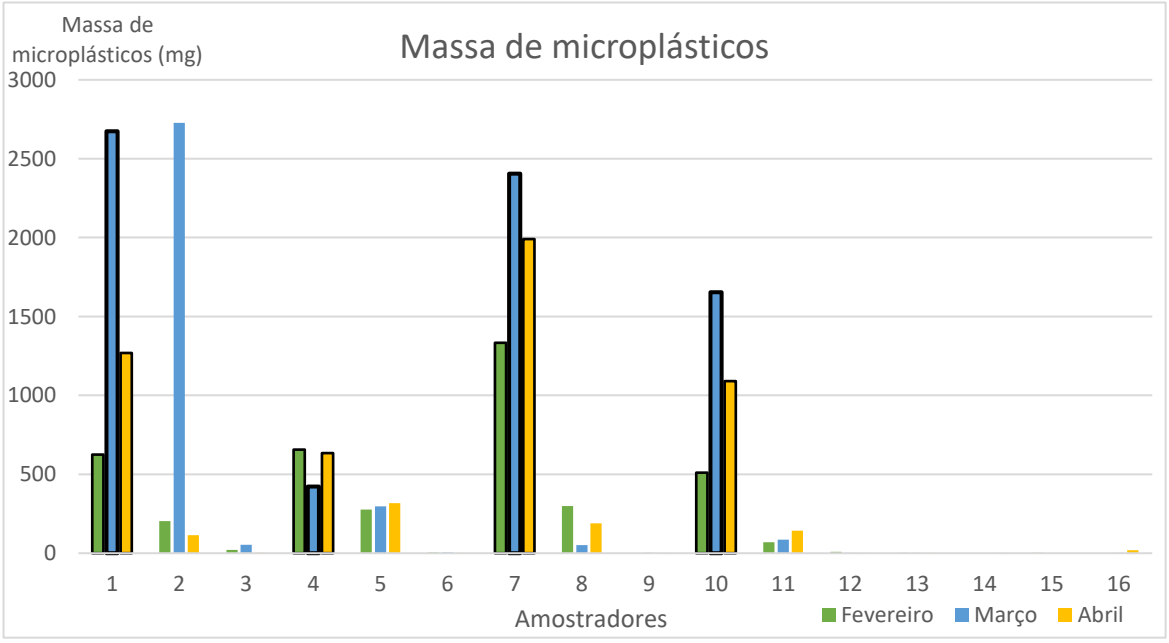


Figura 24 - Massa de microplásticos obtida nas amostras após identificação e separação dos mesmos.
Cada número no eixo do xx representa um ponto de amostragem de acordo a Figura 19. Os amostradores colocados no interior do CT são: 1, 4, 7 e 10.

Analisando o gráfico da Figura 23, verifica-se que nos amostradores 1, 2, 4, 5, 7, 8 e 10 existem diferenças nos valores de massa nos três meses. Nos restantes amostradores, estes valores mostram-se mais idênticos entre si e, para além disso, relevam massas inferiores. O mês de fevereiro revela o seu máximo no amostrador 7 com o valor de 14240 mg, por sua vez, os meses de março e abril registam um maior valor de massa no amostrador 1 com 31160 mg e 15900 mg, respetivamente. Deste modo, os amostradores 1 e 7, em conjunto com o 4 e 10, são aqueles que apresentam maiores massas.

O gráfico da Figura 24, relativo à massa unicamente de microplásticos, revela picos nos amostradores 1, 4, 7 e 10. É possível verificar, igualmente, que os valores diferem nas diferentes amostragens, questão explorada mais abaixo.

Os amostradores 1, 4, 7 e 10 apresentam a maior massa total recolhida, assim como a maior massa de micropartículas de plástico, o que seria expectável sendo os amostradores colocados na parte interna do CT. Também é de realçar que nos amostradores externos 3, 6, 9, 12, 13, 14, 15 e 16 não se detetaram grandes quantidades, particularmente de massa de microplásticos, quando comparados com os restantes amostradores. Tal facto é justificado por estes constituírem o conjunto de amostradores a distâncias maiores do CT, ou seja, encontram-se distantes do foco de libertação desta matéria.

Com foco no amostrador externo 2, o mesmo revela, no mês de março, uma massa total elevada e uma massa de microplásticos extremamente alta, sendo esta última maior que a dos amostradores internos. Não se conseguiu identificar a razão para este valor, podendo eventualmente ser resultado de um erro de amostragem, uma contaminação externa não controlada ou um transporte anómalo de partículas do interior para o exterior. De qualquer forma é um resultado fora do normal e os dados referentes ao mês de março para o amostrador 2 serão substituídos pela média das outras duas amostragens (fevereiro e abril).

5.1.1- Correlação entre massa da amostra e massa de microplásticos

De forma a entender a praticabilidade da implementação desta metodologia em contexto empresarial, tentou-se estabelecer uma correlação entre a massa total de partículas recolhidas nos amostradores e a massa de microplásticos nessas amostras. Tendo em conta que foram analisadas amostras de apenas três campanhas de amostragem, o número de dados é limitado. Assim, esta correlação deve ser analisada cuidadosamente e servir apenas como estimativa do potencial de uma equação que permita estabelecer um indicador da massa esperada de microplásticos baseada na massa total de partículas.

Foram utilizados os resultados dos amostradores, para as três amostragens, no entanto, devido ao erro analítico associado às pesagens das amostras com menos de 1 mg e da consequente distorção que estas pequenas quantidades de microplásticos poderiam causar, as amostras cujas pesagens da massa de microplásticos fossem menores que 1 mg foram excluídas desta análise (i.e., valores de 0 a 0,186 mg num total de nove amostras). Contudo, esses resultados são apresentados no Anexo III para a análise completa dos dados recolhidos. Para os restantes amostradores, em que a massa de microplásticos encontrada foi superior a 1 mg, apresenta-se o gráfico da correlação da massa da amostra versus massa de microplásticos na Figura 25.

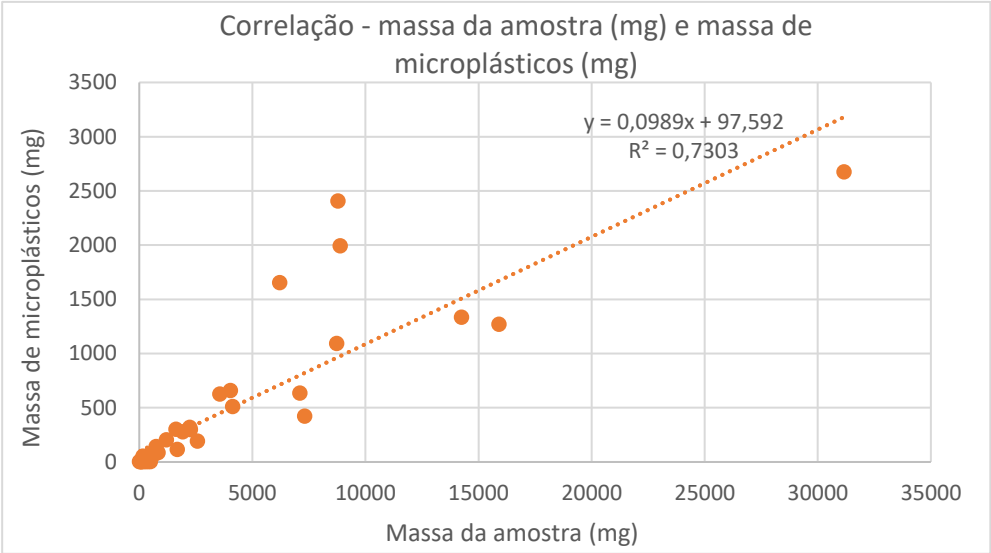


Figura 25 - Gráfico de correlação entre a massa total e a massa de microplásticos. Foram ignorados valores cuja massa de microplásticos fosse inferior a 1 mg, pelo elevado erro analítico associado aos mesmos.

Comparando as duas variáveis, verifica-se que a massa de microplásticos na amostra apresenta alguma correlação com a massa total de partículas recolhidas nesse amostrador. O coeficiente de correlação, representado por R^2, assume um valor positivo relativamente próximo de 1, evidenciando uma dispersão linear positiva. Deste modo, quanto maior massa da amostra se obtiver, maior será a massa de microplásticos.

Focando nos valores de cada amostragem, excluindo de igual modo as massas de microplásticos inferiores a 1 mg, calculou-se a média das percentagens que os microplásticos abrangem na amostra total. Obteve-se os valores apresentados na Tabela 7.

Tabela 7 - Média de microplásticos na amostra total.
Em percentagem com valores por aproximação à unidade.

Campanha de amostragem	Média de microplásticos na amostra total (%)	Desvio Padrão[11] (DP)
Fevereiro	≈10%	6,0%
Março	≈15%	9,9%
Abril	≈9%	6,7%
Média de fevereiro, março e abril	≈11%	8,0%

Nas três campanhas de amostragem, a massa de microplásticos na amostra total apresenta percentagens relativamente baixas. Quando o mesmo valor é calculado tendo em conta os valores do conjunto de dados obtido nas três campanhas (igualmente com a exceção de massas menores que 1 mg) obtém-se uma média mensal que considera meses de amostragem com diferentes características, o que poderá servir como uma potencial referência para uma análise de dados futuros.

5.2- Contribuição do número de partículas de microplástico

A massa de microplásticos, como indicador único, pode levar a interpretações erróneas relativamente ao perfil de microplásticos presente, pois poucas partículas de materiais plásticos mais pesados podem causar distorção do indicador massa nessa amostra. Dessa forma, o número de microplásticos é apresentado no gráfico da Figura 26. No topo das barras representativas de cada amostrador, encontra-se a média das três amostragens arredondada à unidade mais próxima.

[11] Expressa o grau de dispersão de um conjunto de dados - quanto mais próximo de 0 mais homogeneidade existe.

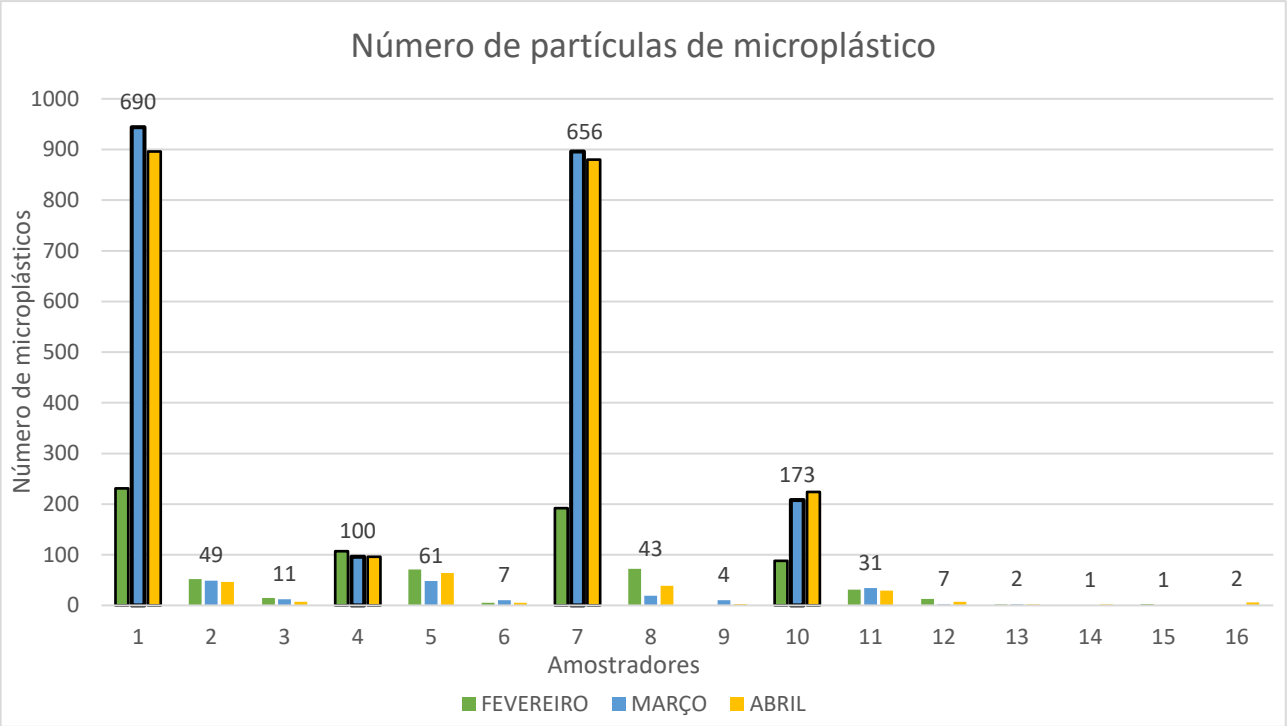


Figura 26 - Número de microplásticos em cada amostrador nas três amostragens.
Para cada amostrador (eixo xx) estão representados os números de microplásticos para cada amostragem (fevereiro, março e abril) e no topo das barras o resultado da média do número de microplásticos dessas 3 amostragens.

Tal como se verificou para a massa de microplásticos na Figura 24, o número de partículas é maior nos amostradores colocados no interior do CT. Dentro deste conjunto, destacam-se os amostradores 1 e 7 como aqueles onde se depositaram mais micropartículas de plástico.

Mais uma vez, pontos mais distantes do CT revelam também quantidades reduzidas de microplásticos. Inclusive existiram amostradores onde a deposição de microplásticos não foi comprovada, mais especificamente, tal ocorrência deu-se no mês de fevereiro para os amostradores 9, 14 e 16; no mês de março para o 14 e 15 e, por último, no mês de abril também para o amostrador 15. Isto não significa que as micropartículas de plástico não tenham atingido o local destes amostradores, mas a pontos mais distantes poderão estar associados mais fatores que dificultam a deposição das partículas. A altura elevada do amostrador (≈ 27,5 cm), selecionada inicialmente com o critério de ter um efeito de armazenamento de matéria, poderá ser um desses fatores, que também tem influência nos amostradores internos, no entanto, estes estão mais próximos do local de foco de libertação onde há uma maior presença de partículas.

5.3- Tipologia dos Microplásticos

Tendo em conta os objetivos do estudo definiram-se categorias de microplásticos (descritas na metodologia) a serem consideradas, o que permitiu apresentar o número de microplásticos por tipologia dos mesmos. Na Tabela 8 é representado para cada amostrador, a média das três amostragens, de acordo com o tipo de plástico: Plástico Filme, PET, EPS, PEAD e Outros.

Tabela 8 - Tipologia de microplásticos por amostrador
Média das três amostragens arredondada à unidade mais próxima.

Amostrador	Tipologia - média das três amostragens				
	P. Filme	PET	EPS	PEAD	Outros
1	171	34	249	50	186
2	10	1	4	9	26
3	2	0	1	1	7
4	18	3	18	32	27
5	15	0	9	17	20
6	2	0	1	0	4
7	259	8	227	76	85
8	13	1	9	9	11
9	1	0	0	0	4
10	42	5	33	61	32
11	14	1	3	5	10
12	2	0	0	0	5
13	0	0	0	0	1
14	0	0	0	0	1
15	1	0	0	0	0
16	1	0	0	0	1
SOMA DAS MÉDIAS	564	54	560	315	433

Numa visão geral, quando somadas as médias do número de partículas por tipologia de microplásticos de todos os amostradores, é possível notar que o plástico tipo PET é aquele que se realça devido a uma quantidade muito reduzida comparativamente com os restantes. Pelo contrário, com maior quantidade o EPS e Plástico Filme, seguido de Outros e, por fim, PEAD. No entanto, para ser possível tirar conclusões mais próximas da realidade da empresa, foi necessário aprofundar os resultados para os amostradores internos.

É nesses amostradores (1, 4, 7, 10) que se foca a próxima análise, uma vez que são os amostradores internos os considerados representativos dos resultados da atividade do CT. De forma a entender a quantidade de cada tipologia de microplásticos libertada em cada mês de amostragem, foram realizados os gráficos seguintes (Figura 27), que representam a soma das partículas dos quatro amostradores em questão para cada um dos meses de amostragem. Em anexo (Anexo IV), para uma análise mais pormenorizada, encontram-se os gráficos que originaram a soma representada de seguida, ou seja, a quantidade de microplásticos para cada um dos quatro amostradores internos individualmente, assim como para a massa dos mesmos.

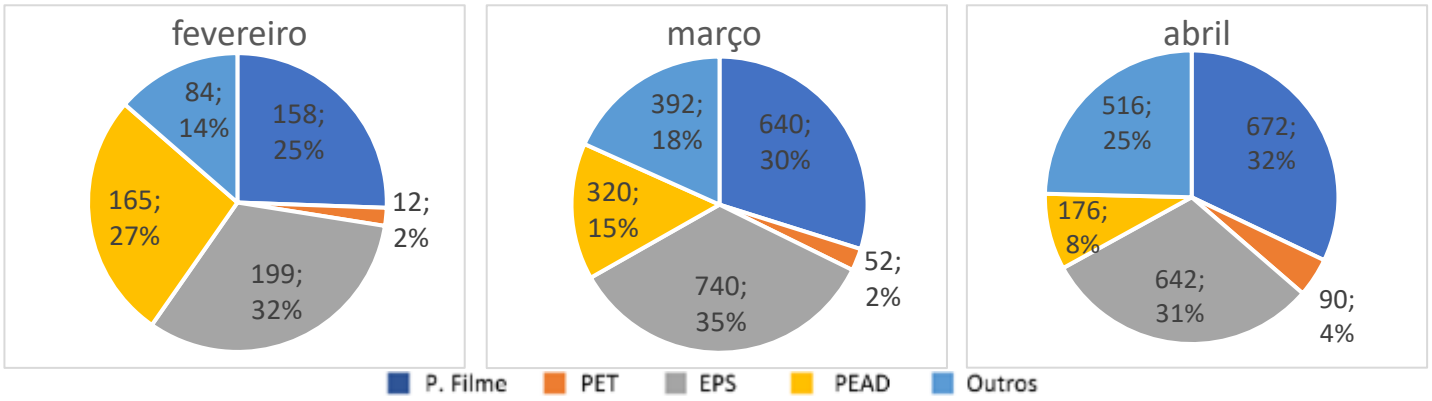


Figura 27 - Gráficos da soma do número de microplásticos dos amostradores internos, por tipologia de microplásticos, para o mês de fevereiro, março e abril.

Apesar de ser notória a diferença no número total de partículas de microplástico, principalmente de fevereiro para os outros meses, é possível constatar a regularidade da presença de cada grupo tipológico em cada um dos três gráficos. Os microplásticos tipo EPS e Plástico Filme ocupam uma grande fatia da quantidade total das partículas, sendo superior o EPS (exceto no mês de abril em que o Plástico Filme tem mais 30 partículas). Um resultado esperado, pois, sendo materiais pouco rígidos e facilmente rasgados ou separados permite a sua fácil dispersão em micropartículas, como referido na literatura consultada para o desenvolvimento deste trabalho.

Um resultado que se mantém ao longo das amostragens é a reduzida quantidade de microplásticos PET facto que, por sua vez, não seria expectável, sendo o PET o plástico mais comum e mais usado pelos consumidores, por lógica mais presente numa central de valorização de plásticos. No entanto, a sua característica de rigidez/deformabilidade justifica a quantidade encontrada. O PEAD, por exemplo, ao ser muito rígido, quando dobrado tem uma maior tendência a fracionar-se, ao passo que, uma menor rigidez do PET, que possibilita ser "amassado" com mais facilidade, sem partir, estará associada a menos quebra e menor libertação de micropartículas.

Além deste aspeto e da já referida altura dos amostradores, duas variáveis que podem ter condicionado os materiais amostrados em cada campanha, existe um fator não controlado a ter em consideração na análise destes resultados, nomeadamente, a meteorologia, que é um fator que influencia o estado dos resíduos mesmo antes dos mesmos chegarem à LIPOR (nos ecopontos e no transporte).

Nesse sentido foram consultados dois documentos, o arquivo meteorológico do Porto da Meteoblue (2021) e o resumo do boletim do clima do IPMA (2021), de forma a obter valores das variáveis meteorológicas para o distrito do Porto que se consideraram impactantes na libertação e dispersão de microplásticos: a precipitação e a intensidade e sentido do vento.

Apesar de características específicas, o valor de referência para a precipitação foi a precipitação total para o distrito do Porto, representada em milímetros. Para fevereiro esse valor foi de 303,1 mm, 10,6 mm para março e para o mês de abril um valor de 92,9 mm. O que faz do mês de fevereiro o mais chuvoso e o março o mais seco.

No que diz respeito ao vento, considerou-se como impactante nesta análise, mas principalmente para a discussão dos resultados dos amostradores externos, como um potencial meio dispersor de micropartículas. Apesar de variar ao longo dos diferentes dias de cada mês de amostragem, na zona do Porto o vento tem uma grande tendência a deslocar-se predominantemente do quadrante noroeste (NO) - oeste (O) para o quadrante sudeste (SE) - este (E), com uma velocidade média idêntica nas três amostragens (dias de mais ou menos picos). É importante realçar que, na área da LIPOR, existe uma cortina arbórea que, certamente, diminui o impacte do vento que chega à área abrangente ao CT.

Posto isto, acrescentando à análise dos gráficos da Figura 27, é possível notar que o mês de março foi aquele com uma maior obtenção de partículas de microplástico, mais precisamente 2144 no total dos quatro amostradores, seguido do mês de abril com 2096 e, por fim, com alguma diferença, o mês de fevereiro com apenas 618. Relacionando estes resultados com a precipitação, é possível estabelecer a seguinte relação:

- Fevereiro - 618 partículas de microplástico - 303,1 mm de precipitação
- Março - 2144 partículas de microplástico - 10,6 mm de precipitação
- Abril - 2096 partículas de microplástico - 92,9 mm de precipitação

Pode-se considerar que, no mês de menor precipitação ocorreu uma maior evidência de microplásticos (março) e, no mês mais chuvoso uma quantidade deveras reduzida (fevereiro). Ou seja, parece que as partículas têm menos capacidade para se moverem de forma a chegarem aos amostradores, nos meses com mais precipitação. Desta forma, levanta-se a

questão de qual o verdadeiro impacte que a presença de água e consequente humidade terão no material plástico. No entanto, os resultados parecem indicar que a presença de água faz com haja uma menor presença de micropartículas no meio onde são originadas, possivelmente porque, com a humidade, as micropartículas têm tendência a agregarem-se entre si, diminuindo a probabilidade de se dispersarem. Além disso, a presença de humidade poderá diminuir a fricção entre os materiais, levando a menor quebra das partículas, e consequentemente menos microplásticos.

O mês de fevereiro, com um total de microplásticos menor, efetivamente é o mês que tem as menores quantidades em todas as tipologias de microplásticos. Seria esperado que o mês de março, sendo o mês onde se verificou a maior quantidade de microplásticos libertados, tivesse o maior valor de cada uma das tipologias, no entanto o Plástico Filme, o PET e Outros têm a maior quantidade no mês de abril. O que significa que, para a quantidade total em março ser superior à de abril, as restantes tipologias (EPS e PEAD), nesse mês, têm quantidades superiores com uma maior diferença à que existe nos outros três grupos. Este facto, permite postular que o EPS e do PEAD são os microplásticos com maior capacidade de dispersão quando o ambiente é mais seco. Não obstante, a presente observação necessita de uma avaliação mais detalhada, nomeadamente num período de amostragem superior a três meses.

5.3.1- Comparação dos resultados dos amostradores internos e externos

Após a análise dos dados que têm uma contribuição direta para o entendimento da atividade do CT (internos), achou-se relevante realizar uma comparação entre os mesmos e os resultados dos amostradores externos, de forma a entender se há uma uniformidade e qual o nível de capacidade de cada tipo de microplástico se dispersar. Serão tidas em conta para esta comparação, as características da massa de cada tipo de partícula, a altura dos amostradores já referida e, obviamente, a relação com as questões meteorológicas. Estas últimas que, apesar de influenciarem o comportamento do material plástico dentro do CT como sugerido anteriormente, podem influenciar, em grande escala, a propagação das micropartículas que chegam ao ambiente externo. A análise neste meio acarreta maior incerteza devido a fatores não controlados de um meio mais amplo, ao qual acresce a dificuldade na obtenção de conclusões assertivas.

Após realizada acima uma comparação das três amostragens, não será esse o fator relevante na análise que se segue. Dessa forma, realizou-se um gráfico com a soma de todas as partículas (nos três meses) encontradas nos quatro amostradores internos (Figura 28 - A) e um com a mesma soma dos doze amostradores externos (Figura 29 - A). Aos mesmos foram associados os gráficos das massas correspondentes (representados por B em cada uma das figuras referidas), de maneira a ser possível comparar essas duas variáveis. Para um entendimento complementar, abaixo de cada figura encontra-se uma representação simples das tipologias de microplásticos ordenadas de forma decrescente, ou seja, da tipologia com maior quantidade de micropartículas para a de menor, seguido do valor total.

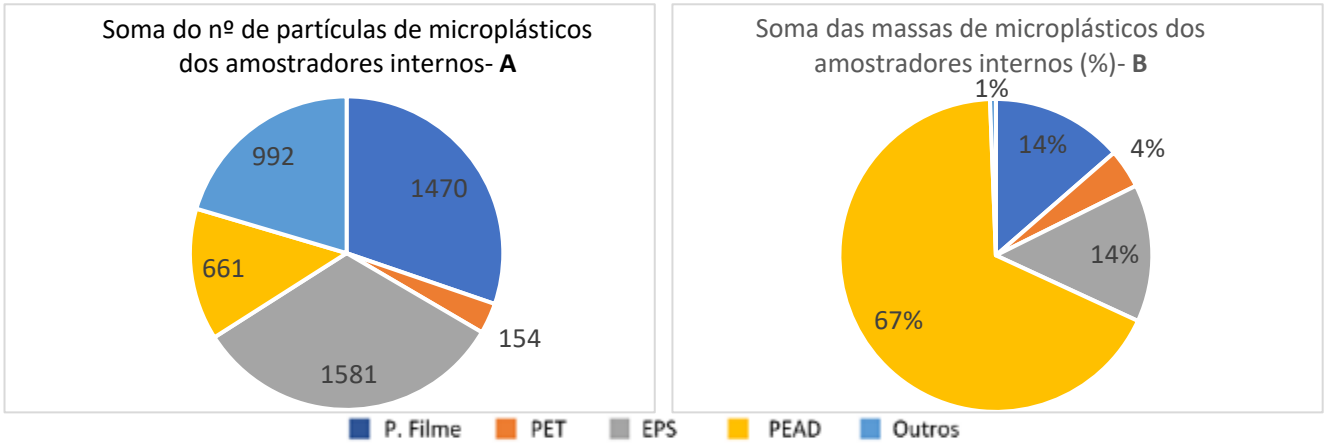


Figura 28 - Gráfico da soma do número de partículas de microplástico encontradas nos quatro amostradores internos (1, 4, 7 e 10) nas três amostragens (A) e gráfico da soma das massas das partículas de microplástico encontradas nos amostradores internos nas três amostragens (B), por tipologia de microplásticos.

EPS (1581) > FILME (1470) > OUTROS (992) > PEAD (661) > PET (154)

= 4858 partículas de microplástico – internas

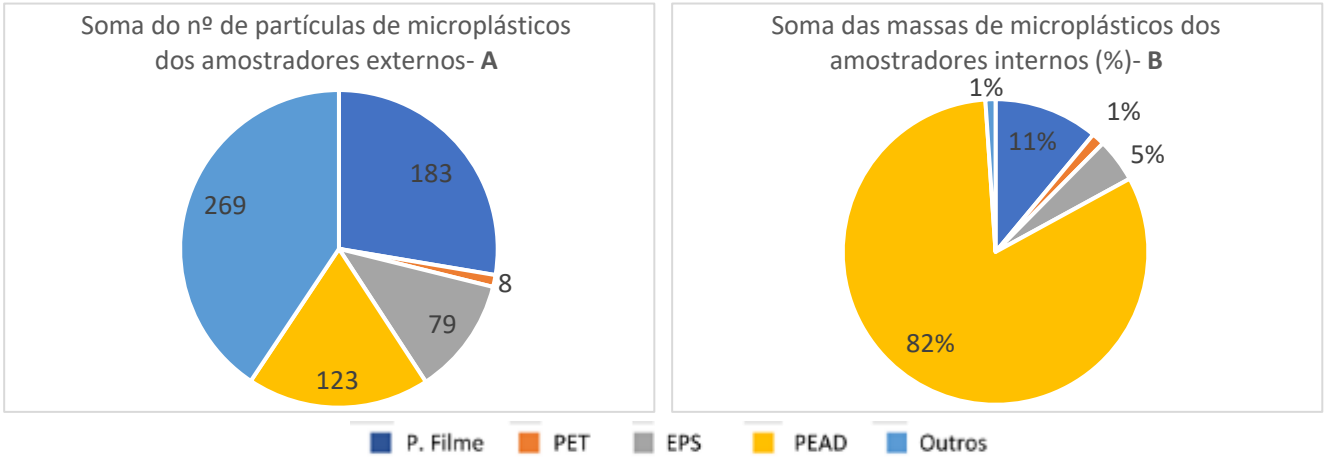


Figura 29 - Gráfico da soma do número de partículas de microplástico encontradas nos doze amostradores externos (2, 3, 5, 6, 8, 9, 11, 12, 13, 14, 15 e 16) nas três amostragens (A) e gráfico da soma das massas das partículas de microplástico encontradas nos amostradores externos nas três amostragens (B), por tipologia de microplásticos.

OUTROS (307) > PEAD (282) > FILME (221) > EPS (99) > PET (7)

= 662 partículas de microplástico – externas

É possível notar que há uma diferença de proporção de cada tipologia quando comparados os dados internos com os externos, o que revela que as partículas têm diferentes capacidades de propagação. Um resultado interessante é o facto de, apesar de serem libertadas mais partículas EPS, como indicam os amostradores internos, não é esta a tipologia de microplásticos mais encontrada nos amostradores do ambiente externo, inclusive é uma das tipologias com menor quantidade. Mais uma vez, pode não significar que as partículas não tenham atingido o local do amostrador. Efetivamente podem não chegar ao meio ou, pela sua massa reduzida, terem capacidade para se propagarem a maiores distâncias não estudadas ou ainda, capacidade para não permanecerem no amostrador. Além disso, em locais mais distantes do CT, o vento poderá ter uma maior influência devido a ser mais amplo e com menos proteção arbórea ou das paredes do CT, não permitindo que a deposição no amostrador aconteça com tanta destreza.

Tal como se verifica, a tipologia das micropartículas mais encontradas no ambiente externo corresponde ao grupo Outros, o que seria expectável. Isto porque, as partículas para chegarem ao meio ambiente, passam por processos (que lhes permitiu essa chegada), ficando mais degradadas e mais difíceis de identificar, o que leva a uma maior correspondência nesse grupo.

Apesar de explicado acima que não seria esperado que os microplásticos tipo PET fossem os menos encontrados internamente, com essa ocorrência verificada, torna-se expectável que no ambiente externo também seja esse o grupo correspondente à menor quantidade de micropartículas, tal como ocorreu, sendo este o único ponto em comum dos resultados internos versus os externos.

Ao comparar os gráficos do número de partículas com a massa, é clara e esperada a diferença de proporção que existe. Nos gráficos referentes à massa a tipologia de PEAD destaca-se. Isto deve-se ao facto de serem as partículas com maior massa (como representado na Tabela 6), apesar de, como comprovado nos gráficos do número de microplásticos, não ser a tipologia mais encontrada. Esse título pertence ao EPS nos amostradores internos e, nos amostradores externos, à categoria Outros, duas tipologias com massa reduzida o que faz com que se realce a massa elevada das partículas de PEAD. Isto vem comprovar a referida distorção do fator massa como indicador único. Quando o mesmo for considerado, neste contexto, é necessário ter em conta a interpretação confinante ao mesmo, ou seja, uma massa maior de determinado grupo não significa diretamente que seja essa a tipologia com maior número de partículas.

Para relacionar os valores obtidos internamente com os correspondentes aos amostradores externos, torna-se importante realçar que a chegada das partículas ao amostrador pode não ser coincidente com a sua libertação dentro do CT e, ainda, não ser coincidente com o momento em que chega ao local próximo do amostrador. As partículas recolhidas podem ser partículas que já estavam presentes no meio ou que resultaram diretamente das atividades do CT, um fator difícil de determinar.

Após a análise geral e comparação dos diferentes dados, realizou-se uma esquematização do CT com a posição dos amostradores. É representado um gráfico circular por amostrador, com a média das três amostragens com valores arredondados à unidade mais próxima (exceto no esquema referente aos quatro amostradores mais distantes, na Figura 31 – B que os valores estão arredondados com duas casas decimais por excesso). Desta forma será possível relacionar os resultados obtidos com a posição de cada amostrador e ainda, entender de forma mais direta, quais serão as zonas mais afetadas por estas micropartículas. Devido à diferença de quantidades já transmitida dos amostradores internos para os externos, na Figura 30 representam-se os amostradores internos e na Figura 31 os amostradores externos (no esquema A os mais próximos do CT e os quatro mais distantes no esquema B). A posição aproximada do amostrador é representada pelo círculo da sua numeração. Cada esquema é apoiado por uma escala associada ao diâmetro dos círculos do número de partículas.

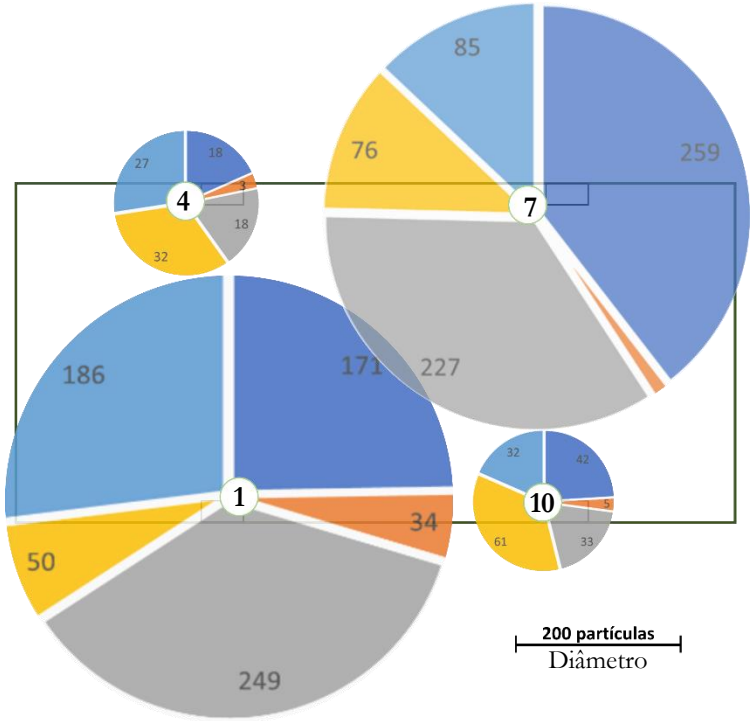


Figura 30 - Esquema da posição dos amostradores internos com a quantidade e tipologia de microplásticos encontrados. Média das três amostragens por tipologia de microplásticos. Escala auxiliar com tamanho associado ao diâmetro dos círculos.

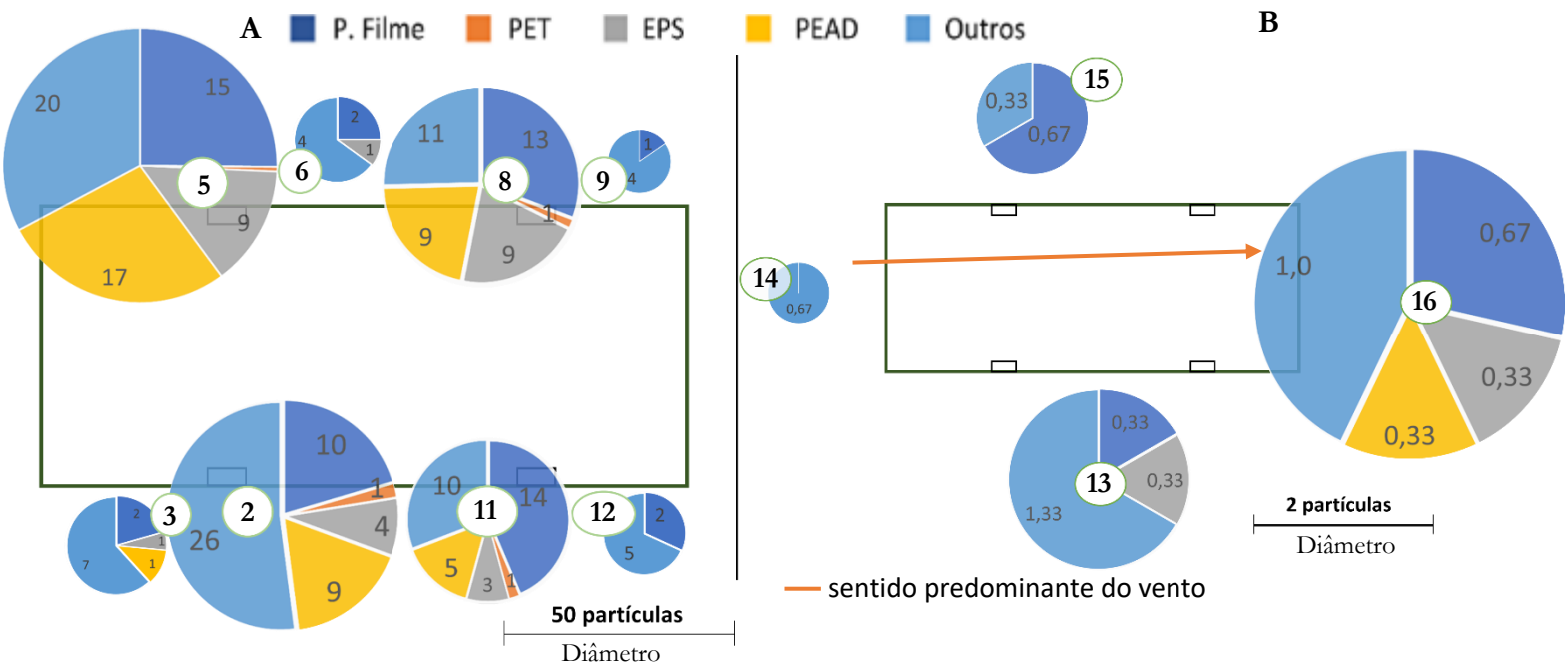


Figura 31 - Esquema da posição dos amostradores externos com a quantidade e tipologia de microplásticos encontrados. Média das três amostragens por tipologia de microplásticos. A - Amostradores mais próximos; B - Amostradores mais distantes. Escala auxiliar com tamanho associado ao diâmetro dos círculos.

É notória a dimensão dos amostradores 1 e 7 dentro do CT. Esta ocorrência poderá ser explicada pelo facto do amostrador 1 ter sido colocado perto do local onde ocorre descarga dos resíduos provenientes das recolhas. É de esperar que, ao haver uma maior acumulação de plásticos que são remexidos assiduamente, haja uma maior probabilidade de libertação de micropartículas. Quanto ao amostrador 7, as quantidades elevadas poderão ser justificadas por este ser o amostrador mais próximo do local onde são enfardados os plásticos, em cujo processo poderá ocorrer uma maior libertação de micropartículas, visto que o material está a ser prensado. Apesar disso, não seria expectável uma diferença tão grande destes para os amostradores 4 e 10.

Apesar do amostrador 5 ser o amostrador externo que captou mais microplásticos, não invalida que, potencialmente, os locais envolventes aos portões próximos dos amostradores internos 1 e 7 sejam os que necessitam de maior atenção para evitar que as partículas cheguem ao meio exterior. No entanto, neste contexto, esperava-se que o amostrador 2 e 8 (externos mais próximos do 1 e 7) registassem as maiores quantidades, o que não se verifica. Contudo, foi possível apurar que existem diversos fatores que podem influenciar os resultados externos.

Passando para uma análise unicamente aos amostradores externos, apesar de não ser com uma elevada diferença, do lado dos amostradores 5 ,6, 8 e 9 do CT revela-se uma maior

quantidade de microplásticos, resultado justificado por o lado onde existe maior movimento de camiões para cargas e descargas. Além disto, será necessário relacionar o resultado destes amostradores com as questões meteorológicas. O fator vento mostra-se o mais relevante quando se pretende, especificamente, entender a dispersão das micropartículas. Como mencionado, o vento tem tendência a deslocar-se, grosseiramente, de noroeste para sudeste, ou seja, no sentido do amostrador 14 para o 16 (representado com linha laranja na Figura 31 – B). Este facto vem justificar uma maior quantidade de partículas de microplástico no amostrador 16. Inclusive, foi o único, dos quatro mais distantes, onde foram encontradas micropartículas de PEAD, aquelas com uma massa média mais elevada e, possivelmente, mais difícil de ser transportada. Dessa forma, será na zona a sudeste (SE) do CT que as micropartículas, devido a maior acumulação, terão mais tendência a criar um maior impacte ambiental.

Ainda é possível notar e inexistência de algumas tipologias nos amostradores mais distantes (Figura 31- B), realçando-se muito o Plástico Filme e a categoria Outros, o que demonstra que os diferentes materiais em análise têm diferentes capacidades de dispersão, que além das suas características, estará relacionado com os fatores já referidos.

Como mencionado anteriormente, o esquema da Figura 31 permite um melhor entendimento do facto de locais mais afastados do CT acumularem menos microplásticos, como o caso do amostrador 3, 6, 9, 12 e, com mais realce ainda, os quatro mais afastados, 13, 14, 15 e 16.

5.4- Extrapolação da amostra para o CT

Foi efetuado um cálculo de forma a ser possível entender qual o valor potencial da massa total de partículas de microplástico que é libertada dentro do CT (se a sua área total fosse ocupada por amostradores com as mesmas características daqueles utilizados neste estudo). É de notar que é um cálculo algo grosseiro, cujo resultado é uma extrapolação com a utilização de dados apenas das três amostragens realizadas.

Foi calculada a área da abertura de um amostrador, posteriormente multiplicada por 4, que corresponde ao número de amostradores colocados dentro da instalação:

$$Área\ de\ um\ amostrador = \pi * 13{,}38^2 = 562{,}00\ cm^2$$

$$Área\ de\ 4\ amostradores = 562{,}00\ cm^2 * 4 = 2248{,}00\ cm^2 = 0{,}2248\ m^2$$

De seguida, foi calculada a soma da massa mensal das partículas desses quatro amostradores (Y), correspondendo esse valor à área de 0,2248 m^2. Conhecendo a área do CT, de 4000 m^2 é possível estimar a massa de microplásticos libertados que corresponde a essa área (X):

$$Y = Massa\ de\ microplásticos\ dos\ 4\ baldes\ internos$$

$$X = Massa\ potencial\ de\ microplásticos\ libertados$$

$$X = \frac{4000 * Y}{0{,}2248}$$

Na Tabela 9 estão representados os resultados obtidos.

Tabela 9 - Massa potencial de microplásticos libertados dentro do CT em fevereiro, março e abril.

Mês	Massa de microplásticos nos amostradores (1, 4, 7 e 10) (mg)	Massa potencial de microplásticos no CT (mg)
Fev (f)	3125,5	55613547,8
Mar (m)	7155,8	127327624,6
Abr (a)	4984,9	88699886,4

Atrás foi possível entender que os três meses em questão revelaram características meteorológicas diferentes entre si, o que torna a extrapolação para valores anuais mais de acordo com a realidade. Com os valores obtidos apresentados na Tabela 9, é possível obter um valor para a massa média mensal das partículas de microplástico libertadas:

$$Massa\ média\ mensal = \frac{Mf + Mm + Ma}{3}$$

Em que M_f, M_m e M_a são os meses em que se realizaram amostragens. Logo:

$$Massa\ média\ mensal = 90.547.019{,}57\ \text{mg} = \ 90{,}54\ \text{kg/mês}$$

Obtendo-se o valor médio mensal, foi possível extrapolar para um valor anual. Apesar das características mensais referidas poderem tornar este valor mais real, não deixa de ser uma análise reduzida a três meses que podem ou não ser representativos do ano todo. Assim sendo:

$$Massa\ anual = Massa\ média\ mensal * 12$$

$$Massa\ anual = \ \mathbf{1.086{,}5\ kg/ano}$$

$$Massa\ anual\ (interna) \ \approx \ \mathbf{1\ t}$$

Neste formato, achou-se relevante que o mesmo cálculo fosse realizado tendo em conta os amostradores externos, de modo a extrapolar a quantidade de microplásticos numa área que seja representativa daquela que os mesmos ocupam. Foi considerada uma área em função do perímetro do CT em toda a volta. Esta área é arbitrária, ao contrário da do CT que é determinada e fixa, o que faz deste segundo cálculo um cálculo feito por aproximação com valores potenciais. Na Figura 32 encontra-se uma representação das áreas referidas, em que: Act = Área do CT – retângulo amarelo; Atotal = retângulo azul; Aext = Área externa - área total (retângulo azul) menos área do CT (retângulo amarelo).

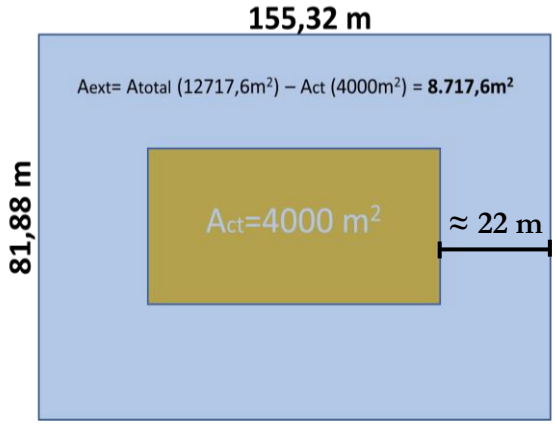


Figura 32 -Esquematização das áreas consideradas na extrapolação dos resultados para o CT e a sua envolvente.

$$Área\ de\ 12\ amostradores = 562{,}00\ cm^2 * 12 = 0{,}6744\ m^2$$

$$Y = Massa\ de\ microplásticos\ dos\ 12\ baldes\ externos$$

$$X = Massa\ potencial\ de\ microplásticos\ libertados$$

$$X = \frac{8717{,}6 * Y}{0{,}6744}$$

Obtiveram-se, para a massa média libertada na área externa envolvente ao CT, os resultados que se apresentam na Tabela 10.

Tabela 10 - Massa potencial de microplásticos que chegam à área envolvente, até 22 m do perímetro do CT, em fevereiro, março e abril.

Mês	Massa de microplásticos nos amostradores (2, 3, 5, 6, 8, 9, 11, 12, 13, 14, 15 e 16) (mg)	Massa potencial de microplásticos no CT (mg)
Fev (f)	886,6	11460364,6
Mar (m)	3223,5	8475128,7
Abr (a)	792,2	10239699,1

Logo:

$$Massa\ média\ mensal = 10.058.397{,}5\ \text{mg}$$

$$Massa\ anual = 120700769{,}45\ \text{mg} = \mathbf{120{,}7\ kg/ano}$$

Apesar de serem valores potencias, mais uma vez, é possível verificar que se obtém uma quantidade reduzida comparada com a interna (≈ 1 t), correspondendo a uma percentagem de aproximadamente 12% desse valor.

5.4.1- Comparação dos resultados de microplásticos com os dados do CT

Além dos diversos fatores referidos, como a meteorologia, o material presente no CT é um outro fator que poderá influenciar a quantidade de micropartículas que são libertadas, inclusive outros materiais diferentes de plástico que, na sua presença, poderão causar corte ou quebra do material, no entanto não será este último o principal fator avaliado. Foi realizada uma análise dos dados do CT, de forma a entender a sua variação ao longo do ano. Foram tidos em conta dados dos últimos três anos (2018, 2019 e 2020) em seguimento dos dados de 2021 até abril. Para entender se os valores de 2021 do CT, ano da recolha de amostras de microplásticos, se encontram dentro do que é considerado normal, foi determinada a percentagem dos fardos de plástico produzidos em relação ao total de entradas, ambos registados mensalmente. Em 2018, 2019 e 2020 essa percentagem variou de, aproximadamente, 36% a 55%. Para 2021, obteve-se uma variação de, aproximadamente, 38% (janeiro) a 44% (abril), valores que se encontram dentro do intervalo de variação das percentagens dos anos anteriores, o que permite julgar que o ano corrente originará resultados dentro do habitual. Dessa forma, não sendo este um ano atípico na triagem de plásticos, poderá permitir que os dados de microplásticos tenham uma maior validação quando aplicados a outros anos.

Na Tabela 11 são apresentados os dados do CT: na coluna 1 o valor, em toneladas, das entradas e na coluna 2 o valor, em toneladas, dos fardos produzidos nesse mesmo mês. São também apresentados os valores em gramas dos microplásticos, já calculados em passos anteriores, de forma a ser possível realizar uma comparação entre estes últimos e a coluna 1 e 2.

Tabela 11 – Comparação dos dados do CT com os resultados relativos aos microplásticos.

Mês	**(1)** Total de material que deu entrada no CT (t)	**(2)** Total de fardos de plástico produzidos (t)	**(3)** Microplásticos - extrapolação para área do interior do CT (g)	**(4 = 3/1)** Microplásticos libertados por t de material que deu entrada no CT (g/ton)	**(5 = 3/2)** Gramas de microplásticos libertados por t de fardos de plástico produzidos (g/ton)
Fevereiro	1259,5	531,3	55613,5	44,2	104,7
Março	1382,7	581,3	127327,6	92,1	279,1
Abril	1321,0	576,8	88699,9	67,1	153,8

Se forem somente analisados os dados evidenciados na tabela, uma maior quantidade de resíduos que deram entrada no CT em março, que, também, corresponde ao mês com maior produção de fardos de plástico, reflete uma maior quantidade de microplásticos libertados nesse mês. Mesmo assim, é necessário ter em conta, para esta avaliação, as características de cada tipo de material, referidas em passos anteriores: se num mês atípico, der entrada no CT uma quantidade elevada de PET e pouca quantidade dos restantes plásticos provavelmente irá refletir uma menor quantidade de microplásticos. No entanto, este acontecimento é pouco provável numa central de triagem, onde existe uma similaridade nos resíduos que recebe todos os meses.

Para complementar a tabela, entende-se que:

a) por tonelada de material que entrou no CT, obtém-se aproximadamente entre 45 g e 95 g de microplásticos libertados (4);
b) por tonelada de fardos de plástico produzida no CT, obtém-se entre 100 g e 280 g de microplásticos libertados (5).

Devido às diferenças nas quantidades entre o material que entra e aquele que é produzido em forma de fardo de plástico, é normal que os intervalos de valores obtidos sejam distintos. Visto que as entradas são uma mistura heterogénea de materiais, é o segundo valor que deve ser considerado (b) como aquele que relaciona unicamente material plástico com microplásticos. Ainda, numa visão de avaliação de risco, ao ser usado um maior valor, é realizada uma avaliação do impacte ambiental tendo em conta o pior cenário considerado.

Neste seguimento, o gráfico da Figura 33, de uma forma mais pormenorizada, foca-se na tipologia de fardos que foram produzidos na instalação, nos meses de amostragem, de forma a ser possível obter uma comparação entre a tipologia dos mesmo e a tipologia dos microplásticos libertados. Para os microplásticos, é apresentado o valor da soma dos quatro amostradores internos. Como referido no capítulo relativo à metodologia, para isto ser possível, foi necessário fazer com que as tipologias de microplásticos consideradas nos resultados apresentados atrás, correspondessem aos fardos de plástico produzidos no CT. Relembrando, a categoria EPS e Outros de microplásticos passaram a ser uma única categoria correspondente ao fardo de plásticos mistos.

Os dados do CT possíveis utilizar seriam, a massa ou o número de cada tipo de fardo produzido. Dessa forma, tendo em conta que se entendeu acima que o fator massa das partículas de microplástico, quando comparadas as diferentes tipologias, poderá ser associado a valores que induzam a uma menor exatidão, foi utilizado o número de microplásticos versus o número de fardos de plástico.

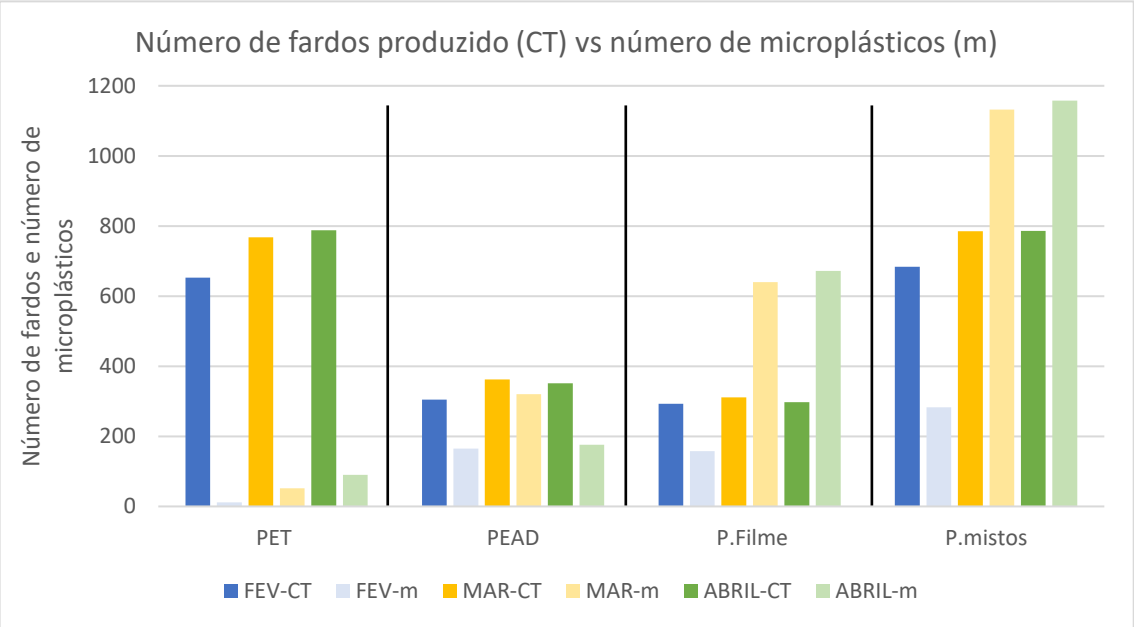


Figura 33 - Gráfico comparativo do número de fardos produzidos no CT (CT) com a soma do número de partículas de microplástico encontradas nos quatro amostradores internos (m), por cada mês de amostragem. Barras com cores mais intensas representam o número de fardos produzido e barras com cores mais suaves representam o número de microplásticos. Azul – fevereiro; amarelo – março; verde – abril. As barras estão agrupadas por tipologia no eixo xx.

Como realçado acima, aqui é possível verificar igualdade entre todas as barras correspondentes aos fardos (cores intensas), o que significa que, mensalmente, as quantidades de fardos que saem, de cada tipo de plástico, não têm grande variação.

Relativamente aos microplásticos, apesar de já ter sido justificado acima quais seriam as tipologias de plásticos com maior e menor tendência a libertá-los (EPS e PET respetivamente), seria esperado que a categoria de plásticos mistos, onde pertence o EPS se realçasse, o que se verifica pelas barras de cores mais suaves superiores às das restantes tipologias. No entanto, esta tipologia é uma mistura de diferentes materiais, um facto que dificulta a comparação entre os dois fatores em avaliação (fardos produzidos e microplásticos libertados), relativamente a outros fardos que são, em maior percentagem, relativos a um único tipo de plástico.

Comparando as duas variáveis, entende-se que uma maior quantidade de fardos produzidos de cada tipologia, não reflete, necessariamente, uma maior quantidade de microplásticos libertados dessa tipologia, esta relação verifica-se apenas com o PET. O que realça, mais uma vez, que as características de cada grupo são o fator mais relevante para interpretar a libertação de microplásticos. Por exemplo, é possível notar que para uma maior quantidade de fardos tipo PET há uma menor libertação de microplásticos, do que para uma menor quantidade de fardos tipo Plástico Filme (cuja quantidade de microplásticos libertada é maior). Esta discussão, permite entender que a tipologia de plásticos presentes no CT, mais do que a sua quantidade, tem influência na tipologia e também na quantidade de microplásticos libertados.

5.5- Caracterização das partículas de microplástico

Após a aplicação das técnicas de separação e identificação das micropartículas de plástico já mencionadas, como referido, foi utilizada a lupa binocular Leica que permitiu registar os microplásticos.

No âmbito deste estudo, o objetivo não passou pela obtenção de características específicas dos microplásticos, como a cor e a forma, mas sim a identificação da sua tipologia. No entanto, foi possível verificar uma grande variedade na cor do material recolhido, assim como na sua forma, principalmente em microplásticos derivados de PEAD e de Plástico Filme. Outra discussão interessante, passou por alcançar a diferença de tamanho das partículas recolhidas no interior em comparação com as que foram encontradas no exterior, uma vez que, estas últimas, como evidenciado acima, têm grande correspondência com o grupo Outros, associado a partículas com dimensões inferiores devido aos fatores a que estiveram expostas para chegarem até aos amostradores colocados no exterior. Na Figura 34 encontram-se alguns exemplos de partículas de microplástico encontradas.

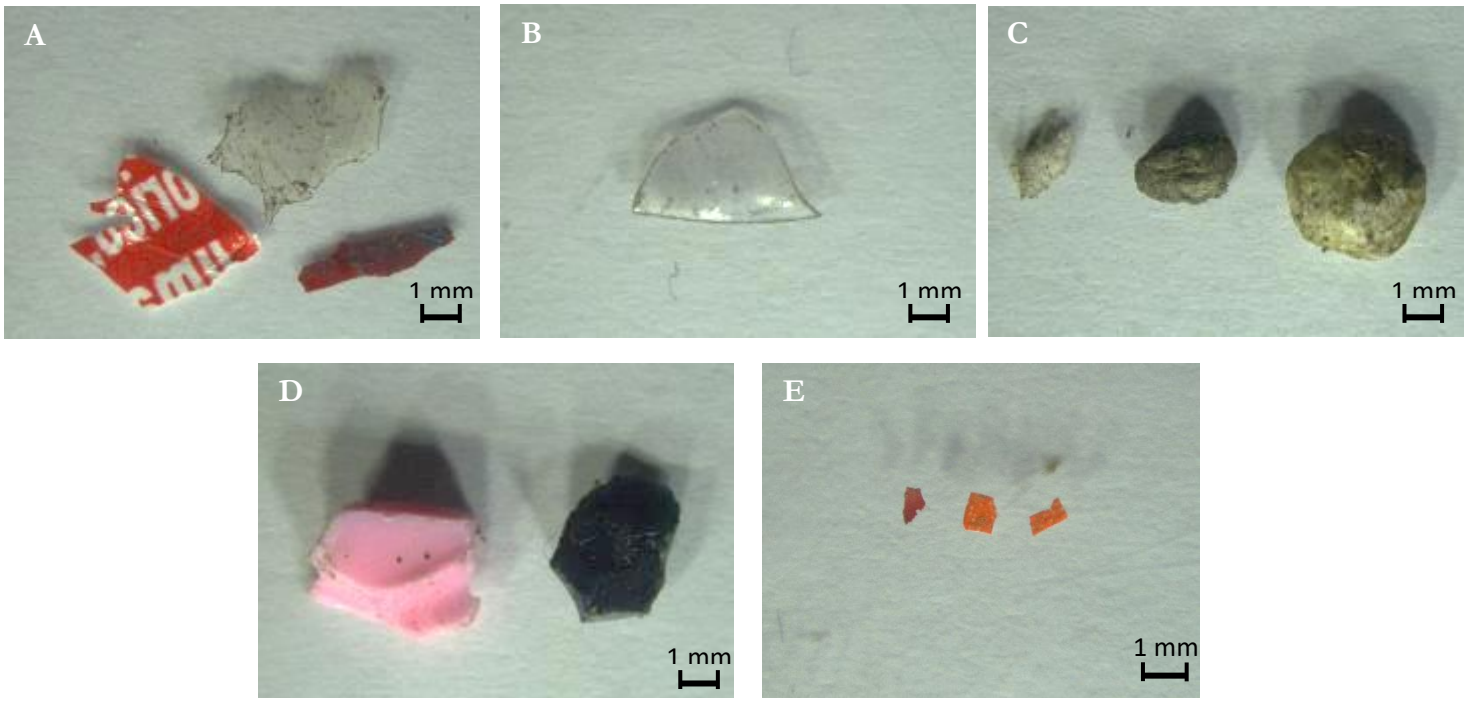


Figura 34 - Exemplos de partículas de microplástico encontradas: Plástico Filme (A); PET (B); EPS (C); PEAD (D); Outros (E).

Após a densa partilha dos resultados obtidos e devida discussão, é necessário recordar que este trabalho utilizou como a grande ferramenta de análise de amostras a inspeção visual - com e sem apoio da lupa binocular, em conjunto com conhecimento da literatura estudada e com algum sentido de sensibilidade para o material em questão. Como em todas a análises, existem erros associados, neste caso específico é importante realçar estas questões, visto que a metodologia aplicada, é uma metodologia inovadora e em experimentação. O facto de serem apenas três meses de amostragem, permitiu realçar alguns factos, no entanto apenas com valores potenciais associados a uma aproximação. Contudo, tendo em conta os resultados expostos, foi desenvolvida a fase seguinte do estudo, relatada no capítulo 6.

6. Propostas de medidas para melhoria do desempenho ambiental da LIPOR

Apesar de executado um plano de trabalhos apenas com três momentos de amostragem, obtiveram-se resultados que permitem responder e desenvolver os objetivos do presente estudo. Neste capítulo são construídas ideias que respondem a alguns desses objetivos, complementadas com outras propostas potencialmente benéficas para a entidade LIPOR. Os resultados realçados no capítulo anterior relativos aos quatro amostradores internos, foram aqueles que trouxeram mais validação às propostas que se seguem.

6.1- Medidas de Prevenção e Mitigação

Um dos objetivos específicos deste estudo, passou por determinar medidas de prevenção e mitigação adequadas às atividades diárias do CT, o qual só se tornou possível objetivar, após entender o contributo que essas atividades tinham na questão da libertação dos microplásticos com a recolha e análise dos mesmos.

Para melhor entendimento destas medidas, foi tido em conta os conceitos definidos segundo o questionário enviado pela APIP, realçados no capítulo "3.3.4- Medidas de prevenção e mitigação", onde prevenir passa por soluções que impeçam a libertação das micropartículas pelo material plástico, enquanto mitigar diz respeito, após libertadas, impedir que atinjam e se propaguem pelo meio ambiente.

São realçadas medidas ditas como prioritárias, aquelas que se consideram mais adequadas e relevantes implementar numa fase inicial e medidas secundárias, aquela que, embora se considerem importantes para uma maior rapidez na diminuição do impacte ambiental, não se consideram essenciais numa fase piloto. Os resultados obtidos na recolha de microplásticos permitiram entender os focos da problemática no CT, para que as medidas propostas se tornem as mais adequadas e úteis possível.

Foca-se o início destas sugestões com as medidas de prevenção, visto ser esta uma consideração que deve anteceder a mitigação. Na Tabela 12 apresentam-se as propostas dessas medidas.

Tabela 12 - Medidas de prevenção propostas.
Sombreado a cinzento as linhas correspondentes a medidas consideradas prioritárias.

	Medidas de prevenção propostas
1	Humidificar com água o material que chega à instalação nos meses mais secos do ano (essencialmente de maio a setembro). Medida proposta no seguimento dos resultados obtidos, pois foi possível entender que os resíduos plásticos, num mês de maior precipitação, originam uma menor presença de microplásticos (prioritária).
2	Colocação de luvas de sumos e/ou bandejas de recolha nos empilhadores. Desta forma, no transporte dos resíduos entre as várias fases do processo de triagem, será menor a quebra dos plásticos e a deposição de micropartícula no pavimento (secundária).

Pelo facto da libertação de microplásticos ser um acontecimento natural, mesmo com a aplicação de eventuais medidas de prevenção, são as medidas de mitigação que devem carecer de maior atenção, sendo este o momento no qual a empresa poderá ter o maior impacte ao impedir que as partículas libertadas se propagem pelo meio ambiente.

A acumulação de microplásticos no local onde são originados, como evidenciado no subcapítulo "3.3.4- Medidas de prevenção e mitigação", deve ser evitada ao máximo devido às características prejudiciais deste material a esse meio e pela probabilidade de serem transportados para fora da instalação, devido a diferentes fatores. Na LIPOR, a limpeza do pavimento é realizada quinzenalmente e são executados dois processos: 1) é aplicado varredura do solo, onde os resíduos, não sendo unicamente plásticos, são encaminhados para a Central de Valorização Energética da LIPOR II e 2) lavagem da superfície do CT. A água resultante deste último processo é acumulada em duas fossas presentes na zona interna das instalações, para ser recolhida por aspiração e descarregada no separador de hidrocarbonetos da LIPOR. Posteriormente são recolhidas e encaminhadas para um operador licenciado. Este procedimento concilia o ponto 2 e 3 da ordem de métodos de limpeza sugeridos pelo manual da OCS (subcapítulo 3.3.4- Medidas de prevenção e mitigação), saltando o método preferencial, a aspiração. E, ainda, foi possível entender, pela revisão da literatura, que são poucas as instalações com capacidade para reter estas micropartículas num tratamento de água convencional. Dessa forma sugere-se, em específico, a terceira medida de mitigação, apresentada juntamente com as restantes na Tabela 13.

Tabela 13 - Medidas de mitigação propostas.
Sombreado a cinzento as linhas correspondentes a medidas consideradas prioritárias.

	Medidas de mitigação propostas
1	Colocar filtros nas tampas das águas pluviais. Apesar de poderem existir microplásticos de menores dimensões, neste estudo a menor partícula analisada correspondeu a um tamanho de aproximadamente 100 μm, pelo que o filtro deve ter, no mínimo, uma malha correspondente a este valor (prioritária).
2	Colocação de cortinas de lamelas movíveis nos portões do CT de forma a reduzir a chegada de partículas ao meio ambiente. Esta medida é de especial prioridade para os portões 3 e 6, próximos dos amostradores 1 e 7, de onde se obteve a maior quantidade de microplásticos (prioritária).
3	Aspiração como primeiro momento de limpeza (complementar ou substituto à varredura). Dessa forma há menos dispersão das micropartículas, para além de ser um método cuja recolha é mais eficaz e não serão tantos os contaminantes acumulados na água do processo de lavagem que se seguirá (secundária).
4	De forma complementar à anterior, propõem-se que a limpeza seja realizada com uma periodicidade semanal, em vez de quinzenal, considerando através dos resultados obtidos da recolha de amostras, que a quantidade de microplásticos que aguarda limpeza durante quinze dias é elevada, podendo assim ser reduzida a sua exposição ao meio ambiente (secundária).
5	Colocação de uma base com escova para todos os trabalhadores passarem a sola do calçado antes de saírem da instalação pelos portões do CT, considerando que é esse um dos motores de transporte para estas partículas chegarem ao ambiente externo (secundária).

De forma a fundamentar a proposta número 1, os locais definidos para a colocação dos amostradores foram estratégicos. Perto das aberturas das águas pluviais, foi um desses locais (amostrador 2, 5, 8 e 11) que pela quantidade de partículas encontradas se considera uma medida essencial – nos amostradores, que ocupam apenas uma parte da área das tampas das águas pluviais, obteve-se uma média de 180 microplásticos por mês. Apesar disto, antes da aplicação dessa medida, considerada prioritária, as tampas de drenagem devem ser limpas de forma a remover todos os possíveis resíduos, para originar a maior eficiência dos filtros. Estas

águas, depois da rede de águas pluviais, vão ser libertadas no meio hídrico, sendo assim, um dos principais meios de chegada das micropartículas a um meio mais amplo[12].

Em adição ao referido, instruções para os colaboradores são providências viáveis, simples e muito importantes, sendo a parte integrante da empresa que mais impacte direto poderá gerar, realçando a importância de iniciativas tomadas pela gestão de topo. Deve ser incutida uma sensibilização e um sentido de responsabilidade pela prevenção da libertação de microplásticos, assim como pelo seu controlo, limpeza, eliminação e futura emancipação para o meio ambiente. É importante realçar os impactes que os microplásticos têm e a facilidade que existe na sua propagação, manuseados perto ou longe dos meios onde podem ser prejudiciais. Esta é uma medida de prevenção que contribui para uma melhoria na mitigação, que se considera essencial para o bom funcionamento das restantes medidas apresentadas.

Além de tudo isto, numa visão mais ampla, a LIPOR poderá incutir, nas mais diversas campanhas de sensibilização que implementa, a problemática associada aos microplásticos. Desta forma, poderá influenciar as atitudes de cada cidadão no impacte ambiental que possa gerar neste âmbito, como também transmitir o papel da empresa numa diminuição do mesmo.

Posto isto, no seu conjunto, excluindo as medidas de comunicação referidas em último, são propostas duas medidas de carácter preventivo, sendo uma delas considerada prioritária e cinco medidas com intenção de contribuir para a mitigação neste tema, das quais duas se entendem como prioritárias. As medidas referidas permitirão, não só a redução da libertação de micropartículas, como também de plásticos de maior dimensão no meio ambiente, que também têm impactes e degradam-se em partículas menores. O que as coloca como medidas versáteis e mais úteis. No entanto, considera-se importante que sejam realizadas inspeções de rotina para perceber se, com a eventual aplicação de algumas destas medidas, as quantidades de microplásticos libertados e que chegam ao meio ambiente diminuem.

[12] Seguem da rede de águas pluviais para o ribeiro de Caneiro, depois para rio Tinto que desagua no rio Douro e segue para o oceano.

6.2- Inclusão da temática no Sistema de Gestão Ambiental

Um Sistema de Gestão faz parte integrante de uma organização como o conjunto de elementos interrelacionados para o estabelecimento de políticas, objetivos e os processos para o alcançar desses objetivos (Instituto Português da Qualidade, 2015). O meio ambiente deve ser uma fração desse sistema, revelando-se no SGA, parte que gere os aspetos e impactes ambientais, o cumprimento das conformidades legais e a abordagem dos riscos e das oportunidades, respondendo às alterações das condições ambientais em equilíbrio com as necessidades socioeconómicas. O SGA da LIPOR é certificado pela APCER (Associação Portuguesa de Certificação) no âmbito da Norma ISO 14001, que veio trazer às empresas certificadas um cumprimento das espectativas da sociedade que também têm vindo a expandir (APCER, n.d.). Tendo isto em conta, agregado à expansão que a temática dos microplásticos e os seus impactes têm vindo a testemunhar, torna-se essencial incluí-la no SGA da empresa.

Neste sentido, de forma a responder à última questão de investigação são indicadas duas propostas para a inclusão da temática dos microplásticos no SGA da LIPOR: 1) inclusão do tema dos microplásticos no relatório anual da empresa e 2) inclusão dos microplásticos como um aspeto ambiental na lista de aspetos e impactes ambientais da empresa.

Relativamente à primeira proposta, existem três tipos de relatórios possíveis, o financeiro, o de sustentabilidade e o integrado (apenas a informação financeira é obrigatória revelar anualmente). No caso da LIPOR, o relatório da área ambiental, até 2018, apresentou-se no formato de relatório de sustentabilidade e, depois desse ano, realça-se como um relatório integrado. O relatório integrado é a mais recente forma de relatório do mercado, que tem como principal objetivo demonstrar a criação de valor futuro, agregando informações financeiras e não financeiras, comunicando o papel que a empresa desempenha na sociedade (Mcnally, Cerbone, & Maroun, 2017).

Em referência aos relatórios de sustentabilidade, a *Global Reporting Initiative* (GRI) é a principal organização que sugere/impõem critérios e padrões para os mesmos, tendo como objetivo uniformizá-los ao máximo entre si. Atualmente, estão no início de uma colaboração com a *Sustainability Accounting Standards Board* (SASB), que tem uma visão mais aprofundada e mais financeira (SASB, 2020). Por sua vez, quando as questões ambientais são realçadas num relatório/relato integrado, é o Conselho Internacional para Relato Integrado ou *International Integrated Reporting Council* (IIRC) que realça os pontos-chave para a sua realização,

não comprometendo o cumprimento das normas GRI e SASB (Stacchezzini, Melloni, & Lai, 2016; Mcnally, Cerbone, & Maroun, 2017).

Deste modo, a GRI, o IIRC e o SASB, são as principais organizações, a nível mundial, que procuram irradiar a adoção do relato integrado. O facto de, na LIPOR, a informação anual ser partilhada na forma de relatório integrado, reforça a pertinência de inclusão da temática dos microplásticos, como criação de valor futuro.

Neste contexto, achou-se relevante consultar relatórios (sustentabilidade - S ou integrado - I) de grandes empresas de gestão de resíduos a nível mundial e algumas a nível nacional, de forma a entender se o tema dos microplásticos é mencionado e, caso o seja, em que formato o revelam. Foi realizada uma tabela resumo com as informações obtidas (Tabela 14).

Tabela 14 - Resumo da análise de Relatórios de sustentabilidade (S) e integrados (I).

Organização	País - sede	S ou I	Referência à temática dos microplásticos
Veolia	**França**	I 2019/2020	"Metade das soluções que são necessárias para a transformação ecológica ainda carecem de novas invenções. De forma a acelerar essa descoberta, a Veolia optou por concentrar os seus esforços em seis áreas principais: • Reduzir o impacte na saúde de novas formas de poluição (ar interno, micropoluentes na água potável, etc.)" (…).(Veolia, 2020, pág. 22).
		I 2020/2021	Não mencionada (Veolia, 2021).
Suez Enviromental	**França**	I 2020	Têm mencionado um roteiro para o desenvolvimento sustentável com uma serie de objetivos a cumprir até 2021, onde o objetivo número 13, é "Oferecer aos nossos clientes soluções para tratar microplásticos em águas residuais antes de serem despejados no mar" (Pá. Com este cumprimento referem vir a cumprir, entre outros, o objetivo 14 dos ODS-oceanos mares e recursos marinhos. Referem na página 29, que começaram a construir uma fábrica para converter resíduos de plástico em polímeros reciclados, perto de Bangkok. A fábrica contribuirá para a ambiciosa meta do governo tailandês de reciclar 100% do plástico coletado até 2030 (Suez, 2020).
Wast Connections	**Estados Unidos**	S 2020	Não mencionada (Waste Connections, 2020).

Clean Harbors	**Estados Unidos**	S 2019/2020	Não mencionada (Clean Harbors, 2020).
Biffa PLC	**Reino Unido**	I 2020	Não mencionada (Biffa, 2020).
Tratolixo	**Portugal**	S 2019	Não mencionada (Tratolixo, 2020).
Gesamb	**Portugal**	S 2019	Não mencionada (Gesamb, 2020).
Grupo EGF (Mota-Engil)	**Portugal**	S 2019	Não mencionada (Mota-Engil, 2019).

Dos relatórios analisados realçam-se o da Veolia (2019/2020) e o da Suez como os únicos que incluem a temática dos microplásticos, neste caso, na forma de relatórios integrados. São duas empresas com sede francesa, o que vêm confirmar o papel do país como um especialista global no tratamento de resíduos. A Veolia, no seu relatório mais recente, ou seja 2020/2021, já não inclui a temática, o que aponta para algum retrocesso. Os dois relatórios de sustentabilidade analisados de empresas sediadas nos Estados Unidos, além de não revelarem informação ou preocupação com os microplásticos como um poluente, comparando com os restantes, falam pouco dos plásticos na sua generalidade. O relatório integrado da Biffa do Reino Unido também não refere os microplásticos apesar de incluir, com bastante realce, os resíduos plásticos e a importância do aumento da sua reciclagem. Os três relatórios de sustentabilidade analisados de empresas portuguesas não referem os microplásticos e, dos três, a Gesamb é aquela que destaca mais preocupação para com os resíduos plásticos e os seus impactes. Com isto, os relatórios da Veolia e da Suez, como relatórios integrados, são um exemplo para o relatório da LIPOR estar um passo à frente dos restantes, principalmente a nível nacional.

Apesar dos dois se guiarem pelas normas GRI, foram exploradas essas normas assim como documentos do IIRC e ainda da SASB, onde não consta nenhuma referência diretamente para a temática dos microplásticos, pelo que, esta introdução não terá que seguir um padrão específico nesse sentido (Global Reporting Initiative, 2016; International Integrated Reporting Council, 2019; Sustainability Accounting Standards Board, 2018). Mesmo assim, sugere-se que a LIPOR, enquanto empresa de realce a nível ambiental, incorpore, voluntariamente, a temática dos microplásticos, estando ciente dos impactes dos mesmos.

Apesar disso, considerando os microplásticos causadores de impactes, a GRI 306 - Efluentes e Resíduos, é aquela pelo qual a introdução desta temática se poderá guiar, realçando os pontos que se entendem como mais relevantes. Na GRI 306-1 - Geração de resíduos e impactes significativos relacionados a resíduos, é referido o que se destaca na Figura 35.

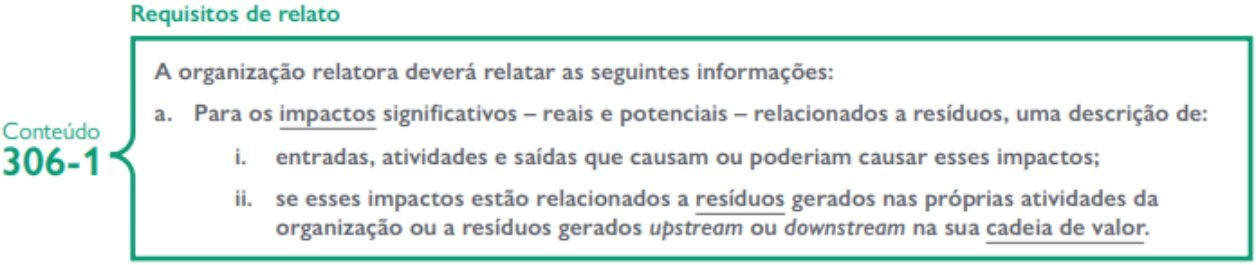


Figura 35 - Requisitos GRI 306-1.
(Fonte: Documento oficial da GRI Standards)

Referem, ainda, como pontos relevantes a referir no relatório, a descrição da quantidade, o tipo e a qualidade do resíduo gerado pelas atividades envolvidas na dinâmica da organização (GRI 306-3 e 306-4). É necessário entender o momento em que são gerados de forma a obter uma "visão holística", onde são identificadas oportunidades para prevenção e para medidas de circularidade (GRI 306-5) (Global Reporting Initiative, 2016).

Por sua vez, a GRI 306-2 - Gestão de impactes significativos relacionados a resíduos, refere o que se encontra na Figura 36.

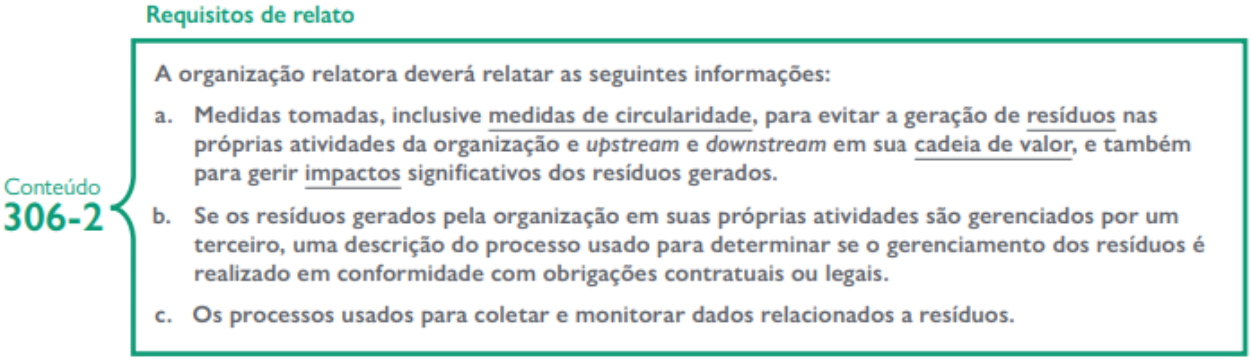


Figura 36 - Requisitos GRI 306-2.
(Fonte: Documento oficial da GRI Standards)

O referido nesta figura (Figura 36), em especial no primeiro ponto da mesma, torna conveniente, além de aplicar medidas de prevenção e mitigação apresentadas no subcapítulo anterior, transmiti-las no relatório integrado da empresa.

Segundo o IIRC, um dos princípios básios do relatório integrado, além do realce da criação de valor, é o uso que faz dos seis capitais e os impactes que a empresa tem sobre os mesmos. Estes seis capitais são: Capital financeiro; Capital manufaturado; Capital intelectual; Capital

humano; Capital social e de relacionamento e Capital natural. A temática dos microplásticos deverá ser mencionada no âmbito do último capital referido, como um impacte causado pela atividade da empresa, tendo em consideração que devem ser mencionados todos os assuntos relevantes, tanto benéficos quanto adversos (International Integrated Reporting Council, 2019). No caso do relatório da LIPOR os capitais encontram-se bem definidos no desenrolar do relatório, o que facilitará a inclusão da temática.

Quanto às normas da SASB, o ponto IF-WM:05 – *Industry: Waste Management*, com o tópico "*Recycling* & *Resource Recovery*", que referem estar em linha de pensamento com a GRI 306-2, seria aquele que poderia ter algo a adicionar à norma GRI referida, no entanto, o facto de ser mais focado em questões financeiras faz com que não acrescente informação além do já referido (Sustainability Accounting Standards Board, 2018).

A adicionar à introdução no relatório integrado, segue-se a segunda proposta: incluir a libertação de microplásticos na lista dos Aspetos e Impactes Ambientais da LIPOR.

Para isso, foi necessário um entendimento mais profundo da norma ISO 14001 (que prevê uma gestão mais eficaz dos aspetos ambientais das atividades de cada empresa), em conjunto com o documento "Procedimento de Gestão da LIPOR dos Aspetos e Impactes Ambientais", fornecido pela empresa. Dessa forma, tal como referido nesse procedimento, deve entender-se por:

- Aspetos ambientais - elemento das atividades, produtos ou serviços de uma organização que pode interagir com o meio ambiente;
- Impactes ambientais - qualquer modificação do meio ambiente, adversa ou benéfica, que resulte, no todo ou em parte, dos aspetos ambientais da organização.

A identificação dos aspetos ambientais deve considerar todas as atividades, produtos e serviços realizados, revelando desta forma as relações operacionais, organizacionais e funcionais com outras partes interessadas (clientes, fornecedores, vizinhos, entidades oficiais e colaboradores), o que torna essencial a inclusão da questão dos microplásticos.

O procedimento de avaliação dos aspetos e impactes ambientais, que vigora atualmente na empresa, contempla a análise sobre os aspetos ambientais diretos e indiretos, em condições normais, anormais e de emergência, bem como aspetos atuais, passados e previstos. Ao aspeto, é associado um impacte ambiental (benéfico ou adverso) e um cálculo do nível de Significância.

O resultado deste cálculo é obtido pela multiplicação dos quatro parâmetros seguintes, onde cada um pode assumir valores de 1 a 4:

- Severidade/Valorização - a qualificação dada aos danos ambientas mais ou menos graves, assim como o seu caracter de reversibilidade.
    - Para danos sobre o ambiente sem importância ou desprezáveis atribui-se 1 e para danos ambientais muito graves e/ou irreversíveis, o valor 4;
- Quantidade - a grandeza/valor numérico associado ao aspeto ambiental.
    - Para uma quantidade nula e/ou desprezável comparada com as quantidades associadas a outras atividades faz-se corresponder o valor 1 e para quantidade elevada quando comparada de igual modo, o valor 4;
- Frequência - nível de ocorrência.
    - Para um aspeto ambiental pontual atribui-se o valor 1 e para um aspeto ambiental bastante frequente ou de elevada probabilidade de ocorrência, a categoria 4;
- Medidas de Controlo/Valorização - medidas que pretendem minimizar os impactes adversos ou potenciar os benéficos.
    - Atribui-se o valor 1 quando existem medidas implementadas que permitem reduzir significativamente/eliminar o impacte ambiental adverso, não sendo relevante implementar outras medidas e o valor 4 quando não existem quaisquer medidas implementadas ou estas são irrelevantes.

De acordo com o valor da multiplicação destas variáveis, os aspetos ambientais são classificados em três diferentes classes: classe A como "Não significativo", classe B como um aspeto com "Com alguma significância" e classe C como um aspeto "Significativo".

Foi feita uma abordagem à matriz de aspetos ambientais em vigor na LIPOR, de forma a refletir sobre quais os potenciais efeitos associados à temática dos microplásticos. Deste modo, considerou-se que o aspeto "Libertação de microplásticos" causa impactes devido às atividades de Receção e Expedição da empresa, estando aqui incutidas as atividades de triagem do material.

Tendo todas estas questões em conta, agregado a uma apreciação dos aspetos ambientais já incluídos na matriz, propõe-se que o complemento do aspeto ambiental "Libertação de microplásticos" conte com as considerações apresentadas de seguida:

a) Considera-se uma situação **normal**, não estando associado a uma emergência ou acidente, nem requer de qualquer tipo de autorização, qualificação ou procedimentos especiais;
b) **Atual,** como um impacte decorrente das atividades presentes;
c) Como um aspeto que está diretamente associado a uma atividade executada sob o controlo da LIPOR entende-se como um aspeto ambiental **direto.**

No que diz respeito ao impacte ambiental, são vários os que podem ser associados, sempre com uma conotação negativa, ou seja, adversos, como entendido no capítulo da revisão de literatura. Apesar disso, da lista de impactes fornecida pela empresa, considerou-se que o impacte "efeitos no ecossistema" seria o mais adequado.

Quanto à determinação dos valores para o cálculo do nível de significância, um passo algo subjetivo, é necessário referir que, sendo isto uma proposta, considerou-se a agregação da mesma com a proposta apresentada no subcapítulo anterior, sobretudo na atribuição do valor das "medidas de controlo/valorização", caso contrário, não existindo nenhuma medida aplicada, este valor seria 4. Desta forma foram atribuídos os seguintes valores:

- Severidade/Valorização – 3 (danos ambientais graves, mas reversíveis);
- Quantidade – 2 (quantidade baixa comparada com as quantidades associadas a outras atividades);
- Frequência – 3 (aspeto ambiental frequente);
- Medidas de Controlo/Valorização – 3 (existem algumas medidas implementadas que reduzem o impacte no meio, mas ainda é possível reduzir significativamente o impacte, através da implementação de outras medidas).

Pela multiplicação dos valores dos quatro parâmetros, foi possível obter um valor de Significância no valor de 54, o que associa este aspeto à cor amarela, que corresponde a um aspeto **"Com alguma significância"**.

Por fim, na coluna relativa à descrição de Medidas de Controlo/Valorização/ Monitorização, foram mencionadas aquelas medidas consideradas prioritárias no subcapítulo anterior, sendo do critério da empresa a sua aplicação. Aconselha-se a visualização do Anexo V para uma interpretação mais direta desta proposta no formato da matriz da LIPOR.

6.3 Implicações e Benefícios

Para a implementação das medidas de prevenção e de mitigação propostas, estarão associados custos económicos, cuja prática já implementada na LIPOR da incineração dos resíduos provenientes da limpeza do CT, poderá compensá-los, visto que é produzida e vendida a energia que resulta dessa queima (ao invés de deposição em aterro p.e.).

A escolha de um método de eliminação implica ter em conta os materiais que constituem o resíduo que, pelo que se entendeu na recolha de amostras, os resíduos presentes no CT não são derivados apenas de plásticos, mas também partículas derivadas de outros materiais manuseados, como o metal, sendo este um fator que influencia a gestão ideal dos microplásticos. Deste modo, apesar de não ter sido conhecido o resíduo na sua totalidade é possível entender que, para uma central de triagem, uma gestão ideal das micropartículas libertadas implicaria custos económicos exorbitantes, com o investimento num processo de separação das diversas partículas originadas. Só assim seria possível explorar e atribuir um maior valor a cada tipo de resíduo, o que realça a necessidade de evoluções neste sentido.

Apesar dos custos económicos associados à implementação das medidas propostas atrás, as mesmas poderão acarretar diversos benefícios, além de grandes vantagens ambientais.

No relatório de sustentabilidade da Suez, analisado anteriormente, referem que, ao impedir que os microplásticos cheguem ao oceano, poderão estar a contribuir para mais um ODS, especificamente o objetivo 14. Por sua vez, o relatório integrado de 2019 da LIPOR refere, na parte relativa ao capital natural, articularem as suas iniciativas com o objetivo 6, 7, 13 e 15 dos ODS. Aquando da introdução das medidas propostas, poderá considerar-se que a empresa contribui para proteção da vida marinha (como já evidenciado), levando à possibilidade de estarem em equilíbrio também com o objetivo 14 – proteção da vida marinha – visto que se alinharão com algumas metas do mesmo. Entre elas, "prevenir e reduzir significativamente a poluição marítima de todos os tipos, especialmente a que advém de atividades terrestres" (BCSD, 2017). Na LIPOR, ao referirem mais um objetivo, este poderá ser incluído na parte relativa à Agenda de Sustentabilidade (de valor partilhado) no relatório integrado, fortalecendo-a no fragmento referente ao Planeta o que conduz a outra mais-valia.

Além disso, ao ser implementada a preocupação com a temática dos microplásticos, em conjunto com a sua comunicação no relatório integrado, a empresa está a assumir um compromisso ambiental para além das obrigações legais (instrumento de comunicação). Isto faz com que sejam reconhecidos, com mérito, por uma iniciativa piloto nesta área e por a

transmitiram com transparência, podendo estar mais próximos de obter selos ambientais, prémios ou reconhecimentos externos. Um exemplo é a AENOR, credenciada pela ONU, que certifica empresas pela contribuição na diminuição da sua pegada ambiental (AENOR, 2021). Desta forma, o compromisso ambiental é também um fator de diferenciação competitiva.

Um outro benefício, numa visão económica, vai de encontro ao facto de, ao aplicar medidas de prevenção que diminuam a degradação do material plástico, menor é a perda de massa que servirá futuramente como material que é vendido em forma de fardos, que neste caso, como mencionado nos resultados deste estudo, corresponde a uma perda potencialmente no valor de aproximadamente 1 tonelada por ano (assumindo que todos os microplásticos são originados apenas depois de entrarem no CT). Além disso, esta antecipação, permite reduzir custos económicos posteriores derivados a maiores consequências ambientais.

Todo o fator de antecipação traz mais facilidade à empresa para resistir às eventuais ações legais movidas pelos agentes económicos, que apesar de se ter entendido que não existem grandes políticas ambientais em vigor diretamente para a temática dos microplásticos, há uma perspetiva futura para que entrem medidas a nível de regulação direta. Além disso, com mais tempo e experiência são aperfeiçoadas técnicas, o que faz com que se situem um passo à frente no presente do mercado, assim como no seu futuro.

7. Conclusão

Neste estudo a metodologia aplicada é um processo inovador e experimental, criado com o intuito de responder ao objetivo de avaliar a libertação de microplásticos no CT da empresa de gestão de resíduos - LIPOR.

Para responder ao primeiro objetivo específico deste estudo, foi determinada a quantidade média de microplásticos libertados por unidade de tempo. Quando os resultados foram extrapolados para a área do CT e até 22 m na envolvente do seu perímetro, foi possível obter valores aproximados das quantidades potencialmente libertadas:

- ≈ 1 t /ano de microplásticos libertados dentro do CT;
- ≈ 120 kg /ano de microplásticos que chegam à envolvente imediata do CT.

Quando comparados, permite verificar que o foco da libertação de microplásticos é o CT, como seria esperado. Relacionados com esse foco (amostradores internos), outros resultados permitiram entender que:

- O plástico tipo PET, possivelmente por ser mais moldável e menos rígido que o PEAD (p.e.), é o plástico com menor tendência para libertar micropartículas;
- O EPS e o Plástico Filme por serem mais frágeis e menos densos, revelaram as maiores quantidades de microplásticos libertadas.

Neste seguimento, respondendo agora à primeira questão de investigação, é possível concluir que a composição dos plásticos presentes no CT, mais do que a sua quantidade, tem influência na quantidade e na tipologia de microplásticos que é libertada. Verifica-se que, para a mesma quantidade de cada tipo de plástico, são originadas diferentes quantidades de micropartículas desse material, isto deve-se às suas características divergentes. Neste sentido é possível concluir que:

- Por cada tonelada de fardos produzidos no CT são libertadas, em média, 100 g a 250 g de microplásticos.

Nos 12 amostradores externos o EPS e o Plástico Filme não foram as tipologias de microplásticos mais encontradas, embora tenham tido maior presença nos quatro pontos avaliados a maiores distâncias do CT. Pelo que se percebe que diferentes materiais têm diferentes capacidades de dispersão no meio ambiente, em parte influenciadas pelas questões meteorológicas, inclusive é possível concluir que é a zona a sudeste do CT onde as

micropartículas terão mais tendência a acumular-se, devido ao sentido predominante do vento.

Verifica-se, também, que na existência de água há uma menor presença de micropartículas no meio onde são originadas, possivelmente devido a uma maior capacidade de agregação entre as partículas. Como resultado, uma das medidas de prevenção prioritárias sugeridas é a humidificação do material à sua chegada ao CT. Medidas que, em seguimento da localização do foco dos microplásticos, foram propostas de forma a dar resposta à segunda questão de investigação, relacionada com as medidas para uma melhor gestão dos resíduos de microplásticos no SGA da empresa. Essas medidas dizem respeito, maioritariamente, à implantação de medidas de prevenção e mitigação na mesma linha de pensamento da de prevenção já referida, tais como:

- Aplicação filtros nas tampas das águas pluviais - sendo um dos principais meios de chegada das micropartículas a um meio mais amplo;
- Fitas lamelas movíveis nos portões do CT - de forma a menos partículas saírem da instalação. Em especial no portão 3 e 6, como pontos críticos pela maior quantidade de microplásticos encontrada nos amostradores perto dos mesmos.

A aplicação destas medidas é uma das formas de inclusão no SGA da LIPOR, que foram complementadas com duas propostas: 1) inclusão do tema no relatório integrado da empresa e 2) inclusão do aspeto ambiental "Libertação de microplásticos" na lista de Aspetos e Impactes Ambientais da LIPOR. Nesta última, conclui-se que esse aspeto ambiental é considerado "Com alguma significância" no que diz respeito ao seu risco ambiental.

O conjunto de todas as propostas, que contribuem para melhoria no desempenho ambiental da LIPOR, apesar de algumas implicações económicas associadas (sobretudo no investimento em medidas preventivas e de mitigação), trazem vários benefícios, tais como:

- Menor perda de material plástico que posteriormente será vendido na forma de fardo;
- Alinhamento com o objetivo 14 dos ODS;
- Mérito pela iniciativa piloto e pela preocupação além de obrigações legais que também origina vantagens competitivas (pela obtenção de certificados p.e.);
- Fator de antecipação que permite resistir com destreza a eventuais medidas legais.

Além do mais, os instrumentos de comunicação da política ambiental mostram-se aqueles com maior realce nesta temática. A comunicação do tema pode gerar um impacte ainda mais positivo a nível ambiental, pelo aumento do conhecimento dos cidadãos, especialmente com

a informação dos tipos de plásticos que libertam mais ou menos micropartículas, de forma a ponderarem o seu consumo.

Foi possível verificar uma regularidade no material que entra e sai da LIPOR, os meses de recolha de amostras de microplásticos não foram exceção e, ainda, foram meses com características meteorológicas diferentes entre si, o que traz validação aos resultados relativamente aos microplásticos e a sua extrapolação para valores anuais.

Cada uma destas conclusões vem contribuir para uma criação de valor, sendo esta uma temática em crescimento e muito pouco explorada pelas entidades empresariais do setor em que se insere a LIPOR.

7.1- Limitações e linhas de investigação futuras

Uma das maiores limitações, identificadas no desenvolvimento deste estudo, foi a escassez de informação existente, especialmente dos microplásticos aplicados a um contexto empresarial. O presente estudo preencheu, com conhecimento novo e útil, possíveis passos futuros nesta área e desenvolveu independência e adaptação profissionais.

Relativamente à amostragem, a implementação de um estudo semelhante num período de tempo alargado, irá permitir o estabelecimento de conclusões quantitativas estatisticamente mais relevantes. Não obstante o tempo de amostragem empregue, considera-se que este foi suficiente para estabelecer tendências preliminares, nomeadamente no que diz respeito à correlação linear entre a massa inicial e a massa de microplásticos, bem como à influência da tipologia dos plásticos na quantidade de microplásticos libertada.

Se existe, num processo de triagem, dificuldade na identificação dos macroplásticos, a mesma acresce quando se trata de um estudo focado em micropartículas. Esta é uma adversidade que foi diminuindo apenas com prática e conhecimento do material. Numa investigação futura, técnicas de recolha e análise laboratorial mais elaboradas poderão ser aplicadas por forma a minimizar esta limitação. Além disso, para a metodologia posta em prática, entende-se que devem ser empregues amostradores com uma altura diferente da utilizada neste estudo e mais propícia para a entrada de mais micropartículas e simultaneamente para a sua retenção. Numa eventual aplicação da mesma, os amostradores devem ser presos de outra forma, de maneira a impedir o seu mínimo movimento, assim como serem adaptados de forma a que o escoamento das águas pluviais retidas nos mesmos, em dias de maior precipitação, ser mais eficaz.

Em suma, o facto de este ser um tema em crescimento, que evidencia a necessidade de mais estudos deste carácter que aumentem a informação e a junção entre Ciência e Gestão Ambiental, apoiaram a motivação para a realização e finalização desta aprendizagem, sujeita a uma continuidade e melhoria futura.

8. Referências bibliográficas

AENOR. (2021). AENOR Portugal Certificação - Meio ambiente. Retrieved June 27, 2021, from https://www.aenorportugal.com/certificacion/medio-ambiente

Alakangas, E., & Impola, R. (2015). *Quality guidelines for wood fuels in Finland*. (November), 39 +16. https://doi.org/10.13140/RG.2.1.3290.3127

Aminabhavi, T. M., Balundgi, R. H., & Cassidy, P. E. (1990). A Review on Biodegradable Plastics. *Polymer-Plastics Technology and Engineering*, *29*(3), 235–262. https://doi.org/10.1080/03602559008049843

Andrady, A. L., & Neal, M. A. (2009). Applications and societal benefits of plastics. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, *364*(1526), 1977–1984. https://doi.org/10.1098/rstb.2008.0304

APA. (n.d.). APA - Estratégia Europeia sobre Plásticos. Retrieved November 1, 2020, from https://apambiente.pt/?ref=x254

APA. (2017). *Especificações Técnicas dos Resíduos de Embalagens provenientes da recolha seletiva*.

APA. (2020). APA - Políticas > Resíduos > Gestão de Resíduos Urbanos > Dados sobre Resíduos Urbanos. Retrieved April 2, 2021, from https://www.apambiente.pt/index.php?ref=16&subref=84&sub2ref=933&sub3ref=936

APA. (2021). Resíduos | APA. Retrieved June 20, 2021, from https://apambiente.pt/residuos

APCER. (n.d.). APCER - ISO 14001. Retrieved June 27, 2021, from https://www.apcergroup.com/pt/certificacao/pesquisa-de-normas/169/iso-14001

APIP, & PlasticsEurope. (2020). *Manual- Operation Clean Sweep*.

ASAE. (n.d.). Poluentes Orgânicos Persistentes. Retrieved June 22, 2021, from https://www.asae.gov.pt/seguranca-alimentar/riscos-quimicos/pops.aspx

BCSD. (2017). 14. Proteger a vida marinha. Retrieved June 18, 2021, from https://www.ods.pt/objectivos/14-oceanos-mares-e-recursos-marinhos/?portfolioCats=24

Beat the microbead. (n.d.). International Campaign Against Plastic in Cosmetics - Beat the Microbead. Retrieved November 20, 2020, from https://www.beatthemicrobead.org/

Beltifa, A., Feriani, A., Machreki, M., Ghorbel, A., Ghazouani, L., Di Bella, G., … Mansour, H. Ben. (2017). Plasticizers and bisphenol A, in packaged foods sold in the Tunisian markets: study of their acute in vivo toxicity and their environmental fate. *Environmental Science and Pollution Research*, *24*(28), 22382–22392. https://doi.org/10.1007/s11356-017-9861-0

Bhandari, M. (2017). International Union for Conservation of Nature. *The Wiley-Blackwell Encyclopedia of Globalization*. https://doi.org/10.1002/9780470670590.wbeog325

Biffa. (2020). *Providing critical, sustainable infrastructure and services*.

Bläsing, M., & Amelung, W. (2018). Plastics in soil: Analytical methods and possible sources. *Science of the Total Environment*, *612*, 422–435. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.08.086

Boots, B., Russell, C. W., & Green, D. S. (2019). Effects of Microplastics in Soil Ecosystems: Above and below Ground. *Environmental Science and Technology*, *53*(19), 11496–11506. https://doi.org/10.1021/acs.est.9b03304

Boyle, K., & Örmeci, B. (2020). Microplastics and nanoplastics in the freshwater and terrestrial environment: A review. *Water (Switzerland)*, *12*(9). https://doi.org/10.3390/w12092633

Browne, Mark A, Galloway, T., & Richard, T. (2007). Microplastic – An Emerging

Contaminant of Potential Concern? *Integrated Environmental Assessment and Management*, *4*(2), 559–566. https://doi.org/10.1897/ieam_2007-096.1

Browne, Mark Anthony, Crump, P., Niven, S. J., Teuten, E., Tonkin, A., Galloway, T., & Thompson, R. (2011). Accumulation of microplastic on shorelines woldwide: Sources and sinks. *Environmental Science and Technology*, *45*(21), 9175–9179. https://doi.org/10.1021/es201811s

CAGER. (2018). *Revisão das Especificações Técnicas de materiais de embalagem com origem na recolha selectiva*.

Campbell, S. H., Williamson, P. R., & Hall, B. D. (2017). Microplastics in the gastrointestinal tracts of fish and the water from an urban prairie creek. *Facets*, *2*(1), 395–409. https://doi.org/10.1139/facets-2017-0008

Cassidy, P. E., & Aminabhavi, T. M. (1981). Enhanced Environmental Degradation of Plastics. *Journal of Macromolecular Science, Part C*, *21*(1), 89–133. https://doi.org/10.1080/00222358108080926

Claessens, M., Meester, S. De, Landuyt, L. Van, Clerck, K. De, & Janssen, C. R. (2011). Occurrence and distribution of microplastics in marine sediments along the Belgian coast. *Marine Pollution Bulletin*, *62*(10), 2199–2204. https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2011.06.030

Clean Harbors. (2020). *Sustenability*.

Cleanup, T. O. (2018). The Great Pacific Garbage Patch | The Ocean Cleanup. Retrieved November 29, 2020, from https://theoceancleanup.com/great-pacific-garbage-patch/

Cole, M., Lindeque, P., Halsband, C., & Galloway, T. S. (2011). Microplastics as contaminants in the marine environment: A review. *Marine Pollution Bulletin*, *62*(12), 2588–2597. https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2011.09.025

Comissão Europeia. (n.d.-a). *A EUROPEAN STRATEGY FOR PLASTICS IN A CIRCULAR ECONOMY*.

Comissão Europeia. (n.d.-b). Environmental and health risks of microplastic pollution | European Commission. Retrieved November 12, 2020, from https://ec.europa.eu/info/research-and-innovation/strategy/support-policy-making/scientific-support-eu-policies/group-chief-scientific-advisors/environmental-and-health-risks-microplastic-pollution_en#related-events

Comissão Europeia. (2020). Microplastics pollution – measures to reduce its impact on the environment. Retrieved January 5, 2021, from https://ec.europa.eu/info/law/better-regulation/have-your-say/initiatives/12823-Microplastics-pollution-measures-to-reduce-its-impact-on-the-environment

Costa, J. P., Duarte, A. C., & Rocha-Santos, T. A. P. (2017). Microplastics – Occurrence, Fate and Behaviour in the Environment. In *Comprehensive Analytical Chemistry* (Vol. 75). https://doi.org/10.1016/bs.coac.2016.10.004

Courtney, A., & Baker, J. (2009). Proceedings of the Second Research Workshop on Microplastic Marine Debris. *NOAA Technical Memorandum*, (November), 54. Retrieved from http://nova.wh.whoi.edu/palit/Arthur, Baker_2011_Proceedings of the Second Research Workshop on Microplastic Marine Debris

Dehaut, A., Cassone, A. L., Frère, L., Hermabessiere, L., Himber, C., Rinnert, E., … Paul-Pont, I. (2016). Microplastics in seafood: Benchmark protocol for their extraction and characterization. *Environmental Pollution*, *215*, 223–233. https://doi.org/10.1016/j.envpol.2016.05.018

Desforges, J. P. W., Galbraith, M., Dangerfield, N., & Ross, P. S. (2014). Widespread distribution of microplastics in subsurface seawater in the NE Pacific Ocean. *Marine Pollution Bulletin*, *79*(1–2), 94–99. https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2013.12.035

Dris, R., Gasperi, J., Mirande, C., Mandin, C., Guerrouache, M., Langlois, V., & Tassin, B. (2017). A first overview of textile fibers, including microplastics, in indoor and outdoor environments. *Environmental Pollution*, *221*, 453–458. https://doi.org/10.1016/j.envpol.2016.12.013

ECHA. (2018). Microplásticos - ECHA. Retrieved December 3, 2020, from https://echa.europa.eu/pt/hot-topics/microplastics

Eriksen, M., Mason, S., Wilson, S., Box, C., Zellers, A., Edwards, W., … Amato, S. (2013). Microplastic pollution in the surface waters of the Laurentian Great Lakes. *Marine Pollution Bulletin*, *77*(1–2), 177–182. https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2013.10.007

EU-OSHA. (2021). REACH – Regulamento relativo ao registo, avaliação, autorização e restrição dos produtos químicos - Segurança e saúde no trabalho. Retrieved March 3, 2021, from https://osha.europa.eu/pt/themes/dangerous-substances/reach

EuPC. (n.d.). European Plastics Converters | EuPC. Retrieved October 31, 2020, from https://www.plasticsconverters.eu/

EuPC. (2020). *Introduction to survey on plastics pellet/powder loss assessment, monitoring and indicators*. Bruxelas.

Fernandes, F. (2021). Restaurantes proibidos de usar pratos, talheres e copos de plástico. *Diário de Notícias*. Retrieved from https://www.dn.pt/edicao-do-dia/30-jun-2021/restaurantes-proibidos-de-usar-pratos-talheres-e-copos-de-plastico--13888083.html

Ferraboli, Carolize Maria Manfé, Pazmino, A. V. (2007). *Uma reflexão sobre Design Anais do 2° Simpósio Paranaense de Design Sust ent ável SPDS 2010*.

Forlin, F., & Faria, J. (2002). Considerações Sobre a Reciclagem de Embalagens Plásticas. *UNICAMP*, pp. 1–10. https://doi.org/10.1590/s0104-14282002000100006

Freitas, E., & Prodanov, C. (2013). *Metodologia do trabalho científico : Métodos e Técnicas da Pesquisa e do Trabalho Acadêmico*.

Frias, J. (2010). *Microplásticos: O "presente" envenenado*. 104. Retrieved from https://run.unl.pt/bitstream/10362/3609/1/Frias_2010.pdf

Frias, J. P. G. L., & Nash, R. (2019). Microplastics: Finding a consensus on the definition. *Marine Pollution Bulletin*, *138*, 145–147. https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2018.11.022

Frias, J., Pagter, E., Nash, R., O'Connor, I., Carretero, O., Filgueiras, A., … Gerdts, G. (2018). *Standardised protocol for monitoring microplastics in sediments*. https://doi.org/10.13140/RG.2.2.36256.89601/1

Gao, H., Yan, C., Liu, Q., Ding, W., Chen, B., & Li, Z. (2019, February 15). Effects of plastic mulching and plastic residue on agricultural production: A meta-analysis. *Science of the Total Environment*, Vol. 651, pp. 484–492. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.09.105

Gasperi, J., Wright, S. L., Dris, R., Collard, F., Mandin, C., Guerrouache, M., … Tassin, B. (2018, February 1). Microplastics in air: Are we breathing it in? *Current Opinion in Environmental Science and Health*, Vol. 1, pp. 1–5. https://doi.org/10.1016/j.coesh.2017.10.002

Gesamb. (2020). *Relatório de Sustentabilidade de 2019*.

GESAMP. (2016). Sources, fate and effects of microplastics in the marine environment: part 2 of a global assessment. In *INTERNATIONAL MARITIME ORGANIZATION* (Vol. 93).

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

Gigault, J., Halle, A. ter, Baudrimont, M., Pascal, P. Y., Gauffre, F., Phi, T. L., … Reynaud,

S. (2018, April 1). Current opinion: What is a nanoplastic? *Environmental Pollution*, Vol. 235, pp. 1030–1034. https://doi.org/10.1016/j.envpol.2018.01.024

Global Reporting Initiative. (2016). GRI 306: Effluents and Waste. *GRI Standards*, (December), 1–13. Retrieved from https://www.globalreporting.org/standards/gri-standards-download-center/?g=dec8fd48-1dbf-453f-9d93-f746662dea78

Governmente of Canada. (2015). Environment and Climate Change Canada - Microbeads – A Science Summary. Retrieved March 21, 2021, from http://www.ec.gc.ca/ese-ees/default.asp?lang=En&n=adda4c5f-1

Hanvey, J. S., Lewis, P. J., Lavers, J. L., Crosbie, N. D., Pozo, K., & Clarke, B. O. (2017). A review of analytical techniques for quantifying microplastics in sediments. *Analytical Methods*, *9*(9), 1369–1383. https://doi.org/10.1039/c6ay02707e

Hidalgo-Ruz, V., Gutow, L., Thompson, R. C., & Thiel, M. (2012). Microplastics in the marine environment: A review of the methods used for identification and quantification. *Environmental Science and Technology*, *46*(6), 3060–3075. https://doi.org/10.1021/es2031505

Hong, S. H., Shim, W. J., & Hong, L. (2017). Methods of analysing chemicals associated with microplastics: A review. *Analytical Methods*, *9*(9), 1361–1368. https://doi.org/10.1039/c6ay02971j

Hurley, R. R., & Nizzetto, L. (2018). Fate and occurrence of micro(nano)plastics in soils: Knowledge gaps and possible risks. *Current Opinion in Environmental Science and Health*, *1*, 6–11. https://doi.org/10.1016/j.coesh.2017.10.006

Instituto Português da Qualidade. (2015). Sistemas de Gestão da Qualidade - Fundamentos e vocabulário - NP/EN ISO 9000:2015. *Instituto Português Da Qualidade*, *3º Edição*, 1–41.

International Integrated Reporting Council. (2019). *Estrutura Internacional Para o Relato Integrado*. (1693615).

IPMA. (2021). IPMA - Resumo boletim clima. Retrieved May 9, 2021, from https://www.ipma.pt/pt/oclima/monitoriza.mensal/

Isobe, A., Uchida, K., Tokai, T., & Iwasaki, S. (2015). East Asian seas: A hot spot of pelagic microplastics. *Marine Pollution Bulletin*, *101*(2), 618–623. https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2015.10.042

IUCN. (2017). Invisible plastic particles from textiles and tyres a major source of ocean pollution. Retrieved March 20, 2021, from https://www.iucn.org/news/secretariat/201702/invisible-plastic-particles-textiles-and-tyres-major-source-ocean-pollution-—-iucn-study

Jiang, J. Q. (2018). Occurrence of microplastics and its pollution in the environment: A review. *Sustainable Production and Consumption*, *13*(October), 16–23. https://doi.org/10.1016/j.spc.2017.11.003

Jovanović, B. (2017). Ingestion of microplastics by fish and its potential consequences from a physical perspective. *Integrated Environmental Assessment and Management*, *13*(3), 510–515. https://doi.org/10.1002/ieam.1913

Kelle, U. (2006). Combining qualitative and quantitative methods in research practice: purposes and advantages. *Qualitative Research in Psychology*, *3*(4), 293–311. https://doi.org/10.1177/1478088706070839

Klein, M., & Fischer, E. K. (2019). Microplastic abundance in atmospheric deposition within the Metropolitan area of Hamburg, Germany. *Science of the Total Environment*, *685*, 96–103. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.05.405

Kole, P. J., Löhr, A. J., Van Belleghem, F. G. A. J., & Ragas, A. M. J. (2017). Wear and Tear of Tyres: A Stealthy Source of Microplastics in the Environment. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, *14*(10).

https://doi.org/10.3390/ijerph14101265
Kooi, M., Reisser, J., Slat, B., Ferrari, F. F., Schmid, M. S., Cunsolo, S., … Koelmans, A. A. (2016). The effect of particle properties on the depth profile of buoyant plastics in the ocean. *Scientific Reports*, *6*(1), 33882. https://doi.org/10.1038/srep33882
Kurrer, C. (2021). Política ambiental: princípios gerais e quadro de base | Fichas temáticas sobre a União Europeia | Parlamento Europeu. Retrieved April 17, 2021, from https://www.europarl.europa.eu/factsheets/pt/sheet/71/politica-ambiental-principios-gerais-e-quadro-de-base
Lenz, R., Enders, K., Stedmon, C. A., MacKenzie, D. M. A., & Nielsen, T. G. (2015). A critical assessment of visual identification of marine microplastic using Raman spectroscopy for analysis improvement. *Marine Pollution Bulletin*, *100*(1), 82–91. https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2015.09.026
LIPOR. (n.d.-a). LIPOR- sobre nós. Retrieved March 25, 2021, from https://www.lipor.pt/pt/sobre-nos/a-lipor/
LIPOR. (n.d.-b). Valorização Multimaterial - Lipor. Retrieved November 1, 2020, from https://www.lipor.pt/pt/valorizar/valorizacao-multimaterial/
Liu, K., Wang, X., Fang, T., Xu, P., Zhu, L., & Li, D. (2019). Source and potential risk assessment of suspended atmospheric microplastics in Shanghai. *Science of the Total Environment*, *675*, 462–471. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.04.110
Macdonald, C. (2012). *UNDERSTANDING PARTICIPATORY ACTION RESEARCH : A QUALITATIVE RESEARCH METHODOLOGY OPTION*. *13*(2), 34–50.
May, P., Lustosa, M. C., & Vinha, V. (2018). *Economia do Meio Ambiente* (Elsevier, Ed.).
Mcnally, M. A., Cerbone, D., & Maroun, W. (2017). Exploring the challenges of preparing an integrated report. *Meditari Accountancy Research*, *25*(4), 481–504. https://doi.org/10.1108/MEDAR-10-2016-0085
Mendes, I. (2005). *Instrumentos Económicos de Gestão Ambiental1 O Caso Português*.
Meteoblue. (2021). Arquivo meteorológico Porto - meteoblue. Retrieved May 9, 2021, from https://www.meteoblue.com/pt/tempo/historyclimate/weatherarchive/porto_portugal_2735943?fcstlength=1m&year=2021&month=2
Mohan Pathak, V. (2017). Review on the current status of polymer degradation: a microbial approach. *Bioresources and Bioprocessing*, *4*, 15. https://doi.org/10.1186/s40643-017-0145-9
Mota-Engil. (2019). *Múltiplos olhares*.
Nacional Geographic. (n.d.). Pneus: Poluidor Plástico que Passa Despercebido | National Geographic. Retrieved December 4, 2020, from https://www.natgeo.pt/meio-ambiente/2019/10/pneus-poluidor-plastico-que-passa-despercebido
Nacional Geographic. (2018). O Que É o Plástico? | National Geographic. Retrieved March 21, 2021, from https://www.natgeo.pt/video/tv/o-que-e-o-plastico
Neves, D., Sobral, P., Ferreira, J. L., & Pereira, T. (2015). *Ingestion of microplastics by commercial fish off the Portuguese coast*. https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2015.11.008
Ng, E. L., Huerta Lwanga, E., Eldridge, S. M., Johnston, P., Hu, H. W., Geissen, V., & Chen, D. (2018). An overview of microplastic and nanoplastic pollution in agroecosystems. *Science of the Total Environment*, *627*, 1377–1388. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.01.341
NOAA. (2015). *Laboratory Methods for the Analysis of Microplastics in the Marine Environment: Recommendations for quantifying synthetic particles in waters and sediments*.
OECD. (2017). *Policy Instruments Environment*. Retrieved from http://oe.cd/pine
Oliveri Conti, G., Ferrante, M., Banni, M., Favara, C., Nicolosi, I., Cristaldi, A., … Zuccarello, P. (2020). Micro- and nano-plastics in edible fruit and vegetables. The first

diet risks assessment for the general population. *Environmental Research*, *187*, 109677. https://doi.org/10.1016/j.envres.2020.109677

Oosterhuis, F., Papyrakis, E., & Boteler, B. (2014, December 1). Economic instruments and marine litter control. *Ocean and Coastal Management*, Vol. 102, pp. 47–54. https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2014.08.005

OpenLearn. (n.d.). The seven types of plastic - OpenLearn - Open University. Retrieved June 20, 2021, from https://www.open.edu/openlearn/science-maths-technology/chemistry/the-seven-types-plastic

Organização das Nações Unidas. (2016). 17 Objetivos para Transformar o Nosso Mundo. *Guia Sobre Desenvolvimento Sustentável*, 1–38. Retrieved from https://www.unric.org/pt/images/stories/2016/ods_2edicao_web_pages.pdf

Pacto Português para os Plásticos. (2020). Retrieved November 1, 2020, from https://www.pactoplasticos.pt/

Parlamento Europeu. (2019). PE – Proibição da venda de produtos de plástico de utilização única em toda a UE. Retrieved April 25, 2021, from https://www.sgeconomia.gov.pt/noticias/pe-proibicao-da-venda-de-produtos-de-plastico-de-utilizacao-unica-em-toda-a-ue.aspx

Payne, A. (2016). Key debates in new political economy. *Key Debates in New Political Economy*, 1–206. https://doi.org/10.4324/9780203965450

Pequeno, J., Antunes, J., Dhimmer, V., Bessa, F., & Sobral, P. (2021). Microplastics in Marine and Estuarine Species From the Coast of Portugal. *Frontiers in Environmental Science*, *9*(February), 1–12. https://doi.org/10.3389/fenvs.2021.579127

Pereira, P. T. (2013). *O conceito económico de bem público*. (2008), 1–23.

Pivokonsky, M., Cermakova, L., Novotna, K., Peer, P., Cajthaml, T., & Janda, V. (2018). Occurrence of microplastics in raw and treated drinking water. *Science of the Total Environment*, *643*, 1644–1651. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.08.102

PlasticsEurope. (n.d.-a). How plastics are made. Retrieved November 16, 2020, from https://www.plasticseurope.org/en/about-plastics/what-are-plastics/how-plastics-are-made

PlasticsEurope. (n.d.-b). Thermoplastics : PlasticsEurope. Retrieved February 11, 2021, from https://www.plasticseurope.org/en/about-plastics/what-are-plastics/large-family/thermoplastics

PlasticsEurope. (n.d.-c). What are plastics : PlasticsEurope. Retrieved November 15, 2020, from https://www.plasticseurope.org/en/about-plastics/what-are-plastics

Rani, M., Shim, W. J., Han, G. M., Jang, M., Song, Y. K., & Hong, S. H. (2017). Benzotriazole-type ultraviolet stabilizers and antioxidants in plastic marine debris and their new products. *Science of the Total Environment*, *579*, 745–754. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.11.033

Rillig, M. C., Lehmann, A., de Souza Machado, A. A., & Yang, G. (2019). Microplastic effects on plants. *New Phytologist*, *223*(3), 1066–1070. https://doi.org/10.1111/nph.15794

Rocha-Santos, T., & Duarte, A. C. (2015, February 1). A critical overview of the analytical approaches to the occurrence, the fate and the behavior of microplastics in the environment. *TrAC - Trends in Analytical Chemistry*, Vol. 65, pp. 47–53. https://doi.org/10.1016/j.trac.2014.10.011

SASB. (2020). Promoting Clarity and Compatibility in the Sustainability Landscape - SASB. Retrieved June 3, 2021, from https://www.sasb.org/blog/gri-and-sasb-announce-collaboration-sustainability-reporting/

Silva, A. B., Bastos, A. S., Justino, C. I. L., Costa, J. P., Duarte, A. C., & Rocha-Santos, T. A. P. (2018). Microplastics in the environment: Challenges in analytical chemistry - A

review. *Analytica Chimica Acta*, *1017*, 1–19. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.aca.2018.02.043

So, W.-M. W., Cheng, N.-Y. I., Chow, C.-F., & Zhan, Y. (2016). Learning about the types of plastic wastes: effectiveness of inquiry learning strategies. *Education 3-13*, *44*(3), 311–324. https://doi.org/10.1080/03004279.2014.976239

Sobhani, Z., Lei, Y., Tang, Y., Wu, L., Zhang, X., Naidu, R., … Fang, C. (2020). Microplastics generated when opening plastic packaging. *Scientific Reports*, *10*(1), 4841. https://doi.org/10.1038/s41598-020-61146-4

Sobral, P., Frias, J., & Martins, J. (2011). Microplásticos nos oceanos - um problema sem fim à vista. *Ecologia*, *3*, 12–21.

Stacchezzini, R., Melloni, G., & Lai, A. (2016, November 10). Sustainability management and reporting: the role of integrated reporting for communicating corporate sustainability management. *Journal of Cleaner Production*, pp. 102–110. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.01.109

Steensgaard, I., Syberg, K., Rist, S., Hartmann, N., Boldrin, A., & Hansen, S. F. (2017, May 1). From macro- to microplastics - Analysis of EU regulation along the life cycle of plastic bags. *Environmental Pollution*, Vol. 224, pp. 289–299. https://doi.org/10.1016/j.envpol.2017.02.007

Steinmetz, Z., Wollmann, C., Schaefer, M., Buchmann, C., David, J., Tröger, J., … Schaumann, G. E. (2016). Plastic mulching in agriculture. Trading short-term agronomic benefits for long-term soil degradation? *Science of the Total Environment*, *550*, 690–705. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.01.153

Stoycheva, Daniela; Brivio, E. (2019). Circular Economy: Commission welcomes European Parliament adoption of new rules on single–use plastics to reduce marine litter. Retrieved April 25, 2021, from https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/STATEMENT_19_1873

Suez. (2020). *Shaping a sustainable environment, now! Integrate Report 2020*.

Sun, J., Dai, X., Wang, Q., van Loosdrecht, M. C. M., & Ni, B. J. (2019, April 1). Microplastics in wastewater treatment plants: Detection, occurrence and removal. *Water Research*, Vol. 152, pp. 21–37. https://doi.org/10.1016/j.watres.2018.12.050

Sustainability Accounting Standards Board. (2018). *Waste Management*. *98*(March).

Thomas, D., Schütze, B., Heinze, W. M., & Steinmetz, Z. (2020). Sample preparation techniques for the analysis of microplastics in soil—a review. *Sustainability (Switzerland)*, *12*(21), 1–28. https://doi.org/10.3390/su12219074

Thompson, R. C., Olsen, Y., Mitchell, R. P., Davis, A., Rowland, S. J., John, A. W. G., … Russell, A. E. (2004). Lost at Sea: Where Is All the Plastic? *Science*, *304*(5672), 838 LP – 838. https://doi.org/10.1126/science.1094559

Tratolixo. (2020). Relatório de Sustentabilidade 2019. In *Media Capital*. Retrieved from https://www.mediacapital.pt/p/11260/relatório-de-sustentabilidade-2019/

Van Cauwenberghe, L., Devriese, L., Galgani, F., Robbens, J., & Janssen, C. R. (2015). Microplastics in sediments: A review of techniques, occurrence and effects. *Marine Environmental Research*, *111*, 5–17. https://doi.org/10.1016/j.marenvres.2015.06.007

Veolia. (2020). *Rapport intégré 2019 - 2020*.

Veolia. (2021). *The benchmark company for the Ecologic Transformation 2020-2021*.

Verschoor, A. (2015). Towards a definition of microplastics. *RIVM Letter Report 2015-0116*. https://doi.org/10.2307/2218155

Vianello, A., Boldrin, A., Guerriero, P., Moschino, V., Rella, R., Sturaro, A., & Da Ros, L. (2013). Microplastic particles in sediments of Lagoon of Venice, Italy: First observations on occurrence, spatial patterns and identification. *Estuarine, Coastal and*

Shelf Science, *130*, 54–61. https://doi.org/10.1016/j.ecss.2013.03.022

Waste Connections. (2020). *2020 Sustainability Report* (Vol. 110). Retrieved from https://multimedia.3m.com/mws/media/1836747O/2020-sustainability-report.pdf

Wright, S. L., Ulke, J., Font, A., Chan, K. L. A., & Kelly, F. J. (2020). Atmospheric microplastic deposition in an urban environment and an evaluation of transport. *Environment International*, *136*, 105411. https://doi.org/10.1016/j.envint.2019.105411

Wright, Stephanie L., & Kelly, F. J. (2017). Plastic and Human Health: A Micro Issue? *Environmental Science and Technology*, *51*(12), 6634–6647. https://doi.org/10.1021/acs.est.7b00423

Wu, P., Huang, J., Zheng, Y., Yang, Y., Zhang, Y., He, F., … Gao, B. (2019, November 30). *Environmental occurrences, fate, and impacts of microplastics* (Vol. 184, p. 109612). Vol. 184, p. 109612. https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2019.109612

Yang, L., Zhang, Y., Kang, S., Wang, Z., & Wu, C. (2021). Microplastics in freshwater sediment: A review on methods, occurrence, and sources. *Science of the Total Environment*, *754*, 141948. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.141948

Zacho, K. O., Mosgaard, M., & Riisgaard, H. (2018). Capturing uncaptured values-A Danish case study on municipal preparation for reuse and recycling of waste. *Resources, Conservation and Recycling*, *136*, 297–305. https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2018.04.031

Zhang, K., Xiong, X., Hu, H., Wu, C., Bi, Y., Wu, Y., … Liu, J. (2017). Occurrence and Characteristics of Microplastic Pollution in Xiangxi Bay of Three Gorges Reservoir, China. *Environmental Science and Technology*, *51*(7), 3794–3801. https://doi.org/10.1021/acs.est.7b00369

Zimmermann, W. (2021). Degradation of Plastics by Fungi. In *Encyclopedia of Mycology* (pp. 650–661). https://doi.org/10.1016/b978-0-12-819990-9.00005-6

Zuccarello, P., Ferrante, M., Cristaldi, A., Copat, C., Grasso, A., Sangregorio, D., … Oliveri Conti, G. (2019). Exposure to microplastics (<10 Mm) associated to plastic bottles mineral water consumption: The first quantitative study. *Water Research*, *157*, 365–371. https://doi.org/10.1016/j.watres.2019.03.091.

9. Legislação consultada

Decreto-Lei n.º 118/2013, de 20 de agosto de 2013 - Diário da República n.º 159/2013, Série I. Ministério da Economia e do Emprego. Lisboa

Decreto-Lei n.º 152-B/2017, de 11 de dezembro de 2017 - Diário da República n.º 236/2017, 1º Suplemento, Série I de 2017-12-11. Ministério do Ambiente, do Ordenamento do Território e do Desenvolvimento Regional. Lisboa

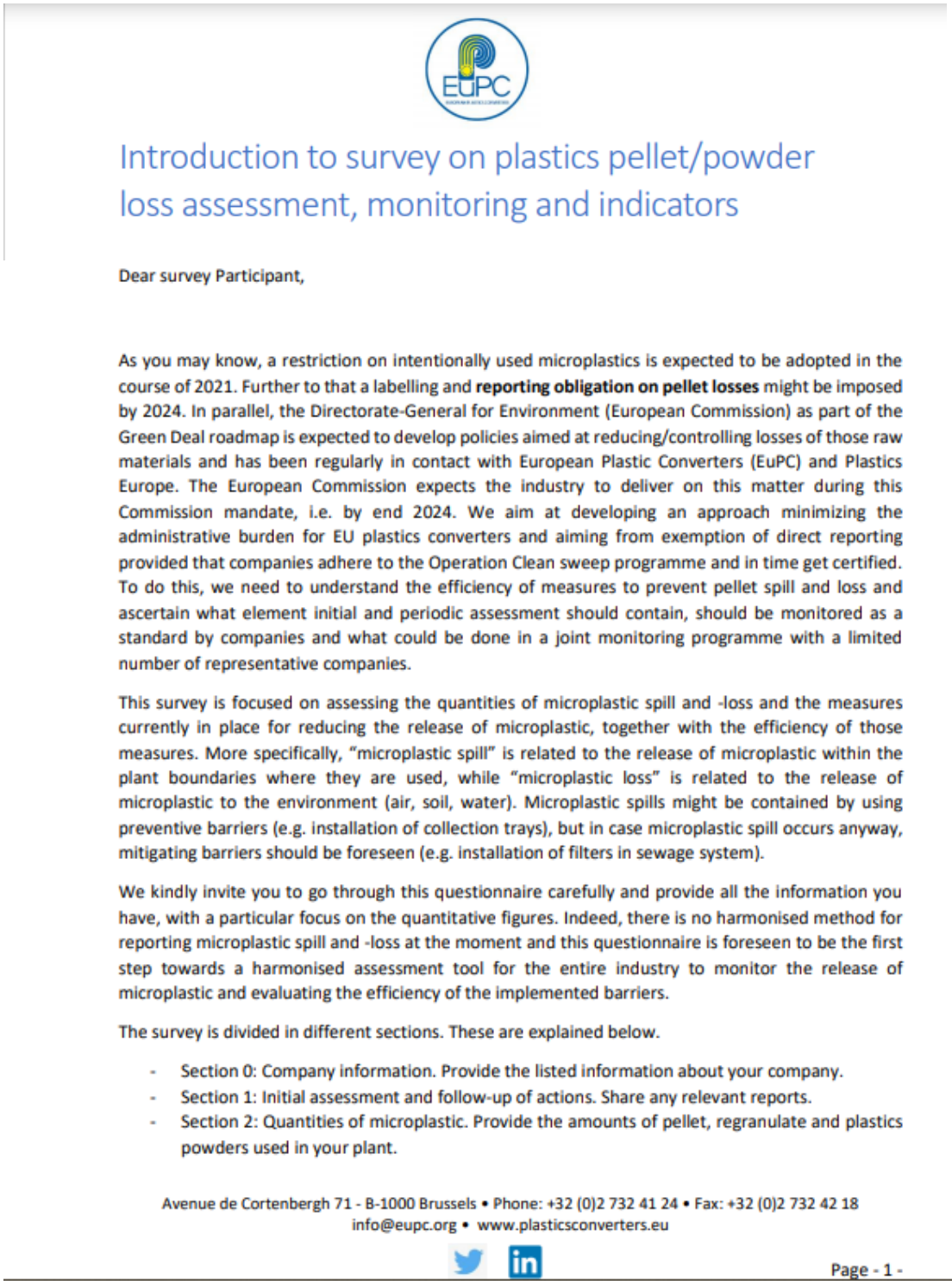
Decreto-Lei n.º 73/2011, de 17 de junho de 2011 - Diário da República n.º 116/2011, Série I. Ministério do Ambiente e do Ordenamento do Território. Lisboa.

Portaria n.º 851/2009, de 7 de agosto de 2009 - Diário da República n.º 152/2009, Série I. Ministério do Ambiente, do Ordenamento do Território e do Desenvolvimento Regional. Lisboa

10. ANEXOS

Anexo I

Questionário da EuPC.



Introduction to survey on plastics pellet/powder loss assessment, monitoring and indicators

Dear survey Participant,

As you may know, a restriction on intentionally used microplastics is expected to be adopted in the course of 2021. Further to that a labelling and **reporting obligation on pellet losses** might be imposed by 2024. In parallel, the Directorate-General for Environment (European Commission) as part of the Green Deal roadmap is expected to develop policies aimed at reducing/controlling losses of those raw materials and has been regularly in contact with European Plastic Converters (EuPC) and Plastics Europe. The European Commission expects the industry to deliver on this matter during this Commission mandate, i.e. by end 2024. We aim at developing an approach minimizing the administrative burden for EU plastics converters and aiming from exemption of direct reporting provided that companies adhere to the Operation Clean sweep programme and in time get certified. To do this, we need to understand the efficiency of measures to prevent pellet spill and loss and ascertain what element initial and periodic assessment should contain, should be monitored as a standard by companies and what could be done in a joint monitoring programme with a limited number of representative companies.

This survey is focused on assessing the quantities of microplastic spill and -loss and the measures currently in place for reducing the release of microplastic, together with the efficiency of those measures. More specifically, "microplastic spill" is related to the release of microplastic within the plant boundaries where they are used, while "microplastic loss" is related to the release of microplastic to the environment (air, soil, water). Microplastic spills might be contained by using preventive barriers (e.g. installation of collection trays), but in case microplastic spill occurs anyway, mitigating barriers should be foreseen (e.g. installation of filters in sewage system).

We kindly invite you to go through this questionnaire carefully and provide all the information you have, with a particular focus on the quantitative figures. Indeed, there is no harmonised method for reporting microplastic spill and -loss at the moment and this questionnaire is foreseen to be the first step towards a harmonised assessment tool for the entire industry to monitor the release of microplastic and evaluating the efficiency of the implemented barriers.

The survey is divided in different sections. These are explained below.

- Section 0: Company information. Provide the listed information about your company.
- Section 1: Initial assessment and follow-up of actions. Share any relevant reports.
- Section 2: Quantities of microplastic. Provide the amounts of pellet, regranulate and plastics powders used in your plant.

Avenue de Cortenbergh 71 - B-1000 Brussels • Phone: +32 (0)2 732 41 24 • Fax: +32 (0)2 732 42 18
info@eupc.org • www.plasticsconverters.eu

Page - 1 -

- Section 3: Identification of critical points. Provide information on possible hotspots where spill and loss might occur. This section includes an excel sheet.
- Section 4: Preventive barriers and procedures. List all possible preventive barriers you have in place to prevent spill. Quantitative data should be given in Section 7.
- Section 5: Mitigating barriers and procedures. List all possible mitigating barriers you have in place to avoid loss. Quantitative data should be given in Section 7.
- Section 6: Training and audits. Provide all information on organisational measures to prevent release of microplastic.
- Section 7: Quantitative information. Outline your quantitative data on the critical points, preventive barriers and mitigating barriers. This section includes two excel sheets.

We have entrusted Polymer Comply Europe, the EuPC service company, to gather, analyze and ensure confidentiality of the information gathered.

Please sent your answers to the questionnaire by **9 September 2020**.

Avenue de Cortenbergh 71 - B-1000 Brussels • Phone: +32 (0)2 732 41 24 • Fax: +32 (0)2 732 42 18
info@eupc.org • www.plasticsconverters.eu

Section 0 – Company information

Company Name	
Role in supply chain	☐Compounder ☐ Converter ☐ Both
Contact person	
Email	
Phone	
Operation Clean Sweep member?	☐ Yes ☐ No

Section 1: Initial assessment and follow-up of actions

May you share reports you have developed at your company related to the following topics:

- Initial and subsequent risk mapping including identification of critical points for microplastics releases/emission.
- Any report where you document how you manage risk and monitor the implementation of corrective measures.

Section 2 – Annual figures and quantities

2.1a What is the overall quantity of plastic pellets/powder/regranulate/other used in the plant annually? Please, provide the figure in tonnes/year.

Click or tap here to enter text.

2.1b Please, indicate the share among pellets/regranulate and powder (and other, if needed) in percentage of the whole.
Pellets (including compounds and masterbatches)/regranulate: Click or tap here to enter text.
Powder[1]: Click or tap here to enter text.
Other, please specify (Click or tap here to enter text.): Click or tap here to enter text.

2.2a Have you ever measured microplastic spill/loss in your plant?
☐ Yes ☐ No

2.2b If yes, which method(s) did you use? Please, attach the relevant documents to your reply and add the prefix '2.2' to the file name(s).
Click or tap here to enter text.

[1] ISO 3252 on powder metallurgy defines powder as "**an assembly of discrete particles usually less than 1 mm in size. Those might for instance be additives provided they consist of more than 50% polymer. Liquid dispersions are excluded.**

Avenue de Cortenbergh 71 - B-1000 Brussels • Phone: +32 (0)2 732 41 24 • Fax: +32 (0)2 732 42 18
info@eupc.org • www.plasticsconverters.eu

Section 3 – Identification of critical points

3.1 Please list the number and volumes of incidents/occasional accidents that has occurred within your plant during the last year.

Incident name	Description	Quantity involved [kg]
Punctured big bag	*Fork lift stroke a big bag*	*1000*

3.2 Please fill in the appended table 3.2., which consists of three columns. First column (A+B) lists the pre-categorised macro areas in which critical points might occur. You can list the critical (emission) points by choosing from the drop-down lists provided or simply add more by writing them in the cell. If you have critical points that do not fit into any of these macro areas, you can add others in the bottom rows (column B). In the "validation/comments" column, it is the intention for you to add extra notes to existing critical points (drop-down list), or comment on any extra critical points you might have added.

Section 3 - Table for point 3.2.xlsx

Section 4 – Preventive barriers and procedures

In this section you should provide any qualitative/quantitative information regarding preventive barriers. Preventive barriers are those installed to avoid any microplastic spill within the facility boundaries, e.g. sumo gloves for forklifts or collection trays. It might also be a specific procedure that has been implemented to prevent a loss: e.g. instruction for transporters and/or worker when loading/unloading, sampling etc Additional quantitative figures should be included in Section 7 of this survey.

4.2a Do you have preventive barriers installed within your premises?

☐ Yes ☐ No

4.2b If yes, please list them here (e.g. collection trays, disposal cans, seals, sumo gloves, etc.).

Click or tap here to enter text.

4.2c If yes, have you tracked the accumulation of plastic in them?

☐ Yes ☐ No

4.2d If yes, do you distinguish between plastic and other fractions (e.g. dust)?

☐ Yes ☐ No

4.3a Do you have any preventive barriers which proved to have inefficient or no impact on microplastic release?

☐ Yes ☐ No

4.3b If yes, please provide data. You can attach files and documents to your reply with the prefix '4.3'.
Click or tap here to enter text.

Section 5 – Mitigating barriers and procedures

In this section you should provide any qualitative/quantitative information regarding mitigating barriers. Mitigating barriers are those installed to avoid any microplastic loss to the environment outside facility boundaries, e.g. drain covers or bunding. Additional quantitative figures should be included in Section 7 of this survey.

5.1a Have you made implementations on basis of visual inspections or data collection?
☐ Yes ☐ No

5.1b If yes, please provide additional information.
Click or tap here to enter text.

5.2a Have you performed measurements of plastics in the soil in and around your facility?
☐ Yes ☐ No

5.2b If yes, what specific procedure to measure pellet loss in soil do you use? Please indicate initial quantities of microplastics accumulated in soil and their variations over time. You can attach relevant documents to your reply and add the prefix '5.2' to the file name(s), including any ISO standards utilized.
Click or tap here to enter text.

5.2c Have you removed microplastic from the soil, as a consequence of your measurements?
☐ Yes ☐ No

5.3a Do you have mitigating barriers installed within your premises, covering emission points to air?
☐ Yes ☐ No

5.3b If yes, please list them here (e.g. LEV filters, ventilation filters, etc.).
Click or tap here to enter text.

5.4a Do you have mitigating barriers installed within your premises, covering emission points to soil?
☐ Yes ☐ No

5.4b If yes, please list them here (e.g. cleaning schedule, tools for immediate cleaning, etc.).
Click or tap here to enter text.

5.5a Do you have mitigating barriers installed within your premises, covering emission points to water(bodies)?
☐ Yes ☐ No

5.5b If yes, please list them here (e.g. drain covers, surface skimmers, etc.).
Click or tap here to enter text.

5.6a Do you have any mitigating barriers which proved to have inefficient or no impact on microplastic release?

☐ Yes ☐ No

5.6b If yes, please provide data. You can attach files and documents to your reply with the prefix '5.6'.
Click or tap here to enter text.

Section 6 – Training and voluntary assessment

6.1a Please indicate the percentage of employees handling pellets that have received relevant training during the previous year.
Click or tap here to enter text.

6.1b What is the frequency of the training? I.e. how often do you conduct employee training related to spill/loss handling and -prevention?
Click or tap here to enter text.

6.2 Have you made any implementations forcing changes in behaviour, preventing or avoiding spill/loss of microplastics? If yes, please elaborate on your answer.
Click or tap here to enter text.

6.3a Do you have best practice guides, manuals, etc. for proper handling of pellets?
Click or tap here to enter text.

6.3b If yes, please attach the relevant documents to your reply and add the prefix '6.3' to the file name(s).
Click or tap here to enter text.

6.4a Have you conducted initial assessments, repetitive assessments and/or verifications related to spills and losses of microplastic?
☐ Yes ☐ No

6.4b If you have been able to quantify any difference in the release of microplastic as a result of the assessment(s), please provide the relevant data. You can attach the files with the prefix '6.4'.
Click or tap here to enter text.

Section 7 – Quantitative information

Open the Excel file linked below, and for each sheet follow the guidelines listed in the corresponding heading below. The 'Options' should not be consulted, as it is included for structural reasons.

Section 7 - Table.xlsx

Preventive

When you have indicated the critical points in Section 3 (Table 3.2 column C) please copy them and insert them in column A of the Excel sheet 'Preventive' in the Excel file linked above, replacing the text "Critical Point [number]". In column B "throughput" the tonnage material passing through to the critical point should be listed in tonnes per year. In column C "Preventive barriers" (those barriers implemented at the critical point) should be listed; choose from the drop-down list or type in a new preventive barrier (you can reuse those listed in point 4.2b). Columns D through G are quantitative. If you have measured the spilled quantities before or/and after installing a barrier, list the numbers in

column D and F, respectively. If the numbers are estimates, list them in columns E and G for before and after installing barriers, respectively (the rows 3 to 7 show examples of how to fill in the numbers). Only fill in either column D or E, and F or G in each row. The light grey columns (H, J, and K) are generated automatically when you fill in the other columns and does not need input. In column I 'Fraction of plastic' you may declare the percentage of the spilled quantities consisting of plastic.

Please note that since measures are cumulative, you need to rank them from main measure to secondary one and then from the most efficient to the less efficient and the amount spill without measure (in column C or D). Indeed, the spill to be avoided by a second measure cannot exceed the amount actual spill not prevented by the measure listed in the line above (in column E or F). i.e. each new preventive measure further decreases the spill that could not be avoided by the preceding measure. You therefore must for each new measure indicate the" amount lost with barrier" in column F and G from the preceding line (i.e. preceding barrier/procedure) into column D or E "spilled quantities without barrier" of the next line (i.e. the additional preventive barrier/procedure).

In case you cannot distinguish spill/prevention of spill per barrier/procedure, then please only put the total spill without barrier in the first line of column D for each critical point and the spill after cumulated barriers in column K.

Please, comment (column L) whether this is a measured or estimated percentage. Please, do this for each critical point.

We realize that the exercise to evaluate spill might be difficult in case preventive barrier were in place before an initial assessment was made or if no measurement has been made before a new preventive barrier has been installed. Then either estimate it from expert knowledge, or nominal efficiency of certain barrier (please indicate this in column L) or if you cannot estimate, just report on what you could measure and leave other cells blank. Give background/ explanation in the comment section. It is as valuable for us to know what can be quantified as what cannot and what the practical difficulties are.

Mitigating

The same procedure, but with mitigating barriers should be followed when filling in the cells in the 'Mitigating' sheet. Instead of critical points, the mitigating barriers are divided according to exposure compartments (column A). List each of the barriers from points 5.3b, 5.4b, and 5.5b in the relevant exposure compartment. The first five are for emission points to air, the next five for water, and the last five for soil. Please list the mitigating barriers in column B and follow the procedure as described for the preventive barriers in the above subsection.

Remember to declare whether the fraction of plastic is estimated or measured in the 'comment' column (K).

Anexo II

Valor das massas utilizadas para obter a massa média das partículas de microplástico

Massas utilizadas para obter a massa média de cada tipologia de microplástico - g					
Amostrador 1	**Filme**	**PET**	**EPS**	**PEAD**	**Outros**
Número de microplásticos	29	6	106	12	22
Massa da placa de Petri (g)	6,2985	6,2978	6,2987	6,2984	6,2437
Massa da placa + microplásticos (g)	6,3508	6,3082	6,4547	6,5013	6,2456
Peso dos microplásticos (g)	0,0523	0,0104	0,156	0,2029	0,0019
Peso médio por partícula (g)	0,001803	0,001733	0,001471698	0,016908	8,63636E-05

Massas utilizadas para obter a massa média de cada tipologia de microplástico - g					
Amostrador 5	**Filme**	**PET**	**EPS**	**PEAD**	**Outros**
Número de microplásticos	20	1	17	14	19
Massa da placa de Petri (g)	6,2378	6,2978	6,2379	6,2378	6,2381
Massa da placa + microplásticos (g)	6,2674	6,3017	6,2635	6,4725	6,2402
Peso dos microplásticos (g)	0,0296	0,0039	0,0256	0,2347	0,0021
Peso médio por partícula (g)	0,001480	0,0039	0,001505882	0,016764	0,000110526

Massas utilizadas para obter a massa média de cada tipologia de microplástico - g					
Amostrador 7	**Filme**	**PET**	**EPS**	**PEAD**	**Outros**
Número de microplásticos	30	2	49	53	11
Massa da placa de Petri (g)	6,2992	6,2985	6,2984	6,2988	6,2985
Massa da placa + microplásticos (g)	6,3279	6,3113	6,35	6,9935	6,2994
Massa dos microplásticos (g)	0,03	0,0128	0,06	0,69	0,0009
Massa médio por partícula (g)	0,000957	0,0064	0,001143	0,013108	8,18182E-05

Massa média de cada tipo de partícula (média dos valores obtidos nos 3 amostradores) - g				
Filme	**PET**	**EPS**	**PEAD**	**Outros**
0,001413	0,004011111	0,001373479	0,015593389	9,29027E-05

Massa média de cada tipo de partícula (média dos valores obtidos nos 3 amostradores) - mg				
Filme	**PET**	**EPS**	**PEAD**	**Outros**
1,413371648	4,011111111	1,373479203	15,59338874	0,092902711

Anexo III

Dados utilizados para obter o gráfico da correlação da massa total versus massa de microplásticos – Amostradores ordenados do menor para o maior valor da massa de microplásticos. As linhas a cinzento dizem respeito aos valores excluídos para a obtenção da correlação. (F- fevereiro; M- março; A- abril)

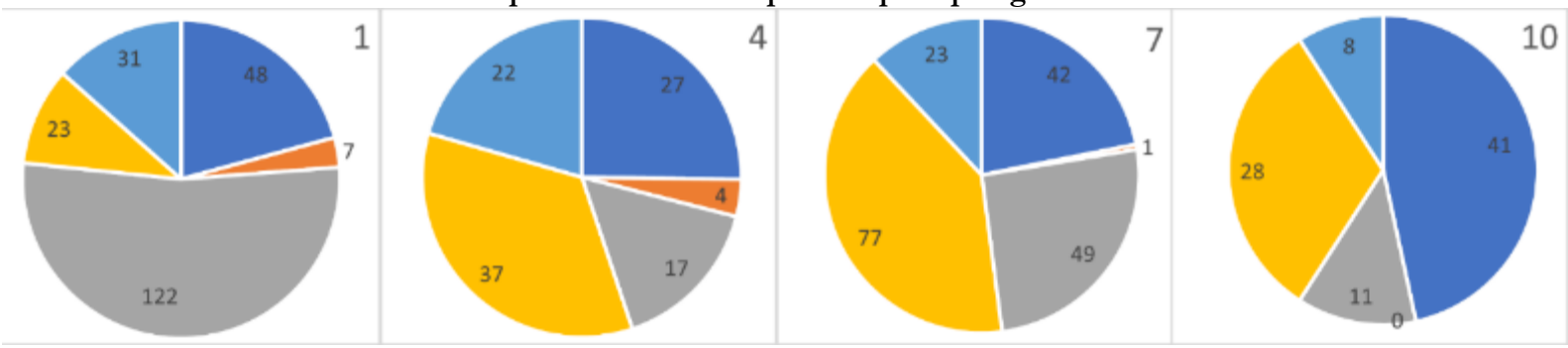
Amostradores de todas as campanhas de amostragem	Massa da amostra (mg)	Massa de microplásticos (mg)	Percentagem de microplásticos na amostra
9F	270	0,00	0
14F	170	0,00	0
16F	30	0,00	0
14M	270	0,00	0
15M	270	0,00	0
15A	80	0,00	0
13M	390	0,19	0,048
13A	70	0,19	0,265
14A	1080	0,19	0,017
16M	70	1,37	1,962
12M	100	1,51	1,506
9A	40	1,60	3,998
6A	380	1,78	0,470
12A	110	1,97	1,792
9M	10	2,25	22,495
13F	490	2,79	0,569
15F	200	2,92	1,460
3A	290	3,29	1,135
6F	250	4,39	1,754
6M	40	4,85	12,126
12F	190	7,81	4,111
16A	190	18,70	9,841

3F	220	20,78	9,443
8M	390	52,33	13,417
3M	160	52,90	33,061
11F	660	70,39	10,665
11M	820	85,11	10,379
2A	1680	114,36	6,807
11A	740	142,46	19,252
8A	2560	189,92	7,419
2F	1200	202,74	16,895
5F	1920	275,70	14,359
5M	2260	296,59	13,124
8F	1620	299,07	18,461
5A	2220	317,69	14,310
4M	7310	422,53	5,780
10F	4130	510,41	12,359
1F	3560	625,01	17,557
4A	7090	634,48	8,949
4F	4020	656,55	16,332
10A	8720	1090,58	12,507
1A	15900	1268,96	7,981
7F	14240	1333,50	9,364
10M	6200	1653,93	26,676
7A	8880	1990,92	22,420
7M	8780	2405,37	27,396
1M	31160	2673,97	8,581
2M	5140	2975,93	57,898

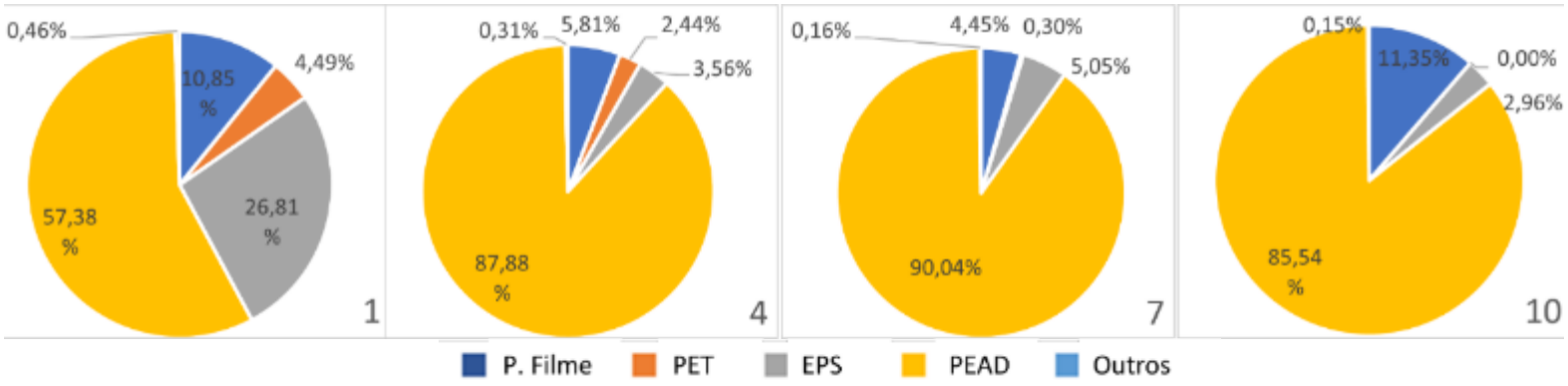
Anexo IV

Gráficos do número de partículas de microplástico e da massa dos mesmos, relativos a todos os amostradores internos. Número do amostrador representado junto ao gráfico.

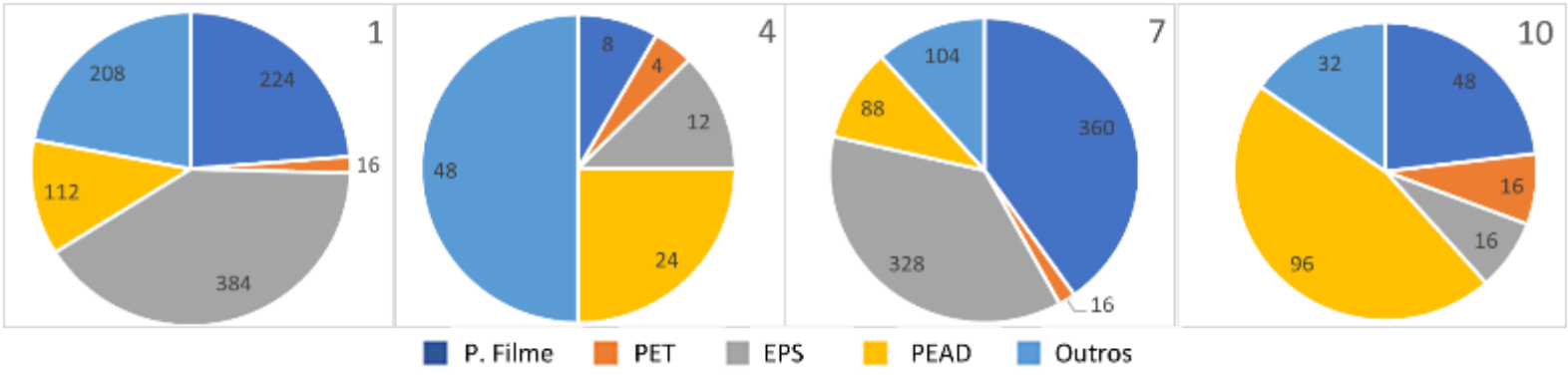
Número de partículas de microplástico por tipologia - fevereiro



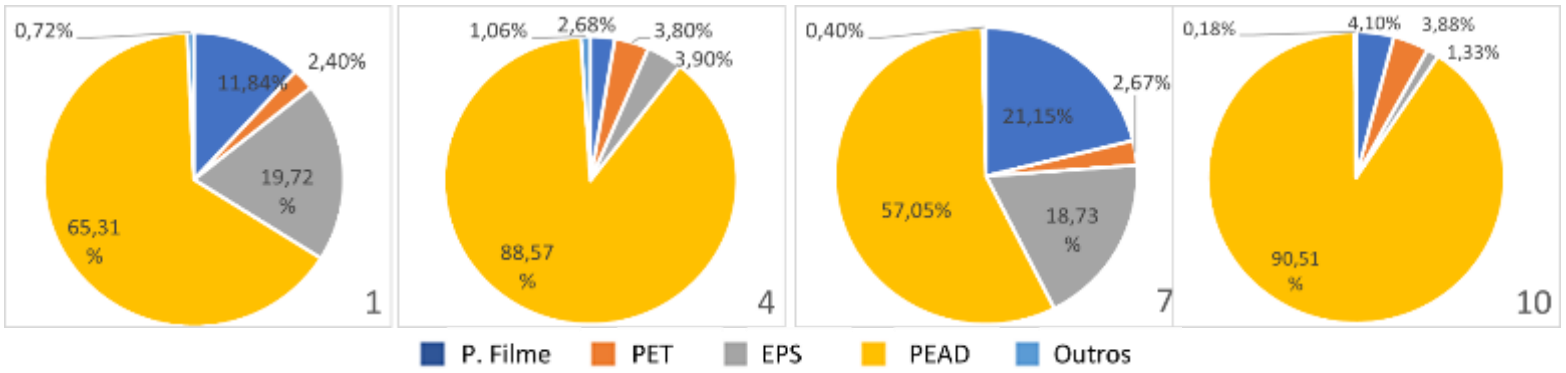
% em massa de microplásticos (arredondada à dezena) por tipologia - fevereiro



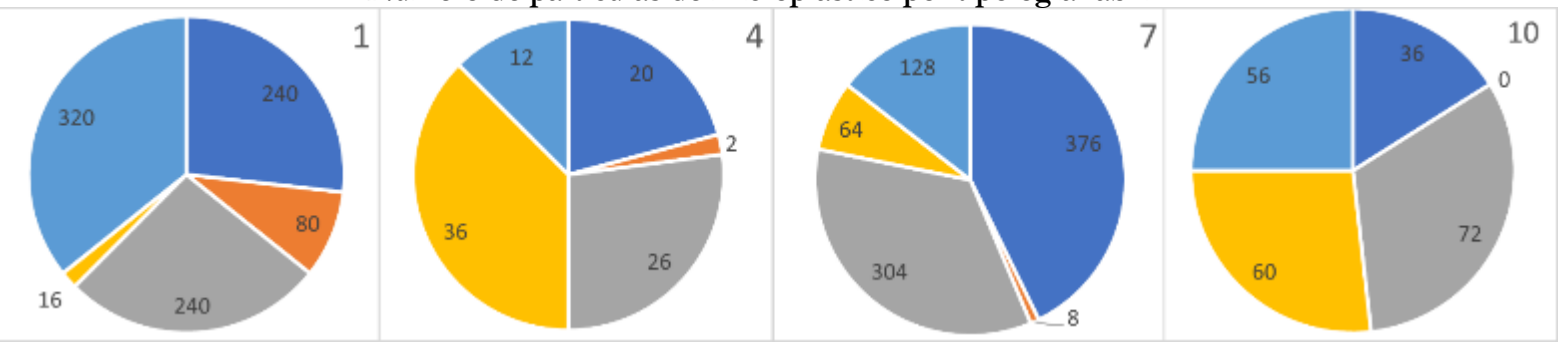
Número de partículas de microplástico por tipologia- março



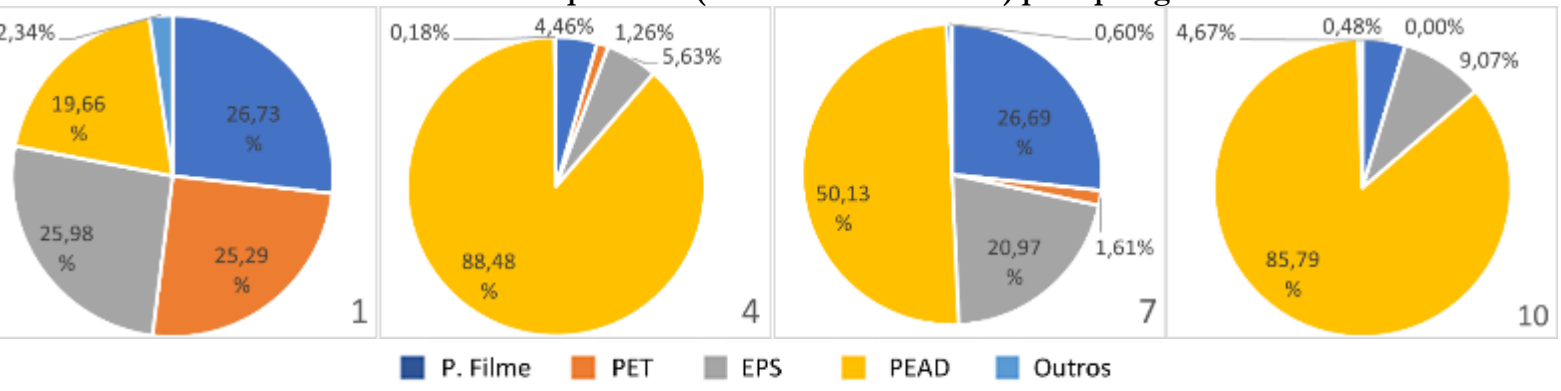
% em massa de microplásticos (arredondada à dezena) por tipologia - março



Número de partículas de microplástico por tipologia- abril



% em massa de microplásticos (arredondada à dezena) por tipologia- abril



Anexo V

Aspeto ambiental "Libertação de Microplásticos" na Matriz de Aspetos e Impactes Ambientais da LIPOR

ÁREA	ATIVIDADE/ PROCESSO	ASPETO AMBIENTAL	DESCRIÇÃO DO ASPECTO	IMPACTE AMBIENTAL	IMPACTE	SITUAÇÃO	TEMPORAL	RESPONSABILIDADE
CT	**Receção de Resíduos**	Libertação de Microplásticos	Libertação de microparticulas de plástico durante a receção, a triagem e o acondicionamento dos resíduos plásticos	Efeitos no ecossistema	adverso	normal	atual	direto
CT	**Expedição**	Libertação de Microplásticos	Libertação de microparticulas de plástico durante a formação de fardos e expedição dos mesmos	Efeitos no ecossistema	adverso	normal	atual	direto

*

SEVERIDADE/ VALORIZAÇÃO	QUANTIDADE	FREQUÊNCIA	MEDIDAS DE CONTROLO/ VALORIZAÇÃO	LEG.	Partes Inter	SIGNIFICÂNCIA	SIGNIFICADO	R &O	Medidas Controlo/ Valorização/Monitorização
3	2	3	3			54	com alguma significância	0	Humidificar o material que chega ao CT nos meses mais secos do ano de forma a diminuir a presença de microplásticos no meio onde são manuseados.
3	2	3	3			54	com alguma significância	0	Colocação de cortinas de lamelas movíveis nos portões do CT e colocação de filtros nas tampas das águas pluviais.

*