

MESTRADO INTEGRADO EM ENGENHARIA DO AMBIENTE 2019/2020

**Estudo de suporte ao desenvolvimento de um produto alternativo ao
filme plástico de acondicionamento de cargas em paletes**

Patrícia Isabel da Silva Longo

Dissertação submetida para obtenção do grau de
MESTRE EM ENGENHARIA DO AMBIENTE

Presidente do Júri: Cidália Maria de Sousa Botelho
(Professora Auxiliar do Departamento de Engenharia Química da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto)

Orientadora Académica: Joana Maia Moreira Dias
(Professora Auxiliar do Departamento de Engenharia Metalúrgica e de Materiais da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto)

Supervisor Empresarial: Engenheira Débora Carneiro
(Cofundadora, BoG – Environmental Consulting, Lda)

Co-supervisor Empresarial: Engenheira Inês Ribeiro
(Cofundadora, BoG – Environmental Consulting, Lda)

Porto, Julho de 2020

Agradecimentos

Primeiramente, agradeço à Professora Joana Dias, pela disponibilidade e pelas críticas construtivas dadas durante todo o trabalho desenvolvido. Obrigada pelo seu apoio e interesse constante, pela vontade de ensinar e fazer com que não restem nenhuma dúvida e principalmente pela motivação dada durante todo o percurso de desenvolvimento da dissertação. Agradeço também às Engenheiras Débora Carneiro e Inês Ribeiro por tornarem o desenvolvimento deste tema possível e por toda a ajuda disponibilizada durante a construção deste trabalho.

Um agradecimento especial à minha família por cuidarem de mim, me aturarem nos momentos mais difíceis e mostrarem que desistir não é o caminho. Sem vocês todo este percurso não seria possível e acho que nunca terei a possibilidade de vos mostrar o tamanho agradecimento que tenho por todo o vosso apoio e amor.

Agradeço a todos os meus amigos, em especial ao Gonçalo Teixeira, ao Miguel Matos e à Márcia Silva que estiveram do meu lado e nunca me deixaram cair em nenhuma circunstância. Que me aconselharam, ouviram e se certificaram que dava o meu melhor e que nunca desistia.

Uma palavra de apreço a todos os que me acompanharam nestes 5 anos de curso e que, de alguma forma, contribuíram para uma grande aventura académica.

A Prof. Joana Maia Dias, orientadora desta dissertação, é membro integrado do LEPABE – Laboratório de Engenharia de Processos, Ambiente Biotecnologia e Energia, financiado por: Financiamento Base - UIDB/00511/2020 da Unidade de Investigação - Laboratório de Engenharia de Processos, Ambiente, Biotecnologia e Energia – LEPABE - financiada por fundos nacionais através da FCT/MCTES (PIDDAC).

Resumo

A produção de plásticos, a nível mundial, tem aumentado anualmente, tendo chegado a cerca de 360 milhões de toneladas no ano de 2018. Cerca de 40% do plástico produzido a nível europeu provém do setor de embalamento onde o filme plástico apresenta elevada expressão. Por outro lado, a gestão de resíduos de plástico na Europa ainda não é a mais desejável de acordo com a hierarquia dos resíduos. Desta forma, numa ótica de redução na fonte, é premente a procura de materiais mais sustentáveis que substituam o plástico descartável.

A presente dissertação teve como objetivo principal a realização de um estudo de suporte ao desenvolvimento de um material alternativo ao filme plástico utilizado no acondicionamento de cargas em paletes.

O filme plástico extensível utilizado no acondicionamento de cargas em paletes é comumente constituído por PEBD e PELBD. A revisão bibliográfica mostra quatro alternativas existentes para o filme plástico extensível de PEBD e PELBD, são elas a capa, a rede, o adesivo e as cintas. Após estudo dos quatro produtos e sua comparação, depreende-se que o desenvolvimento de um produto com as características da capa e da rede seria uma opção de produto reutilizável a ponderar de acordo com as suas características técnicas e impactes ambientais e económicos.

A avaliação dos requisitos do mercado, conseguida através de inquéritos a entidades nacionais (31 respostas) determinou as seis características mais relevantes a ter em conta neste produto: (1) custo; (2) flexibilidade; (3) transparência; (4) impermeabilidade; (5) aplicação automática; e, (6) inviolabilidade da carga. Esta informação mostrou que dos dois métodos previamente selecionados (a rede e a capa) a rede seria o melhor sendo que assegura o maior número de características procuradas no mercado, particularmente caso seja produzida através de subprodutos ou resíduos. O estudo evidenciou que 69% das empresas inquiridas utilizadoras do filme extensível plástico estão dispostas a adquirir uma alternativa com menor impacto ambiental mesmo que isso signifique um maior custo de aquisição. As respostas foram muito dispersas por empresas de diversas atividades económicas; contudo, 20% das respostas relacionaram-se com o CAE 20301 - “Fabricação de tintas (exceto impressão), vernizes, mastiques e produtos similares” mostrando o respetivo interesse desta atividade pela temática.

A pesquisa por potenciais materiais para desenvolvimento de uma alternativa ao filme plástico extensível mostrou três tipos de resíduos que se encaixam no perfil do tipo de material necessário de acordo com os requisitos previamente indicados: resíduos de redes de pesca – nylon 6 ou poliamida-6; garrafas de plástico – PET; e, resíduos têxteis sintéticos – poliéster. Comparando os materiais descritos com as características do produto a substituir, nenhuma das opções supera o PEBD e o PELBD quanto à maleabilidade; contudo, no que concerne a proteção da carga, em particular quanto a condições ambientais e a resistência à rutura, o PET e o Nylon 6 apresentam propriedades vantajosas. Cruzando esta informação com dados económicos, o estudo apresentado na presente dissertação suporta o desenvolvimento de uma rede produzida através de PET reciclado como produto alternativo ao filme plástico utilizado no acondicionamento de cargas em paletes.

É importante referir que todos estes tipos de resíduos apresentam desafios associados à sua gestão ou eliminação e todos eles são viáveis numa perspetiva de reciclagem do material; ainda assim, estes materiais não correspondem ao pretendido e exposto nos objetivos da presente dissertação porque apresentam um processamento expressivo e o objetivo seria a obtenção de um produto final obtido de uma manipulação e alteração mínima do resíduo ou subproduto.

Palavras-chave: Filme plástico extensível, Polietileno, Acondicionamento em paletes, Redes, Reutilização, Reciclagem.

Abstract

The production of plastics, worldwide, has been increasing annually, reaching around 360 million tons in 2018. About 40% of the plastic produced at an European level comes from the packaging sector where plastic film has a high expression. On the other hand, plastic waste management in Europe is still not the most desirable according to the waste hierarchy. Thus, in order to reduce, there is an urgent need for more sustainable materials to replace disposable plastic.

The present dissertation aims to carry out a study to support the development of an alternative material to the plastic film used in the packaging of loads on pallets.

The extensible plastic film used for packing pallet loads (most frequently called stretch wrap) is commonly made up of LDPE and LLDPE. The bibliographic review shows four existing alternatives to stretch wrap, namely the cover, the net, the adhesive and the straps. After studying the four products and comparing them, it appears that the development of a product with the characteristics of the cover and the net would be a reusable product option to consider according to its technical characteristics and environmental and economic impacts.

The assessment of market requirements, achieved through surveys of national entities (31 responses) determined the six most relevant characteristics to take into account in the development of this product: (1) cost; (2) flexibility; (3) transparency; (4) permeability; (5) automatic application; and, (6) inviolability of the load. This information showed that from the two previously selected methods (net and cover), the net would be the best, as it ensures the greatest number of characteristics sought in the market, particularly if it is produced through by-products or wastes. The study showed that 69% of the surveyed companies using stretch wrap are willing to purchase an alternative with less environmental impact even if it means a higher acquisition cost. The responses were widely dispersed by companies from different economic activities; however, 20% of the answers were related to CAE 20301 - "Manufacture of paints (except printing), varnishes, mastics and similar products" showing the respective interest of this activity in the present theme.

The search for potential materials to develop an alternative to the stretch wrap showed three types of waste that fit the profile of the type of material needed according to the previously indicated requirements: waste from fishing nets - nylon 6 or polyamide-6; plastic bottles - PET; and, synthetic textile waste - polyester. Comparing the materials described with the characteristics of the product to be replaced, none of the options surpass LDPE and LLDPE in terms of malleability; however, when it comes to load protection, in particular regarding environmental conditions and resistance to breakage, PET and Nylon 6 have advantageous properties. Crossing this information with economic data, the study presented in this dissertation supports the development of a net produced by recycled PET as an alternative product to the stretch wrap used in packaging pallet loads.

It is important to highlight that all these types of waste present challenges associated with its management or disposal and all of them are viable in terms of recycling the material; however, these materials do not correspond to the intended objectives of the present dissertation because they present an expressive processing and the objective would be to have a final product obtained from minimal manipulation of the residue or by-product.

Keywords: Stretch wrap, Polyethylene, Packaging on pallets, Nets, Reuse, Recycling.

Índice

Agradecimentos	ii
Resumo	iv
Abstract.....	v
Índice de Figuras.....	x
Índice de Tabelas	xii
Notação e glossário	xiii
1. Introdução.....	1
1.1. Enquadramento	1
1.2. Objetivos	10
1.3. Estrutura da Dissertação.....	10
1.4. Apresentação da BoG – Environmental Consulting, Lda.	11
2. Estado da Arte	12
2.1. Definição de filme extensível plástico	12
2.2. Características do filme extensível plástico de PEBD e PELBD	12
2.3. Vantagens e desvantagens associadas à utilização do filme extensível plástico de PEBD e PELBD	15
2.3.1. Vantagens.....	15
2.3.2. Desvantagens	16
2.4. Alternativas existentes	19
2.4.1. Capa	19
2.4.2. Adesivo	20
2.4.3. Rede	21
2.4.4. Cinta.....	22
2.4.5. Comparação de alternativas com filme extensível plástico de PEBD e PELBD	23
2.4.6. “An Alternative to Stretch Wrap Using Triple Bottom Line”, de Christian Guirola, 2010	25
3. Alternativas ao Filme Extensível Plástico de PELBD e PEBD – Avaliação dos requisitos do mercado	31
3.1. Metodologia	31
3.2. Discussão dos resultados.....	35
Pergunta 1	36

Pergunta 2	36
Pergunta 3	37
Pergunta 4	38
Pergunta 5	40
Pergunta 6	40
Pergunta 7 a 11.....	41
Pergunta 12	42
Pergunta 13	42
Pergunta 14	43
Pergunta 15	44
Pergunta 16	44
Pergunta 17	45
Pergunta 18	45
Pergunta 19	46
Pergunta 22	47
3.3. Conclusões e limitações à avaliação do mercado.....	47
4. Identificação de materiais aplicáveis num produto alternativo.....	49
4.1. Redes de Pesca – Nylon 6 ou Poliamida-6.....	49
4.2. Garrafas de plástico – PET.....	51
4.3. Resíduos Têxteis – Poliéster	53
4.4. Comparação de potenciais materiais com o filme extensível plástico de PEBD e PELBD.....	55
5. Análise Crítica	57
6. Conclusões.....	60
6.1. Considerações Finais.....	60
6.2. Sugestões de trabalhos futuros	61
Referências Bibliográficas	62
ANEXOS	65
Anexo A.1. Definições das propriedades físicas e mecânicas.....	66
Anexo A.2. Listagem de CAE das empresas contactadas e apresentação dos valores para o cálculo do tamanho da amostra.....	67
Anexo A.3. Listagem de CAE das empresas inquiridas e gráfico respetivo às percentagens de resposta por CAE ..	74

Anexo A.4.	Cálculo da quantidade de filme plástico mensal adquirido pelas empresas.....	77
Anexo A.5.	Questionário utilizado na avaliação de requisitos do mercado	79

Índice de Figuras

Figura 1-1: Produção de plástico (Mt) a nível mundial e europeu desde 1950 até 2018	2
Figura 1-2: Procura de plásticos e nos diferentes setores no ano de 2018, na Europa.....	4
Figura 1-3: Peso relativo dos diferentes tipos de polímeros utilizados em cada setor para o ano de 2018 na Europa	5
Figura 1-4: Áreas dentro do setor de Embalamento e respetivas quantidades de plástico colocado no mercado.....	6
Figura 1-5: Evolução das quantidades referentes aos três diferentes destinos de tratamento de resíduos plásticos na Europa de 2006 a 2018: (A) em todos os setores; e, (B) no setor de embalamento.....	8
Figura 2-1: Aplicações de filmes plásticos: (A) exemplo de um rolo de filme extensível plástico de PEBD e PELBD; (B) embalagens Bag-in-Box; (C) uma embalagem Boil-in-Bag.....	12
Figura 2-2: Tipos de ramificações do PEBD e PELBD	13
Figura 2-3: Aplicação do filme extensível plástico: (A) manual; (B) automática.	15
Figura 2-4: Vida útil do plástico para oito setores industriais, apresentada como funções de distribuição de probabilidade log-normal (PDF).....	17
Figura 2-5: Impactes ambientais (milipoints, mPt) dos quatro cenários de tratamento em fim de vida do filme plástico	18
Figura 2-6: Exemplo de uma capa para acondicionamento de cargas em paletes.	20
Figura 2-7: Aplicação do adesivo em caixas (A) e posterior encaixe de caixas (B).....	21
Figura 2-8: Exemplo de uma rede.....	22
Figura 2-9: Aplicação do método das cintas: em palete (A) peça utilizada para ajuste de tensão da cinta (B)	22
Figura 2-10: Esquema do tripé da sustentabilidade considerado no estudo.....	26
Figura 3-1: Passos do processo de elaboração de um questionário.....	33
Figura 3-2: Esquema demonstrativo dos diferentes métodos de entrevista	35
Figura 3-3: Quantidade média mensal de paletes enviadas pelas empresas inquiridas (29 respostas).	38
Figura 3-4: Peso relativo percentual da relevância de diferentes propriedades do material usado no acondicionamento de cargas em paletes pelas empresas inquiridas (29 respostas).	39
Figura 3-5: Custo médio mensal (€) das empresas na aquisição de material de acondicionamento (26 respostas).....	41
Figura 3-6: Quantidade mensal adquirida (kg/mês) pelas empresas inquiridas (22 respostas).....	42
Figura 3-7: Quantidade média de filme descartado (kg/mês) pelas empresas inquiridas (24 respostas).	43
Figura 3-8: Peso relativo percentual das respostas obtidas para as diferentes consequências advindas da gestão dos resíduos do material de acondicionamento (24 respostas).....	45
Figura 3-9: Relevância das diferentes características num produto alternativo ao filme plástico de acordo com as empresas inquiridas.....	46
Figura 4-1: Processo de reciclagem de garrafas PET em fibra de poliéster.....	52
Figura 4-2: Distribuição dos diferentes tipos de reciclagem do PET tendo em conta os produtos finais, no ano de 2019 a nível mundial	52
Figura 4-3: Produção mundial (%) das diferentes fibras têxteis em 2018	53
Figura 4-4: Etapas do processo de reciclagem de resíduos têxteis para extração de algodão e poliéster	54
Figura A.3. - 1: Universo de respostas do questionário representado através dos CAE das empresas entrevistadas e respetivas percentagens de resposta	76

Figura A.5. - 1: Apresentação do quadro de resposta à pergunta 4 do questionário.....	80
---	----

Índice de Tabelas

Tabela 1-1: Quantidades de plástico POM (kt) na secção de embalagem para consumo discriminadas por tipo e forma do plástico no Reino Unido em 2017	7
Tabela 1-2: Quantidades de plástico POM (kt) na secção de embalagem não consumo discriminadas por tipo e forma do plástico no Reino Unido em 2017	7
Tabela 2-1: Propriedades físicas e mecânicas do PEBD e PELBD	14
Tabela 2-2: Resistência química do PEBD e PELBD a determinadas substâncias químicas	14
Tabela 2-3: Preços específicos (€/t) do filme plástico composto por PEBD e PELBD para os últimos 5 meses do ano de 2019.....	16
Tabela 2-4: Comparação entre as principais características de cada método para acondicionamento de cargas em paletes.	24
Tabela 2-5: Apresentação da pontuação final para cada método de embalagem e para cada parâmetro.....	29
Tabela 3-1: Organização do questionário	34
Tabela 3-2: Tipologias de cargas que são enviadas pelas empresas inquiridas (29) e respetivo número e % das respostas	36
Tabela 3-3: Tipologias de cargas que são enviadas pelas empresas entrevistadas (29) de acordo com o respetivo CAE.	37
Tabela 3-4: Relevância preponderante de cada característica obtida pelo parâmetro de escala mais selecionado.	40
Tabela 3-5: Tipologias de cargas que são recebidas pelas empresas entrevistadas de acordo com as respostas obtidas (24).....	43
Tabela 3-6: Opções de resposta dos inquiridos quanto à gestão de resíduos efetuada para o material de acondicionamento pelas empresas	44
Tabela 4-1: Tipos de polímeros para diferentes redes de pesca.....	50
Tabela 4-2: Propriedades físicas e mecânicas do Nylon 6 ou Poliamida-6.....	50
Tabela 4-3: Propriedades físicas e mecânicas do PET.....	51
Tabela 4-4: Propriedades físicas e mecânicas e custo dos polímeros PELBD, PEBD, PET e Nylon 6.....	55
Tabela A.2. - 1: Listagem de CAE's das empresas contactadas.....	67
Tabela A.2. - 2: Valores utilizados para o cálculo do tamanho da amostra.....	73
Tabela A.3 - 1: Listagem de CAE's das empresas entrevistadas no estudo de mercado.....	74
Tabela A.4. - 1: Número de empresas que adquire filme plástico extensível em unidades (rolos) e em peso (kg).....	77
Tabela A.4. - 2: Apresentação dos valores de comprimento (m), largura (mm) e quantidade de rolos adquiridos pelas empresas.....	78
Tabela A.4. - 3: Resultados do peso (kg) do material adquirido pelas empresas mensalmente sob a forma de rolo.....	78

Notação e glossário

Lista de Siglas

WWF	<i>World Wide Fund for Nature</i>
GNL	Gás Natural Liquefeito
EUA	Estados Unidos da América
PEBD	Polietileno de Baixa Densidade
PELBD	Polietileno Linear de Baixa Densidade
PEAD	Polietileno de Alta Densidade
PP	Propileno
PVC	Policloreto de Vinilo
PET	Polietileno Teraftalato
PVDC	Policloreto de Vinildieno
EVOH	Álcool de Etileno de Vinilo
EVA	Etil Vinil Acetato
PEMD	Polietileno de Média Densidade
WRAP	<i>The Waste and Resources Action Plan</i>
POM	Post On Market
PS	Poliestireno
PE	Polietileno
UE	União Europeia
UV	Ultravioleta
LCA	<i>Life Cycle Assessment</i>
PPAT	Polipropileno de Alta Tenacidade
ESOMAR	Sociedade Europeia de Opinião e Pesquisa de Mercado
AMA	<i>American Marketing Association</i>
CAE	Código de Atividade Económica
APED	Associação Portuguesa de Empresas de Distribuição
PA-6	Poliamida-6
PERSU 2020+	Plano Estratégico para os Resíduos Urbanos 2020+

Símbolos

n	Número de elementos da amostra
N	Tamanho da população
Z	Nível de confiança
p	Constante definida pela distribuição da população
e	Erro amostral
l	Largura do rolo em centímetros
c	Comprimento do rolo em centímetros
E	Espessura do filme plástico em centímetros
ρ	Massa volúmica do filme plástico em g/cm ³
r	Número de rolos adquirido mensalmente

1. Introdução

1.1. Enquadramento

Desde cedo, a humanidade tem-se esforçado por resolver alguns dos seus problemas com recurso ao desenvolvimento de materiais que ofereçam benefícios e que não se encontram diretamente disponíveis na natureza. O desenvolvimento de plásticos começou com o uso de materiais naturais com propriedades plásticas intrínsecas, como chifres e carapaças de tartarugas. O passo seguinte na sua evolução envolveu a modificação química de materiais naturais, como a nitrocelulose, o colagénio e a galalite [1].

A palavra “plástico” tem origem na palavra grega “plastikós”, que significa “adequado à moldagem”, sendo comumente associada a algo flexível e facilmente moldável. Posteriormente, o “plástico” passou a integrar uma categoria de materiais, os polímeros. A palavra "polímero" significa "de muitas partes" e designam-se desta forma as macromoléculas formadas a partir de unidades estruturais de baixa massa molecular, os monómeros. Embora exista abundância de polímeros encontrados diretamente na natureza, ao longo dos últimos dois séculos o ser humano tem aprendido a fabricar polímeros sintéticos, por vezes com recurso a substâncias naturais como a celulose [2].

O primeiro polímero sintético foi inventado em 1869 por John Wesley Hyatt. Esta invenção resultou da oferta de 10 000 dólares, feita por uma empresa em Nova Iorque a qualquer pessoa que conseguisse encontrar um material que substituísse o marfim. Ao tratar com cânfora a celulose, derivada da fibra de algodão, Hyatt descobriu um material que poderia ser fabricado numa variedade de formas, imitando as substâncias naturais, como carapaça de tartaruga, linho e marfim. Essa descoberta foi revolucionária. Nasceu assim a celuloide, nome dado a essa classe de compostos. A celuloide passou a ser apresentada como a salvadora do elefante e da tartaruga. Pela primeira vez, a fabricação humana não foi restringida pelos limites dos materiais naturais disponíveis. Esse desenvolvimento ajudou não apenas as pessoas, a libertarem-se das restrições sociais e económicas impostas pela escassez de recursos naturais, mas também o meio ambiente. A revolução do plástico estava apenas a começar [2].

A Segunda Guerra Mundial exigiu uma grande expansão da indústria de plásticos nos Estados Unidos da América (EUA), tendo nesta altura a produção de plásticos triplicado. A necessidade de preservar alguns escassos recursos naturais fez da produção de alternativas sintéticas uma prioridade. Os plásticos forneceram esses substitutos. O nylon, inventado por Wallace Carothers em 1935, foi utilizado como uma espécie de seda sintética para substituir a seda natural durante a guerra em instrumentos como paraquedas, cordas, armaduras, forros de capacete e muito mais. O acrílico, por exemplo, forneceu uma alternativa ao vidro para janelas de aeronaves. Um artigo da *Harper's Magazine* chamado “*Plastics come of age*”, publicado no ano de 1942, afirmou que, devido à guerra, "os plásticos foram conhecendo novos usos e a adaptabilidade dos mesmos foi demonstrada novamente" [2].

Efetivamente, o plástico assumiu uma importância crescente na economia e no quotidiano da sociedade até se tornar indispensável. Apresenta-se a seguir o gráfico da evolução da produção de plástico (Mt) na Europa e no Mundo desde 1950 até 2018 (Figura 1-1).

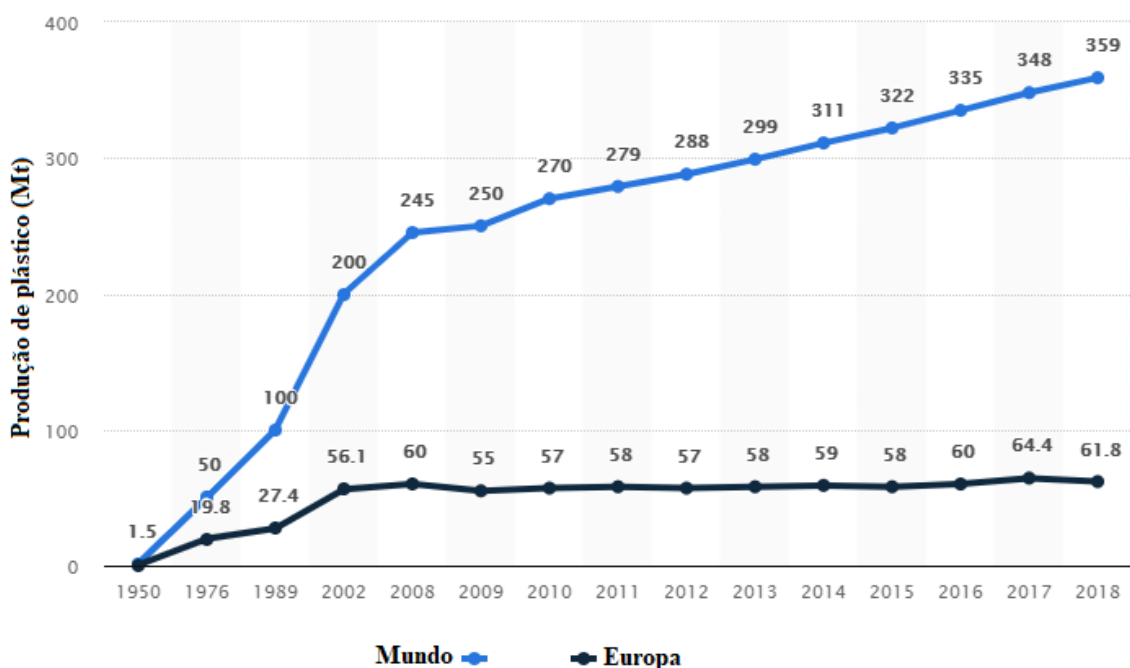


Figura 1-1: Produção de plástico (Mt) a nível mundial e europeu desde 1950 até 2018 (adaptado de: M. Garside [3])

Como se pode analisar na Figura 1-1, a produção de plásticos tem aumentado anualmente a nível mundial. De acordo com a *World Wide Fund For Nature* (WWF), este aumento pode ser explicado por duas razões: pela queda dos custos de produção e pelo facto dos produtores não serem responsabilizados pelos impactes negativos associados à produção do plástico [4].

O custo das matérias-primas utilizadas na produção de plástico, como o gás natural e o petróleo, caiu quase para metade na última década. Como consequência, verificou-se uma produção acelerada de plásticos virgens, associada à queda no seu preço de venda. O gás natural liquefeito (GNL) dos EUA atua como catalisador de mudanças no mercado de energia. Devido ao aumento das exportações baratas dos EUA, o GNL passou por um período de preços baixos na Europa e na China, que são os maiores produtores de plástico do mundo. Como resultado dos baixos custos de matéria-prima, a produção de plástico virgem tornou-se cada vez mais lucrativa para a indústria petroquímica. Isto contribui para um sistema de produção de plásticos que favorece o plástico virgem ao invés do plástico reciclado cuja produção se pode tornar inviável do ponto de vista económico [4].

A interveniência mais efetiva dos produtores de plástico relativamente ao ciclo de vida deste material, tendo em consideração em particular os impactes ambientais e sociais a este associados, é ainda limitada. No caso nacional, a gestão do fluxo de embalagens, onde se integram as embalagens de plástico, tem por base o princípio da responsabilidade alargada do produtor, atribuída ao responsável pela colocação no mercado dos produtos embalados, que deve assegurar a gestão adequada destes materiais no seu fim de vida. Os incentivos regulatórios em vigor, com o intuito de reduzir a produção de plástico virgem, são também ainda limitados. No caso nacional existe, desde fevereiro de 2015, uma medida de fiscalidade verde, que consiste numa contribuição (0,08€+IVA) paga pelos produtores/importadores e adquirentes de sacos de plástico leves – espessura igual ou inferior a 50 microns. Em 2019, foi também lançada a Diretiva (UE) 2019/904 do Parlamento Europeu e do Conselho que tem, atualmente, um grande papel como incentivo para diminuir os impactes associados à produção de plásticos na Europa e que será abordada com mais detalhe mais à frente.

Para além dos fatores expostos acima, é possível também relacionar o aumento na produção e consumo de plásticos com as propriedades do material que permitem fazer face a necessidades da indústria e do consumidor em

geral, nomeadamente no acondicionamento de um conjunto diverso de materiais e produtos [5]. As características técnicas do plástico dependem dos polímeros dos quais derivam, e, naturalmente, do tipo de aplicação a que se destina. Existem nove polímeros principais que são utilizados para a produção de plásticos [6]:

- PEBD (Polietileno de Baixa Densidade) e PELBD (Polietileno Linear de Baixa Densidade);
- PEAD (Polietileno de Alta Densidade);
- PP (Polipropileno);
- PVC (Policloreto de Vinilo);
- PET (Polietileno Teraftalato);
- PVDC (Policloreto de Vinildieno);
- EVOH (Álcool de Etileno de Vinilo);
- Nylon;
- EVA (Etil Vinil Acetato).

A Figura 1-1 torna ainda evidente que, contrariamente ao que acontece a nível mundial, a nível europeu presencia-se uma estagnação desde 2002. Esta estagnação pode ser explicada pela ausência da necessidade de maior produção de plásticos, visto que outras grandes potências, como é o exemplo da China, produzem ainda uma grande quantidade de plástico, facto que leva a que a Europa não necessite de o fazer. A Ásia produz mais de metade do plástico do mundo e só a China foi responsável pela produção de 108 milhões de toneladas no ano de 2018, o que representa cerca de 30% do total de plástico produzido em todo o mundo [7]. Importa contudo referir que das 61,8 milhões de toneladas de plástico produzidas na Europa em 2018, seria expectável recolher 51,2 milhões de toneladas, de acordo com a *Plastics Europe* [7], sendo a diferença entre estas quantidades os plásticos que não se espera que se tornem resíduos num curto período de tempo, dado que integram produtos como por exemplo, adesivos, revestimentos, tintas e vernizes, fibras poliéster (PET), fibras poliacrilato (PA) e fibras polipropileno (PP) [7]. No entanto, apenas 29,1 milhões de toneladas é que foram recolhidas após utilização, o que representa uma recolha de cerca de 57% da quantidade de resíduos que seria expectável [7].

Os dados referentes aos principais setores de utilização de plástico em Portugal não são conhecidos, no entanto, face à relevância desta informação no contexto da presente dissertação, realizou-se uma compilação de informação disponível na Europa. A Figura 1-2 apresenta a procura de plásticos (em quantidade) na Europa, em 2018, distribuída pelos diferentes setores de atividade.



Figura 1-2: Procura de plásticos e nos diferentes setores no ano de 2018, na Europa (adaptado de: PlasticsEurope [7])

Observando a Figura 1-2 é possível verificar que os plásticos são mais utilizados no setor do embalamento, com uma percentagem de utilização de cerca de 40% do total de plástico produzido, seguido pelo setor de construção, com cerca de 20% [7].

A Figura 1-3 mostra, para os mesmos setores de atividade, a quantidade de cada polímero utilizada para a produção plásticos, no ano de 2018.



Figura 1-3: Peso relativo dos diferentes tipos de polímeros utilizados em cada setor para o ano de 2018 na Europa (adaptado de: PlasticsEurope,[7])

Analisando a Figura 1-3 verifica-se que a maior quantidade de polímeros utilizada está dentro do setor de embalamento, seguido do setor de construção e demolição, o que seria expectável, de acordo com o que mostrava a Figura 1-2. Percebe-se que no setor de embalamento são mais utilizados os polímeros PEBD / PELBD, PP, PEAD / PEMD, e PET, enquanto que no setor de construção e demolição o mais utilizado é o PVC e o PEAD / PEMD. Este facto seria expectável, dado que nas atividades de construção, uma das grandes áreas será a das tubagens, que necessita de materiais mais rígidos e resistentes, como o PVC, enquanto que no embalamento se dá preferência a materiais mais maleáveis e fáceis de manusear, como é o caso de plásticos constituídos por PEBD / PELBD e PET.

Dado que não se encontra informação discriminada sobre a utilização dos plásticos no setor de embalamento, tanto em Portugal como na Europa, optou-se por utilizar dados encontrados para o Reino Unido em 2017, com o intuito de aumentar o conhecimento pelo setor em questão. De acordo com o relatório “Dados de Fluxo de Plástico de Embalamento” publicado pelo WRAP (*The Waste and Resources Action Programme*) referente a dados do ano de 2017 no Reino Unido, o setor de embalamento divide-se em duas secções, embalamento para consumo e embalamento não consumo (Figura 1-4). É importante notar que as quantidades de plástico expostas na Figura 1-4 são referentes a produtos colocados à venda no mercado (*POM – Post OnMarket*).

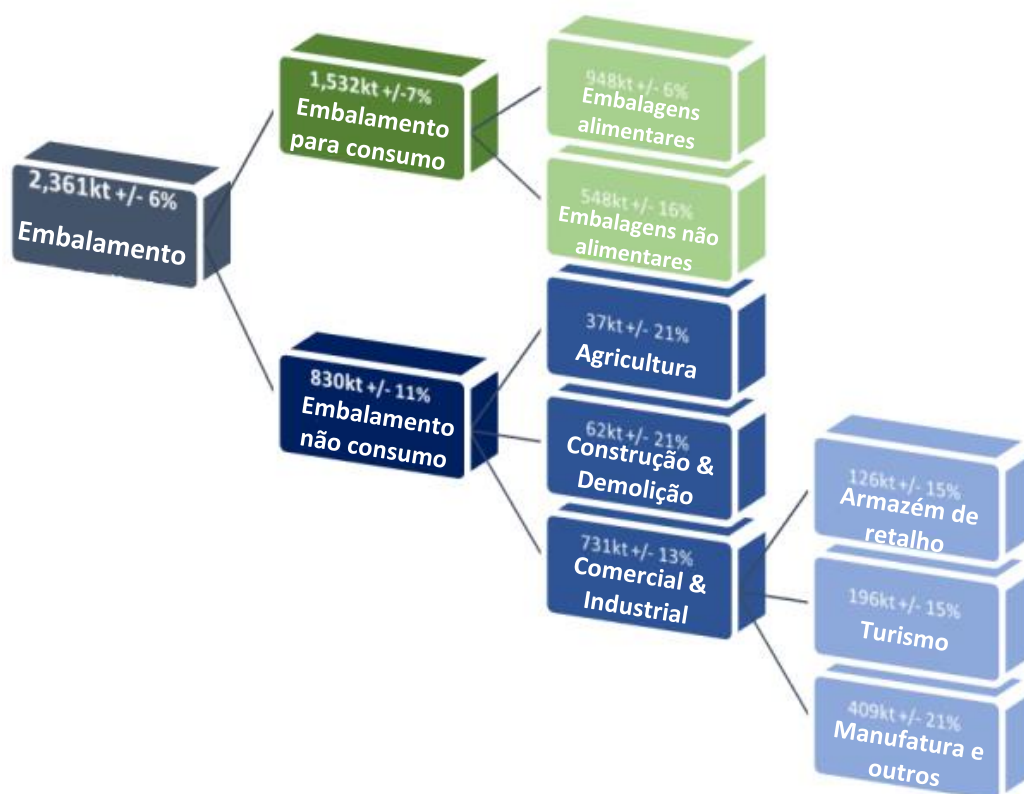


Figura 1-4: Áreas dentro do setor de Embalamento e respectivas quantidades de plástico colocado no mercado (adaptado de: Heather Thomson, et al.[8])

Analisando as quantidades presentes na Figura 1-4 percebe-se que a maior quantidade de plástico é utilizada no embalamento para consumo, correspondendo no Reino Unido em 2017, a 1532 kt de plástico, ou seja, cerca de 58% do plástico total colocado no mercado no setor de embalamento. Este plástico inclui os filmes plásticos utilizados para produzir embalagens alimentares e não alimentares, assim como os sacos plásticos.

A secção de embalamento não consumo, com 830 kt em 2017 no Reino Unido, representa o plástico posto à venda nas áreas de agricultura, de construção e demolição e comercial e industrial. O plástico presente na área comercial e industrial representa cerca de 88% da quantidade total utilizada nesta secção. A área em questão é subdividida em três setores, sendo eles o armazém de retalho da loja, indústria associada ao turismo e manufatura ou outros. Este último é o que apresenta maior quantidade de plástico dentro desta área.

Apresentam-se de seguida duas tabelas onde estão discriminadas as quantidades de plástico posto no mercado no ano de 2017 no Reino Unido, nas secções embalamento para consumo e não consumo, tendo em conta os tipos do plástico (ex: PEAD, PEBD, PET), assim como as formas em que foram produzidas (ex: filme, garrafas, tubos).

Tabela 1-1: Quantidades de plástico POM (kt) na secção de embalagem para consumo discriminadas por tipo e forma do plástico no Reino Unido em 2017 (adaptado de: Heather Thomson, et al [8])

	PEAD	PEBD	PE	PET	PP	PS	PVC	Outros	Total	Total percentual
Filme	89	119	21	28	110	2	9	17	395	26%
<i>Sacos de Plástico</i>	18	9							27	
Garrafas	268	0	1	347	17	0	0	0	634	41%
Tubos e bandejas	9	1	4	155	85	32	13	2	301	20%
Outros	55	23	1	40	76	3	2	0	202	13%
Total	421	143	28	570	288	38	24	20	1532	
Total percentual	27%	9%	2%	37%	19%	2%	2%	1%		

Tabela 1-2: Quantidades de plástico POM (kt) na secção de embalagem não consumo discriminadas por tipo e forma do plástico no Reino Unido em 2017 (adaptado de: Heather Thomson, et al [8])

	PEAD	PEBD	PE	PET	PP	PS	PVC	Outros	Total	Total percentual
Filme	9	245	82	3	23	0	0	2	364	44%
Garrafas	217	0	0	95	0	0	0	0	313	38%
Tubos e bandejas	17	0	8	14	77	25	0	0	141	17%
Outros	7	0	0	0	3	1	1	0	13	2%
Total	251	245	90	113	103	26	0,7	2	830	
Total percentual	30%	30%	11%	14%	12%	3%	0%	0%		

Analisando as Tabelas 1-1 e 1-2, verifica-se que a maior quantidade de plástico dentro da secção de embalagem para consumo se refere à produção de garrafas enquanto que na secção de embalagem não consumo a maior quantidade se refere à produção de filme, seguida pela produção de garrafas.

Observando agora a percentagem de plástico que é utilizada na produção de garrafas, confirma-se que estão dentro da mesma ordem de grandeza, tanto na secção de embalagem para consumo como na de embalagem não consumo, 41% e 38% respetivamente, o que leva a concluir que a quantidade de plástico existente no mercado no setor de embalagem é principalmente influenciada pela produção de garrafas. Dentro da quantidade total de plástico produzida no setor de embalagem, cerca de 40% da mesma é para produção de garrafas (ou seja, 947 kt de 2361 kt).

No que se refere à produção de filme plástico no ano de 2017 no Reino Unido, esta é igual a 26% do total de plástico na secção de embalagem para consumo. Por outro lado, na secção de embalagem não consumo a quantidade de filme plástico representa 44% do total de plástico posto no mercado, sendo o produto mais representativo.

Globalmente, o filme plástico utilizado no setor de embalagem (segundo dados retirados no Reino Unido no ano de 2017) apresenta extrema relevância, representando quase 1/3 (cerca de 32%) do plástico total produzido (ou seja, 759 kt de 2361 kt).

Conclui-se, assim, que por forma a diminuir significativamente a quantidade de resíduos plásticos, seria necessário, por um lado, diminuir a produção de garrafas de plástico, e, por outro lado, diminuir também a produção de filme plástico utilizando alternativas ao mesmo, tendo em conta o fim para que é utilizado.

Com o tempo, o plástico, que outrora foi considerado um material que protegia o mundo natural dos impactos negativos do ser humano, substituindo materiais como o marfim, passou a ser considerado um material com elevados

impactes negativos na natureza, quer pelo elevado consumo, quer pela impossibilidade da sua assimilação pela natureza. Atualmente, a excessiva produção, resultado das curtas e muitas vezes desnecessárias utilizações (ex: plásticos de uso único), em conjunto com as operações de gestão dos resíduos resultantes, tais como a deposição em aterro, que apresentam elevado impacto ambiental negativo, tornam o plástico um material ambientalmente desfavorável. Cabe também referir que estes elevados impactes resultam, em grande parte, de uma gestão inadequada destes materiais pelos utilizadores e gestores, razão pela qual melhorias neste âmbito são prementes. Em todo o caso, é indubitável a pertinência de combater os problemas ambientais associados a este material. Um dos sinais mais visíveis e alarmantes deste problema são os milhões de toneladas de resíduos de plástico que, anualmente, se acumulam nos oceanos, com consequentes impactes graves nos ecossistemas, constituindo, cada vez mais, motivo de preocupação pública [5]. Esta preocupação debruça-se, principalmente, sobre o modo como é efetuada a gestão de resíduos de plásticos atualmente e se, porventura, será possível encontrar uma gestão mais eficiente no que toca ao impacto ambiental associado. A Figura 1-5 apresenta a evolução das quantidades de resíduos de plástico encaminhadas para três diferentes operações de gestão na Europa, no período de 2006 a 2018 em todos os setores (A) e apenas no setor de embalagem (B), nomeadamente, reciclagem, valorização energética e deposição em aterro.

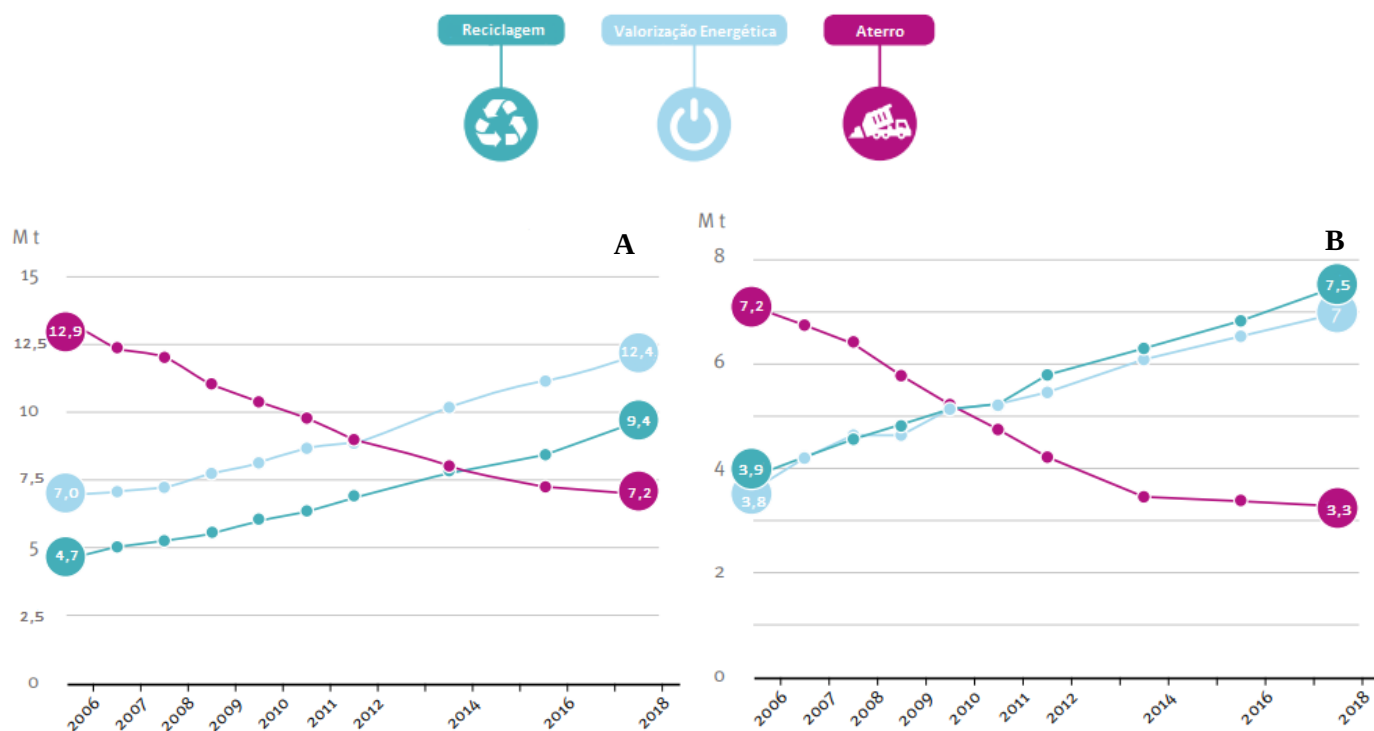


Figura 1-5: Evolução das quantidades referentes aos três diferentes destinos de tratamento de resíduos plásticos na Europa de 2006 a 2018: (A) em todos os setores; e, (B) no setor de embalagem (adaptado de: PlasticsEurope, 2019 [7])

Observando a Figura 1-5A, a maior quantidade de resíduos plásticos (42,6 %) é encaminhada para valorização energética, 32,5% são reciclados e, finalmente, a deposição em aterro ainda é destino para 24,9% da quantidade de resíduos plásticos recolhidos, não obstante a tendência decrescente nos últimos anos. Já a Figura 1-5B apresenta uma situação diferente, a maior quantidade de resíduos plásticos é encaminhada para reciclagem (42%), cerca de 40% é encaminhada para valorização energética e os restantes 18% são enviados para deposição em aterro [7]. Apesar de, neste cenário, se apresentar a reciclagem como o destino de maior parte dos resíduos plásticos, é importante frisar que a diferença entre a quantidade que é encaminhada para este destino e a quantidade que é encaminhada para valorização energética é muito pequena, apenas 0,5 Mt (mais 2%). É igualmente digno de nota que, dentro da quantidade de resíduos

que vão para reciclagem (Figura 1-5A), 81% é enviada para reciclagem dentro da União Europeia (aproximadamente 7,6 milhões de toneladas) e 19% é enviada para reciclagem fora da União Europeia (aproximadamente 1,8 milhões de toneladas) [7]. Os motivos para a exportação de resíduos plásticos para reciclagem são a falta de capacidade, de tecnologia ou de recursos financeiros para tratar os resíduos dentro da União Europeia. De realçar que uma grande parcela dos resíduos de plástico exportados para reciclagem era enviada para a China, mas desde janeiro de 2018, dada a proibição do país de importar resíduos de plástico, este cenário alterou-se resultando em elevadas dificuldades para o setor em encontrar soluções alternativas. A baixa parcela de reciclagem de resíduos plásticos na União Europeia significa grandes perdas para a sua economia e para o meio ambiente [9], o que poderá significar que o investimento em novas instalações e tecnologias por parte da União Europeia será um possível caminho, por forma a garantir um menor impacte ambiental negativo associado à gestão dos resíduos plásticos aí gerados.

Das três operações consideradas, a reciclagem é a que tem menor impacte ambiental negativo e a mais desejável de acordo com a hierarquia dos resíduos apresentada na Diretiva 2008/98/CE alterada pela Diretiva (UE) 2018/851 do Parlamento Europeu e do Conselho, de 30 de maio de 2018, transposta para a legislação portuguesa pelo decreto-lei nº178/2006, de 5 de setembro, alterado e republicado pelo decreto-lei nº73/2011, de 17 de junho. Esta hierarquia estabelece uma ordem de prioridades do que constitui geralmente a melhor opção ambiental global; importa também realçar que a redução e a preparação para reutilização apresentam um caráter ainda mais prioritário e relevante, pelo que o aumento do tempo de vida útil destes materiais é da maior pertinência. Atendendo à elevada quantidade que ainda é enviada para deposição em aterro e valorização energética na Europa, a União Europeia decidiu implementar algumas políticas e estratégias para redução da utilização de plásticos, por forma a diminuir a quantidade produzida e consumida na Europa.

A primeira grande **Estratégia Europeia sobre Plásticos**, adotada a 16 de janeiro de 2018 pela Comissão Europeia, surge como parte da transição da Europa para uma economia dos plásticos mais circular. Esta Estratégia pretende contribuir para alcançar os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável, os compromissos climáticos globais e os objetivos da política industrial da União Europeia [5]. Os objetivos a que a Estratégia se propõe passam por ajudar a proteger o Ambiente, a reduzir o *lixo marinho*, as emissões de gases com efeito de estufa e a dependência de combustíveis fósseis importados. Espera-se que se possa fomentar a inovação na forma como são projetados os produtos de plástico e transformar a forma como são usados, produzidos e reciclados pelos cidadãos da União Europeia [5].

Após a publicação do documento seguiu-se a Diretiva (UE) 2019/904 do Parlamento Europeu e do Conselho, em 5 de junho de 2019, cujo objetivo é prevenir e reduzir o impacte negativo de determinados produtos de plástico no ambiente, mais particularmente no meio aquático e na saúde humana, bem como promover a transição para uma economia circular com modelos de negócio, produtos e materiais inovadores e sustentáveis [10].

A Diretiva (UE) 2019/904 resultou numa alteração de legislação em Portugal, de forma a cumprir os requisitos necessários. Deste modo, a gestão de resíduos, integrada no decreto-lei nº178/2006, de 5 de setembro alterado e republicado pelo decreto-lei nº73/2011, de 17 de junho, recebeu especial atenção no que toca à fileira dos plásticos. Este decreto-lei apresenta a definição de resíduo e a devida classificação de cada resíduo com base na sua origem, visto que em Portugal e na União Europeia a classificação dos resíduos é realizada com base na sua origem. No entanto, noutros contextos específicos ou fora do quadro europeu, os resíduos podem também ser classificados pela sua forma/estado, pelas suas propriedades e por uma determinada definição legal.

Atualmente, a única legislação registada após a Diretiva (UE) 2019/904 foi o lançamento da Portaria n.º 202/2019, de 3 de julho, que define os termos e os critérios aplicáveis ao projeto-piloto a adotar no âmbito do sistema de incentivo ao consumidor para devolução de embalagens de bebidas em plástico não reutilizáveis [10].

Para que haja uma redução efetiva do consumo e produção de produtos plásticos será necessário promover uma consciencialização social para a problemática dos plásticos de uso único e, simultaneamente, encontrar matérias-primas alternativas ao plástico sem que haja uma diminuição na qualidade do produto final pretendido para um determinado fim. Consequentemente, a pesquisa de materiais alternativos ao plástico que contenham as mesmas propriedades e que não sejam de uso único tornou-se uma prioridade nos últimos anos. Atendendo à relevância do filme plástico no setor do embalamento, tal como descrito anteriormente, a presente dissertação focar-se-á em alternativas ao filme extensível plástico usado nesta atividade.

1.2. Objetivos

O objetivo principal da presente dissertação é elaborar um estudo de suporte ao desenvolvimento de um produto alternativo ao filme extensível plástico de PEBD e PELBD utilizado no acondicionamento de cargas em paletes. Para tal, foram estabelecidos objetivos específicos para a sua elaboração, nomeadamente:

- Caracterização do estado da arte relativo aos produtos usados no acondicionamento de mercadorias;
- Estudo de mercado para definição das características do produto a desenvolver mais adequadas ao público-alvo/utilização;
- Identificação dos materiais (preferencialmente resíduos industriais) que poderão ser usados na produção de uma solução alternativa ao filme extensível plástico;
- Estudo de viabilidade inicial.

1.3. Estrutura da Dissertação

A presente dissertação encontra-se estruturada em cinco capítulos.

O Capítulo 1 apresenta o enquadramento e relevância do trabalho, bem como os principais objetivos, a estrutura do documento e uma breve apresentação da BoG – Environmental Consulting, Lda., a empresa que tornou possível o desenvolvimento do tema.

O Capítulo 2 refere o estado da arte, onde é apresentado o material que se pretende substituir, nomeadamente o filme plástico extensível de PEBD e PELBD e respetivas características. As diferentes alternativas ao produto em questão existentes na atualidade também estão apresentadas neste capítulo, assim como a comparação entre elas e o filme plástico extensível.

O Capítulo 3 descreve a avaliação de requisitos de mercado realizada, bem como todas as suas variantes e respetivas conclusões.

O Capítulo 4 apresenta os potenciais materiais que podem substituir o filme extensível plástico, tendo como base a origem e o preço dos mesmos. É também realizada neste capítulo a comparação do filme extensível plástico com todos os potenciais materiais.

O Capítulo 5 expõe a análise crítica de toda a informação reunida ao longo da dissertação.

Por último, o Capítulo 6 apresenta as principais conclusões deste trabalho e sugestões de trabalhos futuros.

1.4. Apresentação da BoG – Environmental Consulting, Lda.

A BoG – Environmental Consulting, Lda. é uma empresa de prestação de serviços de consultoria na área do ambiente que, consciente das necessidades dos seus clientes, oferece soluções integradas nas vertentes de engenharia, tecnologia, gestão e aconselhamento estratégico para um vasto conjunto de instituições públicas e privadas no mercado nacional e em diversos mercados internacionais, como Cabo Verde, Angola, Guiné Bissau e São Tomé e Príncipe, entre outros.

A BoG surge da união entre o conhecimento técnico, a experiência e a vontade de fazer mais e melhor, procurando sempre exceder as expectativas com as soluções mais adequadas a um mundo cada vez mais exigente. Conta com uma equipa profissional, dinâmica, inovadora e multidisciplinar, que reúne mais de 20 anos de experiência na implementação, com sucesso, de diversos projetos nas nossas áreas de especialidade.

Os serviços prestados dividem-se pelas áreas de Turismo Sustentável e da Natureza Avaliação, Sustentabilidade e Economia Circular, Estudos e Projetos de Engenharia, Avaliação e Gestão Ambiental, Licenciamentos, Normativos Técnicos e Educação e Sensibilização Ambiental.

Especificamente na área de Sustentabilidade e Economia Circular, a BoG promove o desenvolvimento de projetos e soluções que vão ao encontro das necessidades dos seus clientes, que sejam inovadores, e que estejam alinhados com as políticas nacionais e internacionais para o desenvolvimento sustentável.

2. Estado da Arte

2.1. Definição de filme extensível plástico

O filme plástico é tecnicamente definido como plástico vendido com espessuras até um máximo de 0,030 mm e pode ser composto por vários materiais, que podem ser relativamente simples ou complexos, dependendo das características finais de uso pretendido. Abaixo apresentam-se algumas das aplicações onde são utilizados filmes plásticos [6]:

- Embalamento com filme extensível, filme de encolhimento ou a vácuo (Figura 2-1A);
- Produção de sacos para transporte de algumas mercadorias, desde sacos de transporte de compras até sacos de gelo;
- Produção de *Bag-in-box*, que é um tipo de embalagem utilizada para comercializar bebidas (Figura 2-1B);
- Produção de *Boil-in-bags*, que é uma forma de embalar alimentos para posterior fervura dos mesmos (Figura 2-1C);



Figura 2-1: Aplicações de filmes plásticos: (A) exemplo de um rolo de filme extensível plástico de PEBD e PELBD [11]; (B) embalagens Bag-in-Box [12]; (C) uma embalagem Boil-in-Bag [13].

No que concerne ao acondicionamento de cargas em paletes, embora existam vários tipos de filme extensível plástico, produzidos a partir de PVC ou de PEAD, o filme extensível plástico de PEBD e PELBD é o mais comumente utilizado, pelo que o estudo destes dois materiais se revela da maior relevância para a presente dissertação, tendo-se considerado que não é relevante o estudo de outros materiais.

A legislação portuguesa define ainda que o filme extensível plástico utilizado no acondicionamento de cargas em paletes é considerado uma embalagem de transporte ou terciária que, de acordo com o Decreto-Lei n.º 152-D/2017 de 11 de dezembro, “engloba qualquer embalagem concebida de modo a facilitar a movimentação e o transporte de uma série de unidades de venda ou embalagens grupadas, a fim de evitar danos físicos durante a movimentação e o transporte, com exceção dos contentores para transporte rodoviário, ferroviário, marítimo e aéreo”[14], pelo que, em Portugal, a gestão dos resíduos deste produto é efetuada tendo em conta a definição anteriormente referida.

2.2. Características do filme extensível plástico de PEBD e PELBD

As características do filme extensível plástico dependem do polímero utilizado para a sua produção, ou seja, o PEBD e o PELBD. Por este motivo, para se perceber o comportamento deste tipo de material e por forma a arranjar uma alternativa viável para este, é necessário ter em conta as propriedades do PEBD e do PELBD.

O PEBD foi o primeiro plástico a entrar em uso comercial comum em embalagens, no final da década de 1940. É polimerizado a partir de etileno e possui uma estrutura altamente ramificada, com cadeias longas e curtas, que interferem na cristalização. A percentagem de cristalinidade mais baixa fornece ao PEBD uma densidade mais baixa e torna-o mais macio e flexível, diminuindo um pouco a sua capacidade de barreira. A boa resistência química do PEBD, juntamente com seu baixo custo, tornam-no excelente para muitas aplicações em embalagens flexíveis [15].

O PEBD e o PELBD são semelhantes, diferenciando-se apenas num aspeto, o PELBD tem um número significativo de ramificações curtas. Por ter ramificações mais curtas mas em maior número, as suas cadeias são capazes de deslizar uma contra a outra durante o alongamento, sem se enredar, o que não sucede com o PEBD, que por possuir longas cadeias de ramificação, faz com que estas se prendam uma na outra (Figura 2-2). Isso proporciona ao PELBD maior alongamento, resistência à tração, ao impacto e à perfuração, comparativamente com o PEBD [16].

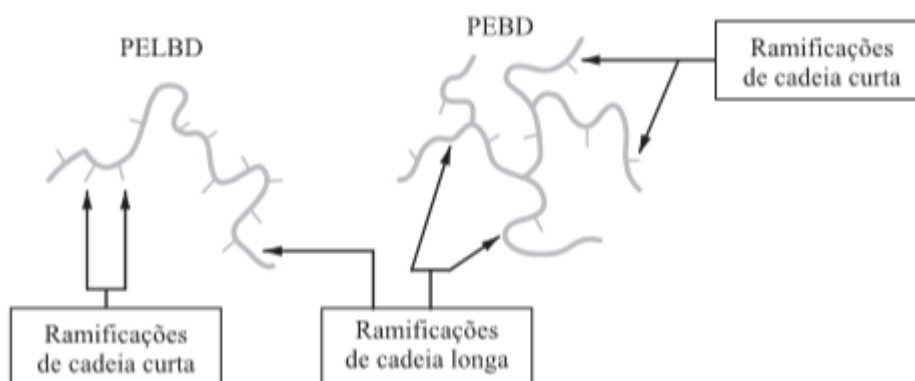


Figura 2-2: Tipos de ramificações do PEBD e PELBD (fonte: Fernanda M. B. Coutinho et al [17])

De forma a perceber melhor o comportamento destes polímeros, apresentam-se na Tabela 2-1 as principais propriedades físicas e mecânicas dos dois materiais, que traduzem de uma forma mais objetiva as características anteriormente referidas.

Tabela 2-1: Propriedades físicas e mecânicas do PEBD e PELBD (adaptado de: George Wypych [18])

Propriedades ¹	PELBD	PEBD
Massa volúmica a 20 °C (g/cm ³)	0,905 – 0,942	0,915-0,929
Índice de Refração a 20°C	1,49 - 1,52	1,517 - 1,526
Temperatura de Fusão (°C)	120 - 136	105 - 115
Condutividade Térmica (W/m.K)	0,55	
Calor de Fusão (kJ/mol)	1,37 - 2,18	
Resistência à Tração (MPa)	25 - 45	10 - 20
Módulo de Tração ou Módulo de Young (MPa)	260 - 520	130 - 138
Alongamento (%)	300 - 830	130 - 570
Alongamento (MPa)	630	90
Módulo de Flexão (MPa)	230 - 735	230 - 495
Resistência à Perfuração do filme (J/cm ³)	7,7 - 30,8	2,8 - 5,7
Rigidez do filme (J/cm ³)	63 - 353	55,1 - 109
Força de Perfuração (N)	30 - 43	37
Dureza (Shore D)	55 - 56	41-50
Contração (%)	2,0 - 2,5	2,4
Temperatura de Autoignição (°C)	350	
Resistência ao Rasgamento (MPa)	10,5	6

¹ As definições das propriedades apresentadas estão presentes no Anexo A.1.

A análise da Tabela 2-1 corrobora a existência de diferentes propriedades físicas e mecânicas do PEBD para o PELBD. Verifica-se que o PELBD detém, de forma geral, melhores propriedades físicas e mecânicas, com especial destaque para a resistência à perfuração, rigidez do filme e alongamento, o que pode explicar a maior abundância de filmes plásticos extensíveis de PELBD em comparação com filmes plásticos extensíveis de PEBD. Destaca-se que as propriedades enumeradas definem os respetivos produtos, sendo as que conferem a estes dois produtos as capacidades necessárias para obterem uma ótima prestação na sua utilização.

Como complemento, a Tabela 2-2 apresenta a resistência química do PELBD e PEBD a diferentes substâncias químicas, mostrando que se comportam positivamente em particular na presença de ácidos, álcoois e bases.

Tabela 2-2: Resistência química do PEBD e PELBD a determinadas substâncias químicas (adaptado de: George Wypych, 2016 [18])

Substância Química	PELBD e PEBD
Ácido diluído/concentrado	Muito boa
Álcoois	Boa
Alcalinos	Muito boa
Hidrocarbonetos Alifáticos	Pobre
Hidrocarbonetos Aromáticos	Pobre
Ésteres	Pobre
Gorduras e Óleos	Boa a Pobre
Hidrocarbonetos Halogenados	Pobre
Cetonas	Pobre

Quanto à aplicação destes materiais, as características acima mencionadas permitem que a utilização do filme extensível plástico de PEBD e PELBD, no acondicionamento de cargas, possa ser efetuada de forma manual (Figura 2-3A) ou automática (Figura 2-3B). A aplicação automática, em comparação com a manual, é muito mais rápida e

permite que os operadores possam efetuar outras tarefas ao mesmo tempo; contudo, acarreta custos adicionais. Assim, atualmente ainda são utilizados ambos os métodos de aplicação para este produto.



Figura 2-3: Aplicação do filme extensível plástico: (A) manual [19]; (B) automática [20].

2.3. Vantagens e desvantagens associadas à utilização do filme extensível plástico de PEBD e PELBD

O filme extensível plástico de PEBD e PELBD, como todos os produtos, tem vantagens e desvantagens associadas à sua utilização. É preciso, no entanto, frisar, que estas vantagens e desvantagens são alusivas não só ao filme extensível plástico de PEBD e PELBD, mas também ao filme plástico em geral. A compreensão dessas vantagens e desvantagens levará a um maior entendimento do motivo pelo qual a sua escolha é favorecida, no que toca a acondicionamento de cargas em paletes, a aplicação na qual se foca a presente dissertação.

2.3.1. Vantagens

Apresentam-se abaixo as principais vantagens da utilização do filme extensível plástico de PEBD e PELBD:

- Reduzida quantidade de matéria-prima para uma grande quantidade de produto - *Downgauge*;
- Custo;
- Proteção;
- Impermeabilidade;
- Eficiência;
- Reciclável.

Downgauge é um termo inglês, sem tradução definida para português, que traduz a ideia de que é necessária uma reduzida quantidade de matéria prima, neste caso de PEBD e PELBD, para produzir uma grande quantidade de filme extensível plástico. Tal traduz-se na possibilidade de ter uma muito reduzida espessura [6]. Consequentemente, se é necessário menos matéria prima para produzir uma grande quantidade de produto, então o **custo** será menor em comparação com qualquer outro produto onde essa redução de espessura não seja possível [21].

No que respeita ao aspeto económico, o filme plástico apresenta-se, comumente, como um material de baixo custo, sendo esse um dos motivos que leva à sua ampla utilização.

O custo do filme plástico provém do custo das matérias-primas que são utilizadas para produzir o filme e este custo é variável com a evolução da economia. Não foi possível obter dados para o custo das matérias primas em questão

em Portugal, mas obteve-se dados para o custo na Europa nos últimos 5 meses do ano de 2019 (entre agosto e dezembro), que poderão dar algum suporte a este aspeto económico e que podem ser observados na Tabela 2-3 [22]. Como analisado no Capítulo 1 da presente dissertação, que mostra a quantidade de filme plástico utilizado no setor de embalagem (Tabelas 1-1 e 1-2), o polímero mais usado para a produção de filme é o PEBD, pelo que a Tabela 2-3 traduz a evolução em termos de custo da principal matéria-prima usada na produção de filme plástico.

Tabela 2-3: Preços específicos (€/t) do filme plástico composto por PEBD e PELBD para os últimos 5 meses do ano de 2019 (adaptado de: bvse market report: plastics [22])

	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro
Filme Plástico em PEBD	1050 - 1120	1010 - 1080	1010 - 1080	980 - 1050	980 - 1050
Filme Plástico em PELBD	1060 - 1150	1020 - 1110	1020 - 1110	990 - 1080	990 - 1080

De acordo com informação de dezembro de 2019 da *EUWID Europäischer Wirtschaftsdienst GmbH, Gernsbach*, uma editora que reúne e publica informações sobre tendências de preços em mercados específicos, o preço do filme plástico em PEBD e PELBD na Europa era de 1030 ± 50 € por tonelada [22]. Observando a Tabela 2-3, verifica-se uma diminuição no preço da matéria prima, PEBD e PELBD, ao longo dos meses, apresentando uma variação de preço de cerca de 6% entre agosto e dezembro de 2019.

A **proteção** conferida pelo filme extensível plástico de PEBD e PELBD à carga é conseguida através da minimização dos danos nas mercadorias no transporte, visto que ao acondicionar a carga, a imobiliza. As cargas armazenadas ao ar livre e embaladas com filme extensível plástico podem também ser protegidas dos raios ultravioleta (UV). Uma vez que o filme plástico é **impermeável**, também permite a proteção dos produtos relativamente a poeiras, humidade e sujidade em geral [21].

A **eficiência** do filme extensível plástico de PEBD e PELBD está diretamente relacionada com o fácil manuseamento do produto na operação de embalagem. A utilização do filme plástico permite a versatilidade de adaptação a diferentes tipos de carga acondicionados em paletes, havendo facilidade em moldá-lo às diferentes formas da carga devido à sua grande flexibilidade. A facilidade de manuseamento leva também à rápida realização da tarefa. A transparência também está diretamente relacionada com a eficiência associada à utilização do filme plástico, pois tanto pode ser diretamente identificado o produto (transparência) como existe a possibilidade de o filme plástico ser opaco, ocultando a carga e evitando assim a ocorrência de furto. Adicionalmente, o filme pode ser de diversas cores o que pode facilitar na identificação da carga, tornando as atividades mais rápidas e eficientes [21].

Atualmente, a maioria dos filmes extensíveis plásticos de PEBD e PELBD são produzidos de forma a terem um fim de vida com menor impacte ambiental negativo sendo materiais totalmente **recicláveis**.

2.3.2. Desvantagens

As desvantagens do filme plástico são a sua **curta vida útil** e o **impacte ambiental negativo**. Muito embora se tenha referido que a maioria dos filmes plásticos tem características que permitem a sua reciclagem, verifica-se que a operação de gestão dos resíduos plásticos predominante na Europa é a valorização energética por incineração (estando praticamente a par com a reciclagem no caso específico do setor do embalamento), cujos impactes ambientais negativos são conhecidos.

A Figura 2-4 apresenta a vida útil do filme plástico, como funções de distribuição de probabilidade log-normal (PDF), para oito setores industriais onde este material é usado [23]. Esta consta de um estudo construído através da combinação dos dados de produção de plástico e respetivas distribuições de vida útil dos produtos para obtenção de um modelo que traduza quanto tempo os plásticos são usados antes de serem descartados. Os autores assumiram distribuições log-normais com médias de tempo de vida útil de, menos de 1 ano no setor de embalamento, até décadas no setor de construção e demolição [23].

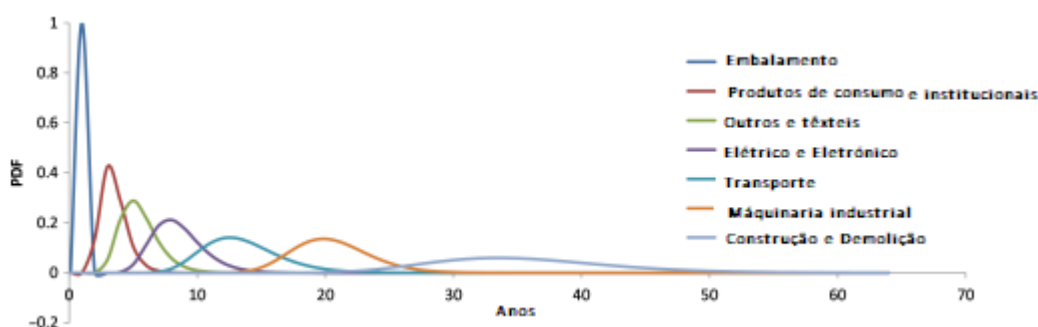


Figura 2-4: Vida útil do plástico para oito setores industriais, apresentada como funções de distribuição de probabilidade log-normal (PDF) (adaptado de: Roland Geyer, et al [23])

Ao longo da presente dissertação tem-se evidenciado que o filme plástico é um produto utilizado com especial incidência no setor do embalamento. Relacionando este aspeto com a figura acima, pode afirmar-se que a vida útil do filme será também menor em comparação com produtos utilizados noutros setores. Isto é uma grande desvantagem, pois a sua curta vida útil, como expressa claramente a Figura 2-4, potencia uma maior produção e descarte, tendo, consequentemente, uma maior quantidade de resíduos plásticos que carecem de uma gestão adequada.

Quanto ao impacte ambiental do filme plástico, não havendo possibilidade de efetuar um estudo de impacte ambiental do filme extensível plástico de PEBD e PELBD em específico, irá analisar-se seguidamente um estudo efetuado pela Universidade de Michigan nos EUA para o filme plástico como exemplo neste domínio [24]. Dentro da grande variedade de produtos considerados, este estudo também engloba o filme extensível plástico de PEBD e PELBD. O estudo, intitulado “*Life cycle assessment of end-of-life treatments for plastic film waste*”, foi realizado nos EUA e teve como base a avaliação de ciclo de vida (LCA – *life cycle assessment*) em milipoints (mPt) de quatro operações de gestão de resíduos plásticos, sendo elas:

- Eliminação em aterro de resíduos indiferenciados;
- Incineração de resíduos indiferenciados;
- Reciclagem de resíduos, recolhidos de forma indiferenciada;
- Reciclagem de resíduos, recolhidos de forma seletiva.

Após a aplicação da metodologia de avaliação de ciclo de vida às quatro operações consideradas, fez-se uma comparação entre elas e verificou-se qual foi a operação que causava menor impacte ambiental.

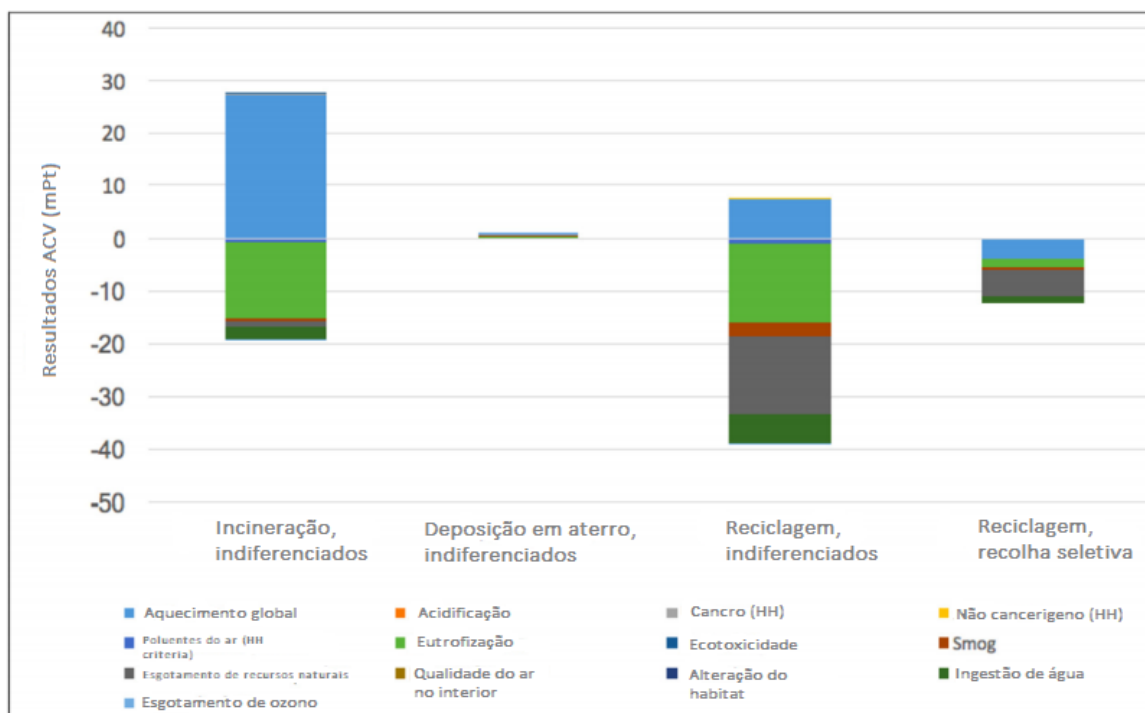


Figura 2-5: Impactes ambientais (milipontos, mPt) dos quatro cenários de tratamento em fim de vida do filme plástico (adaptado de: Ping Hou, et al [24])

A Figura 2-5 compara os impactes do ciclo de vida entre a deposição em aterro, a incineração e a reciclagem de filmes plásticos em resíduos indiferenciados e recicláveis de origem seletiva. Os resultados indicam que a reciclagem de resíduos indiferenciados ou segregados apresenta um maior benefício ambiental do que a incineração direta ou deposição em aterro de resíduos indiferenciados. Os benefícios da reciclagem manifestam-se principalmente na menor extração de recursos naturais, consumo de água e eutrofização associados à produção de material virgem para fabricação de produtos para embalagem [24]. É de extrema relevância apontar que, de todos os destinos considerados no estudo apresentado, a deposição em aterro apresenta um impacte ambiental quase desprezável nas categorias analisadas, em oposição à hierarquia de resíduos já anteriormente referida. Isto deve-se ao facto de que as emissões diretas da decomposição do plástico tendem a ser mais reduzidas num dado horizonte dada a muito baixa biodegradabilidade destes materiais. Tal facto é também reportado noutro estudo realizado em 2018 por A. Demetriou e E. Crossin [25]. Esta avaliação não reporta os impactes significativos da ocupação excessiva dos aterros com estes materiais e a resultante redução de capacidade destes locais, assim como outros impactes relevantes da deposição indiferenciada destes materiais, que leva em muitos casos à sua deposição em aterro. Para além disso, não estão considerados os impactes económicos e sociais. Assim, estes resultados devem ser interpretados com a devida cautela.

A avaliação do ciclo de vida realizada neste estudo indicou que é uma vantagem ambiental optar pela reciclagem de resíduos de filmes plásticos em oposição ao envio para eliminação em aterro ou incineração [24]. A reciclagem de resíduos indiferenciados mostra ainda um maior benefício que a reciclagem de resíduos recolhidos de forma seletiva, devido ao facto de que a quantidade de filmes plásticos é superior nos resíduos indiferenciados relativamente aos resíduos recicláveis, sendo que a percentagem de filme plástico presente em cada fluxo de resíduos foi de 0,6% nos resíduos recicláveis e 2% nos resíduos indiferenciados. Este facto está diretamente relacionado com a baixa taxa de separação associada ao estudo. Contudo, isto não sugere que a reciclagem de resíduos deva ser desencorajada, em vez disso sugere que devem ser criadas políticas de incentivo aos consumidores para que se coloquem os filmes plásticos

nos resíduos recicláveis ao invés dos resíduos indiferenciados, a fim de aumentar a fração recuperável dos filmes plásticos nos resíduos recicláveis [24].

É importante referir que este estudo confirma a opção de incineração como a que apresenta o maior impacto ambiental negativo devido à sua grande contribuição para o aquecimento global, como demonstra a Figura 2-5. Porém, de acordo com os autores do estudo, é necessária mais investigação e recolha de dados para melhor caracterizar os processos de reciclagem, utilização e incineração de resíduos; neste último caso tendo em especial atenção a eficiência.

Se analisarmos esta informação combinada com a já apresentada no Capítulo 1, nomeadamente na Figura 1-5A e Figura 1-5B, onde se evidenciava que pelo menos 40% da quantidade de resíduos plásticos produzidos na Europa tem como destino a valorização energética que, por norma, é efetuada por incineração de resíduos, pode concluir-se que a solução adotada na Europa não é, certamente, a mais desejável do ponto de vista ambiental. O mesmo se deverá refletir no que sucede com os resíduos de filme extensível plástico de PEBD e PELBD. Também é importante ter em conta que o custo do ciclo de vida não foi analisado neste estudo. A avaliação do aspeto económico, bem como os possíveis impactos sociais associados à reciclagem de filmes plásticos e outras formas de gestão são necessários para uma melhor avaliação [24]. Independentemente disso, é razoável concluir que é premente alterar a forma de utilização e gestão destes materiais, adotando práticas mais sustentáveis, nomeadamente através da reutilização e aumento da recolha seletiva e consequente reciclagem.

2.4. Alternativas existentes

Dada a recente consciencialização do impacto ambiental negativo que advém da produção e utilização massiva do plástico, especialmente do plástico de uso único, como é o caso do filme extensível plástico de PEBD e PELBD, foram surgindo alternativas a este produto.

Apresentam-se a seguir quatro alternativas ao filme extensível plástico de PEBD e PELBD encontradas para acondicionamento de cargas em paletes. De realçar que os dados quantitativos apresentados abaixo têm como base uma paleta de dimensões semelhantes a uma europalete : 120 cm de comprimento, 80 cm de largura e com carga de 163cm de altura [26].

2.4.1. Capa

As capas, utilizadas para acondicionamento de cargas em paletes, podem ser constituídas por PP ou PE. Este produto funciona como uma grande cobertura que é, por norma, segura com fortes fivelas de plástico ou de metal (Figura 2-6).



Figura 2-6: Exemplo de uma capa para acondicionamento de cargas em paletes [27].

Deste modo, a tensão criada pelo ajuste da capa ajuda a proteger e a estabilizar a carga. Referencia-se um custo deste produto de 32,60€/palete, [26]. As capas são consideradas leves, têm uma boa resistência aos danos em transporte e aos raios UV. Devido à sua natureza reutilizável, reporta-se que tem uma vida útil de 3 a 4 anos [28], o que reduz custos que estariam associados à aquisição de novo material e às operações de gestão de resíduos após utilização. O facto de ser composta por um material mais rígido proporciona uma maior segurança no acondicionamento de cargas em comparação com o filme extensível plástico de PEBD e PELBD. As duas únicas características da capa que podem ser consideradas desvantagens são: a pouca maleabilidade, que leva a que seja necessário realizar uma montagem cuidadosa de cargas em paletes para que se possa colocar a capa de forma eficiente; e, a diminuta adaptabilidade a diferentes dimensões da carga, por exemplo, uma paleta com cargas mais altas vai automaticamente precisar de uma capa maior do que uma paleta com cargas mais baixas, o que sugere a necessidade de diferentes tipos de capas que se adaptem a diferentes tipos de cargas.

2.4.2. Adesivo

O adesivo é um método que pode ser aplicado sozinho ou em conjunto com, por exemplo, filme extensível plástico de PEBD e PELBD. Este adesivo é uma substância química produzida à base de água e não tóxica que é aplicada nas extremidades das caixas que contêm mercadoria (Figura 2-7A); estas caixas são depois colocadas umas em cima das outras onde o adesivo funciona como uma espécie de cola, unindo-as (Figura 2-7B). O custo associado a este método está reportado como o mais baixo de todos os métodos considerados na presente dissertação, sendo 0,15€/palete [26]. Os adesivos foram especialmente concebidos para impedir que as mercadorias deslizem durante o transporte.

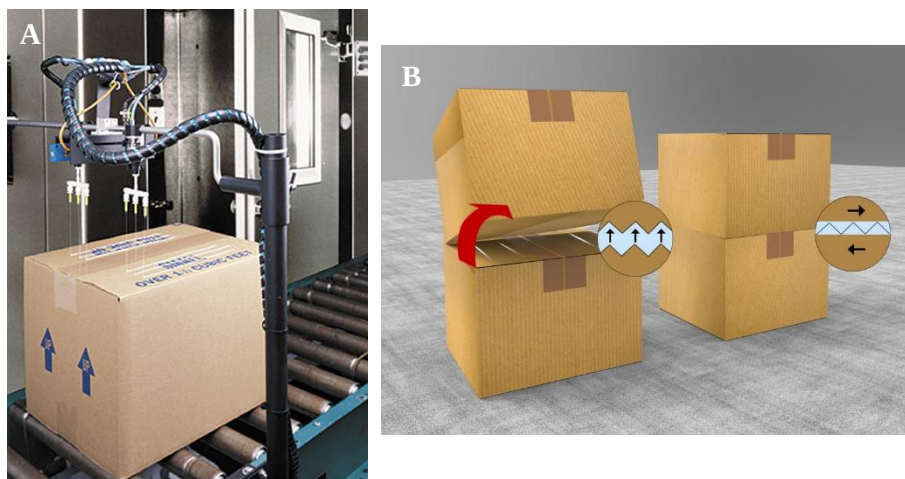


Figura 2-7: Aplicação do adesivo em caixas (A)[29] e posterior encaixe de caixas (B) [30].

Estes adesivos não deixam resíduos pegajosos e permitem que os utilizadores separem as mercadorias facilmente, não provocando estragos nas mesmas [31] [32]. Este método tem a particularidade, tal como a capa, de reduzir custos no que toca a operações de gestão de resíduos pois o adesivo é aplicado na embalagem onde vão as mercadorias, como por exemplo, em caixas de cartão. Relativamente às caixas de cartão usadas para transportar as cargas ou qualquer outro tipo de embalagem utilizada que possa ser reciclada após o seu uso, o adesivo não deixa resíduos visíveis ou pegajosos que possam rasgar a embalagem onde vão as cargas ou impedir que esta possa ser reciclada, como é o caso das caixas de cartão ou qualquer outro tipo de embalagem utilizada e que tenha como opção de destino a reciclagem [32].

Contudo, o adesivo não é um produto reutilizável e não é aplicável a todo o tipo de cargas. Por exemplo, latas de tinta seriam uma tipologia de carga onde esta solução não seria aplicável, pois o adesivo não iria aderir à superfície da lata, dado que esta é composta, normalmente, por aço ou alumínio. É de acrescentar também que em certas aplicações ainda é necessário o uso combinado com filme extensível plástico para garantir a proteção necessária da carga.

2.4.3. Rede

As redes podem ser feitas de vários materiais, sendo que os mais comuns são o polipropileno de alta tenacidade (PPAT), o PP, o nylon e o PE. As redes podem ter vários tamanhos e formas consoante o tamanho da paleta que queremos transportar, além de uma variedade de diâmetros de corda e de tamanhos de malha. A aplicação deste método é semelhante à capa, sendo que a única diferença está no método como a rede é segura. Para segurar a rede são normalmente utilizados ganchos encaixados na paleta e agarrados à rede (Figura 2-8).



Figura 2-8: Exemplo de uma rede [33].

O custo associado a este método está reportado em 68,45€/paleta, sendo que apresenta ser o método mais caro em comparação com todos os outros métodos considerados na presente dissertação [26]. Estas redes podem ser reutilizadas inúmeras vezes durante o seu tempo de vida útil que é, em média, 5 anos [34], o que reduz custos no que toca a operações de gestão de resíduos. Ao contrário da capa, as redes têm uma maior maleabilidade, o que permite alguma flexibilidade no que toca à sua aplicação, ou seja, a montagem das cargas não precisa de ser tão cuidadosa quanto seria para a colocação da capa. No entanto, este método de acondicionamento fornece menos proteção do que a capa e o filme plástico, pois não é impermeável, não protege contra os raios UV nem contra a ocorrência de furtos, visto que é sempre possível ver a carga que está a ser transportada.

2.4.4. Cinta

As cintas foram uma das primeiras soluções para o acondicionamento de cargas em paleta e, em certas indústrias, as cintas plásticas e de aço continuam a ser as alternativas ao filme plástico extensível [35]. Os materiais mais comumente utilizados para produzir cintas plásticas são o PP, o poliéster, o nylon e o PE [36]. A aplicação das cintas é maioritariamente realizada por compressão vertical, e, normalmente, estas incluem uma peça onde se pode ajustar a tensão (Figura 2-9).



Figura 2-9: Aplicação do método das cintas: em paleta (A) [37] peça utilizada para ajuste de tensão da cinta (B) [38].

Porém, não é aconselhável a aplicação deste método em cargas que requerem compressão horizontal, embora, às vezes, as cintas possam ser utilizadas em conjunto com o filme plástico extensível nesses casos. O custo deste método está reportado em 1,63€/palete, facto que o coloca em terceiro lugar dentre os apresentados na escolha do melhor método no que toca ao aspeto económico, após o adesivo e o filme plástico [26]. Este método tem também a vantagem de redução de custos em operações de gestão de resíduos, visto que as cintas podem ser reutilizadas várias vezes durante 2 a 4 anos, que corresponde ao seu tempo de vida útil [39]. Contudo, as cintas fornecem menos proteção do que a capa e o filme plástico pelas mesmas razões anteriormente referidas para o caso das redes.

2.4.5. Comparação de alternativas com filme extensível plástico de PEBD e PELBD

A realização da comparação, de forma eficaz e competente, das alternativas acima apresentadas com o filme extensível plástico de PEBD e PELBD dependeria de vários fatores, sendo estes [35]:

- A mercadoria a transportar: o peso; a unidade de embalagem, ou seja, a embalagem onde vão contidas as mercadorias (por exemplo, caixas de cartão); se é necessário contenção vertical ou horizontal ou ambas;
- O custo associado à carga dos produtos considerados, ou seja, o custo da quantidade de material de embalagem necessário;
- Políticas e leis aplicadas à utilização de equipamentos;
- Disponibilidade local de materiais, peças e serviços;
- Rapidez de aplicação;
- Natureza do transporte (aéreo, fluvial ou térreo, e em que tipo de veículos);
- Preferência do utilizador.

Todavia, na impossibilidade de realizar uma comparação de forma como acima descrita, realizou-se uma comparação utilizando as informações disponíveis que se apresenta compilada na Tabela 2-4.

Tabela 2-4: Comparação entre as principais características de cada método para acondicionamento de cargas em paletes.

Método Características	Filme extensível plástico	Cintas	Adesivos	Redes	Capas
Material constituinte	PEBD e PELBD	PP, poliéster, nylon e PE	Substância química	PPAT, PP, nylon e PE	PP e PE
Tempo de vida útil	Horas ou dias ¹	2 a 4 anos	Horas ou dias ¹	5 anos	3 a 4 anos
Custo (euros/paleta)²	0,38	1,63	0,15	68,45	32,60
Facilidade de aplicação	Sim	Sim	Sim	Sim	Não
Impermeabilidade	Sim	Não	Não	Não	Sim
Proteção aos raios UV	Sim	Não	Não	Não	Sim
Proteção da integridade da carga	Sim	Sim	Não	Sim	Sim
Proteção contra ocorrência de furtos	Sim, se opaco	Não	Não	Não	Sim
Maleabilidade	Sim	Sim	Não	Sim	Não
Reciclável	Sim	Não	Não	Sim	Sim

¹ Como são produtos de uso único não é possível saber em concreto qual o seu tempo de vida útil, mas dado que servem apenas para uma aplicação, o seu tempo de vida útil deve estar entre horas a dias, dependendo de quanto tempo dura o serviço pretendido.

² A informação utilizada está apresentada num estudo de Christian Guirola, no ano de 2010 [26] e a conversão de dólar/euro utilizada foi a de dia 30/06/2010, respetivamente 1 euro = 1,2271 Dólar Americano.

Analisando a Tabela 2-4, de uma forma geral, o melhor método, segundo as características escolhidas, aparenta ser a capa, seguida pela rede. Apesar de o preço nestes dois métodos ser bastante mais elevado relativamente aos outros, é de certa forma compensado pelo seu tempo de vida útil. O preço pode também ser alterado se, porventura, se considerasse uma matéria-prima mais barata para a sua produção, como por exemplo o aproveitamento de um resíduo ou de um subproduto resultante de uma atividade industrial. Comparando agora a rede com a capa, é possível afirmar que a capa possui algumas características importantes relativamente à rede, nomeadamente a impermeabilidade, proteção contra os raios UV e proteção quanto a ocorrência de furtos, por outro lado a rede possui uma maior maleabilidade, maior facilidade de aplicação e pode ser produzida por mais tipos de materiais, o que pode ser de extrema relevância ao propiciar um maior leque de escolhas, caso se considere encontrar um resíduo ou subproduto em alternativa à matéria-prima virgem utilizada.

É importante, contudo, referir que no aspeto económico o método mais vantajoso seria o adesivo seguido do filme plástico extensível, porém sendo que a presente dissertação tem como objetivo encontrar uma alternativa ao filme extensível plástico e o adesivo não possui nenhuma das características analisadas, descartou-se desde já o método do adesivo. As cintas, por sua vez, também seriam um dos métodos alternativos a considerar, todavia apresentam a presença de apenas três características, nomeadamente a maleabilidade, a proteção da integridade da carga e a facilidade na sua aplicação, e, também, comparativamente à rede, as cintas apresentam um tempo de vida útil menor, apesar do baixo custo associado. É importante notar que todos os preços apresentados para as alternativas têm como fonte um estudo efetuado nos EUA no ano de 2010 e que por isso deverão apresentar algumas diferenças quando comparados com preços para o ano atual, 2020, e para Portugal. Analisando principalmente o valor apresentado para o preço das cintas é necessário referir que, face à realidade de Portugal, o preço pode remeter para cintas plásticas de uso único que não é o objeto de estudo da presente dissertação.

Assim, tendo em conta a informação apresentada na Tabela 2-4, com vista ao desenvolvimento de um produto alternativo ao filme extensível plástico é pertinente considerar um produto semelhante à rede ou à capa, visto que ambas apresentam as características mais favoráveis e adequadas, comparativamente aos outros métodos considerados.

Analisando as conclusões apresentadas, surge, então, a seguinte questão: “Se o filme extensível plástico pode globalmente não ser a melhor alternativa, porque será a opção mais comumente escolhida?”. Esta questão pode ser respondida através dos fatores que as empresas normalmente consideram para realizar uma escolha destas. De acordo com a literatura, são eles [35]:

- Custo (equipamentos, mão de obra, manutenção);
- Velocidade de aplicação;
- Quantidade de resíduos gerada, com afetação ambiental e económica;
- Danos no produto durante o transporte.

O facto é que o filme extensível plástico oferece, aparentemente, a melhor combinação desempenho / preço. Normalmente, as empresas consideram as alternativas apresentadas apenas para enfrentar um desafio específico, como alto custo, alta quantidade de desperdício ou de produção, danos ao produto durante o transporte ou o impacto ambiental associado [35].

2.4.6. “An Alternative to Stretch Wrap Using Triple Bottom Line”, de Christian Guirola, 2010

Como exposto no título, este subcapítulo destina-se a apresentar informação do estudo “*An Alternative to Stretch Wrap Using Triple Bottom Line*” publicado no ano de 2010 e realizado por Christian Guirola na *California Polytechnic State University*, que faz uma comparação das alternativas consideradas do ponto 2.4.1. ao ponto 2.4.4. com o filme extensível plástico de PEBD e PELBD, sendo, por isso, de grande interesse a sua exploração no âmbito da presente dissertação [26]. Realça-se que os dados quantitativos apresentados previamente relacionavam-se já com este estudo, relativos como a paletes de dimensões semelhantes a uma europalete.

O estudo é realizado através de uma abordagem denominada tripé da sustentabilidade, em inglês *Triple Bottom Line*, que tem como base que a sustentabilidade é formada por um tripé constituído por três grandes pilares, o ambiental, o social e o económico, onde cada um deverá estar ligado com os restantes, de forma bem definida (Figura 2-10).



Figura 2-10: Esquema do tripé da sustentabilidade considerado no estudo [40].

Foram realizadas várias etapas pelo autor para selecionar o método mais sustentável de acondicionamento de cargas em paletes. A primeira etapa foi a seleção dos métodos mais comumente utilizados para esta atividade, nomeadamente filme extensível plástico, capa, adesivo, rede e cinta. Após seleção de cada método, considerou-se diferentes parâmetros para cada pilar de forma a conseguir realizar uma comparação eficiente de todos os métodos em todos os pilares. Os parâmetros considerados foram os mais relevantes dentro de uma infinita variedade de parâmetros existentes dentro de cada pilar [26]. Apresentam-se a seguir os parâmetros considerados para cada pilar, assim como os resultados mais relevantes a reter dentro do estudo efetuado.

SOCIAL

Este pilar envolve principalmente a responsabilidade social. Isso inclui práticas seguras de trabalho, respeito pelos outros e promoção de felicidade dentro da comunidade [26].

Os parâmetros selecionados para analisar qual o método com o menor impacto social foram: a quantidade de gases libertados para atmosfera; a toxicidade humana; a facilidade na aplicação e os impactos na saúde. Para melhor compreensão, destaca-se que: i) os valores para a quantidade de gases libertados para atmosfera apresentam a quantidade de gases libertados durante a produção do material utilizado; ii) a toxicidade humana apresenta a toxicidade de cada material usado em cada método.; iii) a facilidade na aplicação apresenta quanto tempo (em minutos) o operador levaria

para aplicar o método apenas numa palete; e iv) para os impactos na saúde apresentam-se os fatores humanos por detrás de cada método, como por exemplo as condições de trabalho concedidas aos operadores em cada método [26].

Devido à falta de dados quantitativos dos parâmetros acima descritos, os dados foram apresentados de forma qualitativa e com base em estimativas e conhecimento adquirido durante a pesquisa do autor [26].

Neste pilar destacam-se três métodos que são, por ordem de preferência: o adesivo, o filme extensível plástico aplicado automaticamente e a capa.

AMBIENTAL

Este pilar considera possíveis alterações no meio ambiente e como este é afetado [26].

Os parâmetros selecionados para analisar qual o método com o menor impacto ambiental foram: a quantidade de resíduos produzidos; a quantidade de recursos naturais utilizados para produção; a energia necessária para unitização das cargas; a pegada de carbono e a quantidade de material reciclado. Para melhor compreensão, destaca-se que: i) a quantidade de resíduos produzidos representa a quantidade de material que é desperdiçado após cada utilização; ii) como o petróleo é uma das principais matérias-primas usadas para produzir plástico, foi calculado o número de barris de petróleo necessários para produzir o material de cada método, iii) a energia necessária para unitização das cargas representa a quantidade de joules necessários para aplicar cada método numa palete; iv) a pegada de carbono apresenta a quantidade de CO₂ libertada no meio ambiente durante a produção de cada material para os diferentes métodos; v) a quantidade de material reciclado apresenta a quantidade material de cada método que seria realmente reciclado [26]. Todos os parâmetros para este pilar, de acordo com o autor, foram calculados para um total de 22000 paletes.

Neste pilar é importante frisar que todas as alternativas ao filme plástico, com exceção do adesivo, apresentam elevados valores para a quantidade de produção de resíduos e de recursos naturais utilizados, no entanto, contrariamente ao que seria expectável, a quantidade de energia necessária para unitização das cargas é mais baixa para as alternativas do que para o filme plástico, por ventura dependente dos métodos de aplicação, embora a justificação não esteja apresentada no estudo. É de notar que tanto a pegada de carbono como a quantidade de resíduos reciclados apresentam valores elevados nas alternativas consideradas comparativamente ao filme plástico, porque é necessário muito mais material para produzir as alternativas do que para produzir o filme plástico, indo ao encontro com o *downgauge* que é apresentado como uma característica vantajosa do material alvo da presente dissertação.

Neste pilar destacam-se três métodos que são, por ordem de preferência: o adesivo, o filme extensível plástico aplicado automaticamente e manualmente e a capa.

ECONÓMICO

Este é o pilar da abordagem que se concentra na viabilidade económica da aplicação de cada método de embalamento, nomeadamente no crescimento económico associado [26].

Para selecionar o método com o menor impacto económico, certos parâmetros foram usados para realizar a comparação entre eles, são estes: o custo do produto; o número de reutilizações; o tempo de trabalho utilizado na aplicação de cada método e o custo diário. Para melhor compreensão, destaca-se que: i) o custo do produto consistiu no preço de venda real de cada método de acondicionamento; ii) o número de reutilizações, apresenta número de vezes que

o método pode ser utilizado antes de ser descartado; iii) o tempo de trabalho ilustra quantas paletes podem ser totalmente embaladas por hora [26]; iv) o custo diário apresenta a junção de custos que são necessários para utilizar cada método diariamente.

Analisando os parâmetros considerados e os valores obtidos para cada um, verifica-se, como era expectável, que o custo de produto é muito mais baixo para o filme plástico do que para as alternativas consideradas, com exceção do adesivo. Contudo, o filme plástico apresenta um custo diário muito mais elevado do que qualquer uma das alternativas em questão. Isto pode talvez ser explicado pela quantidade de energia que é necessária para a aplicação de cada método. No que toca ao número de utilizações, claramente as alternativas, com exceção do adesivo, apresentam um número bastante elevado em comparação com o filme plástico, visto que este não pode ser reutilizado.

Neste pilar destacam-se três métodos que são, por ordem de preferência: a capa, as cintas e o filme extensível plástico aplicado automaticamente.

Após determinação dos parâmetros para cada pilar e estabelecimento de valores representativos de cada parâmetro, o autor, elaborou uma tabela de avaliação e comparação de cada método. Esta tabela apresenta para cada parâmetro um sistema de pontos com uma escala de 1 a 6 onde 1 representa a avaliação mais baixa e 6 a avaliação mais alta (melhor produto), tendo atribuído um igual peso relativo a cada parâmetro dos três pilares. Isto permitiu ter no final uma pontuação para cada material. Com a ajuda da análise apresentada na Tabela 2-5 pôde-se chegar à conclusão de qual seria o método de embalagem mais vantajoso, de acordo com a abordagem do tripé da sustentabilidade e os critérios definidos.

Tabela 2-5: Apresentação da pontuação final para cada método de embalagem e para cada parâmetro (adaptado de: Christian Guirola [26])

VERTENTE ECONÔMIC A		Filme extensível plástico		Cintas	Adesivos	Redes	Capas
		Aplicado manualmente	Aplicado automaticamente				
Método	Peso atribuído						
Parâmetro							
Custo (dólares/paleta)	7,69%	4	5	3	6	1	2
Número de utilizações	7,69%	1	1	2	1	3	4
Tempo de trabalho (paletes/hora)	7,69%	1	5	2	1	3	4
Custo diário (dólares)	7,69%	2	1	6	3	4	5

VERTENTE AMBIENTAL		Aplicado manualmente	Aplicado automaticamente	Cintas	Adesivos	Redes	Capas
Método	Peso atribuído						
Parâmetro							
Produção de resíduos (kg)	7,69%	4	5	3	6	2	1
Recursos naturais utilizados (nº de barris de petróleo)	7,69%	4	5	2	6	1	3
Energia utilizada para acondicionar cargas (MJ)	7,69%	2	1	3	6	5	4
Pegada de carbono (kgCO ₂)	7,69%	4	5	2	6	1	3
Quantidade reciclada (kg)	7,69%	3	2	4	1	5	6

VERTENTE SOCIAL		Aplicado manualmente	Aplicado automaticamente	Cintas	Adesivos	Redes	Capas
Método	Peso atribuído						
Parâmetro							
Toxicidade humana	7,69%	3	3	3	6	3	3
Libertação de gases	7,69%	5	5	1	6	3	5
Facilidade de uso	7,69%	2	4	5	5	5	5
Impactos na saúde	7,69%	3	5	4	5	3	3
PONTUAÇÃO	100,0%	2,923	3,615	3,076	4,461	3,000	3,692

Observando a Tabela 2-5, de acordo com o estudo realizado e contrariamente à conclusão obtida no subcapítulo 2.4.5 da presente dissertação, o adesivo foi considerado o método mais sustentável para acondicionamento de cargas em paletes. De realçar que o autor estabeleceu um peso equitativo para todos os parâmetros avaliados. De todos os dados quantificáveis exibidos, o adesivo apresentou os valores mais favoráveis para cada um dos pilares, seguido pelo método da capa. O autor conclui que, com base nos resultados obtidos, é possível recomendar que as paletes sejam embaladas com adesivo e com as capas para suporte extra. Subentende-se, assim, que perante este estudo, o uso de adesivos em conjunto com capas seria uma alternativa sustentável relativamente ao filme plástico, peso embora se trata da utilização de dois produtos. A implementação deste novo método pode enfrentar alguns obstáculos, tais como: a formação do operador; a quantidade de adesivo e de capas a serem adquiridas e a elaboração de um sistema de recuperação das capas

utilizadas nas paletes, ou seja, perceber de que forma serão devolvidas as capas à empresa detentora destas após o seu uso no transporte. Algumas das desvantagens associadas ao uso deste novo método – com os dois produtos - são que nem todas as cargas têm o tamanho, peso ou forma necessários para uma eficiente aplicação do método e a sua suscetibilidade ao clima que, dependendo das condições ambientais em que as paletes são armazenadas, este possivelmente não funcionaria com todo o seu potencial [26].

Contudo, podem ser feitos ajustes futuros nos resultados, alterando os pesos relativos de cada parâmetro dos três pilares. Para os cálculos no estudo apresentado, cada parâmetro recebeu uma percentagem igual de peso, mas dependendo do interesse de uma determinada atividade, esses valores podem ser alterados dependendo da importância dada a cada parâmetro em cada pilar [26]. É possível também perceber que, tendo em conta a sugestão anteriormente referida de considerar um resíduo ou subproduto em alternativa à matéria-prima virgem utilizada para produção do material associado a cada método, talvez a pontuação da capa, da rede e das cintas mudasse significativamente, nomeadamente no pilar ambiental, dado que os recursos naturais utilizados seriam muito menores o que reduziriam significativamente todos os outros parâmetros.

Em conclusão, afirma-se que o filme plástico não é o método mais sustentável comparativamente às alternativas em questão. Apresenta-se, consequentemente, o adesivo, a capa e a rede como potenciais alternativas mais sustentáveis, dando especial interesse à capa e às redes, porque apresentam custos diários mais baixos e uma potencial diminuição de impacto ambiental negativo nos valores considerados neste estudo, caso se considerasse um resíduo ou subproduto em alternativa à matéria-prima virgem utilizada para produzir estes materiais.

3. Alternativas ao Filme Extensível Plástico de PELBD e PEBD – Avaliação dos requisitos do mercado

3.1. Metodologia

Com o intuito de desenvolver e colocar no mercado um novo produto substituto do filme extensível plástico de PEBD e PELBD, utilizado para o acondicionamento de cargas em paletes, torna-se necessário apurar o interesse do utilizador numa alternativa, assim como as características que se consideram essenciais nesta.

Como apresentado no Capítulo 1 da presente dissertação, o plástico apresenta, atualmente, desvantagens ambientais associadas à sua utilização, principalmente os plásticos de uso único, como é o caso do filme extensível plástico. Para o efeito, definem-se os seguintes objetivos relativamente à avaliação dos requisitos do mercado:

- Caracterização da situação atual;
- Avaliação da predisposição das entidades para utilizarem uma alternativa ao filme extensível plástico de PEBD e PELBD;
- Determinação das características que se consideram relevantes para essa alternativa.

Com vista à prossecução dos objetivos delineados, numa primeira instância definiu-se a população-alvo como sendo todas as empresas a operar em Portugal que utilizam filme extensível plástico de PEBD e PELBD para acondicionamento de cargas em paletes no âmbito das suas atividades. A identificação das empresas foi realizada através do seu Código de Atividade Económica (CAE). Os CAE considerados estão presentes no Anexo A.2. Utilizou-se o método de amostragem não aleatória por conveniência [41], ou seja, em que não existe um mecanismo que determine rigorosamente a amostra sendo a seleção dos elementos da população determinada pelo julgamento do ser humano. O facto de ser por conveniência significa que foram selecionados os elementos que são tidos como mais acessíveis, sendo essa escolha comumente feita pelo entrevistador.

A principal vantagem deste método destaca-se na facilidade da sua aplicação quando comparado aos restantes, mas com a desvantagem da amostra não ser completamente representativa da população e de que possam haver alguns erros nas estimativas, pelo que as extrapolações dos resultados deverão ser feitas de forma cuidadosa. Este tipo de amostragem é comumente usado em contexto académico.

O cálculo do número de elementos (n) que contém a amostra é bastante importante, dado que não se pode fazer uma avaliação adequada do mercado sem conhecer a dimensão mínima da amostra a obter. Quando o método de amostragem utilizado é não aleatório a determinação do tamanho da amostra pode ser realizada de três formas [42]:

1. Decidir a dimensão da amostra tendo em conta o orçamento disponível para o estudo e os custos envolvidos;
2. Adotar a dimensão já utilizada, com sucesso, em estudos anteriores das mesmas características;
3. Utilizar fórmulas apresentadas para as amostras aleatórias, sendo a dimensão assim obtida meramente indicativa.

Tendo em conta os objetivos da presente dissertação e a existência de escassa informação que impossibilita a escolha de adotar o caminho apresentado no ponto 2, optou-se por seguir o caminho apresentado no ponto 3. Posto isto, a fórmula utilizada no presente estudo de mercado foi a referente a amostragem aleatória simples. A fórmula que permite calcular a dimensão da amostra para uma amostragem aleatória simples é a seguinte (equação (3-1)) [42]:

$$n = \frac{N \times Z^2 \times p \times (1 - p)}{(N - 1) \times e^2 + Z^2 \times p \times (1 - p)} \quad (3-1)$$

n – Número de elementos da amostra

N – Tamanho da população

Z – Nível de confiança

p – Constante definida pela distribuição da população

e – Erro amostral

O tamanho de população foi definido de acordo com a informação obtida durante a recolha de dados, ou seja, foi calculado pela soma da quantidade total de empresas existentes em Portugal no ano 2018 com os diversos CAE das empresas que foram contactadas durante o estudo (Tabela A.2. - 1), correspondente a 365 199. O nível de confiança decidiu-se que seria 95%, o que representa na presente equação o valor de 1,96. O erro amostral encontra-se, comumente, entre os 2% e 5%, contudo, optou-se por se considerar um erro amostral de 10%. Considerou-se que este valor de erro amostral (10%), não alteraria significativamente a eficiência do cálculo e proporcionaria um tamanho de amostra mais realista, tendo em conta o contexto em que está inserido. A constante p é usualmente considerada igual a 0,5, o que maximiza a variância da população, conduzindo a um n maior do que o necessário, de modo a elevar a precisão do cálculo [42]. Tendo todos os parâmetros definidos é possível calcular o valor necessário para o tamanho de amostra (equação (3-2)), obtendo-se o valor de 96.

$$n = \frac{365199 \times 1,96^2 \times 0,5 \times (1 - 0,5)}{(365199 - 1) \times 0,10^2 + 1,96^2 \times 0,5 \times (1 - 0,5)} = 96 \quad (3-2)$$

Mesmo que o tamanho mínimo de amostra seja de 96, seria vantajoso obter um tamanho maior dado que, de acordo com o método de amostragem utilizado para o cálculo anterior, a amostra será tanto mais representativa da população em estudo quanto maior for o seu valor [41]. Por este motivo, foi feito um esforço para se obter uma quantidade de respostas maior do que o tamanho de amostra obtido. O Anexo A.2 explicita informações relativamente ao cálculo anterior (equação (3-2)).

De seguida, foi realizado um questionário. Uma vez que o questionário deve ser elaborado por forma a minimizar o erro de resposta, encontram-se definidas algumas regras para garantir a qualidade dos questionários [43]:

- Seguir uma sequência lógica de perguntas, em que as iniciais são mais fáceis e estimuladoras de atenção e as finais mais complexas ou de carácter pessoal;
- Evitar colocar perguntas sobre generalidades (devem ser sobre temas ou questões concretas e objetivas);
- Fazer questões simples e objetivas, ou seja, evitar a utilização de palavras ou expressões ambíguas ou imprecisas;
- Evitar colocar perguntas íntimas;
- Evitar colocar perguntas com mais do que um dado ou elemento de resposta;
- Fazer perguntas sobre temas próximos no tempo e facilmente recordáveis;
- Evitar perguntas que possam induzir ou sugerir a resposta.

O processo de elaboração de um questionário contém uma série de passos que funcionam como orientações, apresentados na Figura 3-1.

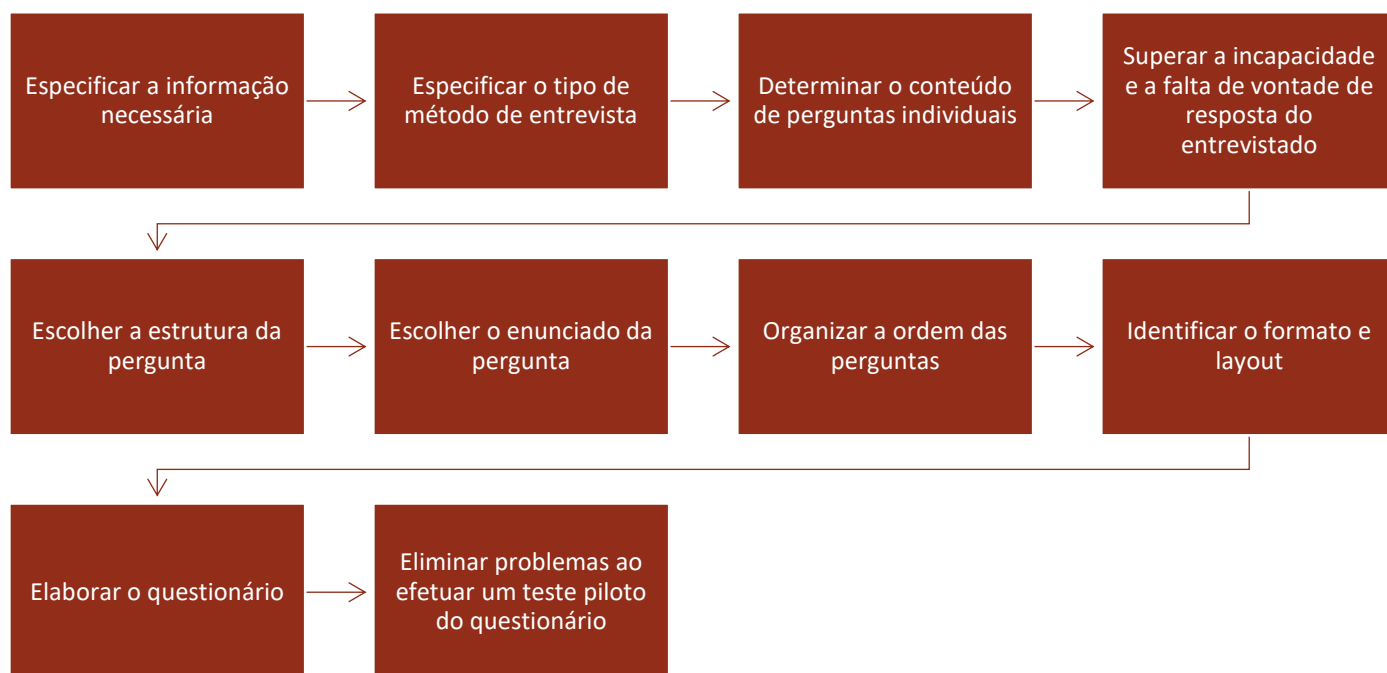


Figura 3-1: Passos do processo de elaboração de um questionário (adaptado de: Naresh K. Malhotra, et al [41])

A elaboração do questionário seguiu os passos anteriormente apresentados, salientando-se a preocupação em obter um questionário organizado, com um seguimento lógico e de fácil interpretação. Para que fosse possível, através do questionário, dar resposta aos objetivos inicialmente estabelecidos para este estudo de mercado, definiu-se primeiramente a informação que se pretendia obter através deste e qual o conteúdo de cada pergunta necessária para o efeito. Incluiu-se no questionário informações claras relativamente ao objetivo de estudo, aumentando a capacidade do inquirido responder de forma clara e informada. Sempre que necessário, acompanharam-se as questões das respetivas instruções de resposta. A versão final do questionário era composta por 22 questões, na sua maioria estruturadas (com opções de resposta), mas nem todas de resposta obrigatória.

O questionário dividia-se, essencialmente, em quatro grupos de questões, como apresentado na Tabela 3-1. O primeiro grupo pretendia recolher informações relativas à expedição de cargas em paletes, nomeadamente tipologia de carga, quantidade de paletes enviadas, material utilizado para o acondicionamento e necessidades de compra do produto. O segundo grupo pretendia apurar qual o tipo de carga recebida e como era feita a gestão dos resíduos gerados. As questões do terceiro grupo tinham como objetivo avaliar o interesse dos inquiridos em substituir o filme plástico extensível por um material reutilizável com menor impacto ambiental e perceber quais as características que o novo produto teria de garantir para essa substituição ser equacionada. Por fim, o quarto grupo pretendia recolher informação relativamente à atividade da entidade e dar espaço à colocação de questões ou sugestões relativas ao trabalho em curso.

Ao longo da construção do questionário, essencialmente no que refere ao filme plástico, foi necessário realizar alguma pesquisa sobre a sua aquisição (contactos com fornecedores e consulta de vendas de produtos), como é vendido, em que dimensões ou medidas, assim como identificar as principais características deste, para que o resultado constituísse um questionário lógico e cujas perguntas não gerassem dúvidas de interpretação ao entrevistado.

Tabela 3-1: Organização do questionário

G	Q	Pergunta
Grupo 1	1	No âmbito das atividades de expedição, a sua empresa recorre ao envio de mercadorias em palete?
	2	Que tipologias de carga é que a sua empresa envia?
	3	Qual o número médio mensal de paletes enviadas pela sua empresa (unidades/mês)?
	4	No processo de escolha do material para o acondicionamento das cargas em palete há várias características a ter em conta. Considere as abaixo mencionadas e classifique-as de acordo com a relevância que lhes atribui no âmbito da atividade da sua empresa.
	5	Qual o material que a sua empresa utiliza com mais frequência para o acondicionamento das cargas que são enviadas em palete?
	6	Qual o custo médio mensal da empresa com a compra do material de acondicionamento (euros/mês)?
	7	Habitualmente a sua empresa adquire o filme plástico em:
	8	Qual o comprimento de cada rolo (em metros)?
	9	Qual a largura de cada rolo (em milímetros)?
	10	Qual o número médio de rolos adquiridos por mês (unidades/mês)?
	11	Qual a quantidade adquirida por mês (quilograma/mês)?
Grupo 2	12	A sua empresa recebe (ex. de fornecedores), cargas em palete acondicionadas com filme plástico?
	13	Que tipologias de carga é que a sua empresa recebe?
	14	Resultante das cargas recebidas, qual a quantidade média de filme plástico que é descartada mensalmente como resíduo (quilogramas/mês)?
	15	Como são geridos os resíduos do material de acondicionamento?
	16	Existem benefícios ou encargos financeiros relacionados com o encaminhamento dos resíduos?
Grupo 3	17	Caso existisse uma alternativa ao filme plástico que fosse ao encontro das necessidades da sua empresa, mas com menor impacte ambiental, estaria disponível para utilizá-la?
	18	Imagine que a alternativa referida na questão anterior era um produto reutilizável (i.e., poderá ser utilizado múltiplas vezes para o mesmo fim). Considera que a sua empresa estaria disposta a optar por esta solução, apesar de o custo inicial de aquisição poder ser superior?
	19	Das características abaixo mencionadas, quais considera mais relevantes que sejam garantidas num produto alternativo ao filme plástico para acondicionamento de cargas em paletes? Selecione as três opções que considera mais relevantes.
Grupo 4	20	Indique o CAE principal da sua atividade.
	21	Indique, por favor, a sua função na empresa:
	22	Caso tenha alguma questão ou sugestão relativamente ao acondicionamento de cargas em paletes e ao estudo em questão, por favor utilize o espaço que se segue.

O questionário, com todos os passos lógicos considerados, encontra-se disponível no Anexo A.5.

Existem vários métodos para realizar uma entrevista (inquérito), como observável na Figura 3-2, e a sua escolha é de extrema importância, pois determina se a recolha de dados vai ser ou não bem-sucedida, assim como se as respostas à entrevista serão ou não efetuadas da melhor forma.

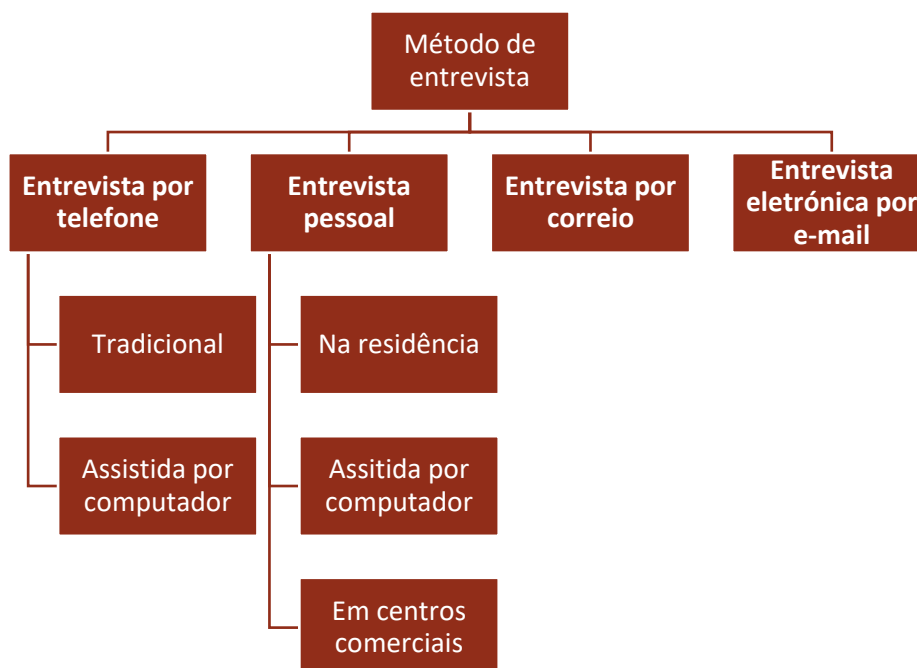


Figura 3-2: Esquema demonstrativo dos diferentes métodos de entrevista (adaptado de: Maria Cristina Grilo Fialho, 2013)

O método utilizado no presente estudo foi o método de entrevista eletrónica por e-mail, tendo-se utilizado a plataforma *Microsoft Forms* para apresentar o questionário, uma vez que esta permite uma recolha sistematizada da informação. As principais vantagens associadas a este método prendem-se com os reduzidos custos associados e com a alargada cobertura geográfica que permite.

3.2. Discussão dos resultados

Houve a participação de 31¹ empresas no presente estudo. Dado que o número de contactos efetuados foi 309, a taxa de resposta foi de cerca de 10%. Dos 309 contactos efetuados, 160 foram realizados através da Associação Portuguesa de Empresas de Distribuição (APED)². A baixa taxa de resposta dever-se-á não à falta de interesse por parte das empresas ao tema do questionário, mas sim, muito provavelmente, à situação de pandemia mundial em que a presente dissertação se enquadra, e que fez com que muitas empresas tivessem de alterar o seu modo de funcionamento, minimizando a sua disponibilidade para resolução de questões externas, como a colaboração nesta tipologia de estudos.

Comparando o número de respostas obtido com o número mínimo de amostra calculado anteriormente, no subcapítulo 3.3.1.3. da presente dissertação, repara-se que de 96 respostas necessárias, obteve-se 31 respostas representando cerca de um terço do tamanho mínimo de amostra.

¹ No Anexo A.2 apenas estão presentes CAE para 30 empresas porque uma das empresas entrevistadas não respondeu diretamente à pergunta.

² A APED é uma associação constituída por um conjunto de empresas do setor retalhista, grossista e comércio eletrónico, e tem como objetivo encontrar soluções construtivas para melhorar a competitividade do setor em questão e da economia nacional.

Começando por fazer uma análise da tipologia de empresas que responderam ao questionário (Tabela A.3 - 1 e o gráfico apresentado na Figura A.3. - 1 do Anexo A.3) percebe-se que, nestas 31 respostas, houve uma grande variedade de empresas de diferentes CAE, apresentando, com maior expressão, em termos agrupados (cerca de 20% das respostas) empresas com o CAE igual a 20301 correspondente a “Fabricação de tintas (exceto impressão), vernizes, mastiques e produtos similares”, o que também estará associado à sua maior representatividade nos contactos gerais realizados. Os CAE 10912 e 11071 correspondentes a “Fabricação de alimentos para animais de criação (exceto para aquicultura)” e “Engarrafamento de águas minerais naturais e de nascente” respetivamente, representam, cada um, 7% das respostas e cada um dos restantes CAE representam apenas 3% das respostas, não sendo, por isso, possível estabelecer nenhum padrão associado ao peso das atividades económicas das empresas entrevistadas no conjunto de respostas obtidas. Pode-se afirmar, contudo, que o setor correspondente ao CAE igual a 20301 é um setor recetivo ao tema em estudo, infere-se que um motivo pode ser o facto de que as latas de tinta são normalmente transportadas em unidades e dada a composição do material constituinte das latas, estas podem facilmente romper o filme plástico e dar origem à quebra da integridade da carga durante o transporte. Embora os resultados obtidos para o presente questionário não devam ser extrapolados, entendem-se como satisfatórios para o objetivo da presente dissertação e respetivo enquadramento.

Apresenta-se, de seguida, a análise de cada pergunta do questionário.

Pergunta 1 - No âmbito das atividades de expedição, a sua empresa recorre ao envio de mercadorias em palete?

94% dos inquiridos (29) responderam afirmativamente, respondendo em sequência também às restantes questões.

Pergunta 2 - Que tipologias de carga é que a sua empresa envia?

A pergunta 2 era de resposta aberta. A Tabela 3-2, resume as tipologias de cargas que são enviadas pelas empresas inquiridas.

Tabela 3-2: Tipologias de cargas que são enviadas pelas empresas inquiridas (29) e respetivo número e % das respostas

Tipologia de carga	Nº de respostas	%¹
Vestuário	1	3,4
Garrafas de água ou refrigerantes	2	6,9
Produtos alimentares	3	10,3
Latas de tinta	4	13,8
Barris de Cerveja	1	3,4
Europaletes ou unidades	13	44,8
Cimento	2	6,9
Livros	1	3,4
Material de laboratório	1	3,4
Diversos	1	3,4

¹O somatório percentual pode não igualar a 100 devido a arredondamentos

É importante referir que, numa análise mais pormenorizada às respostas registadas nesta pergunta e aos CAE das respetivas empresas, deduziu-se que a pergunta deverá ter sido mal-interpretada pela maioria das empresas que

responderam que enviavam europaletes ou unidades (13), dado que o seu CAE não correspondia a essa tipologia de carga. Posto isto, fez-se uma revisão nas respostas das 13 empresas e elaborou-se uma nova tabela com as tipologias de carga associadas aos CAE de cada empresa -Tabela 3-3.

Tabela 3-3: Tipologias de cargas que são enviadas pelas empresas entrevistadas (29) de acordo com o respetivo CAE.

Tipologia de carga	Nº de respostas	%¹
Vestuário	1	3,4
Garrafas de água ou refrigerantes	3	10,3
Produtos alimentares	5	17,2
Latas de tinta	5	17,2
Barris de Cerveja	1	3,4
Europaletes ou unidades	1	3,4
Cimento	2	6,9
Livros	1	3,4
Material de laboratório, ortopédico, médico ou farmacêutico	3	10,3
Diversos	2	6,9
Mercadoria Perigosa	1	3,4
Alimentos para animais	2	6,9
Calçado	1	3,4
Produtos da pesca e da aquicultura	1	3,4

¹O somatório percentual pode não igualar a 100 devido a arredondamentos

Observando a Tabela 3-3, ainda que com alguma subjetividade dada a dimensão da amostra, pode-se concluir que nas empresas analisadas, as indústrias associadas aos produtos alimentares e às latas de tinta terão especial interesse na aquisição de um produto substituto ao filme plástico extensível, dado que cerca de 34% das empresas que responderam ao questionário efetuam a sua atividade nestas indústrias e as outras atividades são muito dispersas.

Pergunta 3 - Qual o número médio mensal de paletes enviadas pela sua empresa (unidades/mês)?

Com base nas respostas dos inquiridos elaborou-se cinco intervalos de valores para que se pudesse colocar cada empresa dentro de uma classe relativa ao número médio mensal de paletes enviadas. A Figura 3-3 apresenta o número de empresas por classe.

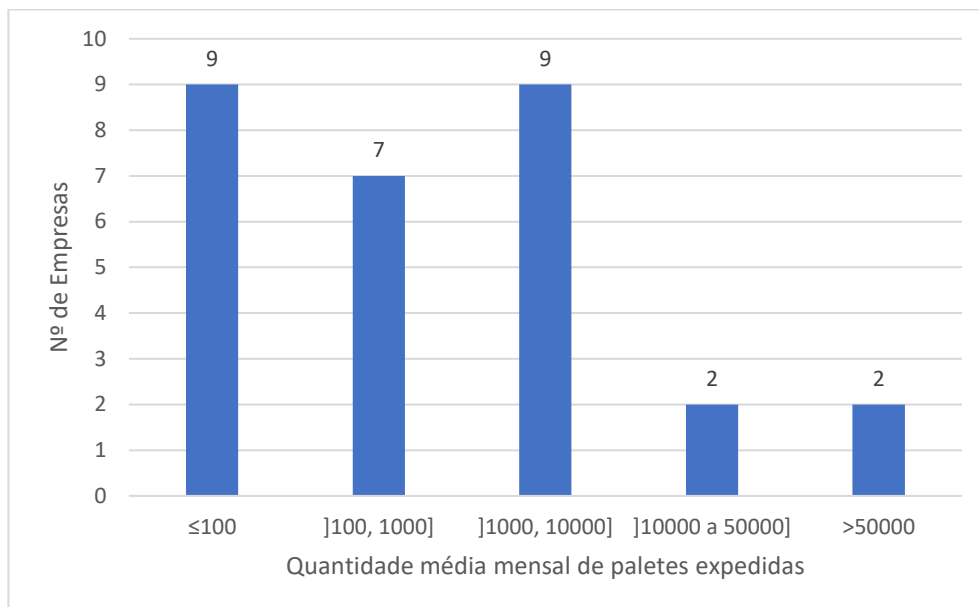


Figura 3-3: Quantidade média mensal de paletes enviadas pelas empresas inquiridas (29 respostas).

Analisando a Figura 3-3 verifica-se que cerca de 86% das empresas entrevistadas enviam mensalmente até 10 000 paletes e 31% destas enviam menos de 100 paletes por mês, o que demonstra que o universo desta amostra é formado maioritariamente por empresas pequenas que acondicionam mensalmente um número baixo de paletes. Realça-se que quatro empresas que enviam mais do que 10000 paletes por mês apresentam-se duas com o mesmo CAE, o 11071 correspondente a “Engarrafamento de águas minerais naturais e de nascente”.

Pergunta 4 - No processo de escolha do material para o acondicionamento das cargas em palete há várias características a ter em conta. Considere as abaixo mencionadas e classifique-as de acordo com a relevância que lhes atribui no âmbito da atividade da sua empresa.

A Figura 3-4 apresenta os resultados relativamente ao peso relativo percentual atribuído pelas empresas inquiridas a cada característica ou parâmetro de acordo com a escala apresentada. Na Tabela 3-4 resume-se os pesos preponderantes relativamente a cada característica de acordo com os resultados demonstrados na Figura 3-4.

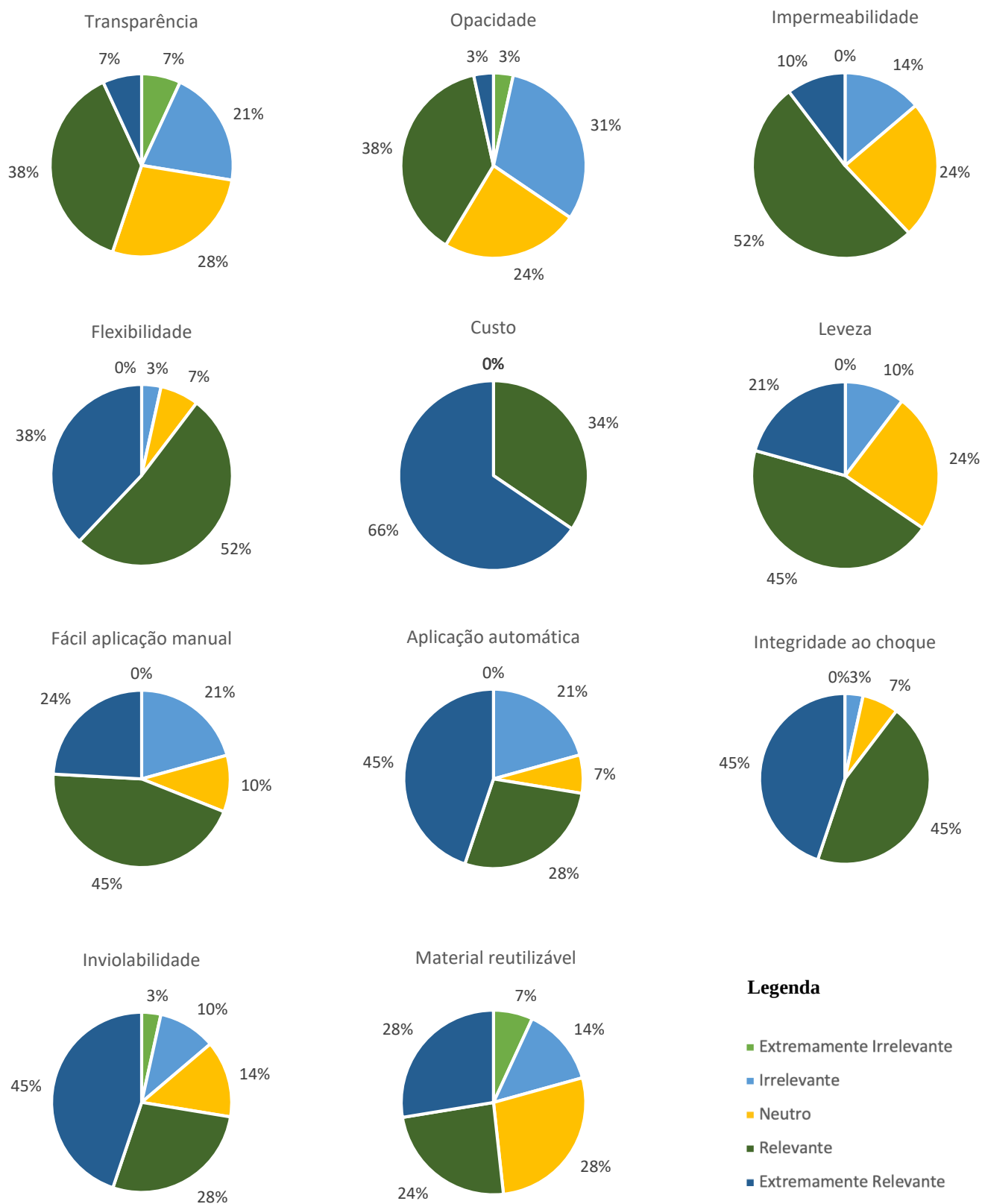


Figura 3-4: Peso relativo percentual da relevância de diferentes propriedades do material usado no acondicionamento de cargas em paletes pelas empresas inquiridas (29 respostas).

Tabela 3-4: Relevância preponderante de cada característica obtida pelo parâmetro de escala mais selecionado.

Característica	Relevância Preponderante
Transparência	Relevante (38%)
Opacidade	Relevante (38%)
Impermeabilidade da carga acondicionada	Relevante (52%)
Flexibilidade (aplicável a vários formatos de carga)	Relevante (52%)
Custo do material utilizado	Extremamente Relevante (66%)
Leveza	Relevante (45%)
Fácil aplicação manual	Relevante (45%)
Aplicação automática	Extremamente Relevante (45%)
Assegurar a integridade da carga ao choque	Relevante (45%) a Extremamente Relevante (45%)
Assegurar a não violação do conteúdo da carga	Extremamente Relevante (45%)
Material reutilizável	Neutro (28%) a Extremamente Relevante (28%)

Observando a Tabela 3-4 confirma-se que o custo do material utilizado, a aplicação automática do material e a assegurar a inviolabilidade do conteúdo da carga são as características genericamente apontadas como mais importantes no produto pelas empresas inquiridas. É importante notar que nenhuma das características foi considerada irrelevante ou neutra, com exceção do facto do material ser reutilizável que foi considerado igualmente como neutro e extremamente relevante.

Pergunta 5 - Qual o material que a sua empresa utiliza com mais frequência para o acondicionamento das cargas que são enviadas em palete?

Das 29 empresas que responderam a esta pergunta cerca de 90% responderam filme extensível plástico e outros 10% responderam cintas. Este facto confirma que o filme plástico extensível, é, de facto, a opção de produto mais escolhida no que toca ao acondicionamento de cargas em paletes. Contudo, mostra também que, de todos os outros materiais disponíveis para realizar a atividade em questão, a cinta é o segundo material de eleição na amostra.

Pergunta 6 - Qual o custo médio mensal da empresa com a compra do material de acondicionamento (euros/mês)?

A Figura 3-5 apresenta os resultados relativos às opções de resposta e o respetivo número de empresas que a selecionou.

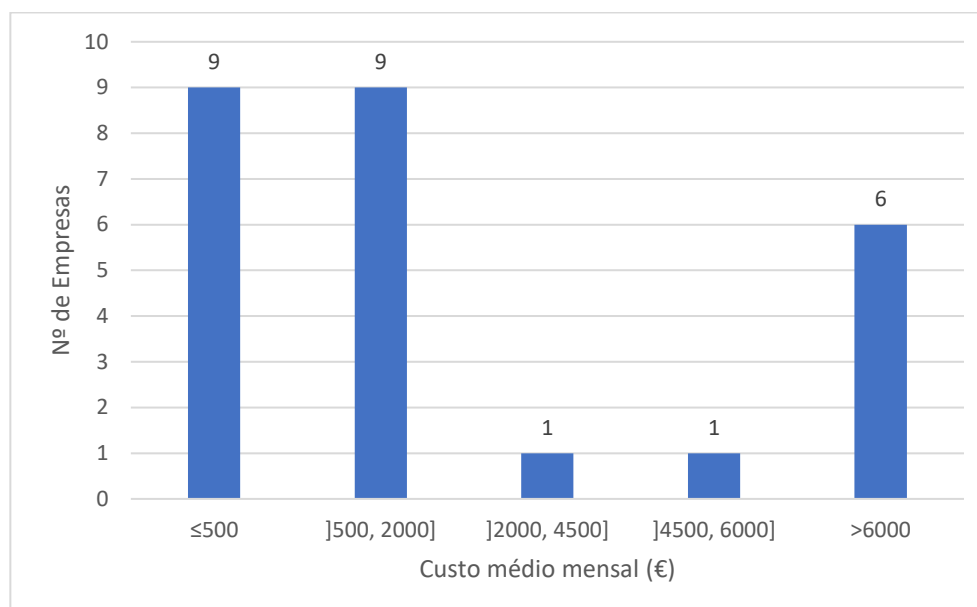


Figura 3-5: Custo médio mensal (€) das empresas na aquisição de material de acondicionamento (26 respostas).

Verifica-se, analisando a Figura 3-5, que cerca de 70% das empresas tem um custo médio mensal até 2000 euros em aquisição de material para acondicionamento de cargas, sendo que metade destas tem um custo de menos de 500 euros por mês. Cerca de 23% das empresas têm um custo de mais de 6000 euros na aquisição de material. Contudo, 5 das empresas que selecionaram esta resposta acondicionam quantidades entre 1000 e 10000 paletes por mês, pelo que se depreende que esta diferença não se relaciona só com as quantidades médias mensais acondicionadas mas também, eventualmente, com diferentes preços de fornecedores ou quantidade mais elevadas de material adquiridas para fazer face a outro tipo de atividades.

Pergunta 7 a 11 - Aquisição de filme plástico

As opções de resposta a esta pergunta eram **unidades (rolos)** ou **peso (kg)**, que são as duas maneiras mais comumente utilizadas de adquirir o filme plástico. O Anexo A.4 apresenta os cálculos efetuados para a obtenção dos dados apresentados na Figura 3-6. Antes de fazer uma análise detalhada dos resultados obtidos é importante referir que houve três empresas que não responderam à pergunta 11 e uma que não respondeu por completo, e que, portanto, serão analisadas apenas 22 respostas e não 26 como expectável.

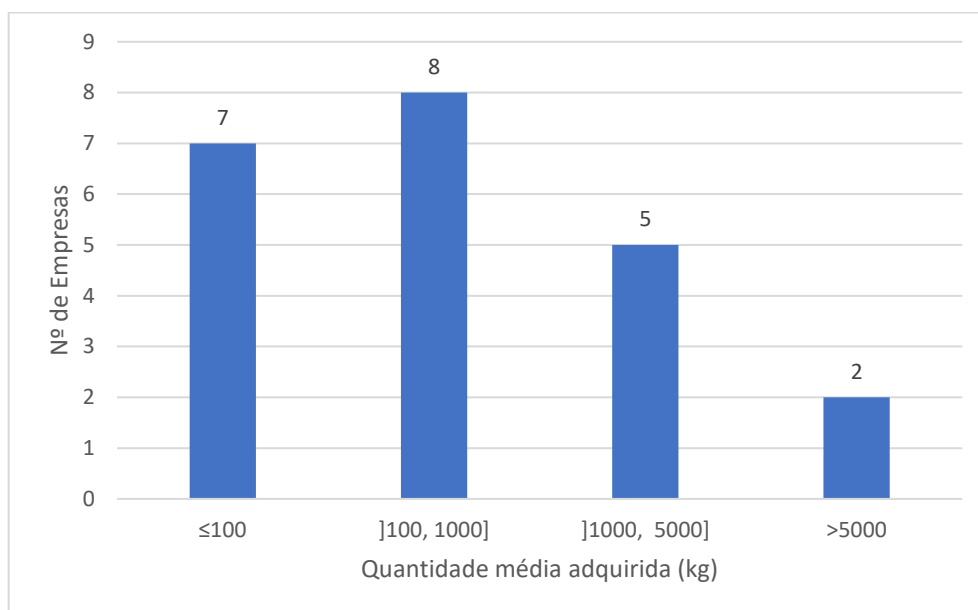


Figura 3-6: Quantidade mensal adquirida (kg/mês) pelas empresas inquiridas (22 respostas).

Observando a Figura 3-6, cerca de 36% das empresas adquire entre 100 a 1000 kg por mês e cerca de 50% das restantes empresas adquire menos do que 100 kg por mês. Os resultados são previsíveis de acordo com o verificado previamente quanto ao número de cargas. Realça-se que, dado que se trata de material descartável, os quantitativos reportados são indicadores da quantidade de resíduos resultante.

Embora praticamente todas as empresas adquiram o produto por rolos ou por peso, realça-se que uma empresa informou fazer a aquisição por metro.

Fazendo uma análise à quantidade de filme adquirida relativamente à quantidade de paletes enviada verifica-se uma grande variabilidade nos resultados sendo possível encontrar resultados que vão desde 40 g/paleta até 4 kg/paleta não havendo relação com as quantidades dado que o menor e o maior valor encontrados resultam de um mesmo número de paletes acondicionadas. Tal facto deverá resultar de outras funções para o material e variações em termos de aquisições, stocks, entre outros. Verifica-se, contudo, que em 80% dos casos este indicador é menor do que 1,7 kg/paleta e em 50% dos casos menor do que 0,4 kg/paleta.

Pergunta 12 – A sua empresa recebe (ex. de fornecedores), cargas em paleta acondicionadas com filme plástico?

Verifica-se que 92% dos inquiridos recebe cargas em paleta acondicionada com filme plástico. Pode-se indicar que as duas empresas que responderam que não recebem cargas em paleta acondicionadas com filme plástico têm de CAE 46900 correspondente a “Comércio por grosso não especializado” e 20301 correspondente a “Fabricação de tintas (exceto impressão), vernizes, mastiques e produtos similares”. Dada a representatividade, não é possível aferir uma relação direta entre a atividade da empresa e a respetiva receção dos produtos.

Pergunta 13 – Que tipologias de carga é que a sua empresa recebe?

A Tabela 3-5, resume as tipologias de cargas que são recebidas pelas empresas inquiridas assim como o seu peso relativo percentual.

Tabela 3-5: Tipologias de cargas que são recebidas pelas empresas entrevistadas de acordo com as respostas obtidas (24)

Tipologia de carga	Nº de Respostas	% ¹
Malha	1	4,2
Garrafas de água ou refrigerantes	1	4,2
Produtos alimentares	4	16,7
Latas de tinta	3	12,5
Livros	1	4,2
Material de acondicionamento: filmes plásticos, europaletes, caixas de cartão, etc.	8	33,3
Diversos	2	8,3
Mercadoria Perigosa	1	4,2
Alimentos para animais	1	4,2
Calçado	1	4,2
Materiais de construção	1	4,2

¹O somatório percentual pode não igualar a 100 devido a arredondamentos

As cargas recebidas com o acondicionamento do filme relacionam-se com materiais e produtos necessários às respectivas atividades das empresas. Assim, existe uma grande variedade de tipologia de carga, contudo, destaca-se a predominância do material de acondicionamento dos produtos (33%) relativamente aos demais.

Pergunta 14 - Resultante das cargas recebidas, qual a quantidade média de filme plástico que é descartada mensalmente como resíduo (quilogramas/mês)?

A Figura 3-7 apresenta os resultados do inquérito relativamente a esta questão.

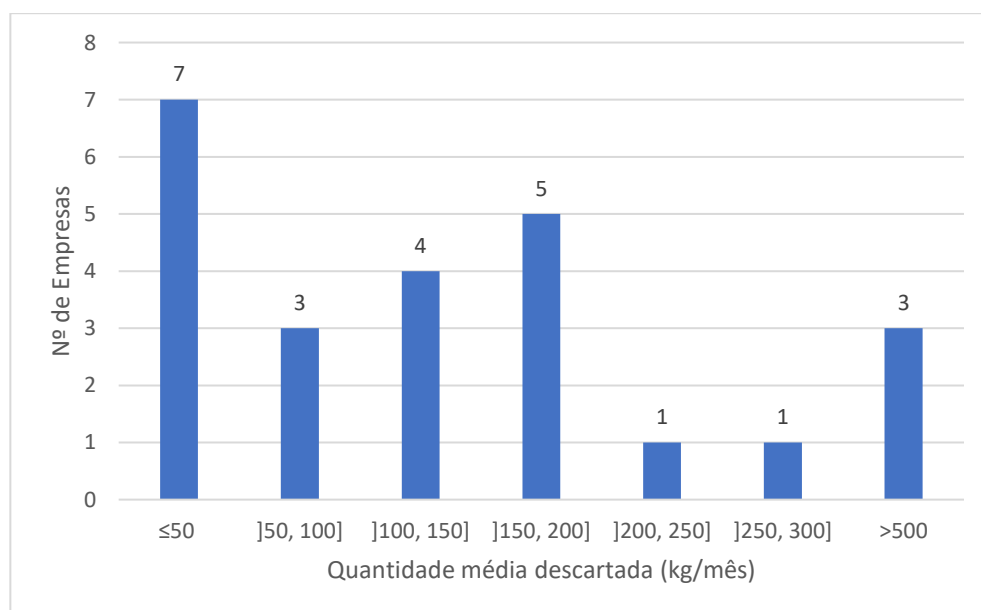


Figura 3-7: Quantidade média de filme descartado (kg/mês) pelas empresas inquiridas (24 respostas).

Verifica-se que 29% das empresas descarta menos de 50 kg por mês de resíduos de filme plástico extensível provindos de cargas recebidas e cerca de 80% apresenta um descarte até aos 200 kg/mês. Não existe uma relação direta

do tipo de carga com as respectivas quantidades de material descartado, depreendendo-se assim que as quantidades estarão relacionadas com a tipologia de carga mas acima de tudo com a respetiva quantidade adquirida (informação que se desconhece).

Fazendo uma análise à produção de resíduos relativamente à quantidade adquirida de material, considerando a quantidade média dos intervalos de produção de resíduos e excluindo os 3 resultados para mais de 500 kg (onde não se consegue aferir um valor mais concreto) verifica-se que em mais de 80% das empresas as quantidades descartadas são inferiores às adquiridas, com valores que vão desde 4% de material descartado relativamente ao adquirido a mais de 80%, sendo que em 60% dos casos os valores são inferiores a 50%, mostrando que este material nos produtos adquiridos tem um peso em termos gerais inferior ao que resultará em termos de resíduo da carga embalada.

Pergunta 15 - Como são geridos os resíduos do material de acondicionamento?

A Tabela 3-6 resume as respostas dadas pelos inquiridos a esta questão.

Tabela 3-6: Opções de resposta dos inquiridos quanto à gestão de resíduos efetuada para o material de acondicionamento pelas empresas

Opções de resposta	Nº de respostas
Não são separados e são encaminhados com o lixo comum (resíduos indiferenciados)	1
São separados e posteriormente encaminhados para reciclagem	23
São reutilizados	0
Nenhuma das anteriores	0

Analisando a Tabela 3-6 verifica-se que apenas uma das empresas entrevistadas é que não separa o material utilizado para acondicionamento de cargas em paletes, as restantes responderam todas que separam os resíduos e encaminham, posteriormente, para reciclagem. O CAE da empresa que respondeu que não separava os resíduos é o 46170 que corresponde a “Agentes do comércio por grosso de produtos alimentares, bebidas e tabaco”, é a única empresa deste CAE que respondeu ao questionário e, por este motivo, é difícil perceber se será uma realidade ligada ao setor associado. Contudo, a quantidade mensal de filme plástico descartada por esta empresa é menos do que 50 kg o que poderá significar que a empresa pode achar que o valor da quantidade descartada não justifica medidas adicionais de gestão com vista à sua separação e respetivo encaminhamento diferenciado.

No global, pode-se aferir que as respostas obtidas a esta pergunta apresentam um panorama positivo em termos ambientais, porque demonstra que a grande maioria das empresas que participaram no estudo aposta numa adequada gestão de resíduos.

Pergunta 16 - Existem benefícios ou encargos financeiros relacionados com o encaminhamento dos resíduos?

Às empresas que, na pergunta 15, indicaram que separam e encaminham para reciclagem os seus resíduos foi pedido que indicassem se tinham benefícios ou encargos com a operação de gestão. As respostas apresentam-se na figura seguinte.

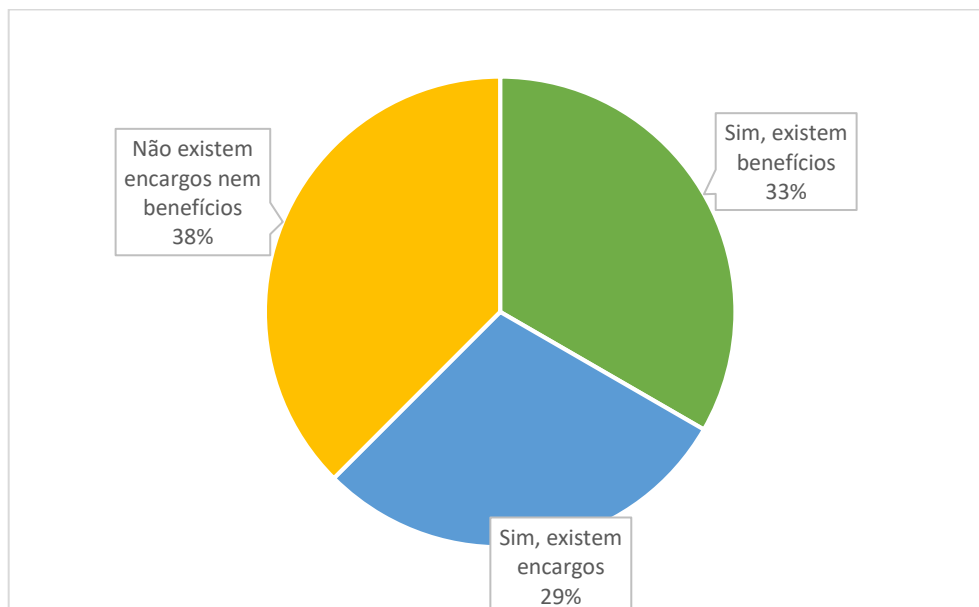


Figura 3-8: Peso relativo percentual das respostas obtidas para as diferentes consequências advindas da gestão dos resíduos do material de acondicionamento (24 respostas).

Verifica-se uma distribuição equitativa das respostas. Depreende-se que efetivamente qualquer uma das opções pode suceder; contudo, não foi possível encontrar uma relação tanto com as atividades como com as quantidades desperdiçadas. Este facto mereceria um estudo complementar futuro.

Pergunta 17 - Caso existisse uma alternativa ao filme plástico que fosse ao encontro das necessidades da sua empresa, mas com menor impacte ambiental, estaria disponível para utilizá-la?

A totalidade das empresas que responderam ao questionário estariam mostraram estar disponíveis a utilizar uma alternativa ao filme plástico extensível com menor impacte ambiental, o que demonstra que todas as empresas que utilizam este produto apresentam consciencialização ambiental e estão cientes dos impactes ambientais causados por este. O panorama apresentado também pressupõe que a introdução de uma nova alternativa ao filme plástico extensível com menor impacte ambiental seria bem-vinda no mercado.

Pergunta 18 - Imagine que a alternativa referida na questão anterior era um produto reutilizável (i.e., poderá ser utilizado múltiplas vezes para o mesmo fim). Considera que a sua empresa estaria disposta a optar por esta solução, apesar de o custo inicial de aquisição poder ser superior?

Verifica-se que 69% das empresas inquiridas responderam que estariam disponíveis para adquirir uma alternativa mesmo que esta apresente um preço inicial de aquisição superior, o que se apresenta como um panorama positivo com vista ao desenvolvimento de um produto reutilizável alternativo.

Pergunta 19 - Das características abaixo mencionadas, quais considera mais relevantes que sejam garantidas num produto alternativo ao filme plástico para acondicionamento de cargas em paletes? Selecione as três opções que considera mais relevantes.

A Figura 3-9 apresenta os resultados relativamente a o número de vezes em que as opções de resposta foram selecionadas.

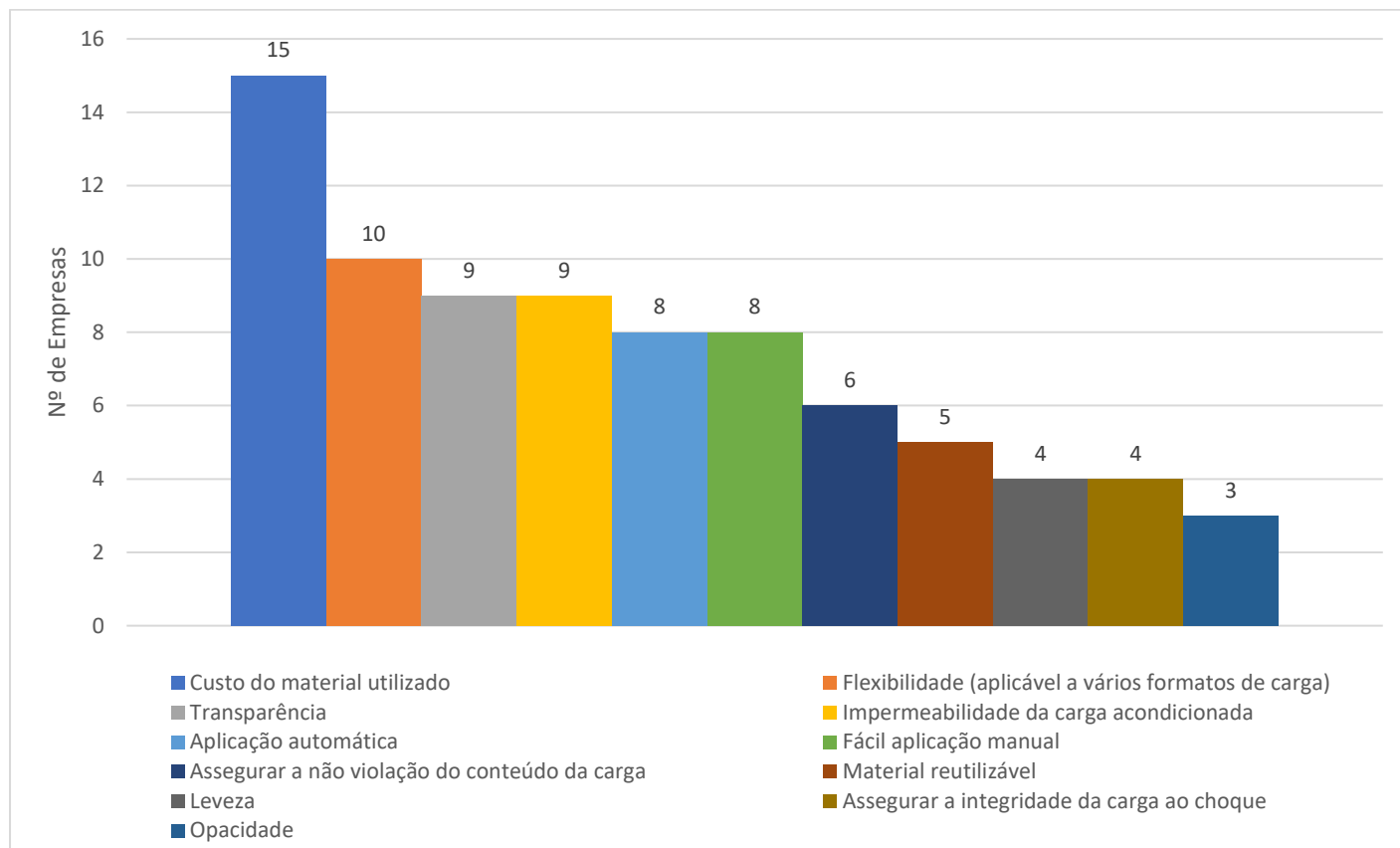


Figura 3-9: Relevância das diferentes características num produto alternativo ao filme plástico de acordo com as empresas inquiridas.

Observando a Figura 3-9 verifica-se que, de acordo com as empresas inquiridas, as quatro características mais relevantes a considerar no desenvolvimento de um produto alternativo ao filme plástico extensível são o custo do material, a flexibilidade (aplicável a vários formatos de carga) e a transparência e a impermeabilidade.

Comparando estes resultados com os resultados obtidos para a pergunta 4 (“No processo de escolha do material para o acondicionamento das cargas em paleta há várias características a ter em conta. Considere as abaixo mencionadas e classifique-as de acordo com a relevância que lhes atribui no âmbito da atividade da sua empresa.”), repara-se que a única característica em comum é o custo do material. Na pergunta 4, tanto a flexibilidade como a transparência foram consideradas como apenas relevantes enquanto que nesta pergunta aparecem dentro das três características mais eleitas. Também não foi possível relacionar esta informação com as atividades das empresas dado que 18 empresas pertencem a 14 CAE. Contudo, das 18 respostas obtidas para esta pergunta, 4 delas são provindas de empresas com o CAE igual a 20301. Destas 4 respostas fez-se uma análise às preferências das empresas e reparou-se que apenas uma característica estava presente em todas as seleções que foi o custo do material utilizado. Contudo, metade destas empresas selecionaram aplicação automática e a outra metade selecionou fácil aplicação manual o que poderá estar relacionado com a procura da rapidez e da facilidade no processo de embalamento por parte destas empresas.

Pergunta 22 - Caso tenha alguma questão ou sugestão relativamente ao acondicionamento de cargas em paletes e ao estudo em questão, por favor utilize o espaço que se segue.

A análise das sugestões dadas pelos entrevistados foi relevante para perceber as perspetivas e realidade das empresas quanto ao tema desenvolvido. A maioria das empresas demonstrou interesse no desenvolvimento do produto em questão e mostrou especial preocupação quanto ao preço do mesmo, sendo que foi sugerido que fosse desenvolvido um produto com menor preço do que o filme plástico extensível para incentivar as empresas a optarem pela alternativa mais sustentável.

Uma das sugestões dadas refere que, tratando-se de uma indústria alimentar, com o CAE igual 11072 correspondente a “Fabricação de refrigerantes e de outras bebidas não alcoólicas, n.e.”, a utilização de materiais reutilizáveis está dependente de avaliação em termos de segurança alimentar. Por defeito, não se considera a utilização de materiais reutilizados, devido ao risco de contaminação cruzada. Tal facto terá de ser tido em conta durante o desenvolvimento do produto, no que toca ao público-alvo a considerar.

Uma outra empresa, com o CAE igual 70220 correspondente a “Outras atividades de consultoria para os negócios e a gestão”, deixou explícito que o facto de o material ser reutilizável é extremamente relevante no seio da sua organização e completa dizendo que o mercado é limitado e que não conseguem comprar material reciclado, apenas matéria-prima virgem, nomeadamente material composto por polietileno.

3.3. Conclusões e limitações à avaliação do mercado

O estudo elaborado fornece uma base de avaliação do mercado sobre a qual é possível retirar algumas ilações, mas também elencar limitações, as quais:

- Existe elevada disponibilidade do mercado para utilizar uma alternativa ao filme extensível plástico;
- De entre todos os materiais de embalagem apresentados às empresas inquiridas, a maioria das empresas, cerca de 90%, utiliza o filme plástico e os restantes 10% utiliza cintas, pelo que se pressupõe que estes dois materiais são os que lideram o mercado associado a esta atividade;
- As características que se mostraram mais relevantes a ter em conta no desenvolvimento de uma alternativa são o custo, a flexibilidade, a transparência e a impermeabilidade. Por outro lado, as empresas informaram que na aquisição do filme a aplicação automática do material e a asseguarção da inviolabilidade da carga são também aspetos relevantes;
- Embora com alguma predominância, as características consideradas mais relevantes são dispersas tanto quanto aos produtos em uso como à alternativa a considerar o que leva a crer que deverá ter que existir uma análise muito mais setORIZADA desta questão;
- O custo aparentou ter um peso muito importante no desenvolvimento de uma possível alternativa, sendo que o custo médio mensal das empresas com o material de embalagem representou, em 70% das empresas inquiridas até aos 2000 euros;
- Pelos resultados quantitativos obtidos, pode-se aferir que a maioria das empresas terá uma dimensão pequena;

- A representatividade e dimensão da amostra não permite a extrapolação dos resultados obtidos para a restante população e a maioria das respostas foram obtidas através de um inquérito *online*, sendo que poderiam ser corrigidas e complementadas informações caso estas fossem obtidas por um contacto de maior proximidade;
- Cerca de 86% das empresas entrevistadas enviam mensalmente até 10 000 paletes e 31% destas enviam menos de 100 paletes por mês;
- Fazendo uma análise à quantidade de filme adquirida relativamente à quantidade de paletes enviada verifica-se uma grande variabilidade nos resultados indicando, em particular usos complementares do filme e variabilidade na gestão; contudo, em 50% dos casos o resultado é menor do que 0,4 kg/paleta;
- O material descartado de filme plástico por parte de cerca de 80% das empresas resultante das cargas recebidas (dos diferentes materiais e produtos necessários à sua atividade) corresponde até aos 200 kg/mês, sendo que 29% descarta menos do que 50 kg;
- Fazendo uma análise à produção de resíduos relativamente à quantidade adquirida de material, verifica-se que em mais de 80% das empresas as quantidades descartadas são inferiores às adquiridas e em 60% dos casos os resultados são inferiores a 50%, mostrando que este material nos produtos adquiridos tem um peso em termos gerais inferior ao que resultará em termos de resíduo da carga embalada;
- Não foi possível encontrar uma relação direta do tipo de carga com as respetivas quantidades descartadas, depreendendo-se assim que as quantidades estarão relacionadas com a tipologia de carga mas acima de tudo com as respetivas unidades adquiridas (informação que se desconhece);
- Os resultados obtidos retratam um panorama positivo em termos ambientais já que: a maioria das empresas utilizaria uma alternativa ao filme plástico extensível com menor impacto ambiental mesmo que isso significasse um aumento do investimento inicial; e, a grande maioria das empresas aposta numa adequada gestão de resíduos.

Concluindo, a presente avaliação do mercado representa um ponto de partida e aponta algumas variáveis importantes relativamente a esta temática.

4. Identificação de materiais aplicáveis num produto alternativo

A atual situação de pandemia mundial resultou em limitações relacionadas com a consulta e consequente resposta de potenciais fornecedores e produtores de materiais que seriam mais adequados ao desenvolvimento do presente capítulo de acordo com os objetivos estipulados para a presente dissertação. O objetivo primordial seria dar preferência à procura de materiais que fossem subprodutos, ou resíduos, mas que tivessem o mínimo de manipulação possível no seu processo de obtenção do produto final para que, dessa forma, os custos de manufatura fossem reduzidos e por isso se apresentasse como um produto competitivo ao filme plástico, mas com impactes ambientais e económicos mais favoráveis. Contudo, como não foi possível o cumprimento dos objetivos no seu todo seguiu-se com a pesquisa de possíveis materiais que pudessem substituir o filme plástico com base na informação disponível, em particular as suas características técnicas e as desejáveis para as alternativas de acordo com o estudo feito.

Na procura de potenciais materiais para substituir o PEBD e PELBD e dado que na presente dissertação as capas e redes foram o produto com melhores características para a substituição do filme plástico, teve-se principalmente em conta os materiais que podem ser usados para obter estes produtos (Tabela 2-4) e procurou-se resíduos constituídos pelos mesmos materiais ou com características semelhantes e que, simultaneamente, apresentassem desafios associados à sua gestão. Desta pesquisa resultaram três tipos de resíduos que se encaixam no perfil do tipo de material que é necessário para substituição do PEBD e PELBD: resíduos de redes de pesca – nylon 6 ou poliamida-6; garrafas de plástico – PET e os resíduos têxteis – poliéster. Todos estes tipos de resíduos apresentam desafios associados à sua gestão ou eliminação e todos eles são viáveis numa perspetiva de reciclagem do material, ainda assim, estes materiais não correspondem ao pretendido e exposto nos objetivos da presente dissertação porque apresentam processos de transformação pelo que a sua utilização não vai de encontro ao “mínimo de manipulação possível”.

4.1. Redes de Pesca – Nylon 6 ou Poliamida-6

Anualmente, cerca de 8 milhões de toneladas de resíduos plásticos são descartados nos oceanos. Destes, cerca de 705 000 toneladas são constituídas por equipamento de pesca³, que é perdido ou descartado no oceano a cada ano, de acordo com o relatório da União Europeia sobre produtos criados a partir de resíduos de equipamento de pesca [44]. A gestão destes resíduos é consequentemente de elevada relevância e com a recente consciencialização desta problemática ambiental têm surgido várias pequenas empresas e associações a promover a sua utilização para produção de novos produtos, contribuindo assim para uma economia circular.

As redes de pesca podem ser produzidas a partir de diferentes polímeros plásticos, tendo principalmente em conta o fim para que são destinadas. A Tabela 4-1 apresenta os polímeros de eleição utilizados na produção de cada tipo de redes de pesca, de acordo com a Associação de Fibras Químicas do Japão [45].

³ Equipamento de pesca refere-se a resíduos de redes de pesca, cordas ou componentes.

Tabela 4-1: Tipos de polímeros para diferentes redes de pesca (adaptado de: K. Radhalekshmy et al [45])

Polímero	Tipo de rede de pesca
Poliamida	Redes de emalhar Redes de cerco
Álcool polivinílico	Redes de cerco
Polietileno	Redes de arrasto
Polivinildieno	Tarrafa Redes de Elevação
Poliéster	Redes de cerco Tarrafa
Polipropileno	Redes de emalhar
Policloreto de Vinilo	Tarrafa

Atualmente, a maioria das redes de pesca é produzida a partir de poliamidas (nome genérico nylon). Isto deve-se à elevada eficiência de captura associada às redes de pescas produzidas com este material [45]. Existem diversos tipos de poliamidas, sendo a mais comum a poliamida-6 (PA-6) ou nylon 6 [46]. Apresentam-se, na Tabela 4-2, as principais propriedades físicas e mecânicas do nylon 6.

Tabela 4-2: Propriedades físicas e mecânicas do Nylon 6 ou Poliamida-6 (adaptado de: George Wypych [18])

Propriedades ¹	Nylon 6
Massa Volúmica a 20 °C (g/cm ³)	1,06 – 1,16
Índice de Refração a 20°C	1,513 - 1,53
Temperatura de Fusão (°C)	220 – 260
Condutividade Térmica (W/m.K)	0,1968 – 0,23
Calor de Fusão (kJ/kg)	188 – 280
Resistência à Tração (MPa)	74 - 106
Módulo de Tração ou Módulo de Young (MPa)	780 - 3800
Alongamento (%)	10 – 160
Módulo de Flexão (MPa)	2600
Contração (%)	0,87 – 1,40
Temperatura de Autoignição (°C)	424

¹ As definições das propriedades apresentadas estão presentes no Anexo A.1.

Como referido anteriormente, a reciclagem de redes de pesca é já realizada para a obtenção de alguns produtos, como por exemplo, roupa e acessórios (óculos de sol, pulseiras, colares, etc), skates, calçado, tapetes e carpetes, entre outros [44]. Atualmente, em Portugal, destaca-se uma empresa, a Fapil, que faz a reciclagem de *lixo marinho*, nomeadamente cordas e redes de pesca para produção de novos produtos de limpeza. A nível mundial, houve uma empresa italiana que se destacou na área de reciclagem do nylon, a Aquafil. A Aquafil criou uma rede internacional de recolha de resíduos de redes de pesca para posterior reciclagem e transformação em fio de nylon, denominado de Econyl.

O processo de transformação de redes de pesca para fio nylon começa com a separação e trituração das redes, que são compostas por nylon. De seguida os pedaços passam por um processo de despolimerização e consequente polimerização onde são transformados em fio de várias gamas. Este fio têxtil pode ser por exemplo, posteriormente utilizado para produzir roupa de desporto, de banho e revestimento para pavimento, como carpetes [47]. Dada a

existência de vários processos de reciclagem de redes de pesca implementados para a produção de diversos produtos, seria uma possibilidade implementar um processo de reciclagem semelhante ao utilizado pela Aquafil para produção de, por exemplo, redes para acondicionamento de cargas em paletes, visto que o nylon é um dos materiais pelo qual podem ser produzidas. Poderia também ser explorada a hipótese de restaurar algumas das redes de pesca e modificá-las ligeiramente para que pudessem ser aplicadas no acondicionamento de cargas em paletes, desta forma não seria necessário implementar um processo de manufatura, o que simplificaria significativamente o processo de reciclagem destas redes.

4.2. Garrafas de plástico – PET

Tal como referido na presente dissertação, a crescente produção de plástico e consequente consumo têm gerado problemas ambientais. Como incentivo à recuperação de materiais recicláveis entre os quais se encontram as garrafas PET destaca-se, em Portugal, a Portaria n.º 202/2019, de 3 de julho que define os termos e os critérios aplicáveis ao projeto-piloto a adotar no âmbito do sistema de incentivo ao consumidor para devolução de embalagens de bebidas em plástico não reutilizáveis, facto que potenciará o aumento da recolha seletiva deste material. O PET é um material versátil e por isso apresenta uma grande variedade de aplicações, como roupas (desportivas e casuais), painéis acústicos, redes agrícolas, chapas e filmes, resinas técnicas, materiais de embalagem, reforço na construção de edifícios, entre outros [48].

As principais propriedades físicas e mecânicas do PET estão apresentadas na Tabela 4-3.

Tabela 4-3: Propriedades físicas e mecânicas do PET (adaptado de: George Wypych [18])

Propriedades¹	PET
Massa Volúmica a 20 °C (g/cm³)	1,3 – 1,4
Índice de Refração a 20°C	1,539 - 1,556
Temperatura de Fusão (°C)	245 – 265
Condutividade Térmica (W/m.K)	0,1888
Calor de Fusão (kJ/mol)	24,1
Resistência à Tração (MPa)	24 – 41,4
Módulo de Tração ou Módulo de Young (MPa)	2300
Alongamento (%)	100 - 250
Módulo de Flexão (MPa)	1560 – 2650
Contração (%)	0,7 – 1,2
Temperatura de Autoignição (°C)	508

¹ As definições das propriedades apresentadas estão presentes no Anexo A.1.

Dado que o PET é um material que apresenta uma grande variedade de aplicações, consequentemente são geradas grandes quantidades de resíduos. Os resíduos gerados por este material representam impactos relevantes no meio ambiente relacionados com a sua baixa massa volúmica e biodegradabilidade [48]. Como solução aceitável, a reciclagem de garrafas PET permite a conservação de fontes naturais, como combustíveis fósseis, solução de problemas associados à deposição destes materiais em aterro, redução da emissão de gases de efeito estufa, redução da pegada de carbono, criação de novas oportunidades de negócios e contribuição para a economia [48]. Na atualidade, verifica-se um aumento na reciclagem de garrafas de plástico PET para produção de poliéster com respetiva aplicação no setor

têxtil, com vantagens ambientais. Isto deve-se ao aumento dos preços de petróleo, que por sua vez tornam a reciclagem de PET mais competitiva d ponto de vista económico, relativamente à produção de PET virgem [48].

O processo de reciclagem de garrafas PET para produção de poliéster é realizado de acordo com as etapas apresentadas na Figura 4-1.



Figura 4-1: Processo de reciclagem de garrafas PET em fibra de poliéster (adaptado de: Esin Sarioğlu et al [48])

A reciclagem de garrafas PET para produção de fibras de poliéster é, atualmente, a mais utilizada comparativamente com a obtenção de outros produtos como sejam filmes, cintas, embalagens alimentares e não alimentares, entre outros [49]. A Figura 4-2 apresenta a distribuição percentual dos diferentes tipos de reciclagem do PET tendo em conta os produtos finais obtidos, no ano de 2019 a nível mundial [49].

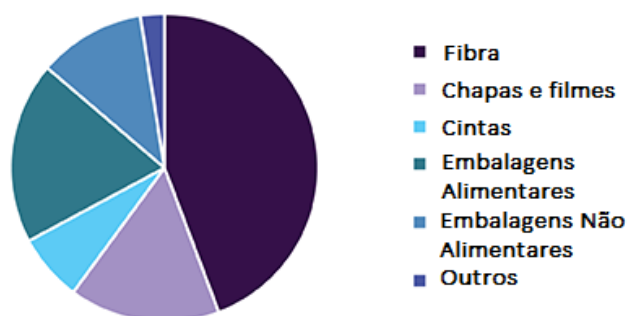


Figura 4-2: Distribuição dos diferentes tipos de reciclagem do PET tendo em conta os produtos finais, no ano de 2019 a nível mundial (adaptado de: Grand View Research [49])

Dados os materiais adequados para a produção de redes (Tabela 2-4) a sua produção através de fio de poliéster reciclado é uma solução que se afigura possível. Um caminho a adotar seria aproveitar o projeto-piloto em Portugal de recolha de garrafas plásticas (ao abrigo da Portaria n.º 202/2019) como fonte de matéria prima para a reciclagem e posterior produção de fibra poliéster com o intuito de conceber ou redes ou capas para acondicionamento de cargas em paletes.

4.3. Resíduos Têxteis – Poliéster

O consumo de vestuário por pessoa na União Europeia aumentou 40% em apenas algumas décadas, impulsionada por uma queda nos preços e pelo aumento da velocidade de renovação das coleções de *fast fashion* [50]. A produção de vestuário representa entre 2% e 10% do impacto ambiental negativo associado ao consumo de energia da União Europeia. Contudo, este impacto é maioritariamente sentido por terceiros dado que a maior produção de têxteis é realizada fora da União Europeia. Por outro lado, a produção de matérias-primas virgens, a fiação, tecelagem e tingimento requerem enormes quantidades de água e produtos químicos (incluindo pesticidas para o cultivo de matérias-primas, como o algodão) [50]. Existem reportes que indicam que são recolhidas menos de metade das roupas usadas e descartadas com destino a reutilização ou reciclagem, e apenas 1% dessa quantidade é reciclada para produção de novas roupas, uma vez que as tecnologias que permitem reciclar roupas para obtenção de fibras apenas recentemente começaram a emergir [50].

A 30 de maio de 2018, a União Europeia lançou a Diretiva (UE) 2018/851 do Parlamento Europeu e do Conselho que altera a Diretiva 2008/98/CE relativa aos resíduos, onde foram impostas várias medidas associadas à gestão de resíduos, sendo que uma delas é a de garantir a obrigatoriedade de recolha seletiva de têxteis em todos os Estados-Membros até 2025. Em Portugal, o Plano Estratégico para os Resíduos Urbanos 2020+ (PERSU 2020+) veio transpor várias medidas expostas na Diretiva (UE) 2018/851, reajustando as metas previstas no PERSU2020 e incluindo a implementação da obrigatoriedade de recolha seletiva de têxteis até 2025. Esta medida traz consigo novos desafios, desde logo de que forma podemos reduzir a sua produção, em que condições se deve processar a sua recolha, que soluções existem para tratamento deste tipo de resíduos, quais as mais adequadas e que valor acrescentam [51].

De forma a fomentar a criação de projetos que estejam diretamente relacionados com a gestão dos resíduos têxteis é necessário saber de que material são produzidos para averiguar como teria de ser realizada a sua reciclagem. Os têxteis são compostos por fibras que derivam de vários materiais, podendo ser naturais ou sintéticas. A Figura 4-3 apresenta a produção mundial, em percentagem, das diferentes fibras têxteis no ano de 2018.

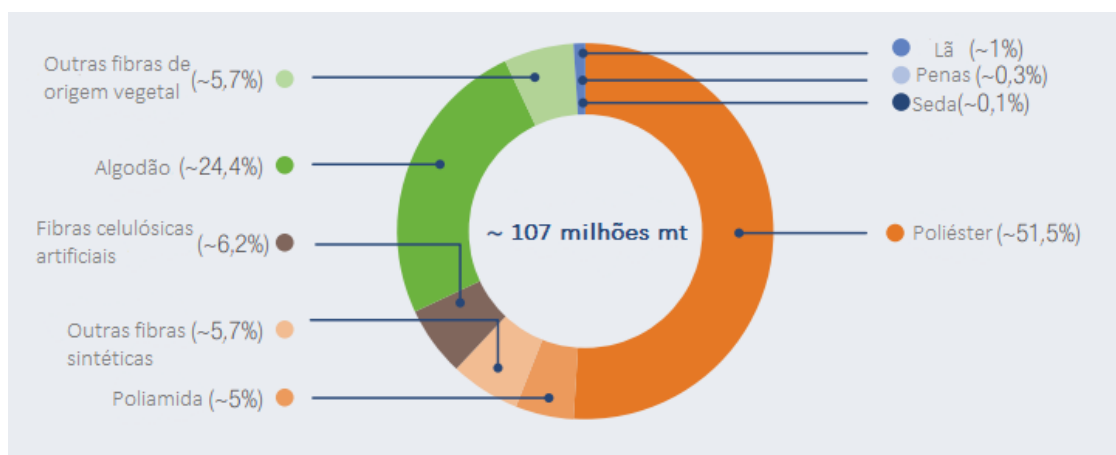


Figura 4-3: Produção mundial (%) das diferentes fibras têxteis em 2018 (adaptado de: TextileExchange [52])

Como se pode analisar na Figura 4-3, a fibra de poliéster é a mais produzida em todo o mundo, representando cerca de 52% o que corresponde a cerca de 55,6 milhões de megatoneladas (mt), o que por sua vez levará a que seja mais utilizada na produção de têxteis. Assim, o poliéster será um material de elevado interesse quando se aborda o tema de reciclagem de têxteis. As principais propriedades físicas e mecânicas do poliéster são as mesmas do PET (Tabela 4-3), dado que as suas fibras são produzidas a partir deste.

O estudo *Sustainable green technology for recovery of cotton fibers and polyester from textile waste* publicado em janeiro de 2020, apresenta um processo de reciclagem sustentável para obtenção de fibras de poliéster e de algodão através de resíduos de calças de ganga [53]. O processo de reciclagem utilizado no estudo está apresentado na Figura 4-4.



Figura 4-4: Etapas do processo de reciclagem de resíduos têxteis para extração de algodão e poliéster (adaptado de: Samy Yousef et al [39])

Dada a recente medida de obrigatoriedade de recolha seletiva de resíduos têxteis a ter de ser implementada até 2025 e os desafios advindos desta, como por exemplo, o escoamento dos respetivos resíduos de forma sustentável, seria, talvez, um caminho a explorar, utilizar os resíduos recolhidos como matéria-prima para produção de fibra de poliéster que eventualmente poderia ser usada para conceber ou redes ou capas para acondicionamento de cargas em paletes.

4.4. Comparação de potenciais materiais com o filme extensível plástico de PEBD e PELBD

A informação reunida sobre os potenciais materiais alternativos em conjunto com as informações já apresentadas para o material que constitui o filme plástico, nomeadamente o PEBD e o PELBD deverá ter em consideração não só as principais propriedades físicas e mecânicas do material alternativo como o respetivo custo. A Tabela 4-4 apresenta um resumo de tais parâmetros para cada um dos materiais considerados.

Tabela 4-4: Propriedades físicas e mecânicas e custo dos polímeros PELBD, PEBD, PET e Nylon 6

Propriedades físicas e mecânicas¹	PELBD	PEBD	PET	Nylon 6
Massa volúmica a 20 °C (g/cm³)	0,905 – 0,942	0,915-0,929	1,3 – 1,4	1,06 – 1,16
Índice de Refração a 20°C	1,49 - 1,52	1,517 - 1,526	1,539 - 1,556	1,513 - 1,53
Temperatura de Fusão (°C)	120 - 136	105 - 115	245 – 265	220 – 260
Condutividade Térmica (W/m.K)	0,55		0,1888	0,1968 – 0,23
Calor de Fusão (kJ/mol)	1,37 - 2,18		24,1	188 – 280
Resistência à Tração (MPa)	25 - 45	10 - 20	24 – 41,4	74 - 106
Módulo de Tração ou Módulo de Young (MPa)	260 - 520	130 - 138	2300	780 - 3800
Alongamento (%)	300 - 830	130 - 570	100 - 250	10 – 160
Módulo de Flexão (MPa)	230 - 735	230 - 495	1560 – 2650	2600
Contração (%)	2,0 - 2,5	2,4	0,7 – 1,2	0,87 – 1,40
Temperatura de Autoignição (°C)	350		508	424

Custo do material²

Material Virgem				
Preço máximo (€/kg)	0,80	0,71	0,64	3,95
Preço mínimo (€/kg)	0,60	0,10	0,09	0,40
Preço médio (€/kg)	0,70	0,54	0,36	1,01
Material Reciclado				
Preço máximo (€/kg)	0,69	0,80	0,45	1,75
Preço mínimo (€/kg)	0,60	0,34	0,38	1,18
Preço médio (€/kg)	0,64	0,58	0,42	1,47

¹ As definições das propriedades apresentadas estão presentes no Anexo A.1.

² Todos os preços apresentados foram obtidos de *Plasticker – the home of plastics [54]* e são calculados com base em ofertas e solicitações atuais no mercado, tal facto significa que estes preços são alterados diariamente consoante o número de ofertas e respetiva mudança de preços pelo que é preciso referir que os preços apresentados acima foram consultados no dia 08/06/2020 e no presente momento podem apresentar variações.

Observando a Tabela 4-4, verifica-se que a maioria das propriedades difere significativamente entre o PEBD / PELBD, o PET e o Nylon 6. No custo apenas se apresentam valores diferentes no Nylon 6. Denota-se que o PET e o Nylon 6 apresentam melhores valores para a condutividade térmica em relação ao PEBD e PELBD, o que significará que quando houver um aumento de temperatura ambiente um equipamento produzido através de PET ou Nylon 6 daria mais proteção à carga embalada do que o PEBD ou o PELBD, visto que uma condutividade térmica baixa representa que o material em questão dissipa mais o calor ao invés de o reter e dar origem ao aquecimento deste. A resistência à tração apresenta também resultados mais favoráveis para o PET e para o Nylon 6 o que é vantajoso em termos de rutura, ou seja, é necessário aplicar mais força nesses materiais para acontecer rutura do que no PEBD ou no PELBD, no entanto, também significa que são materiais menos maleáveis, o que também é comprovado pelos baixos valores

apresentados no alongamento e altos valores apresentados no módulo de tração ou Módulo de Young. A temperatura de fusão para o PET e para o Nylon 6 é mais elevada, isto está diretamente relacionado com a baixa condutividade térmica e alto calor de fusão, o poderá significar que, em processos de manufatura do material será necessário despende de maior energia para elevar a temperatura em comparação à quantidade de energia que seria necessária para o PEBD e PELBD, dado que a sua temperatura de fusão é mais baixa.

Analisando o preço médio de cada material confirma-se que o Nylon 6 apresenta preços mais elevados e que o PET apresenta os preços mais baixos, tanto no material reciclado como virgem. Uma conclusão curiosa que se pode retirar destes valores é que o PET reciclado seria o material mais vantajoso em comparação com todos os outros materiais, pois apresenta o preço mais baixo com exceção do preço mínimo do PET virgem.

Afirma-se ainda que em termos de maleabilidade do material, o PELBD e o PEBD continuam como materiais de eleição, mas no que toca a outras propriedades, como a proteção da carga a condições de maior temperatura e a resistência à rutura do material, o PET e o Nylon 6 figuram-se como alternativas relevantes, tendo como base os valores apresentados previamente, dando-se especial interesse ao PET por apresentar valores mais perto dos valores de PELBD e PEBD.

Como resultado da comparação efetuada acima, pode-se concluir que a utilização de PET reciclado em forma de fibra de poliéster para produção de redes ou capas para acondicionamento de cargas em paletes seria uma alternativa a explorar, tanto a nível económico como a nível de funcionalidade do equipamento, como alternativa ao filme plástico extensível de PELBD e PEBD.

5. Análise Crítica

O filme plástico extensível de PEBD ou PELBD é o mais comumente utilizado no acondicionamento de cargas em paletes. Ambos os materiais, nomeadamente PEBD e PELBD, apresentam as propriedades físicas e mecânicas necessárias para obter uma ótima prestação na realização desta atividade. Dentro de todas as propriedades encontradas para o PEBD e o PELBD, destacam-se a resistência à perfuração, a rigidez do filme e o alongamento.

Efetuada um balanço entre as vantagens e as desvantagens da utilização do filme extensível plástico verifica-se que, apesar de serem perceptíveis os motivos de utilização do mesmo na área em questão, estes não justificam os impactos ambientais negativos provocados pelo produto, relacionados com sua gestão de resíduos, dado que o filme extensível plástico não é o único produto no mercado que tem por objetivo tais funções. Existem, atualmente, quatro alternativas ao filme extensível plástico que se destacam: a capa, o adesivo, a rede e a cinta. Tendo em conta a comparação efetuada das alternativas com o filme extensível plástico, descrita no capítulo 2 da presente dissertação, é possível verificar que a melhor opção seria um produto semelhante à rede ou à capa, visto que ambas apresentam as características mais favoráveis e adequadas, comparativamente aos outros métodos considerados. Tal facto veio também ser comprovado pela análise do estudo “*An Alternative to Stretch Wrap Using Triple Bottom Line*” publicado no ano de 2010 [26], que apresenta uma comparação semelhante onde se pode concluir que a capa e a rede apresentam custos diários mais baixos e seria possível uma potencial diminuição de impacto ambiental negativo nos valores considerados neste estudo, caso se considerasse um resíduo ou subproduto em alternativa à matéria-prima virgem utilizada para produzir estes materiais.

A avaliação dos requisitos do mercado realizada, apesar de ter tido pouca adesão por parte das empresas, apresentou resultados que se revelaram esclarecedores e muito úteis no estudo do desenvolvimento de uma alternativa ao filme extensível plástico. Percebeu-se que 69% das empresas inquiridas e utilizadoras do filme extensível plástico estão dispostas a adquirir uma alternativa com menor impacto ambiental mesmo que isso signifique um maior custo de aquisição. É importante, contudo, mencionar que o universo associado ao questionário envolve essencialmente pequenas empresas, pelo que deverá ser um facto a considerar no que toca ao público-alvo pretendido. As respostas foram muito dispersas por empresas de diversas atividades económicas; contudo, 20% das respostas relacionaram-se com o CAE 20301 - “Fabricação de tintas (exceto impressão), vernizes, mastiques e produtos similares” mostrando o respetivo interesse desta atividade pela temática. As características que se mostraram mais relevantes a ter em conta no desenvolvimento de uma alternativa são (1) custo; (2) flexibilidade; (3) transparência; (4) impermeabilidade; (5) aplicação automática; e, (6) inviolabilidade da carga. É possível então afirmar que, de acordo com os resultados obtidos, a presença destas seis características asseguram o sucesso no mercado de uma alternativa ao filme plástico extensível. A comparação entre a rede e a capa pode também ser realizada com base nestas características. Sabe-se que a capa é mais barata que a rede quando produzida através de matérias-primas virgens (Tabela 2-4), contudo, a rede apresenta maior flexibilidade e maior transparência do que a capa. Portanto, havendo possibilidade de diminuir o preço da rede utilizando, por exemplo, matéria-prima provinda de subprodutos ou resíduos, este método seria o mais adequado porque apresenta a presença de maior número de características consideradas relevantes para o mercado em questão, tendo como base as respostas das empresas inquiridas.

Como seria de esperar, o custo do material é uma variável muito importante na procura de uma alternativa ao filme plástico e, dado os resultados obtidos na relevância das características de um produto alternativo e nas várias

menções associadas ao custo na pergunta onde as empresas inquiridas poderiam dar sugestões relativas ao tema apresentado, será de grande valor desenvolver uma alternativa que apresente um custo menor que o filme plástico extensível.

A atual situação de pandemia mundial resultou em limitações relacionadas com a consulta e consequente resposta de potenciais fornecedores e produtores de materiais que seriam mais adequados ao desenvolvimento do presente capítulo de acordo com os objetivos estipulados para a dissertação. Contudo, como não foi possível o cumprimento dos objetivos no seu todo seguiu-se com a pesquisa de possíveis materiais que pudessem substituir o filme plástico com base na informação disponível. A pesquisa por potenciais materiais para desenvolvimento de uma alternativa ao filme plástico extensível teve então por base uma abordagem de economia circular e estipulou-se a procura de resíduos constituídos com os mesmos materiais ou com características semelhantes e que, simultaneamente, apresentassem desafios associados à sua gestão ou eliminação. Foram encontrados três tipos de resíduos que se encaixam no perfil do tipo de material que é necessário para substituição do PEBD e PELBD: resíduos de redes de pesca – nylon 6 ou poliamida-6; garrafas de plástico – PET e os resíduos têxteis – poliéster.

Atualmente, as redes de pesca são uma ameaça ao habitat natural marinho, dado que a cada ano são descartadas milhares de toneladas de equipamento de pesca. Com a recente consciencialização deste problema ambiental têm surgido várias soluções baseadas em economia circular para acabar com esta ameaça. Sabe-se que as redes de pesca são maioritariamente produzidas através de nylon 6 ou poliamida-6 que pode ser posteriormente reciclado. Hoje em dia, já existem muitos produtos à venda produzidos através de nylon 6 reciclado e provindo de resíduos de equipamento de pesca. Logo, seria possível a reciclagem de redes de pesca para a produção de material utilizado no acondicionamento de cargas em paletes, como por exemplo redes, dado que podem ser constituídas por nylon, tal como visto anteriormente. Poderia também ser explorada a hipótese de restaurar algumas das redes de pesca e modificá-las ligeiramente para que pudessem ser aplicadas no acondicionamento de cargas em paletes, desta forma não seria necessário implementar um processo de manufatura, o que simplificaria significativamente o processo de reciclagem destas redes.

Na Europa, já foi aplicado em muitos países um sistema de incentivo ao consumidor para devolução de embalagens de bebidas em plástico não reutilizáveis, em que a maioria é constituída por plástico PET. Como incentivo à recuperação de materiais recicláveis entre os quais se encontram as garrafas PET destaca-se, em Portugal, a Portaria n.º 202/2019, de 3 de julho. Dadas as grandes quantidades de resíduos geradas por este material, principalmente garrafas de plástico, na atualidade, verifica-se um aumento na reciclagem deste tipo de garrafas para produção de poliéster com respetiva aplicação no setor têxtil. Tanto a capa como a rede podem ser constituídas por PE, como observado na Tabela 2-4 da presente dissertação, o que pode significar que é possível a sua produção através de fio poliéster, dado que este provém de polímeros PET. Seria, então, possível aproveitar este início do projeto-piloto em Portugal (ao abrigo da Portaria n.º 202/2019) de recolha de garrafas plásticas como fonte de matéria prima para a reciclagem e posterior produção de fibra poliéster com o intuito de conceber ou redes ou capas para acondicionamento de cargas em paletes.

A Diretiva 2008/98/CE relativa aos resíduos, onde foram impostas várias medidas associadas à gestão de resíduos, sendo que uma delas era garantir a obrigatoriedade de recolha seletiva de têxteis em todos os Estados-Membros até 2025. Esta medida traz consigo novos desafios a diferentes níveis, desde logo de que forma podemos reduzir a sua produção, em que condições se deve processar a sua recolha, que soluções existem para tratamento deste tipo de resíduos e quais as mais adequadas e que valor acrescentam. Percebeu-se que a fibra de poliéster é a mais produzida em todo o mundo, logo o poliéster será o material de maior interesse quando se aborda o tema de reciclagem de têxteis. Apesar das

tecnologias que permitem reciclar roupas para obtenção de fibras apenas recentemente tenham começado a emergir, já há processos de reciclagem de têxteis viáveis para obtenção de fibras poliéster, como demonstra o estudo *Sustainable green technology for recovery of cotton fibers and polyester from textile waste* publicado em janeiro de 2020 [53].

Comparando os materiais constituintes destes resíduos com o PEBD e o PELBD, tendo a Tabela 4-4 como referência, facilmente se chega à conclusão que a maioria das propriedades físicas e mecânicas difere significativamente do PEBD e PELBD para o PET e para o Nylon 6. Contudo, após análise desses valores com maior pormenor, percebe-se que em termos de maleabilidade do material o PELBD e o PEBD continuam como materiais de eleição, mas no que toca a outras propriedades, como a proteção da carga a condições de maior temperatura e a resistência à rutura do material, o PET e o Nylon 6 apresentam os melhores valores. Comparando os preços de todos os materiais chegou-se à conclusão de que o PET reciclado apresenta o preço mais baixo com exceção do preço do PET virgem. Com relação a esta conclusão, é importante notar que todos estes tipos de resíduos apresentam desafios associados à sua gestão ou eliminação e todos eles são viáveis numa perspetiva de reciclagem do material, ainda assim, estes materiais não correspondem ao pretendido e exposto nos objetivos da presente dissertação porque apresentam processos de reciclagem complexos e não com o mínimo de manipulação possível.

Em suma, o método mais eficiente e que vai de encontro das exigências do mercado associado a esta atividade é a rede. O material que, de acordo com a pesquisa efetuada e os preços apresentados, seria o mais vantajoso é o PET reciclado.

6. Conclusões

6.1. Considerações Finais

Cerca de 40% do plástico produzido a nível europeu provém do setor de embalamento, onde, de acordo com dados reunidos no Reino Unido, cerca de um terço é referente a filme plástico. Assim, por forma a diminuir significativamente a quantidade de resíduos plásticos, é premente diminuir a produção de filme plástico através do desenvolvimento de alternativas.

O acondicionamento de cargas em paletes é uma atividade que consome uma grande quantidade de filme plástico extensível de PEBD e PELBD, logo seria ambientalmente vantajoso desenvolver um produto alternativo que conseguisse assegurar as características necessárias e relevantes presentes no filme plástico extensível e que ao mesmo tempo tivesse associado um menor impacte ambiental, social e económico.

Dentro de todas as alternativas consideradas ao filme extensível plástico, nomeadamente capa, rede, cinta e adesivo, o método da rede revelou ser o mais eficiente e sustentável, de acordo com informações reunidas e disponibilizadas. Este, para além de ser um material reutilizável, assegura o maior número de características procuradas no mercado, de acordo com a avaliação de mercado realizada na presente dissertação, sendo elas: (1) custo; (2) flexibilidade; (3) transparência; (4) impermeabilidade; (5) aplicação automática; e, (6) inviolabilidade da carga.

A avaliação dos requisitos do mercado realizada demonstrou também que 69% das empresas inquiridas e utilizadoras do filme extensível plástico estão dispostas a adquirir uma alternativa com menor impacte ambiental mesmo que isso signifique um maior custo de aquisição. Sendo importante mencionar as respostas foram muito dispersas por empresas de diversas atividades económicas; contudo, 20% das respostas relacionaram-se com o CAE 20301 - “Fabricação de tintas (exceto impressão), vernizes, mastiques e produtos similares” mostrando o respetivo interesse desta atividade pela temática.

Uma característica que se destacou no estudo efetuado foi o custo do material. Na procura de um material alternativo que respeitasse uma abordagem de economia circular e que apresentasse menor custo que o filme extensível plástico encontrou-se três potenciais materiais provindos de resíduos, sendo eles os resíduos de redes de pesca – nylon 6 ou poliamida-6; as garrafas de plástico – PET e os resíduos têxteis – poliéster. Após análise e comparação entre eles, chegou-se à conclusão de que o PET reciclado teria menor custo que o PEBD, o PELBD e o Nylon 6 e por isso seria o material de eleição a ser considerado no desenvolvimento do produto em questão. Importa, contudo, referir novamente que os materiais selecionados não correspondem ao pretendido e exposto nos objetivos da presente dissertação porque apresentam processos de reciclagem complexos e não com o mínimo de manipulação possível.

Em conclusão, a presente dissertação é uma boa base de análise relativamente ao uso do filme plástico para acondicionamento de cargas em paletes e propõe preliminarmente o desenvolvimento de uma rede produzida através de PET reciclado como produto alternativo.

6.2. Sugestões de trabalhos futuros

A situação presente de pandemia mundial limitou, em grande parte, a avaliação dos requisitos do mercado realizada e por isso os resultados obtidos não se apresentam tão representativos da população-alvo como deveriam, logo seria importante perceber quais seriam os resultados obtidos caso se apresentasse um cenário mundial de normal funcionamento. Ainda dentro da avaliação de mercado, talvez a reformulação de três perguntas do questionário, nomeadamente a 2, a 7 e a 13, seriam recomendadas dado a má interpretação das perguntas, 2 e 13 e a sugestão dada para a pergunta 7.

A procura de potenciais materiais foi também limitada devido à atual situação de pandemia mundial, portanto apenas se conseguiu estudar em pormenor os materiais mais comumente associados a problemas ambientais e não se conseguiu cumprir os objetivos estipulados para esta fase da dissertação. Caso fosse realizado um estudo numa situação de normal funcionamento das empresas talvez se conseguisse obter potenciais materiais mais adequados e em maior número e, desta forma, cumprir com os objetivos estipulados.

Por fim, a falta de informação técnica sobre as alternativas já existentes apresentou um grande obstáculo na realização do estudo. Seria importante avaliar as características de cada alternativa junto de fornecedores e produtores desses materiais, o que não foi possível no presente estudo dado o cenário de pandemia mundial.

Referências Bibliográficas

1. Europe, P. *Plastics: a story of more than 100 years of innovation*. 2020 [citado: 2020 22/04/2020].
2. Institute, S.H. *History and Future of Plastics*. 2020 [citado: 2020 22/04/2020].
3. Garside, M. *Global plastic production from 1950 to 2018 (in million metric tons)*. 2019 19/02/2020]; Disponível em: <https://www.statista.com/statistics/282732/global-production-of-plastics-since-1950/>.
4. Advisors, D., *Solving Plastic pollution through accountability*. 2019, WWF - World Wide Fund For Nature.
5. Ambiente, A.-A.P.d. *Estratégia Europeia sobre Plásticos*. 2020 [citado: 02/04/2020].
6. Consulting, H.P., *Understanding Plastic Film: Its Uses, Benefits and Waste Management Options*, A.P. Council, Editor. 1996.
7. Düsseldorf., P.D.e.V.a.M. *Plastics – the Facts 2019: An analysis of European plastics production, demand and waste data*. 2019 [citado: 2020 12/02/2020].
8. Heather Thomson, K.I., Hugh McCoach, Mike Jefferson e Steve Morgan, *PlasticFlow 2025 - Plastic Packaging Flow Data Report*. 2018, The Waste and Resources Action Programme
9. Parliament, E. *Plastic waste and recycling in the EU: facts and figures*. 2018 [citado: 2020 06/05/2020].
10. Ambiente, A.-A.P.d. *Plásticos de Uso Único*. 2020 08/04/2020].
11. *Exemplo de um rolo de filme extensível plástico de PEBD e PELBD* 09/04/2020]; Disponível em: <https://www.jornalciencia.com/plastico-filme-em-alimento-quente-faz-ele-soltar-substancia-que-engorda-e-da-cancer/>.
12. *Exemplos de embalagens Bag-in-Box*. 09/05/2020]; Disponível em: <https://www.smurfitkappa.com/br/products-and-services/bag-in-box>.
13. *Exemplo de uma embalagem Boil-in-Bag* 09/05/2020]; Disponível em: <https://www.smurfitkappa.com/br/products-and-services/bag-in-box>.
14. *Decreto-Lei n.º 152-D/2017*, D.d. República, Editor. 2017.
15. Hernandez, S.E.S.a.R.J., *Packaging: Polymers in Flexible Packaging*. 2001.
16. Corp, U.-U.S.P. *What's the difference between LDPE, LLDPE, MDPE, HDPE, XLPE and UHMW sheeting?* 2019 13/04/2020]; Brief description of each type of polyethylene.].
17. Fernanda M. B. Coutinho, I.L.M., Luiz C. de Santa Maria *Polietileno: Principais Tipos, Propriedades e Aplicações*. 2003.
18. wypych, G., *Handbook of Polymers* 2016, Toronto: ChemTec Publishing
19. *Aplicação manual de filme plástico* 09/05/2020]; Disponível em: <https://produto.mercadolivre.com.br/MLB-1165574423-bobina-filme-stretch-500x030-plastico-paletizar-embalagem- JM?quantity=1>.
20. *Aplicação automática de filme plástico* 09/05/2020]; Disponível em: https://pt.made-in-china.com/co_artisan/product_Fully-Automatic-Pallet-Wrapping-Machine-with-Cut-and-Clamp-Film_esiyigenu.html.
21. Packaging, C. *Top Benefits of Stretch Film*. 2020.
22. Probst, D.T., *bvse market report: plastics, January 2020*. 2020.
23. Geyer, R., J. Jambeck, and K. Law, *Production, use, and fate of all plastics ever made*. Science Advances, 2017. 3: p. e1700782.

24. Hou, P., et al., *Life cycle assessment of end-of-life treatments for plastic film waste*. Journal of Cleaner Production, 2018. **201**: p. 1052-1060.
25. Crossin, A.D.e.E., *Life cycle assessment of paper and plastic packaging waste in landfill, incineration, and gasification-pyrolysis*. 2019.
26. Guirola, C., *An Alternative to Stretch Wrap Using Triple Bottom Line* 2010, California Polytechnic State University.
27. *Exemplo de uma capa para acondicionamento de cargas em paletes* 09/05/2020]; Disponível em: <https://www.thecarycompany.com/pallet-wraps-37w4gw>.
28. Wrapz, P. *The ORIGINAL Patented Pallet Wrapz® and Cart Wrapz®*. 2020 08/06/2020]; Disponível em: <https://www.palletwrapz.com/#:~:text=847%2D729%2D5850,typically%20averages%203%2D4%20years>.
29. *Aplicação do adesivo em caixas* 09/05/2020]; Disponível em: <https://www.packworld.com/home/product/13336123/key-tech-corplock-n-pop-palletizing-adhesives>.
30. *Encaixe de caixas com adesivo* 09/05/2020]; Available from: <https://www.teknoltd.com/hava-yastigi-ambalaj/>.
31. world, P. *Key Tech Corp./Lock n Pop: Palletizing adhesives*. 2002 09/05/2020]; Disponível em: <https://www.packworld.com/home/product/13336123/key-tech-corplock-n-pop-palletizing-adhesives>.
32. LCS, M. *About LOCK N' POP*. 2020 [citado: 2020 26/02/2020]; Disponível em: <https://www.mullerlcs.com/lock-n-pop>.
33. *Exemplo de uma rede* 09/05/2020]; Disponível em: <https://www.gaprie.com/pallet-wrap>.
34. AeroExpo. *REDE PARA CARGA / PARA BAGAGENS / PARA PALETES / FIXADA NO PISO*. 2020 08/06/2020]; Disponível em: <https://www.aeroexpo.online/pt/prod/aero-net/product-168474-5826.html>.
35. Myers, A. *What are the alternatives to stretch wrap?* 2019 09/05/2020]; Disponível em: <https://www.lantech.com/blog/alternatives-to-stretch-wrap>.
36. Europeia, C., *Orientações relativas às Melhores Práticas Europeias Imobilização de Carga nos Transportes Rodoviários*. 2014, União Europeia.
37. *Exemplo de aplicação de cintas* 09/05/2020]; Disponível em: <https://www.logistikband.com.br/orientacoes>.
38. *Exemplo de peça utilizada para ajuste de tensão da cinta* 09/05/2020]; Disponível em: <https://100metros.pt/loja/grampos-de-cinta-textil/>.
39. Parts, N.W.T. *How to use Ratchet straps*. 2019 08/06/2020]; Disponível em: <https://www.nationwide-trailer-parts.co.uk/blogs/news/how-to-use-ratchet-straps#:~:text=Typically%2C%20ratchet%20straps%20should%20last,best%20to%20check%20your%20regularly!>
40. *Esquema do tripé da sustentabilidade considerado no estudo* 23/05/2020]; Disponível em: <https://www.buildhelm.com/news/2016/9/15/connecting-with-the-timberframers-guild>.
41. Naresh K. Malhotra, D.N.e.D.F.B., *Marketing Research - An applied approach*. 2017.
42. Paula Vicente, E.R.e.F.F., *Sondagens - A amostragem como factor decisivo de qualidade*. 2001.
43. Lopes, J.L.P., *Fundamental dos Estudos de Mercado*. 2007: Edições Sílabo.
44. Martin Charter, R.C.e.S.F.J., *Circular Ocean - Products from Waste Fishing Nets*. 2018, União Europeia.
45. Nayar, K.R.e.S.G., *Synthetic Fibres for Fishing Gear*. 1973.

46. Poliversal. *Poliamida*. 2012 [citado: 2020 29/05/2020]; Disponível em: <http://www.poliversal.pt/pt/produtos/os-plasticos/poliamida-119.html>.
47. Econyl. *Econyl Regenerated Nylon*. 2020 01/06/2020]; Disponível em: <https://www.econyl.com/>.
48. Kaynak, E.S.e.H.K., *PET Bottle Recycling for Sustainable Textiles*. 2017.
49. Research, G.V., *Recycled Polyethylene Terephthalate Market Size, Share & Trends Analysis Report By Product (Clear, Colored), By End Use (Fiber, Sheet & Film, Strapping, F&B Containers & Bottles), By Region, And Segment Forecasts, 2020 - 2027*. 2020.
50. Šajn, N., *Environmental impact of the textile and clothing industry*. 2019, European Parliamentary Research Service.
51. Ambiente, A.P.d., *Plano Estratégico para os Resíduos Urbanos 2020+*. 2019.
52. TextileExchange, *Preferred Fiber & Materials - Market Report 2019*. 2019.
53. Yousef, S., et al., *Sustainable green technology for recovery of cotton fibers and polyester from textile waste*. Journal of Cleaner Production, 2020. **254**: p. 120078.
54. plastics, p.-t.h.o. *Real Time Price List*. 2020 08/06/2020]; Disponível em: https://plasticer.de/preise/pms_en.php?show=ok&make=ok&aog=A&kat=Regranulat ;
https://plasticer.de/preise/pms_en.php?show=ok&make=ok&aog=A&kat=Mahlgut.

ANEXOS

Anexo A.1. Definições das propriedades físicas e mecânicas

Densidade a 20 °C (g/cm³) - define-se como o quociente entre a massa e o volume de um determinado material à temperatura de 20°C;

Índice de Refração a 20°C - é a razão entre a velocidade da luz no vácuo e a velocidade da luz num determinado meio, neste caso no PEBD e PELBD, à temperatura de 20°C;

Temperatura de Fusão (°C) - temperatura na qual uma substância passa do estado sólido ao estado líquido;

Condutividade Térmica (W/m.K) - quantidade de calor transferida por unidade de tempo e por unidade de área numa placa uniforme de comprimento infinito e espessura unitária, quando uma diferença unitária de temperatura é estabelecida entre duas faces paralelas, ou seja, quantifica a capacidade dos materiais de conduzir energia térmica;

Calor de Fusão (kJ/mol) - é a quantidade fornecida de energia, normalmente calor, a uma quantidade específica da substância para alterar o seu estado de sólido para líquido, sob pressão constante;

Resistência à Tração (MPa) - máxima tensão ao qual o material resiste antes da rutura sob tração, ou seja, ao ser esticado ou puxado;

Módulo de Tração ou Módulo de Young (MPa) - razão entre a tensão de tração e a deformação na tração em condições reversíveis de deformação. Quanto maior esse módulo, maior a tensão necessária para o mesmo grau de deformação, ou seja, mais rígido é o material;

Alongamento (% ou MPa) - aumento do comprimento de um corpo de prova causado por uma tensão de tração, no momento da rutura, em relação ao comprimento original do corpo de prova;

Módulo de Flexão (MPa) - razão entre a tensão e a deformação na flexão em condições reversíveis, mais claramente, é a tendência de um material resistir à flexão;

Resistência à Perfuração do filme (J/cm³) - exatamente o que o nome indica, é resistência à perfuração do material em filme;

Rigidez do filme (J/cm³) - resistência de um corpo à deformação por uma força aplicada;

Força de Perfuração (N) - a força mínima que é necessária para perfurar o material;

Dureza (Shore D) - capacidade de um material resistir à penetração sob condições específicas. Shore D é o nome do teste de dureza que foi realizado, sendo que há vários;

Contração (%) - capacidade de redução de tamanho;

Temperatura de Autoignição (°C) - é a temperatura mais baixa à qual o material se inflama espontaneamente em condições normais de atmosfera, sem uma fonte externa de ignição;

Resistência ao Rasgamento (MPa) - força ou pressão, medida diretamente ou por unidade de espessura do corpo de prova, necessária para iniciar o rasgamento e/ou propagação de um rasgo em condições específicas de teste.

Anexo A.2. Listagem de CAE das empresas contactadas e apresentação dos valores para o cálculo do tamanho da amostra

Tabela A.2. - 1: Listagem de CAE das empresas contactadas

CAE	Identificação do código	Número de empresas com o código	% relativa ao total	Número de empresas com o código em Portugal (2018)
10130	Fabricação de produtos à base de carne	2	0,7%	535
10201	Preparação de produtos da pesca e da aquicultura	1	0,3%	65
10203	Conservação de produtos da pesca e da aquicultura em azeite e outros óleos vegetais e outros molhos	1	0,3%	35
10393	Fabricação de doces, compotas, geleias e marmelada	1	0,3%	183
10510	Indústrias do leite e derivados	1	0,3%	349
10720	Fabricação de bolachas, biscoitos, tostas e pastelaria de conservação	2	0,7%	293
10840	Fabricação de condimentos e temperos	1	0,3%	44
10891	Fabricação de fermentos, leveduras e adjuvantes para panificação e pastelaria	1	0,3%	8
10893	Fabricação de outros produtos alimentares diversos, n.e.	1	0,3%	235
10912	Fabricação de alimentos para animais de criação (exceto para aquicultura)	4	1,3%	96
10920	Fabricação de alimentos para animais de companhia	1	0,3%	8
11021	Produção de vinhos comuns e licorosos	1	0,3%	1 359
11071	Engarrafamento de águas minerais naturais e de nascente	6	2,0%	42
11072	Fabricação de refrigerantes e de outras bebidas não alcoólicas, n.e.	2	0,7%	17

CAE	Identificação do código	Número de empresas com o código	% relativa ao total	Número de empresas com o código em Portugal (2018)
13103	Preparação e fiação da seda e preparação e texturização de filamentos sintéticos e artificiais	1	0,3%	10
13930	Fabricação de tapetes e carpetes	1	0,3%	98
13993	Fabricação de outros têxteis diversos, n.e.	1	0,3%	585
14131	Confeção de outro vestuário exterior em série	6	2,0%	4 600
14140	Confeção de vestuário interior	3	1,0%	322
14310	Fabricação de meias e similares de malha	3	1,0%	197
14390	Fabricação de outro vestuário de malha	1	0,3%	281
15201	Fabricação de calçado	1	0,3%	2 388
15202	Fabricação de componentes para calçado	1	0,3%	399
16293	Indústria de preparação da cortiça	2	0,7%	269
16294	Fabricação de rolhas de cortiça	5	1,6%	477
16295	Fabricação de outros produtos de cortiça	1	0,3%	95
17220	Fabricação de artigos de papel para uso doméstico e sanitário	2	0,7%	34
20141	Fabricação de resinosos e seus derivados	1	0,3%	19
20301	Fabricação de tintas (exceto impressão), vernizes, mastiques e produtos similares	20	6,5%	96
20411	Fabricação de sabões, detergentes e glicerina	1	0,3%	91
20412	Fabricação de produtos de limpeza, polimento e proteção	1	0,3%	45
21100	Fabricação de produtos farmacêuticos de base	1	0,3%	24
21201	Fabricação de medicamentos	4	1,3%	81
21202	Fabricação de outras preparações e de artigos farmacêuticos	1	0,3%	46
22111	Fabricação de pneus e câmaras-de-ar	1	0,3%	3

CAE	Identificação do código	Número de empresas com o código	% relativa ao total	Número de empresas com o código em Portugal (2018)
22210	Fabricação de chapas, folhas, tubos e perfis de plástico	1	0,3%	115
22220	Fabricação de embalagens de plástico	1	0,3%	155
23510	Fabricação de cimento	3	1,0%	7
25401	Fabricação de armas de caça, de desporto e defesa	1	0,3%	10
29100	Fabricação de veículos automóveis	1	0,3%	39
32502	Fabricação de material ortopédico e próteses e de instrumentos médico-cirúrgicos	1	0,3%	1 086
45310	Comércio por grosso de peças e acessórios para veículos automóveis	2	0,7%	1 279
45320	Comércio a retalho de peças e acessórios para veículos automóveis	6	2,0%	2 736
46170	Agentes do comércio por grosso de produtos alimentares, bebidas e tabaco	1	0,3%	509
46180	Agentes especializados do comércio por grosso de outros produtos	1	0,3%	788
46341	Comércio por grosso de bebidas alcoólicas	1	0,3%	1 380
46381	Comércio por grosso de peixe, crustáceos e moluscos	2	0,7%	798
46382	Comércio por grosso de outros produtos alimentares, n.e.	1	0,3%	1 598
46390	Comércio por grosso não especializado de produtos alimentares, bebidas e tabaco	5	1,6%	1 027
46421	Comércio por grosso de vestuário e de acessórios	6	2,0%	1 665
46422	Comércio por grosso de calçado	1	0,3%	515
46450	Comércio por grosso de perfumes e de produtos de higiene	4	1,3%	655
46460	Comércio por grosso de produtos farmacêuticos	4	1,3%	979
46493	Comércio por grosso de brinquedos, jogos e artigos de desporto	2	0,7%	339

CAE	Identificação do código	Número de empresas com o código	% relativa ao total	Número de empresas com o código em Portugal (2018)
46690	Comércio por grosso de outras máquinas e equipamentos	1	0,3%	2340
46732	Comércio por grosso de materiais de construção (exceto madeira) e equipamento sanitário	1	0,3%	2 390
46750	Comércio por grosso de produtos químicos	2	0,7%	837
46762	Comércio por grosso de outros bens intermédios, n. e	3	1,0%	517
46900	Comércio por grosso não especializado	2	0,7%	4 420
47111	Comércio a retalho em supermercados e hipermercados	40	13,1%	2 120
47112	Comércio a retalho em outros estabelecimentos não especializados, com predominância de produtos alimentares, bebidas ou tabaco	8	2,6%	12 365
47191	Comércio a retalho não especializado, sem predominância de produtos alimentares, bebidas ou tabaco, em grandes armazéns e similares	4	1,3%	1 097
47192	Comércio a retalho em outros estabelecimentos não especializados, sem predominância de produtos alimentares, bebidas ou tabaco	2	0,7%	3 102
47240	Comércio a retalho de pão, de produtos de pastelaria e de confeitaria, em estabelecimentos especializados	1	0,3%	1 466
47293	Outro comércio a retalho de produtos alimentares, em estabelecimentos especializados, n.e.	2	0,7%	2 217
47410	Comércio a retalho de computadores, unidades periféricas e programas informáticos, em estabelecimentos especializados	2	0,7%	2 627

CAE	Identificação do código	Número de empresas com o código	% relativa ao total	Número de empresas com o código em Portugal (2018)
47420	Comércio a retalho de equipamento de telecomunicações, em estabelecimentos especializados	1	0,3%	2 233
47510	Comércio a retalho de têxteis, em estabelecimentos especializados	1	0,3%	3 355
47523	Comércio a retalho de material de bricolage, equipamento sanitário, ladrilhos e materiais similares, em estabelecimentos especializados	3	1,0%	2 381
47540	Comércio a retalho de eletrodomésticos, em estabelecimentos especializados	1	0,3%	1 497
47591	Comércio a retalho de mobiliário e artigos de iluminação, em estabelecimentos especializados	6	2,0%	3 382
47592	Comércio a retalho de louças, cutelaria e de outros artigos similares para uso doméstico, em estabelecimentos especializados	1	0,3%	1 205
47593	Comércio a retalho de outros artigos para o lar, n.e., em estabelecimentos especializados	2	0,7%	2 678
47610	Comércio a retalho de livros, em estabelecimentos especializados	1	0,3%	600
47640	Comércio a retalho de artigos de desporto, de campismo e lazer, em estabelecimentos especializados	6	2,0%	1 552
47650	Comércio a retalho de jogos e brinquedos, em estabelecimentos especializados	1	0,3%	352
47711	Comércio a retalho de vestuário para adultos, em estabelecimentos especializados	39	12,7%	9 174

CAE	Identificação do código	Número de empresas com o código	% relativa ao total	Número de empresas com o código em Portugal (2018)
47712	Comércio a retalho de vestuário para bebés e crianças, em estabelecimentos especializados	4	1,3%	1 700
47721	Comércio a retalho de calçado, em estabelecimentos especializados	12	3,9%	1 980
47750	Comércio a retalho de produtos cosméticos e de higiene, em estabelecimentos especializados	6	2,0%	1 959
47770	Comércio a retalho de relógios e de artigos de ourivesaria e joalharia, em estabelecimentos especializados	1	0,3%	2 624
47784	Comércio a retalho de outros produtos novos, em estabelecimentos especializados, n. e	3	1,0%	7 977
49410	Transportes rodoviários de mercadorias	4	1,3%	7 696
49420	Atividades de mudanças, por via rodoviária	1	0,3%	145
52102	Armazenagem não frigorífica	3	1,0%	137
52291	Organização do transporte	1	0,3%	579
56107	Restaurantes, n.e. (inclui atividades de restauração em meios móveis)	1	0,3%	5 280
58110	Edição de livros	1	0,3%	441
64202	Atividades das sociedades gestoras de participações sociais não financeiras	6	2,0%	4370
68100	Compra e venda de bens imobiliários	2	0,7%	24 651
70220	Outras atividades de consultoria para os negócios e a gestão	1	0,3%	21 278
82990	Outras atividades de serviços de apoio prestados às empresas, n.e.	1	0,3%	160 939
86906	Outras actividades de saúde humana, n. e	1	0,3%	30 430

Tabela A.2. - 2: Valores utilizados para o cálculo do tamanho da amostra

População Total (N)	365199
Nível de confiança (Z)	1,96
Constante definida pela distribuição da população (p)	0,5
(1-p)	0,5
Erro amostral (e)	0,1
Tamanho de amostra (n)	96

Anexo A.3. Listagem de CAE das empresas inquiridas e gráfico respetivo às percentagens de resposta por CAE

Tabela A.3 - 1: Listagem de CAE das empresas inquiridas no estudo de mercado

CAE	Número de empresas com o código	Número de empresas com o código (%)	Identificação do código	Número de empresas com o código em Portugal (2018)	Nº de contactos efetuados	Taxa de resposta
10203	1	3	Conservação de produtos da pesca e da aquicultura em azeite e outros óleos vegetais e outros molhos	35	1	100%
10393	1	3	Fabricação de doces, compotas, geleias e marmelada	183	1	100%
10510	1	3	Indústrias do leite e derivados	349	2	50%
10840	1	3	Fabricação de condimentos e temperos	44	1	100%
10912	2	7	Fabricação de alimentos para animais de criação (exceto para aquicultura)	96	4	50%
11071	2	7	Engarrafamento de águas minerais naturais e de nascente	42	7	29%
11072	1	3	Fabricação de refrigerantes e de outras bebidas não alcoólicas, n.e.	17	2	50%
14131	1	3	Confeção de outro vestuário exterior em série	4 600	6	17%
15201	1	3	Fabricação de calçado	2388	1	100%
20301	6	20	Fabricação de tintas (exceto impressão), vernizes, mastiques e produtos similares	96	21	29%
21100	1	3	Fabricação de produtos farmacêuticos de base	24	1	100%
23510	1	3	Fabricação de cimento	7	4	25%

CAE	Número de empresas com o código	Número de empresas com o código (%)	Identificação do código	Número de empresas com o código em Portugal (2018)	Nº de contactos efetuados	Taxa de resposta
29100	1	3	Fabricação de veículos automóveis	39	1	100%
32502	1	3	Fabricação de material ortopédico e próteses e de instrumentos médico-cirúrgicos	1086	1	100%
46170	1	3	Agentes do comércio por grosso de produtos alimentares, bebidas e tabaco	509	1	100%
46762	1	3	Comércio por grosso de outros bens intermédios, n. e	517	3	33%
46900	1	3	Comércio por grosso não especializado	4 420	2	50%
47410	1	3	Comércio a retalho de computadores, unidades periféricas e programas informáticos, em estabelecimentos especializados	2 627	2	50%
47523	1	3	Comércio a retalho de material de bricolage, equipamento sanitário, ladrilhos e materiais similares, em estabelecimentos especializados	2 381	4	25%
49420	1	3	Atividades de mudanças, por via rodoviária	145	1	100%
52102	1	3	Armazenagem não frigorífica	137	3	33%
70220	1	3	Outras atividades de consultoria para os negócios e a gestão	21278	1	100%
82990	1	3	Outras atividades de serviços de apoio prestados às empresas, n.e.	160939	1	100%

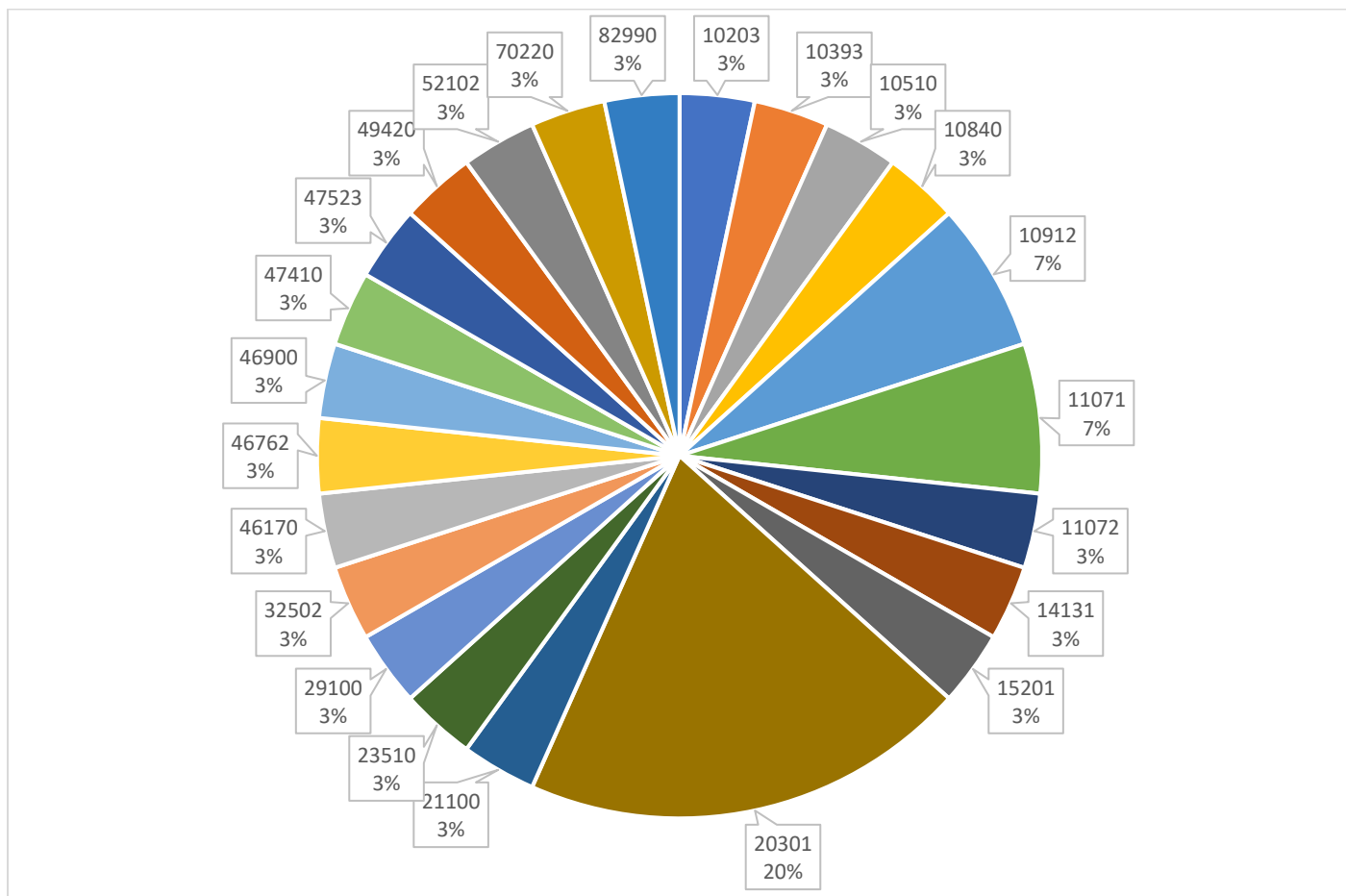


Figura A.3. - 1: Universo de respostas do questionário representado através dos CAE das empresas entrevistadas e respectivas percentagens de resposta

Anexo A.4. Cálculo da quantidade de filme plástico mensal adquirido pelas empresas

Para realizar o cálculo da quantidade de filme plástico mensal adquirido pelas empresas, começou-se por perceber quantas empresas optaram por cada resposta na pergunta 7. A Tabela A.4. - 1 apresenta o número de respostas por cada opção para a pergunta 7.

Tabela A.4. - 1: Número de empresas que adquire filme plástico extensível em unidades (rolos) e em peso (kg)

Opções de resposta	Nº de respostas	%
Unidades (rolos)	10	38,5
Peso (kg)	16	61,5

Como visto na Tabela A.4. - 1, 38,5% das empresas responderam que adquirem o filme plástico por unidades (rolos). Sendo assim, com o objetivo de calcular a quantidade, em quilogramas, que a empresa adquiriu, foram avaliadas as respostas às perguntas 8, 9 e 10 (comprimento, largura e quantidade de rolos adquiridos por mês) e foi realizado o seguinte cálculo:

$$\text{Quantidade (g)} = (l \times c \times E) \times \rho \times r \quad (4-1)$$

l – Largura do rolo em centímetros

c – Comprimento do rolo em centímetros

E – Espessura do filme plástico em centímetros

ρ – Massa volúmica do filme plástico em g/cm^3

r – Número de rolos adquirido mensalmente

A espessura do filme considerada foi 0,003 cm, que é a espessura máxima do filme plástico, e a massa volúmica considerada foi a média da massa volúmica do polímero a partir do qual é produzido, neste caso, PEBD e PELBD. O cálculo efetuado para a massa volúmica média utilizou os valores da gama da massa volúmica (20 °C) do PELBD (Tabela 2-1) dado que a gama da massa volúmica do PEBD inclui-se na anterior (equação 3-4).

$$\rho (\text{g/cm}^3) = \frac{0,905 + 0,942}{2} = 0,9235 (\text{g/cm}^3) \quad (4-2)$$

Após o cálculo da quantidade de filme plástico adquirido em gramas apenas se fez a conversão da mesma para quilogramas. As Tabelas A.4. – 2 e A.4. – 3 apresentam os dados de resposta para todas as empresas que responderam que adquirem o filme plástico em unidades (rolos) assim como os dados utilizados para o cálculo apresentado anteriormente e respetivos resultados.

Tabela A.4. - 2: Apresentação dos valores de comprimento (m), largura (mm) e quantidade de rolos adquiridos pelas empresas

Pergunta 8	Pergunta 9	Pergunta 10
Comprimento (m)	Largura (mm)	Nº de rolos
600	450	4000
2300	500	1000
160	450	15
200	500	30
600	500	34
160	450	10
200	500	60
600	500	150
115	450	24

Tabela A.4. - 3: Resultados do peso (kg) do material adquirido pelas empresas mensalmente sob a forma de rolo

Comprimento (cm)	Largura (cm)	Nº de rolos	Massa volúmica (g/cm ³)	Espessura (cm)	Peso (g)	Peso (kg)
60000	45	4000	0,9235	0,003	29921400,0	29921,4
230000	50	1000	0,9235	0,003	31860750,0	31860,8
16000	45	15	0,9235	0,003	29921,4	29,9
20000	50	30	0,9235	0,003	83115,0	83,1
60000	50	34	0,9235	0,003	282591,0	282,6
16000	45	10	0,9235	0,003	19947,6	19,9
20000	50	60	0,9235	0,003	166230,0	166,2
60000	50	150	0,9235	0,003	1246725,0	1246,7
11500	45	24	0,9235	0,003	34409,6	34,4

Anexo A.5. Questionário utilizado na avaliação de requisitos do mercado

Estudo de mercado para desenvolvimento de um produto alternativo ao filme plástico

O meu nome é Patrícia Longo e frequento o Mestrado Integrado em Engenharia do Ambiente da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto. No âmbito da unidade curricular de Dissertação, estou a desenvolver um trabalho de pesquisa subordinado ao tema: “Estudo de suporte ao desenvolvimento de um produto alternativo ao filme extensível plástico (PELBD) de acondicionamento de cargas em paletes”, em colaboração com a empresa BoG – Environmental Consulting, Lda.

Este inquérito, para o qual solicito a vossa colaboração no preenchimento, pretende, por um lado, caracterizar a situação atual no que respeita à utilização do filme plástico e, por outro, apurar a predisposição das entidades para utilizarem uma alternativa ao filme plástico e identificar quais as características que consideram mais relevantes assegurar.

Os dados fornecidos são absolutamente confidenciais e anónimos e serão utilizados exclusivamente para a dissertação.

Na eventualidade de surgir qualquer questão relativa ao estudo ou caso pretenda algum esclarecimento adicional, poderá contactar: Patrícia Longo (up201504457@fe.up.pt) e/ou BoG (geral@bog-ec.pt)

Agradeço, desde já, o seu contributo.

1. No âmbito das atividades de expedição, a sua empresa recorre ao envio de mercadorias em palete?

Sim

Não

Se sim, continua a responder.

Se não, avança para a **questão 20**.

2. Que tipologias de carga é que a sua empresa envia?

3. Qual o número médio mensal de paletes enviadas pela sua empresa (unidades/mês)?

4. No processo de escolha do material para o acondicionamento das cargas em palete há várias características a ter em conta. Considere as abaixo mencionadas e classifique-as de acordo com a relevância que lhes atribui no âmbito da atividade da sua empresa.

Quadro:

	Extremamente Irrelevante	Irrelevante	Neutro	Relevante	Extremamente Relevante
Transparência	☐	☐	☐	☐	☐
Opacidade	☐	☐	☐	☐	☐
Impermeabilidade da carga acondicionada	☐	☐	☐	☐	☐
Flexibilidade (aplicável a vários formatos de carga)	☐	☐	☐	☐	☐
Custo do material utilizado	☐	☐	☐	☐	☐
Leveza	☐	☐	☐	☐	☐
Fácil aplicação manual	☐	☐	☐	☐	☐
Aplicação automática	☐	☐	☐	☐	☐
Assegurar a integridade da carga ao choque	☐	☐	☐	☐	☐
Assegurar a não violação do conteúdo da carga	☐	☐	☐	☐	☐
Material reutilizável	☐	☐	☐	☐	☐

Figura A.5. - 1: Apresentação do quadro de resposta à pergunta 4 do questionário.

5. Qual o material que a sua empresa utiliza com mais frequência para o acondicionamento das cargas que são enviadas em palete?

Filme extensível plástico

Elásticos

Cintas

Colar em madeira

Colar em plástico

Colar em malha metálica

Redes

Outro

Se responder “Filme extensível plástico”, continua a responder.

Se respondeu qualquer uma das outras opções, avança para a **questão 20**.

6. Qual o custo médio mensal da empresa com a compra do material de acondicionamento (euros/mês)?

Inferior a 500

Entre 501 e 2000

Entre 2001 e 4500

Entre 4501 e 6000

Mais de 6001

7. Habitualmente a sua empresa adquire o filme plástico em:

Unidades (rolos)

Peso (kg)

Se respondeu **unidades**, continua a responder.

Se respondeu **peso**, avança para a **questão 11**.

8. Qual o comprimento de cada rolo (em metros)?

115

160

180

200

300

600

1000

1250

1500

1700

2000

2300

9. Qual a largura de cada rolo (em milímetros)?

450

500

10. Qual o número médio de rolos adquiridos por mês (unidades/mês)?

11. Qual a quantidade adquirida por mês (quilograma/mês)?

12. A sua empresa recebe (ex. de fornecedores), cargas em palete acondicionadas com filme plástico?

Sim

Não

Se sim, continuar.

Se não, avançar para a **questão 17**.

13. Que tipologias de carga é que a sua empresa recebe?

14. Resultante das cargas recebidas, qual a quantidade média de filme plástico que é descartada mensalmente como resíduo (quilogramas/mês)?

Menos de 50

Entre 51 e 100

Entre 101 e 150

Entre 151 e 200

Entre 201 e 250

Entre 251 e 300

Entre 301 e 350

Entre 351 e 400

Entre 401 e 450

Entre 451 e 500

Mais de 500

15. Como são geridos os resíduos do material de acondicionamento?

Não são separados e são encaminhados com o lixo comum

São separados e posteriormente encaminhados para reciclagem

São reutilizados

Nenhuma das anteriores

16. Existem benefícios ou encargos financeiros relacionados com o encaminhamento dos resíduos?

Sim, existem benefícios

Sim, existem encargos

Não existem encargos nem benefícios

17. Caso existisse uma alternativa ao filme plástico que fosse ao encontro das necessidades da sua empresa, mas com menor impacto ambiental, estaria disponível para utilizá-la?

Sim

Não

Se sim, continuar.

Se não, avançar para a **questão 20**.

18. Imagine que a alternativa referida na questão anterior era um produto reutilizável (i.e., poderá ser utilizado múltiplas vezes para o mesmo fim). Considera que a sua empresa estaria disposta a optar por esta solução, apesar de o custo inicial de aquisição poder ser superior?

Sim

Não

Se sim, continuar.

Se não, avançar para a **questão 20**.

19. Das características abaixo mencionadas, quais considera mais relevantes que sejam garantidas num produto alternativo ao filme plástico para acondicionamento de cargas em paletes? Selecione as três opções que considera mais relevantes.

Transparência

Opacidade

Impermeabilidade da carga acondicionada

Flexibilidade (aplicável a vários formatos de carga)

Custo do material utilizado

Leveza

Fácil aplicação manual

Aplicação automática

Assegurar a integridade da carga ao choque

Assegurar a não violação do conteúdo da carga

Material reutilizável

20. Indique o CAE principal da sua atividade.

21. Indique, por favor, a sua função na empresa:

22. Caso tenha alguma questão ou sugestão relativamente ao acondicionamento de cargas em paletes e ao estudo em questão, por favor utilize o espaço que se segue.