

**Universidade de Évora**  
**Escola de Ciências e Tecnologia**  
**Departamento de Química**



**Reciclagem e Reutilização de Matérias Plásticas  
em Portugal: passado, presente e futuro numa  
visão global**

***Natalya Hrebynyuk***

**Mestrado em Engenharia Química**

**Orientador: Professor Doutor Paulo Alexandre Mira Mourão**



**Évora 2010**

Esta dissertação não inclui as críticas e sugestões feitas pelo júri.



**Universidade de Évora**  
**Escola de Ciências e Tecnologia**  
Departamento de Química



**Reciclagem e Reutilização de Matérias Plásticas  
em Portugal: passado, presente e futuro numa  
visão global**

*Natalya Hrebynyuk*

**Mestrado em Engenharia Química**

**Orientador: Professor Doutor Paulo Alexandre Mira Mourão**



**Évora 2010**

Esta dissertação não inclui as críticas e sugestões feitas pelo júri.



## **AGRADECIMENTOS**

Gostaria de agradecer em primeiro lugar ao meu orientador, Professor Paulo Mourão, pelos conhecimentos adquiridos e pelo contínuo apoio, simpatia e amizade que sempre estiveram presentes durante a realização deste trabalho.

Desejo também agradecer ao director de curso, Professor Luís Martins. Aos Professores Isabel Cansado, José Castanheiro, Maria Elmina Lopes, Peter Carrott, Alfredo Carvalho e João Paulo Prates Ramalho.

A todas as entidades envolvidas e em especial às empresas Evertis, Daniel Morais, Gintegral gestão ambiental S.A. que, ao longo deste trabalho, contribuíram para a sua realização, através da disponibilização de informação que possibilitou e enriqueceu este trabalho.

Agradeço a todos as colegas e amigos, especialmente Halyna Dobrunova e em especial à minha família pelo constante apoio e incentivo que tanto contribuiu para a execução deste trabalho.



## RESUMO

### *Reciclagem e Reutilização de Matérias Plásticas em Portugal: passado, presente e futuro numa visão global*

O principal objectivo deste trabalho consistiu na caracterização do passado e presente da área de reciclagem e reutilização das matérias plásticas. Apresenta-se um resumo histórico da evolução dos materiais plásticos, feito através da revisão histórica da reciclagem no Mundo e em Portugal. Na história e presente da reciclagem influem varias factores, com destaque para: as normas do Parlamento Europeu em que se baseiam as metas globais para a reciclagem, visando os benefícios ambientais e económicos, a par do não menos importante progresso industrial como principal gerador de resíduos.

O segundo objectivo do trabalho consistiu na caracterização do sistema de reciclagem em Portugal, apontando os pontos fracos e fortes do mesmo. Mostrar os principais constituintes e gestores da área de reciclagem em Portugal, os tipos de ligações e compromissos entre eles.

Em conclusão, pode-se afirmar que o mercado de plástico reciclado é um nicho a ser explorado e posteriormente desenvolvido.



## ABSTRACT

### *Recycling and reuse of plastic products in Portugal: past, present and future in a global view*

The main objective of this study was to characterize the past and present in the area of recycling and reuse of plastic materials. This work presents a historical summary of the developments in plastic materials, provided by the historical review of recycling in the World and in Portugal. In the history and present of the recycling domain, several factors are involved, with emphasis on: the norms and regulations from the European Parliament that underlie the global objectives for recycling, targeting environmental and economic benefits, and also the no less important industrial progress as the main generator of waste .

The second objective of this work was the characterization of the recycling system in Portugal, pointing out their strengths and weaknesses. Present the major components and managers of the recycling area in Portugal, the types of connections and commitments between them.

In conclusion, it's possible to establish that the market for recycled plastics is a niche to be explored and subsequently developed.



## SÍMBOLOS E NOTAÇÕES

ACV	Avaliação do Ciclo de Vida
ABS	Um conjunto de termoplásticos acrilonitrilo, butadieno e estireno
APA	Agência portuguesa do Ambiente
APIP	Associação Portuguesa da Indústria de Plásticos
APME	Association of Plastics Manufactures in Europe
ASTM	American Society for Testing and Materials
CAGER	Comissão de Acompanhamento de Gestão de Resíduos
CMAI	Chemical Market Associates Inc.
CTM	Centro de Triagem de Materiais
CTM	Comunidade Europeia
EM	Estados Membros
EPA	Environmental Protection Agency
EPS	Pliestireno Expandido
ERP	European Recycling Platform
HDPE	High Density Polyethylene
INR	Instituto nacional dos Resíduos
IRSG	International Rubber Study Group
ISO	International Standardization Organization
GESAMB	Gestão Ambiental e de Resíduos
GP	Grau de Polimerização
LDPE	Low Density Polyethylene

LOGRNU	Lista dos Operadores de Gestão de Resíduos Não Urbanos
NAFTA	North American Free Trade Agreement
NPG	Neo-pentil-glicol
PAN	Poliacrilonitrila
PC	Policarbonato
PE	Poliétileno
PEAD	Poliétileno de Alta Densidade
PEBD	Poliétileno de Baixa Densidade
PEBDL	Poliétileno de Baixa Densidade Linear
PET	Poli (Tereftalato de Etileno)
PEUAPM	Poliétileno de Ultra Alto Peso Molecular
PMMA	Polimetilmetacrilato
PP	Polipropileno
PPAD	Polipropileno de Alta Densidade
PS	Poliestireno
PVA	Poliacetato de Vinilo
PVC	Policloreto de Vinilo
QREN	Quadro de Referência Estratégica Nacional
RCD	Resíduos de Construção Civil
RE	Resíduos
RSU	Resíduos Sólidos Urbanos
SAE	Society of Automobile Engineers
SIGRE	Sistema Integrado de Gestão de Resíduos de Embalagem

SIRER	Sistema Integrado de Registo Electrónico de Resíduos
SPI	American Society of Plastics Industry
SPV	Sociedade Ponto Verde
UE	União Europeia
UV	Ultra Violeta

# ÍNDICE GERAL

<b>Agradecimentos</b> .....	III
<b>Resumo</b> .....	V
<b>Abstract</b> .....	VII
<b>Símbolos e Notações</b> .....	IX
<b>Lista de tabelas</b> .....	XV
<b>Lista de Equações</b> .....	XVII
<b>Lista das Figuras</b> .....	XVIII
<b>Errata</b> .....	XXI
<b>CAPÍTULO 1. INTRODUÇÃO</b> .....	3
1.1. INTRODUÇÃO .....	3
1.2. OS POLÍMEROS .....	4
1.2.1. O que são polímeros?.....	4
1.2.2. Definições gerais sobre os polímeros .....	6
1.2.3. Síntese dos polímeros .....	9
1.2.4. Classificação dos polímeros .....	13
1.2.5. Propriedades dos polímeros .....	15
1.2.6. Polímeros vs plásticos.....	18
1.3. PLÁSTICOS .....	19
1.4. IMPORTÂNCIA DOS PLÁSTICOS NA SOCIEDADE .....	32
1.4.1. Plásticos no mundo .....	34
1.4.2. Plásticos no mundo: alguns números .....	38
1.5. PORQUÊ RECICLAR?.....	42
1.6. EVOLUÇÃO HISTÓRICA DA RECICLAGEM DOS PLÁSTICOS .....	44
1.6.1. Reciclagem no mundo.....	44
1.6.2. Portugal.....	49
1.7. ENQUADRAMENTO ECONÓMICO E SOCIAL DA RECICLAGEM DE PLÁSTICOS EM PORTUGAL.....	55
1.8. ENQUADRAMENTO LEGAL DAS ACTIVIDADES DE RECICLAG DAS MATÉRIAS PLÁSTICAS EM PORTUGAL .....	58

<b>CAPITULO 2. ANÁLISE DO CICLO DE VIDA DOS MATERIAIS PLÁSTICOS</b> .....	67
2.1. O CICLO DE VIDA DOS MATERIAIS PLÁSTICOS .....	67
2.1.1. O conceito de Ciclo de Vida.....	67
2.1.2. Utilização e consumo.....	69
2.1.3. Deposição.....	70
2.1.4. Recolha .....	71
2.1.5. Separação, triagem e tratamento.....	74
2.2. PLÁSTICOS RECICLÁVEIS E NÃO RECICLÁVEIS .....	76
2.3. TIPOS E MÉTODOS DE PRODUÇÃO DE PLÁSTICOS.....	78
2.4. TIPOS DE RECICLAGEM .....	83
2.4.1. Reciclagem primária (mecânica ou física) .....	83
2.4.2. Reciclagem secundária (mecânica ou física).....	84
2.4.3. Reciclagem terciária (química).....	87
2.4.4. Reciclagem quaternária (térmica ou energética) .....	90
2.5. O CASO PARTICULAR DOS PLÁSTICOS MISTOS.....	91
2.6. O CASO PARTICULAR DA BORRACHA .....	95
2.7. CONTAMINANTES, ADITIVOS E OUTRAS IMPUREZAS EM POLÍMEROS .....	99
2.8. EXISTEM POLÍMEROS BIODEGRADÁVEIS? QUAL A RELAÇÃO COM A RECICLAGEM? .....	101
<b>CAPITULO 3. CARACTERIZAÇÃO DAS EMPRESAS MAIS REPRESENTATIVAS EM PORTUGAL E RESPECTIVAS MATÉRIAS PLÁSTICAS</b> .....	107
3.1. POLÍMEROS COM MAIOR EXPRESSÃO EM PORTUGAL.....	107
3.2. CARACTERIZAÇÃO DO SECTOR EMPRESARIAL DAS MATÉRIAS PLÁSTICAS	112
3.2.1. Entidades gestoras .....	112
3.2.2. Sector empresarial das matérias plásticas .....	114
3.2.3. Empresas mais representativas em Portugal .....	114
3.3. O PET E PVC NAS EMPRESAS DE DANIEL MORAIS, GINTEGRAL E EVERTIS ..	121
3.4. EMPRESAS RECICLADORAS E AS DIFICULDADES OPERACIONAIS.....	125
<b>CAPÍTULO 4. REUTILIZAÇÃO DOS PLÁSTICOS RECICLADOS</b> .....	129
4.1. DOMÍNIOS DE UTILIZAÇÃO DOS PLÁSTICOS RECICLADOS .....	129
4.1.1. Principais utilizações de plástico reciclado .....	129
4.1.2. Aplicação de plástico reciclado no Mundo .....	129
4.1.3. Aplicação de plástico reciclado em Portugal.....	131

4.2. A IMPORTÂNCIA DA REUTILIZAÇÃO DOS MATERIAIS PLÁSTICOS VERSUS A SUA RECICLAGEM .....	135
4.3. COMPARAÇÃO DA QUALIDADE DOS MATERIAIS RECICLADOS (PLÁSTICO RECICLADO) RELATIVAMENTE À DOS SEUS HOMÓLOGOS NOVOS (PLÁSTICO VIRGEM) .....	139
4.4. APLICAÇÃO EM EMBALAGENS ALIMENTARES E NÃO ALIMENTARES.....	141
4.4.1. Enquadramento legislativo para materiais plásticos reciclados utilizados em embalagens alimentares .....	144
<b>CAPITULO 5. AVALIAÇÃO DE PERSPECTIVAS DE FUTURO PARA A ÁREA DE RECICLAGEM E REUTILIZAÇÃO DE MATÉRIAS PLÁSTICAS .....</b>	<b>149</b>
5.1. NOVAS PERSPECTIVAS NA ÁREA DE RECICLAGEM .....	149
5.2. NOVAS APLICAÇÕES POTENCIAIS PARA AS MATÉRIAS PLÁSTICAS REUTILIZADAS. ....	153
5.3. O FUTURO DE RECICLAGEM.....	154
<b>BIBLIOGRAFIA .....</b>	<b>157</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>169</b>
ANEXO1. METAS A CUMPRIR PARA RSU .....	169
ANEXO 2. OPERADORES DE GESTÃO DE RESÍDUOS DE PLÁSTICO .....	170
ANEXO 3. RESPOSTAS DE INQUÉRITOS.....	176
Anexo 3.1. Resposta de inquérito Evertis de PET .....	176
Anexo 3.2. Resposta de inquérito Daniel Morais de PET .....	179
Anexo 3.3. Resposta de inquérito Gintegral de PVC. ....	182
Anexo 3.4. Resposta de inquérito Daniel Morais de PVC.....	185
ANEXO 4. BASE LEGISLATIVA .....	187

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1-</b> Cadeias de homopolímeros e copolímeros .....	8
<b>Tabela 2-</b> Alguns representantes de resinas de poliéster .....	27
<b>Tabela 3-</b> Resultados de eventos importantes na história da reciclagem de plásticos .....	46
<b>Tabela 4-</b> Reciclagem de embalagens em Portugal (toneladas de resíduos de embalagens) .....	50
<b>Tabela 5-</b> Embalagens plásticas geridas para reciclagem e valorização, em Portugal entre 1998 e 2005 .....	51
<b>Tabela 6-</b> Apresentação de dados estatísticos de taxas de reciclagem em 2008 .	51
<b>Tabela 7-</b> Dados estatísticos do 1º trimestre de 2009 apresentados pelo INE .....	53
<b>Tabela 8-</b> Dados estatísticos do 2º trimestre de 2009 apresentados pelo INE .....	53
<b>Tabela 9-</b> Objectivos de valorização e reciclagem para os resíduos de embalagens, em Portugal .....	54
<b>Tabela 10-</b> Valores dos materiais recicláveis estabelecidos pela SPV no ano 2001 comparando com 2008-2009 .....	56
<b>Tabela 11-</b> Valores aproximados dos custos de recolha e tratamento em 2001 .....	56
<b>Tabela 12-</b> Resíduos Recolhidos Recicláveis na Cidade de Lisboa .	73
<b>Tabela 13-</b> Tabela com dois tipos de plásticos recicláveis e não recicláveis .....	77
<b>Tabela 14-</b> Tabela com os processos de transformação de polímeros .....	82
<b>Tabela 15-</b> Tipos de plastificantes e propriedade desejada .....	99
<b>Tabela 16-</b> Evolução da entrada de matérias-primas (toneladas), na Indústria nacional de fabrico de plásticos durante 2003-2007 .....	109
<b>Tabela 17-</b> Comparação das entradas de matérias - primas no ano 2006 e 2007 .....	110
<b>Tabela 18-</b> Evolução das vendas da Indústria nacional no fabrico de plásticos em 2003- 2005 (milhares de euros) .....	111
<b>Tabela 19-</b> Empresas de transformação de plástico em Portugal .	114
<b>Tabela 20-</b> Processamento de material, durante três anos (em kg) .....	117
<b>Tabela 21-</b> Consumo de matéria-prima PET pela Evertis .....	123

<b>Tabela 22-</b> Preços comparativos entre matéria-prima virgem e rPET .....	123
<b>Tabela 23-</b> Objectos preferencialmente recicláveis (conforme o tipo de plástico) .....	132

## LISTA DE EQUAÇÕES

<b>Equação 1-</b> Formação de um Polímero .....	5
<b>Equação 2-</b> Cálculo do peso molecular de um polímero .....	6
<b>Equação 3-</b> Peso Molecular Médio numérico .....	6
<b>Equação 4-</b> Peso Molecular Médio ponderal (M <sub>w</sub> ) .....	6
<b>Equação 5-</b> Polidispersidade do polímero .....	7
<b>Equação 6-</b> Formula geral de polimerização por adição .....	9
<b>Equação 7-</b> Equação geral de polimerização por condensação .....	11
<b>Equação 8-</b> O cálculo de índice de reciclagem .....	47

## LISTA DAS FIGURAS

<b>Figura 1-</b> Gráfico da distribuição dos pesos moleculares e representação dos pesos moleculares médios.....	7
<b>Figura 2-</b> Estrutura linear de polímero .....	8
<b>Figura 3-</b> Estrutura ramificada de polímero .....	8
<b>Figura 4-</b> Estrutura reticulada de polímero .....	9
<b>Figura 5-</b> Exemplo de reacção de poliadição do polímero vinílico .....	10
<b>Figura 6-</b> Exemplo de reacção de poliadição em polímero acrílico.....	11
<b>Figura 7-</b> Exemplo de reacção de poliadição em polímero diênicos .....	11
<b>Figura 8-</b> Exemplo de uma reacção de condensação na formação de Nylon66 .....	12
<b>Figura 9-</b> Esquema de produção de alguns dos principais Polímeros .....	13
<b>Figura 10-</b> Esquema de classificação simples dos Polímeros .....	14
<b>Figura 11-</b> Esquema geral de produção de plásticos .....	18
<b>Figura 12-</b> Unidade repetitiva de polietileno ( n representa o número de monómeros) ....	19
<b>Figura 13-</b> Embalagens produzidas com Polietileno de Baixa Densidade (PEBD) .....	20
<b>Figura 14-</b> Unidade repetitiva de polipropileno (PP) ( n representa o número de monómeros) .....	21
<b>Figura 15-</b> Exemplos de produtos feitos de Polipropileno de alta densidade .....	21
<b>Figura 16-</b> Unidade repetitiva de poliestireno (PS) ( n representa o número de monómeros) .....	22
<b>Figura 17-</b> Exemplos de produtos feitos de Poliestireno .....	23
<b>Figura 18-</b> Unidade repetitiva de poliloreto de vinilo (PVC) (n representa o número de monómeros) .....	23
<b>Figura 19-</b> Unidade repetitiva de Politereftalato de etileno (PET) ( n representa o número de monómeros) .....	24
<b>Figura 20-</b> Exemplos de produtos feitos de PET .....	25
<b>Figura 21-</b> Estrutura molecular de baquelite .....	26

<b>Figura 22-</b> Síntese do poliéster .....	26
<b>Figura 23-</b> Unidade repetitiva de uma resina ortoftálica.....	27
<b>Figura 24-</b> Unidade repetitiva de uma resina Tereftálica.....	27
<b>Figura 25-</b> Unidade repetitiva de uma resina Isoftálica.....	27
<b>Figura 26-</b> Unidade repetitiva de uma resina Bisfenólicas.....	28
<b>Figura 27-</b> Copolimerização de butadieno e acrilonitrilo para obtenção ao Borracha Nitrilica .....	29
<b>Figura 28-</b> Fórmula estrutural genérica da borracha de silicone .....	30
<b>Figura 29-</b> Formação do grupo de Uretano .....	30
<b>Figura 30-</b> Sistema de marcação de plásticos .....	32
<b>Figura 31-</b> Os plásticos de uso do nosso dia-a-dia .....	33
<b>Figura 32-</b> Produção de plástico no Mundo entre 1950 e 2008 .....	38
<b>Figura 33-</b> Gráfico da Produção mundial de plásticos em 2008 por país e região .....	39
<b>Figura 34-</b> Gráfico da Demanda de conversão de plásticos: repartição por país na Europa 2008 .....	40
<b>Figura 35-</b> Histórico da recolha da reciclagem nos Estado Unidos .....	46
<b>Figura 36-</b> Índice de reciclagem em diversos países europeus em 2002 .....	48
<b>Figura 37-</b> Gráfico da quantidade de resíduos de embalagens de plástico recicladas em Portugal no período 1998-2008 (em toneladas).....	50
<b>Figura 38-</b> Gráfico representativo da reciclagem de resíduos de embalagens 2007-2008 ..	52
<b>Figura 39-</b> Agência Portuguesa do Ambiente. Enquadramento nacional Fluxos específicos na última década .....	63
<b>Figura 40-</b> Esquema geral do Ciclo de Vida de um produto .....	68
<b>Figura 41-</b> Ciclo de Vida de um polímero .....	69
<b>Figura 42-</b> Ecoponto em Portugal .....	70
<b>Figura 43-</b> Ecocentro na ilha da Madeira.....	71
<b>Figura 44-</b> Recolha porta-a-porta .....	72
<b>Figura 45-</b> Evolução da recolha de resíduos na cidade de Lisboa .....	74
<b>Figura 46-</b> Esquema de tratamento de RSU num centro de triagem .....	75

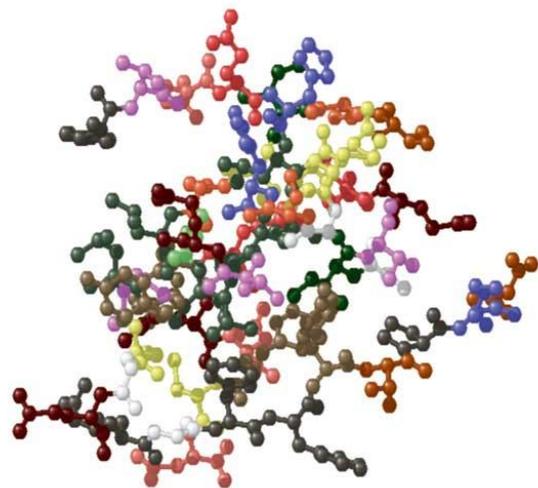
<b>Figura 47-</b> Centro de triagem . . . . .	76
<b>Figura 48-</b> Esquema representativo de uma Extrusora de Rosca simples . . . . .	78
<b>Figura 49-</b> Esquema de um molde por injeção . . . . .	79
<b>Figura 50-</b> Moldagem por sopro via injeção . . . . .	80
<b>Figura 51-</b> Extrusão de tubo vertical . . . . .	81
<b>Figura 52-</b> Moldagem por calandragem . . . . .	82
<b>Figura 53-</b> Fluxograma esquemático da reciclagem de plásticos após a separação por tipo de polímero . . . . .	87
<b>Figura 54-</b> Fluxograma genérico da reciclagem química . . . . .	89
<b>Figura 55-</b> Esquema da reciclagem energética . . . . .	90
<b>Figura 56-</b> Placas 10 cm x 10 cm de misturas de plásticos . . . . .	93
<b>Figura 57-</b> Destino final de pneus . . . . .	97
<b>Figura 58-</b> Apresentação da análise comparativa entre o crescimento do plástico, aço e alumínio durante anos 70, 80 e 90 . . . . .	107
<b>Figura 59-</b> Gráfico das Entrada de matérias-primas no período 2003-2007 . . . . .	109
<b>Figura 60-</b> Materiais de PVC aceites para reciclagem pela Crokplastik . . . . .	119
<b>Figura 61-</b> Materiais de PVC aceites para reciclagem pela Recipor . . . . .	120
<b>Figura 62-</b> Tabela comparativa de diferentes tipos de embalagens e areias de aplicação . . . . .	121
<b>Figura 63-</b> Critérios comparativos de desempenho de PET . . . . .	122
<b>Figura 64-</b> Produtos feitos de PVC rígido . . . . .	133
<b>Figura 65-</b> Exemplos de aplicação de PVC reciclado . . . . .	134
<b>Figura 66-</b> Ciclo de PET . . . . .	134
<b>Figura 67-</b> Animal ferido por ingestão de saco plástico . . . . .	136
<b>Figura 68-</b> Comportamento percentual de clientes no uso dos sacos plásticos em hipermercados . . . . .	137
<b>Figura 69-</b> Aspecto do centro experimental de vermicompostagem, em Palmela . . . . .	151

## ERRATA

pg.	Onde se lê	Deve ler-se
7	Os monómeros...	Os polímeros
19	poli (metilmetacrilato)	poli (metacrilato de metilo)
19	$(\text{CH}-\text{CH})_n$	$(\text{CH}_2-\text{CH}_2)_n$
21	$(\text{CH}_2-\text{CH}-\text{CH}_3)_n$	$(\text{CH}_2-\text{CHCH}_3)_n$
22	$(\text{CH}_2-\text{CH}-\text{C}_6\text{H}_5)_n$	$(\text{CH}_2-\text{CHC}_6\text{H}_5)_n$
45	Polietileno de tetráftalato	Poli (tereftalato de etileno)

# CAPÍTULO 1.

## INTRODUÇÃO





# **CAPÍTULO 1. INTRODUÇÃO**

## **1.1. INTRODUÇÃO**

A reciclagem de resíduos abrange uma grande área no actual mercado industrial. As tendências de crescimento da tecnologia, aplicada ao desenvolvimento dos plásticos têm modificado o uso deste material, que mostra propriedades cada vez mais interessantes. Este tipo de desenvolvimento provoca uma grande quantidade de lixo, em geral com contribuição efectiva de polímeros [1].

Existem vários factores que tornam o lixo plástico um problema, entre eles a dificuldade da decomposição das matérias poliméricas, o elevado uso dos plásticos em artefactos domésticos, são cada vez mais utilizados na construção civil e também nas embalagens [2]. O Plástico veio substituir materiais como a madeira, o vidro e o alumínio, que eram muito utilizados nesta área [3]. Actualmente, a área mais abrangida pela utilização dos plásticos é a das embalagens, que têm um período curto de utilização e geram uma quantidade elevada de resíduos diários [4].

Os problemas causados pelos resíduos plásticos são bem conhecidos: poluição visual significativa, tempo de degradação muito elevado, contaminação do meio ambiente e a libertação de gases tóxicos durante o processo de queima, entre outros [3].

As primeiras tentativas de resolução deste problema surgiram no início da indústria dos plásticos, que em Portugal ocorreu na década de 70 [5]. A criação de enormes quantidades de resíduos plásticos, obrigou ao estabelecimento de uma regulação e normalização apoiadas numa série de normas e directivas submetidas pelo Parlamento Europeu [6]. Uma destas normas é a legislação sobre as embalagens (1972-1982), e outra mais importante incide no pós-consumo de material usado [7].

Actualmente, em Portugal, a reciclagem é uma área bastante desenvolvida e em continuo desenvolvimento. Mas, quando comparando com países europeus mais desenvolvidos, nós

apresentamos só 2% de taxa de reciclagem mas, não impedindo isso que os objectivos criados pelo Parlamento Europeu fossem atingidos [8].

A quantidade de resíduos em Portugal, em particular o plástico, mostra uma tendência de crescimento. Mesmo com os anos piores devido à crise económica, na área de reciclagem não foram detectadas grandes quedas [9].

A reciclagem em si apresenta uma grande viabilidade, através do seu elevado potencial, que assenta na: facilidade do uso de resíduos industriais como matéria-prima, viabilidade comercial, do desempenho e da relação custo de produto final e do controlo de lixo [3].

A reciclagem é uma área muito vasta, que junta inúmeras vertentes, desde os aspectos sociais, como o trabalho, o progresso, a vida familiar, o meio ambiente e muito mais. Trata-se de um domínio aberto, podendo abranger vários ramos, e por isso alvo de um grande desenvolvimento. A reciclagem não só deve de existir, como também tem de criar novas oportunidades e trazer melhorias para nossa vida familiar.

O objectivo do trabalho descrito ao longo desta dissertação é o de rever todo o ciclo de reciclagem, desde a parte histórica, de como surgiu, descrevendo todos os tipos e processos de reciclagem que existem e quais as suas tendências de melhoria. A situação empresarial e económica da reciclagem de material plástico em Portugal é também objecto de comparação com a dos países mais desenvolvidos.

## **1.2. OS POLÍMEROS**

### **1.2.1. O que são polímeros?**

Para podermos falar livremente sobre o material polimérico, que ocupa grande parte da nossa vida, precisamos de perceber o que é um polímero [11].

Os polímeros são matérias orgânicas ou inorgânicas, naturais ou sintéticas, de elevado peso molecular, compostos por pequenas unidades designadas de unidade repetitiva. Cada cadeia polimérica é uma macromolécula, que se forma pela designada reacção de polimerização [11]. Esta reacção inicia-se apenas com um monómero que, ao crescer forma macromoléculas relativamente grandes, com peso molecular da ordem de  $10^3$  a  $10^6$  [12]. Esta reacção pode-se representar com uma forma geral (Equação 1).

$nX \rightarrow (-X-)n$       **Equação 1- Formação de um Polímero [13]\*.**

A quantidade de polímeros distintos existentes no mercado é enorme. Dependendo das suas propriedades físicas e químicas, cada polímero pode ser mais indicado para uma ou mais aplicações nos domínios mecânico, eléctrico, óptico, entre outros.

Os tipos de polímeros mais consumidos actualmente são os polietilenos, os polipropilenos, os poliestirenos, os poliésteres e os poliuretanos que, devido à sua grande produção e utilização, são designados por polímeros líderes.

Existem também outras classes de polímeros, como os poliacrilatos, os policarbonatos e os fluoropolímeros, com uma taxa de utilização cada vez maior.

Em menor escala são fabricados vários polímeros que, por terem uma aplicação muito específica ou devido ao seu custo de produção muito elevado, são chamados de plásticos de engenharia [11].

Uma parte significativa dos polímeros é constituída por plásticos [12]. Em química e tecnologia, os plásticos são materiais orgânicos poliméricos sintéticos, de constituição macrocelular, dotada de grande maleabilidade (que apresentam a capacidade de se adaptar facilmente a formas distintas) e facilmente transformáveis mediante o emprego de calor e pressão [14]. Os plásticos, quando submetidos a aquecimento e pressão, amolecem e podem ser moldados. Quando essas condições são retiradas, o plástico endurece e conserva a forma do molde [12]. Nesta perspectiva os plásticos podem ser subdivididos em dois grandes grupos [12]:

- Termoplásticos - que podem ser amolecidos e re-moldados diversas vezes.
- Termofixos ou termorígidos - que não podem ser amolecidos pelo calor e re-moldados novamente. Normalmente a sua produção e moldagem devem ser feitas numa única etapa [12].

\*Monómero → polímero, em que n- quantidade repetitiva, X- monómero.

## 1.2.2. Definições gerais sobre os polímeros

Um dos principais parâmetros na definição dos Polímeros é o chamado “grau de polimerização” (GP) [11], mediante o qual se determina o tamanho de molécula de um polímero. O Grau de polimerização indica o número de ligações existentes na cadeia ou unidades repetitivas a este número é limitado, podendo adquirir valores na ordem dos  $10^4$  [15]. O peso molecular pode ser calculado da seguinte forma:

$$M_{W_{mon}} = GP \times M_{W_{pol}} \quad \text{Equação 2- Cálculo do peso molecular de um polímero [11].}$$

Onde  $M_{W_{mon}}$  é o peso molecular de monómero e  $M_{W_{pol}}$  é o peso molecular de polímero [11].

O peso molecular do polímero é igual ao produto do peso molecular do monomero com o grau de polimerização [11].

Os polímeros são caracterizados especialmente pelo seu peso molecular. Um polímero com um peso molecular ligeiramente diferente, pode apresentar propriedades completamente distintas (as propriedades físicas, mecânicas, térmicas e entre outras) [11]. Devido à complexidade e dimensão das cadeias poliméricas, não é possível obter um único valor definido para o peso molecular do polímero. Então, o peso molecular tem de ser determinado através da estimativa média dos pesos moleculares (ver gráfico da figura 1).

Os principais parâmetros que caracterizam um polímero são:

- Peso Molecular Médio numérico ( $M_n$ ), que pode ser definido pela equação:

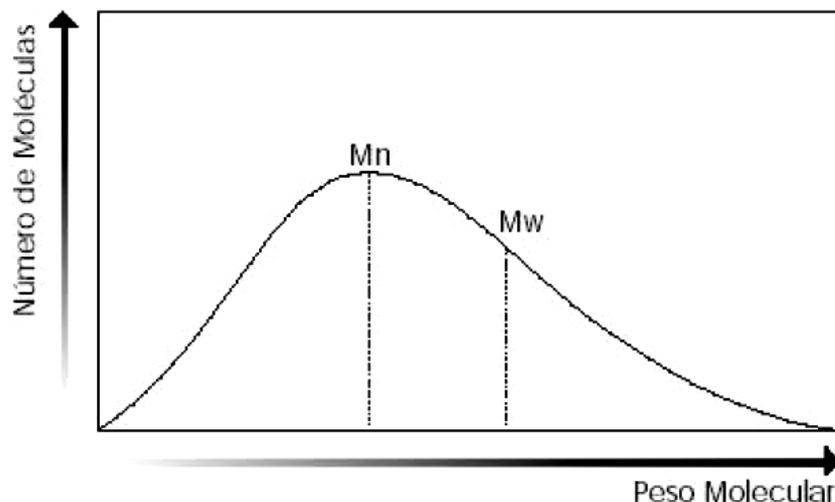
$$M_n = \frac{\text{peso total de polimero}}{n^\circ \text{ total de moleculas de polimero}} \quad \text{Equação 3- Peso Molecular Médio numérico [11].}$$

- Peso Molecular Médio ponderal ( $M_w$ ), que pode ser definido pela equação:

$$M_w = \frac{\sum c_i M_i}{\text{peso total}} \quad \text{Equação 4- Peso Molecular Médio ponderal ( $M_w$ ) [11].}$$

$c_i$  => Peso total das moléculas da cadeia de comprimento  $i$

$M_i$  => Peso do polímero com uma cadeia de comprimento  $i$



**Figura 1- Gráfico da distribuição dos pesos moleculares e representação dos pesos moleculares médios [11].**

Além dos pesos moleculares médios, a amplitude da distribuição de pesos moleculares pode ser caracterizada pela polidispersidade do polímero [11]:

$$Z = \frac{M_W}{M_n} \quad \text{Equação 5- Polidispersidade do polímero [11].}$$

A existência de cadeias poliméricas com comprimentos elevados conduz a uma arquitectura estrutural muito complexa, com reflexos evidentes ao nível estrutural. Assim, a estrutura dos polímeros pode variar desde a forma amorfa até essencialmente cristalina. A percentagem de cristalinidade e o grau de amorfismo é determinada pela geometria das cadeias e depende do ajuste delas. Quanto mais elevada for a capacidade de ajuste das cadeias, maior é a possibilidade de se alcançar um elevado grau de cristalinidade, que nunca será perfeita. Um reflexo desta não cristalinidade, é a título de exemplo, o alargamento da gama de T em que ocorre a fusão gradual. Esta e outras propriedades dos polímeros resultam de vários factores, a saber o comprimento das cadeias a sua composição entre outros [11]. A composição está dependente do tipo de monómeros subjacente à sua síntese.

A tendência para uma estrutura amorfa, depende da temperatura a que ocorre a fusão gradual da massa polimérica. Esta flexibilidade dos polímeros depende da temperatura, da natureza e do comprimento das cadeias [11].

Os monómeros dividem-se em duas categorias principais: homopolímeros e copolímeros [12], como podem ser visualizadas na tabela 1.



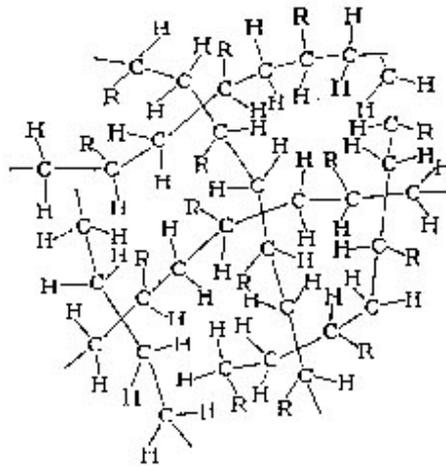


Figura 4- Estrutura reticulada de polímero [17].

### 1.2.3. Síntese dos polímeros

Como indica a sua denominação, os polímeros são produzidos através da reacção de polimerização dos seus monómeros. A polimerização pode ser reversível ou não, e pode ser espontânea ou provocada (ex: por calor, luz ou reagentes químicos, entre outros) [18].

A polimerização é um tipo particular de reacção química, que depende de vários factores, entre os quais o tipo de funcionalidade dos monómero de partida ( ex: um monómero bifuncional conduz a uma estrutura linear, enquanto polifuncional permite obter um polímero com ligações cruzada e conseqüentemente uma estrutura ramificada) [14]. Outro domínio na síntese de polímeros, pretende-se com a classificação do tipo de polimerização, que pode ser dividida em 2 grupos: poliadição ou policondensação [14].

A reacção de poliadição é o tipo de reacção em que o polímero se forma pela adição de moléculas de um só monómero e pode ser descrita pela equação 6, onde  $A$  um monómero e  $n$  quantidade repetitiva dos monómeros [19]. Este tipo de reacção só ocorre se monómeros envolvidos apresentarem pelo menos uma ligação

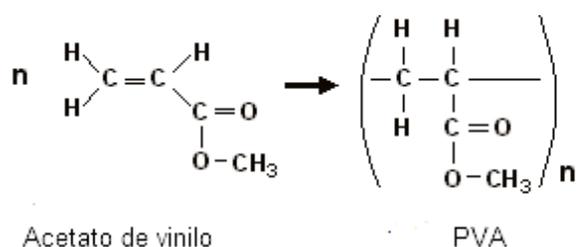


Através de reacção de poliadição é possível obter os seguintes grupos de polímeros [19]:

a) Polímeros vinílicos, que são:

- Polietileno (PE);
- Polipropileno (PP);
- Poliisobuteno;
- Poliestireno;
- Policloreto de Vinilo (PVC);
- Poliacetato de vinilo (PVA);
- Politetrafluoretileno (Teflon).

Na figura 5 está representado um exemplo de uma reacção de poliadição do polímero vinílico.



**Figura 5- Exemplo de reacção de poliadição do polímero vinílico [19].**

b) Polímeros acrílicos, podem ser [19]:

- Polimetilmetacrilato (PMMA);
- Poliacrilonitrila (PAN).

Na figura 6 é possível visualizar um exemplo de reacção de poliadição em polímero acrílico.

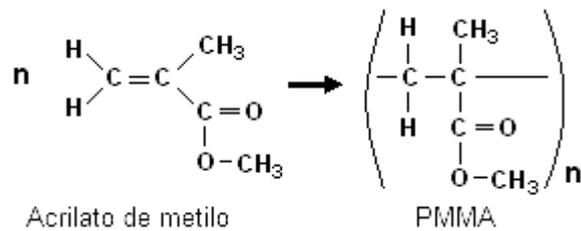


Figura 6- Exemplo de reacção de poliadição em polímero acrílico [19].

c) Polímeros diênicos:

- Polibutadieno;
- Poliisopreno;
- Policloropreno ou Neopreno.

Na figura 7 é possível visualizar um exemplo de reacção de poliadição em polímeros diênicos.

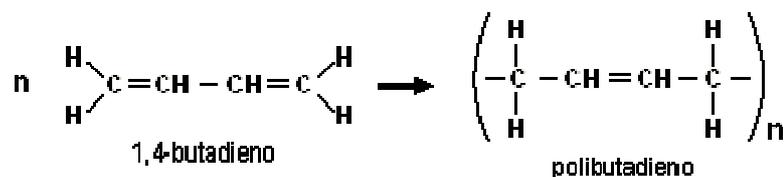
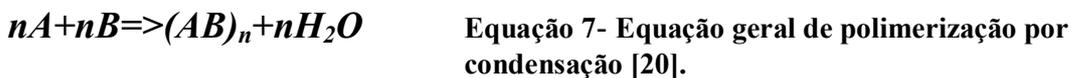


Figura 7- Exemplo de reacção de poliadição em polímero diênicos [19].

A reacção de condensação é um outro tipo fundamental de reacção onde os polímeros são formados a partir de monómeros iguais ou diferentes, existindo a eliminação de moléculas simples ( $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{NH}_3$  entre outros) e que pode ser descrita pela equação 7.



Entre os polímeros produzidos por este tipo de reacção destacam-se muitas das resinas com maior aplicação [19]:

- Resinas de Fenol-Formaldegido (ex: baquelita);
- Resinas de uréia-formaldeído;
- Resinas de melamina-fomaldeído;

- Poliésteres;
- Poliamidas ou Nylons

Na figura 8 está um exemplo de uma reacção de condensação na formação do Nylon66.

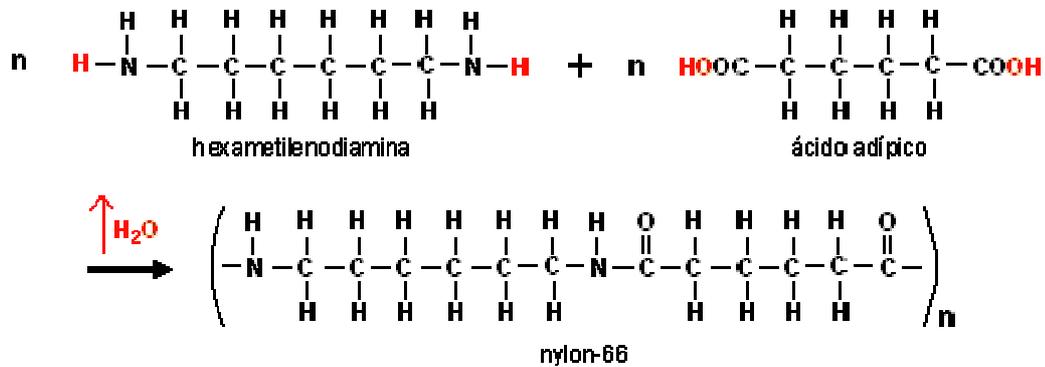


Figura 8- Exemplo de uma reacção de condensação na formação de Nylon66 [19].

Um outro aspecto fundamental na síntese polimérica está relacionado com o tipo de mecanismo de polimerização, apresentados a seguir [13]:

- Polimerização radicalar;
- Polimerização catiónica;
- Polimerização aniónica.

A produção de alguns dos principais polímeros esquematiza-se na figura seguinte [11].

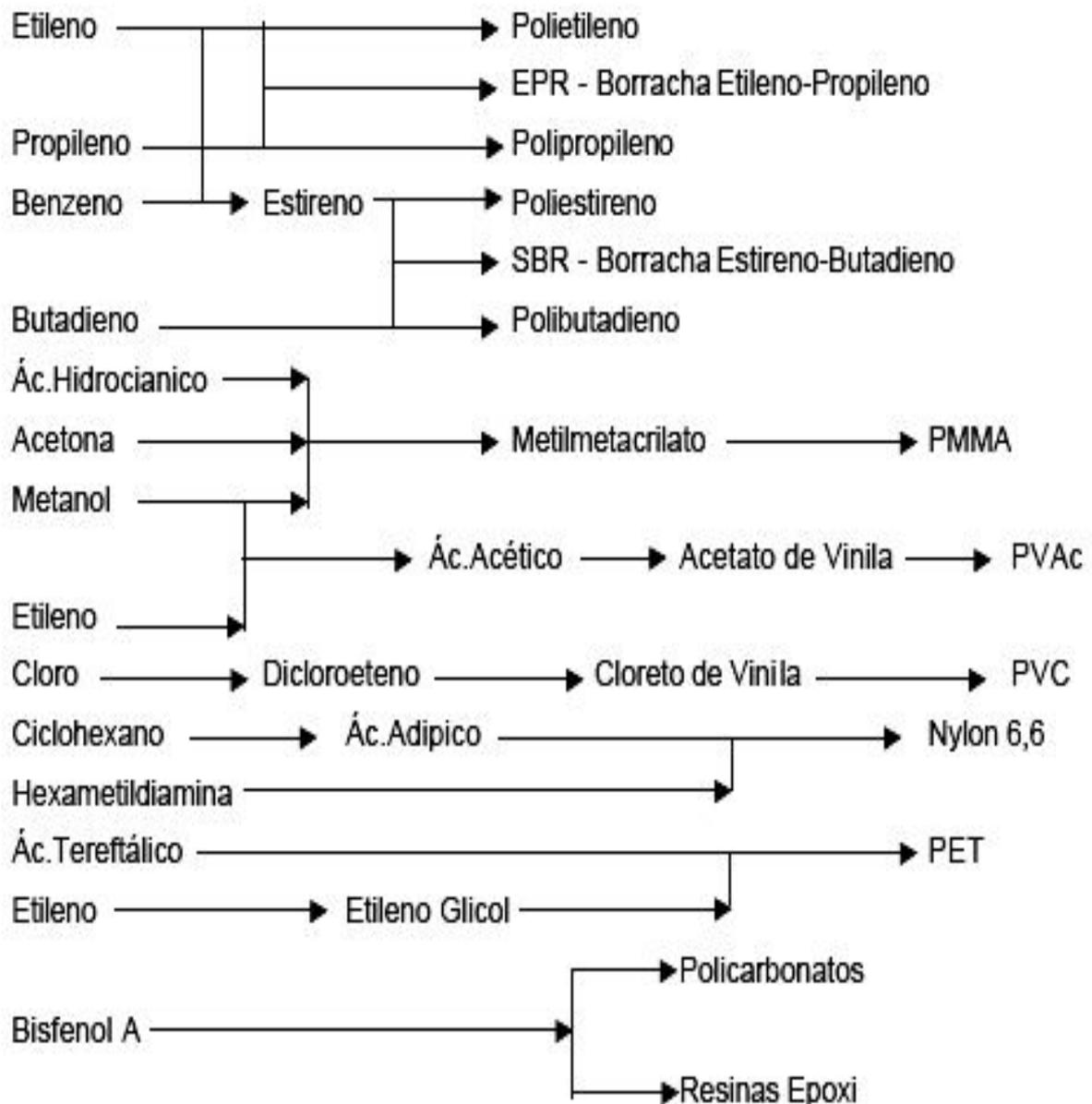
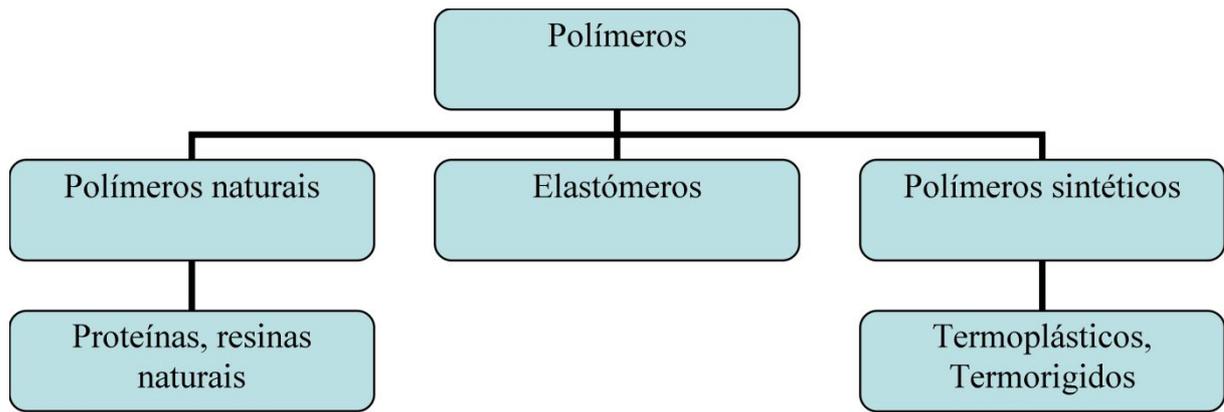


Figura 9- Esquema de produção de alguns dos principais Polímeros [11].

#### 1.2.4. Classificação dos polímeros

Qualquer classificação pode seguir vários critérios, que também se aplicam no domínio dos polímeros. Uma classificação simples divide os polímeros em naturais ou sintéticos, que pode ser sumarizada pelo esquema da figura 10.



**Figura 10- Esquema de classificação simples dos Polímeros [21].**

Os polímeros podem ser classificadas através das várias propriedades, como por exemplo estrutura, estado físico, comportamento térmico, estrutura química, aplicação, entre outros [21]:

a) Estrutura [22]

- Linear ou ramificada - duas ou três dimensões

b) Estado físico

- Semicristalino ou aleatoriamente desordenado
- Vítreo ou elastómero
- Depende da temperatura, peso molecular e estrutura química, entre outros

c) Comportamento térmico

- Termoplástico (Macio e fluido sob aplicação de calor e pressão)
- Termofixo (Não responde ao calor ou pressão (queima ou quebra))

d) Estrutura química

- Composição elementar
- Grupos químicos presentes
- Rota de síntese

e) Uso final

- Plásticos, borrachas, fibras, adesivos, tintas, tubos, entre outros [22].

A classificação mais simples consiste em dois grandes grupos de polímeros: os naturais e os artificiais [21].

Os polímeros naturais são os que são “sintetizados” na natureza. Exemplos clássicos são a borracha (extraída da seringueira), celulose, proteínas, polissacarídeos, entre outros [21].

Os polímeros artificiais são produzidos artificialmente e surgiram principalmente pela necessidade de imitar e melhorar os polímeros naturais (ex: os plásticos) [21].

A partir desta classificação simples, uma grande quantidade de classificações são possíveis para um material polimérico. Uma das mais interessantes classificações de polímeros depende do interesse final e da aplicação do polímero. Tal como a própria síntese, o número ou tipo de monómeros, a possibilidade de degradação, ou a reciclabilidade, entre outros. Todos estes factores constituem a base para uma classificação mais complexa.

### **1.2.5. Propriedades dos polímeros**

Os materiais poliméricos tem sido alvo de um desenvolvimento constante, o que tem levado a um melhoramento contínuo das suas propriedades iniciais e, por esta razão, têm vindo a substituir outros materiais como o metal, a cerâmica, entre outros materiais. Existem diferentes tipos de matérias poliméricas, tais como os plásticos, borrachas, fibras, adesivos, espumas e filmes. Cada um destes tipos de materiais tem propriedades específicas e inúmeras aplicações, dependendo das suas características químicas e físicas [20].

As principais propriedades físicas dos polímeros são:

a) **Elevada processabilidade** – são facilmente moldáveis, isto é, são fáceis de converter num material com uma forma específica, são resistentes à ruptura, ao desgaste, à acção dos agentes atmosféricos, não quebram, não formam pontes e não estilhaçam, são elásticos [23];

b) **Baixas Temperaturas de Processamento** – a conformação de peças requer o aquecimento entre a temperatura ambiente e 250°C. Alguns plásticos especiais requerem temperaturas de 400°C. O consumo de energia para conformação é mais baixo, sendo

possível a de utilização de equipamentos mais simples e não tão caros quanto os que são necessários para o processamento dos metais ou cerâmicas [24, 25];

c) **Condutividade Eléctrica** – os polímeros são por natureza os mais indicados para aplicações onde é necessário isolamento eléctrico, pois os polímeros não contêm electrões livres, responsáveis pela condução de electricidade nos metais. No entanto, a adição de cargas condutoras (ex. limalha de ferro, negro de fumo) pode tornar os polímeros fracamente condutores, evitando a acumulação de electricidade estática, muito perigosa em certas aplicações. No extremo oposto, há polímeros especiais, ainda a nível laboratorial, que são bons condutores. O Prémio Nobel de Química do ano 2000 foi concedido a cientistas que sintetizaram polímeros com elevada condutividade eléctrica [25];

d) **Peso reduzido** – os polímeros são mais leves que os metais e que o vidro (3 vezes mais leves que o alumínio) [23];

e) **Maior Resistência à Corrosão** - as ligações químicas presentes nos plásticos (covalentes/Van-der-Walls) conferem-lhe maior resistência à corrosão por oxigénio ou produtos químicos do que no caso dos metais (ligação metálica). No entanto, os plásticos apresentam limites a este nível: por exemplo um CD não pode ser limpo com terebintina, que danificaria a sua superfície. De maneira geral, os polímeros são atacados por solventes orgânicos que apresentam uma estrutura similar à sua [24,25];

f) **Porosidade** - o espaço entre as macromoléculas do polímero é relativamente grande, o que confere uma baixa densidade ao polímero, o que é uma vantagem em alguns aspectos. O espaço livre entre moléculas faz com que a difusão de gases através dos polímeros possa ser elevada. Em outras palavras, esses materiais apresentam alta permeabilidade a gases (que varia conforme o tipo de plásticos). A principal consequência deste facto é a limitação dos polímeros a serem utilizados como material de embalagem, que fica patente no prazo de validade mais curto, de bebidas acondicionadas em garrafas de PET. Por exemplo, o caso da cerveja é o mais crítico. No entanto, essa permeabilidade, pode ser uma propriedade com interesse, como no caso de aplicação em membranas poliméricas para remoção de sal da água do mar [24, 25].

g) **Lubrificações - são materiais** de baixo atrito e em alguns casos auto-lubrificantes.

h) **Isolamento térmico e acústico** - tem excelentes propriedades ao nível de isolamento térmico e acústico;

i) **Baixo custo de produção;**

j) Possibilidade de serem usados no fabrico de peças com as mais variadas formas, tamanhos e cores [23].

k) **Reciclabilidade** - por fim, mas não menos importante, a possibilidade de muitos materiais poliméricos serem reciclados. No entanto, existem inúmeros polímeros, como os termorrígidos e as borrachas, que não podem ser reciclados de forma directa (não há como os refundir ou os despolimerizar). A reciclagem de polímeros termoplásticos é tecnicamente possível, mas muitas vezes não é economicamente viável devido ao seu baixo preço e baixa densidade. Por comparação com os metais (ex. alumínio), somente os plásticos consumidos em massa (ex. PE, PET, entre outros) apresentam elevado potencial económico para reciclagem. Mas existem sempre alguns problemas tais como por exemplo, o plástico reciclado ser encarado como material de segunda classe, ao contrário do que ocorre com o aço ou mesmo o alumínio. Nos casos em que a reciclagem do polímero não for possível, é sempre possível queimá-lo, obtendo-se assim energia (em incineradores ou nos altos-fornos). Esta última saída é a mais favorável, pois o carbono do polímero pode ser depois usado na redução do minério. Contudo os plásticos que contêm halogéneos (ex. PVC e PTFE, entre outros), geram gases tóxicos durante a queima. Uma possível solução para isso é a sua identificação e separação, para posterior encaminhamento para a desgalogenação antes da queima [24, 25, 26].

A caracterização dos polímeros relativamente às suas propriedades químicas, é ainda mais complexa, fundamentalmente devido à enorme variação de possibilidades na formação destas macromoléculas. No entanto, algumas propriedades mais ou menos gerais para todos os polímeros são possíveis de apresentar. Os polímeros demonstram elevada resistência a reagentes inorgânicos e alguma para os orgânicos. Em geral, todos os polímeros são instáveis em ambientes com presença de fortes oxidantes. Mas, entre os polímeros há alguns que demonstram maior resistência química que o ouro ou a platina [28]. Alguns, são solúveis em hidrocarbonetos, não são molhados por água, não reagem com ácidos e bases, ardem, podem conter cloretos, brometos, nitratos e sulfonatos [27].

Esta maior complexidade em termos de propriedades químicas resulta da sequente complexidade das interacções químicas entre as macromoléculas, tais como o cross-linking, a vulcanização da borracha, decomposição das macromoléculas em fragmentos mais curtos, reacções dos grupos funcionais com substâncias de baixo peso molecular que não afectem a cadeia principal, as reacções intermoleculares que ocorre entre grupos funcionais de uma mesma macromolecula, como ciclização de própria molécula [27].

### **1.2.6. Polímeros vs plásticos**

Todos os plásticos são polímeros, mas nem todos os polímeros são plásticos. Alguns dos polímeros mais conhecidos que não são plásticos, são por exemplo os polissacarídeos (ex: amido), proteínas (polímeros de aminoácidos) e o DNA (polímeros dos nucleotídeos) [30].

Os plásticos são materiais sintéticos, formados pela união de grandes cadeias moleculares, designadas por cadeias poliméricas que, por sua vez, são formadas por unidades repetitivas menores, resultantes da reacção de polimerização das moléculas de menor dimensão, os monómeros. Em química e tecnologia, os plásticos são materiais orgânicos poliméricos sintéticos, de constituição macromolecular, dotada de grande maleabilidade (com capacidade para se adaptar a distintas formas), facilmente transformáveis, mediante o emprego de calor e pressão [14].

Os plásticos são produzidos através reacções distintas. O tamanho, a estrutura e a composição da cadeia polimérica, determinam as propriedades finais do material plástico. A matéria-prima fundamental dos plásticos é o petróleo. Este é formado por uma complexa mistura de compostos, que possuem diferentes temperaturas de ebulição e que são possíveis de serem separados pela destilação ou craqueamento. A fracção de nafta do petróleo segue por uma série de processos, de modo a obterem-se os principais monómeros (ex: o eteno) e que está descrita na figura 11 [14].

### **Petróleo → Nafta → Matérias-primas para indústria química → Plásticos**

**Figura 11- Esquema geral de produção de plásticos [14].**

Entre os polímeros existentes, os mais característicos são o polietileno (PE), o polipropileno (PP), o poliestireno (PS) e o policloreto de vinilo (PVC) [26, 30, 31].

### 1.3. PLÁSTICOS

No mundo dos plásticos, uns dos critérios mais utilizados na sua abordagem, é a sua divisão em três principais grupos: os termoplásticos, termorrígidos e os elastómeros.

A maior parte dos polímeros comerciais enquadra-se na classe dos termoplásticos. Estes polímeros caracterizam-se pela possibilidade de poderem ser fundidos várias vezes. Dependendo do tipo do plástico, também se podem dissolver em diversos solventes. Por esta razão, a sua reciclagem é possível. As suas propriedades mecânicas são muito abrangentes, e à temperatura ambiente não de maleáveis a, rígidos e por vezes frágeis [24, 32]. São essencialmente estruturas moleculares lineares, dispostas sob a forma de “cordões soltos”, mas agregados. [24, 32] Os principais representantes dos termoplásticos são: o polietileno (PE), o polipropileno (PP), o poli(tereftalato de etileno) (PET), o policarbonato (PC), o poliestireno (PS), o poli(cloreto de vinilo) (PVC), o poli(metilmetacrilato) (PMMA) entre outros [24, 32].

Segue-se uma breve descrição das propriedades dos principais representantes dos termoplásticos.

**O polietileno (PE)**, cuja monómero é o etileno, representado na figura 12:



**Figura 12- Unidade repetitiva de polietileno ( n representa o número de monómeros) [27].**

O GP do Polietileno varia entre 50,000 até 300,000. As suas características são elevada viabilidade económica, em resultado do seu baixo custo de produção, elevada resistência química a solventes, baixo coeficiente de atrito, fácil processamento, excelentes propriedades isolantes, baixa permeabilidade à água, não tóxico, inodoro, macio e flexível [11, 26, 30].

O polietileno divide-se em quatro tipos principais: PEBD, PEBDL, PEAD, PEUAPM, que vão ser descritos de seguida.

- ***Polietileno de Baixa Densidade (PEBD)***, com uma densidade de 0,910-0,925 g/cm<sup>3</sup>. Exemplos de produtos feitos à base de Polietileno de Baixa Densidade são apresentados na figura seguinte.



**Figura 13- Embalagens produzidas com Polietileno de Baixa Densidade (PEBD) [33].**

O PEBD apresenta cadeias poliméricas com elevado grau de ramificação, sendo por isso a “versão” mais leve e flexível do PE (polietileno). É utilizado basicamente em filmes, laminados, recipientes, embalagens, brinquedos, isolamento de fios eléctricos, entre outros.

- ***Polietileno de Baixa Densidade Linear (PEBDL)***, com uma densidade de 0,918-0,940 g/cm<sup>3</sup>. Apresenta menor incidência de ramificações, as quais se apresentam distribuídas de forma mais regular e são mais curtas que as ramificações do PEBD. As suas propriedades mecânicas são ligeiramente superiores ao PEBD em termos de resistência mecânica. O custo de fabrico é menor. A flexibilidade e resistência ao impacto recomendam a sua aplicação em embalagens para alimentos, bolsas de gelo, utensílios domésticos, canos e tubos.

- ***Polietileno de Alta Densidade (PEAD)***, com uma densidade de 0,935 - 0,960 g/cm<sup>3</sup>, apresenta uma estrutura praticamente isenta de ramificações. O PEAD é um plástico rígido, resistente à tracção, com moderada resistência ao impacto. É utilizado em recipientes, garrafas, filmes, brinquedos, materiais hospitalares, tubos para distribuição de água e gás, tanques de combustível automóveis, e outros.

- ***Polietileno de Ultra Alto Peso Molecular (PEUAPM)***, com GP da ordem de 3000,000 a 6000,000. Apresenta alta inércia química, alta resistência à abrasão e ao impacto, baixo coeficiente de atrito e muito macio. É praticamente infungível, processado com grande dificuldade, geralmente através de sinterização. É utilizado em engrenagens, componentes para bombas de líquidos corrosivos, implantes de ossos artificiais, isolamento de fios e cabos, mancais, revestimentos de pistas, trilhos-guias, e outros [24, 26, 31].

**O Polipropileno (PP)**, cujo monómero é o propileno (designação antiga do propeno) e é mostrado na figura 14:



**Figura 14- Unidade repetitiva de polipropileno (PP) ( n representa o número de monómeros) [24].**

As propriedades do PP são muito semelhantes às do PE, mas com um ponto de fusão mais elevado. As suas características são o baixo custo, a elevada resistência química aos solventes, moldagem fácil, fácil de colorir, boa estabilidade térmica, maior sensibilidade à luz UV e a agentes de oxidação, e em sequencia uma degradação mais facil [24, 31]. Podem ser utilizado em vários ramos e artigos diferentes: brinquedos, recipientes para alimentos, remédios, produtos químicos, carcaças de electrodomésticos, fibras, sacos, filmes orientados, tubos para cargas de canetas esferográficas, carpetes, seringas de injeção, material hospitalar esterilizáveis, peças para automóveis (pára-choques, pedais, carcaças de baterias, lanternas, ventoinhas, ventiladores, peças diversas no habitáculo de um automóvel), peças para máquinas de lavar [24, 31]. Actualmente há uma tendência no sentido de se utilizar exclusivamente o PP no interior dos automóveis. Isso facilitaria a reciclagem no domínio automóvel [24, 31, 33]. Na figura 15 temos exemplos de produtos feitos de PPAD.



**Figura 15- Exemplos de produtos feitos de Polipropileno de alta densidade [33].**

O Poliestireno (PS), cujo monómero é o estireno, possui a fórmula estrutural que se apresenta:



**Figura 16- Unidade repetitiva de poliestireno (PS) ( n representa o número de monómeros) [24].**

Este é um termoplástico duro e quebradiço, com transparência cristalina. As principais propriedades são também o fácil processamento, a fácil coloração, o baixo custo, a elevada resistência aos ácidos e bases, é semelhante ao vidro, a baixa densidade e a absorção de humidade, a baixa resistência a solventes orgânicos, calor e intempéries [24, 31, 33].

Existe quatro tipos principais de PS [24, 31, 33] :

- **PS cristal**: homopolímero amorfo, duro, com brilho e elevado índice de refração. Pode receber aditivos lubrificantes para facilitar o processamento. É usado em artigos de baixo custo.

- **PS resistente ao calor**: o processamento deste material é mais difícil, mas é ideal para confecção de peças de máquinas ou automóveis, carcaças de rádios e TV, aplicações em máquinas de ar condicionado, peças internas e externas de electrodomésticos e aparelhos electrónicos, circuladores de ar, ventiladores e exaustores.

- **PS de alto impacto**: contém de 5 a 10% de elastómero (borracha), que é incorporado através de mistura mecânica ou directamente no processo de polimerização, através de um enxerto na cadeia polimérica. Obtém-se deste modo uma “blenda”. É muito usado no fabrico de utensílios domésticos (arcas de congelação) e brinquedos.

- **PS expandido**: espuma semi-rígida com marca comercial isopor (R). O plástico é polimerizado na presença do agente expensor ou então o mesmo pode ser absorvido posteriormente. Durante o processamento, o material é aquecido, depois volatiliza-se, gerando as células no material. Possui baixa densidade e bom isolamento térmico. Pode ser aplicado na protecção de equipamentos, isolantes térmicos, arcas isotérmicas, entre outros. Exemplos de produtos produzidos com Poliestireno são mostrados na figura 17.



**Figura 17- Exemplos de produtos feitos de Poliestireno [33].**

**O Policloreto de vinilo (PVC)**, cuja monómero é o cloreto de vinilo, mostrado na figura 18:



**Figura 18- Unidade repetitiva de poliloreto de vinilo (PVC) (n representa o número de monómeros) [24].**

As principais propriedades do PVC são também o baixo custo, a elevada resistência ao fogo. Devido à presença do cloro, o processamento requer algum cuidado [24].

As restrições deste material resultam do seu potencial cancerígeno, por isso tem de haver um controlo do teor residual de cloro que permanece no polímero, particularmente em aplicações em que o polímero vai entrar em contacto com os alimentos. Plastificantes à base de fetalatos também são considerados cancerígenos. Por esta razão a organização Greenpeace vem promovendo uma ampla campanha para banir o uso do PVC que contenha esse aditivo, particularmente em brinquedos e produtos que estão em contacto com alimentos [24].

Existe quatro tipos principais de PVC [24, 31]:

- *PVC rígido*, isento de plastificantes, duro e tenaz, com excelentes propriedades térmicas e eléctricas, resistente à corrosão, oxidação e intempéries. Usado no fabrico de tubos, carcaças de utensílios domésticos e baterias.

- *PVC flexível* ou plastificado, que contém de 20 a 100 partes de plastificante na composição do polímero. Usado no revestimento de fios e cabos eléctricos, composições de tintas (látex vinílico), cortinas de banheira, entre outros.

- *PVC transparente*, isento de cargas.

- *PVC celular ou expandido*, o seu campo de aplicações está indicado para o mercado da publicidade, construção e indústria. Este material é fácil de cortar, pintar, fresar, imprimir, limar, colar, dobrar, termo-formar.

**Poli(tereftalato de etileno) (PET)**, cujo os monómeros são o ácido tereftálico e o etileno glicol, mostrados na figura 19.



**Figura 19- Unidade repetitiva de Politereftalato de etileno (PET) ( n representa o número de monómeros) [24].**

As principais propriedades são a boa resistência mecânica, térmica e química, as boas propriedades de barreira (absorção de oxigénio é de 10 a 20 vezes menor que nos plásticos “commodities”) e a fácil reciclabilidade [24, 31].

Entre as aplicações, temos garrafas para bebidas carbonatadas, óleos vegetais, produtos de limpeza, entre outros e também na forma de fibras, sob marcas Tergal (ICI) ou Dracon (Du Pont), apresentam excelente resistência mecânica e elevada resistência ao choque, bem como lavagem e secagem rápida, na forma de películas transparentes e altamente resistentes. São usados em aplicações nobres como o isolamento de condensadores, películas cinematográficas, fitas magnéticas, filmes e placas para radiografia, resina para moldagem com reforço de 30% de fibra de vidro (sob a marca Rynite (Du Pont)), usado no fabrico de carcaças de bombas, carburadores, componentes eléctricos de carros, entre outros [24, 31, 33]. Na figura 20 são mostrados alguns exemplos de produtos produzidos com PET.



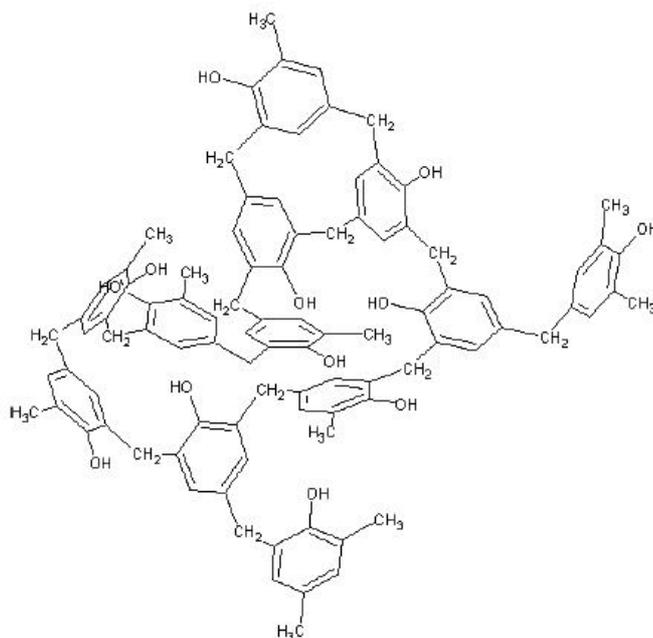
**Figura 20- Exemplos de produtos feitos de PET [33].**

Outra das classes de plásticos mais importante é a dos termorrígidos (termofixos). Estes caracterizam-se essencialmente pela rigidez, estabilidade térmica e não fundem. O aquecimento de um plástico termorrígido provoca a decomposição na estrutura e consequentemente, após do seu arrefecimento, o material não recupera as suas propriedades físico-químicas iniciais [24, 32].

A estrutura de plásticos termorrígidos é extremamente complexa e apresenta uma rede reticulada com um elevado índice de ligações entre si, os quais não permitem liberdade como no caso típico dos termoplásticos. Como materiais mais representativos deste tipo de polímeros temos: a baquelite (usada em tomadas e no embutimento de amostras metalográficas), o poliéster (usado em carrocerias, caixas de água, piscinas, plásticos reforçados (fiberglass)) [24, 32], o poliuretano resinas epóxicas e de fenol [34]. As aplicações dos termorrígidos vão desde a área automóvel, passando pela aeronáutica e outras tão simples e clássicas como os aglomerados, pneus e outros [34].

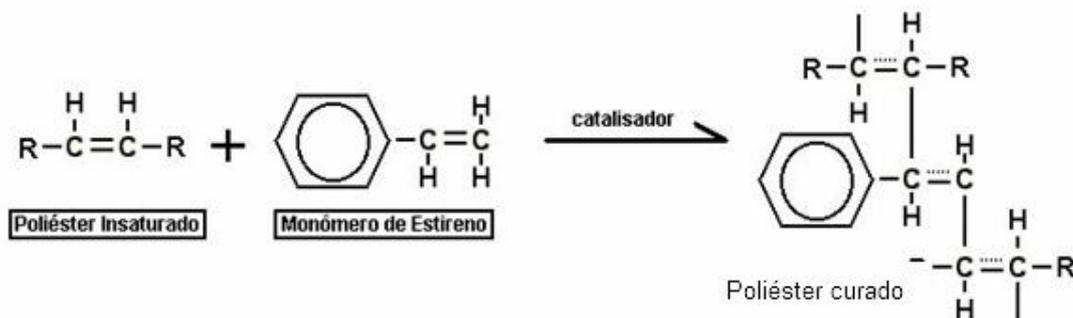
Um dos representantes clássicos destes polímeros é a Baquelite. É um produto que pertence ao grupo das resinas fenólicas, resultando da reacção de polimerização do fenol ( $C_6H_5OH$ ) e do formaldeído (HCHO), pela acção de calor e pressão [35]. A baquelite apresenta elevada resistência ao calor, arde lentamente, é insuflável, pode ser moldado e laminado, e a sua produção apresenta baixo custo. As principais aplicações são em isolamento electrónico, telefones e respectivos acessórios, e como substituinte da porcelana, vernizes e lacas, tendo sido descoberta em 1905 por Hendrik Baekeland [35].

Na figura 21 está representada a estrutura molecular da baquelite.



**Figura 21- Estrutura molecular de baquelite [36].**

Um outro representante destes plásticos é o poliéster. É um polímero obtido por uma reacção de policondensação de ácidos orgânicos e álcoois que tem de ter pelo menos dois grupos carboxílicos e dois grupos hidroxílicos na sua molécula [35]. As duplas ligações são quebradas na presença de um catalisador (um peróxido orgânico), calor ou radiação, formando-se um polímero tridimensional de características termoestáveis e, portanto, infusíveis e irreversíveis [6]. Na figura 22 está esquematizada a síntese do poliéster.



**Figura 22- Síntese do poliéster [37].**

Algumas das resinas de poliéster (ver Tabela 2) mais comuns são [6]:

Tabela 2- Alguns representantes de resinas de poliéster [6].

Tipos de Resinas	Comentários
<b>Ortoftalica</b>	Resina mais comum de menos custo para usos básicos não nobres
<b>Tereftalica</b>	Possui resistências físicas pouco superiores à ortoftalica, porém baixa resistência a UV
<b>Isoftalica</b>	Melhores características mecânicas, químicas e térmicas que as anteriores
<b>Isoftalica c/ NPG</b>	O NPG melhora a resistência à hidrólise
<b>Bisfenolica</b>	Possui melhores características químicas e térmicas

a) **Resinas Ortoftalicas** - é a resina mais comum, de menor custo para usos básicos e não nobres, cuja estrutura é mostrada na figura 23;

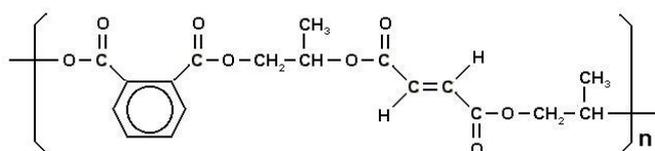


Figura 23- Unidade repetitiva de uma resina ortoftalica.

b) **Resinas Tereftalicas** - possui uma resistência física pouco superiores à ortoftalica. A sua estrutura pode ser visualizada na figura 24;

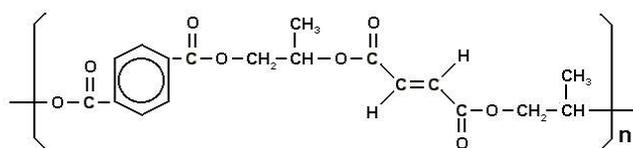


Figura 24- Unidade repetitiva de uma resina Tereftálica.

c) **Resinas Isoftalicas** - possui boas características mecânicas, químicas e térmicas. A sua estrutura é mostrada na figura 25;

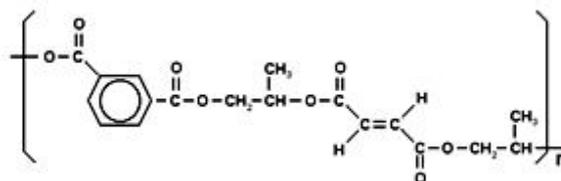
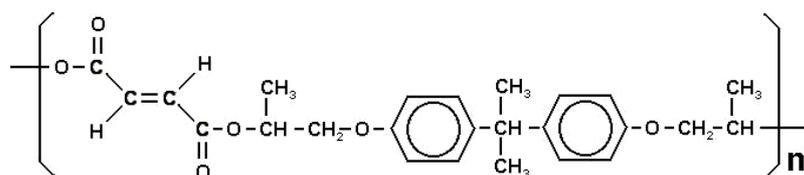


Figura 25- Unidade repetitiva de uma resina Isoftalica.

d) **Resinas Bisfenolicas** -possui boas características químicas e térmicas. A estrutura deste tipo de resinas é mostrada na figura 26.



**Figura 26- Unidade repetitiva de uma resina Bisfenolicas.**

Alem destas existem outras variantes de resinas que se desenvolvem periodicamente para usos específicos, por exemplo: bromadas (características anti-chamas), low-profile (baixa contracção), emulsionadas (baixo teor de estireno e por isso mais ecológicas), entre outros [6]. Os poliésteres podem ser ainda usados como resinas de colagem [35].

A outra categoria de plásticos mais importante é a dos elastómeros. É uma classe intermédia entre os termoplásticos e os termorrígidos que se caracteriza por não fundir. Apresentar elevada elasticidade não sendo rígidos como os termorrígidos [24, 32]. A sua reciclagem é complicada pela incapacidade de fusão, como ocorre nos termorrígidos [24, 32]. A estrutura molecular é similar ao termorrígido mas, há menor número de ligações entre as cadeias poliméricas e os exemplos mais conhecidos são os pneus, vedantes, mangueiras, e outras [24, 32].

Existem inúmeros tipos de borrachas entre as quais se destacam:

a) **Borracha Natural**, a borracha natural foi a primeira e única borracha a ser utilizada até 1927. Ela é obtida por coagulação do látex. A borracha natural comercial tem uma pequena quantidade, cerca de 4 - 9%, de outros constituintes. Quimicamente, a borracha natural é um cis-1,4-poliisopreno, uma longa cadeia linear, com um monómero de isopréno (C<sub>5</sub>H<sub>8</sub>). Ela possui uma elevada gama de aplicações que resultam da sua excelente resistência à fadiga e à propagação de fendas, elevada resiliência, reduzida histerese, aderência eficaz aos metais [38, 39, 40].

b) **Borracha de Poliisopreno**. é uma borracha natural sintética, ou seja, é um cis-1,4-poliisopreno obtido sinteticamente, com uma estrutura química quase similar à da borracha natural [38, 40].

c) **Borracha de Butadieno Estireno** é a borracha sintética mais difundida no mundo. Foi sintetizada pela primeira vez na Alemanha na década de 1930 com o nome de Buna. O butadieno ( $\text{CH}_2=\text{CH}-\text{CH}=\text{CH}_2$ ) e o estireno ( $\text{C}_6\text{H}_5-\text{CH}=\text{CH}_2$ ) são os monómeros que servem de base para a produção de Borracha de Butadieno Estireno [38, 39, 40].

d) **Borracha de Policloropreno** é uma borracha obtida pela polimerização do cloropreno, (2-cloro-1,3 butadieno) e designa-se por Neoprene [38, 39, 41].

e) **Borracha de Polibutadieno**, a borracha de polibutadieno também chamada simplesmente de borracha de butadieno, é constituída essencialmente por cis-1,4 polibutadieno. O polibutadieno é a única borracha sintética cujos vulcanizados apresentam uma maior elasticidade que a dos vulcanizados de borracha natural [38, 39, 40].

f) **Borracha de Isobutileno de Clorobutil e de Bromobutil**, a borracha de isobutileno e isopreno é também conhecida como borracha butílica e foi introduzida no mercado em 1942. É considerada pertencente à categoria das borrachas para aplicações especiais, em contraste com as borrachas para aplicações gerais como a borracha natural, a borracha de butadieno estireno e a borracha de polibutadieno. A borracha butílica é um composto polimerizado em solução de isobutileno com uma pequena percentagem de isopreno e catalizada por  $\text{AlCl}_3$  dissolvido em cloreto de metilo [38,39,40]

g) **Borracha Nitrilica**, a borracha nitrilica pertence à classe das borrachas especiais, resistentes ao óleo, e é um copolímero de butadieno e acrilonitrilo, sendo a polimerização feita por um processo de emulsão, como o usado na Borracha de Butadieno Estireno, podendo ser realizada a quente ou a frio. A reação básica da produção da borracha nitrilica pode ser visualizada na Figura 27 [38, 39, 40]. A produção de Borracha Nitrilica em escala industrial começou em 1934 [40].

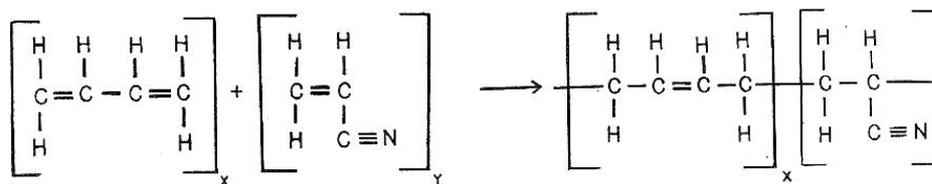


Figura 27- Copolimerização de butadieno e acrilonitrilo para obtenção ao Borracha Nitrilica [39].

h) **Borracha de Etileno-Propileno-Dieno**, uma das borrachas muito utilizadas actualmente, pertence ao grupo genérico das “borrachas de etileno-propileno”, grupo que engloba duas variedades de borrachas: os copolímeros e os terpolímeros. As borrachas de etileno-propileno - EPM e EPDM- foram introduzidas em 1962 nos Estados Unidos da América, embora a sua produção comercial só tenha começado em 1963 [38].

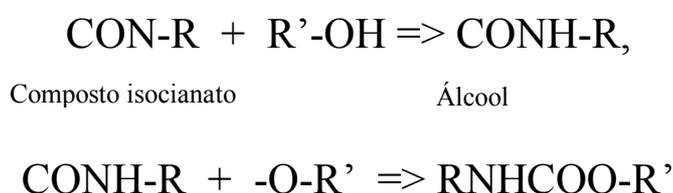
i) **Borracha de Silicone**, esta borracha tem uma cadeia polimérica que contém átomos de silício e de oxigénio, sendo as valências livres do átomo de silício neutralizadas pelos radicais orgânicos R [42]. A fórmula estrutura genérica deste tipo de borracha pode ser visualizada na figura 28.



**Figura 28- Fórmula estrutural genérica da borracha de silicone [42].**

Uma formulação típica de borracha de silicone contém, para além da silicone, cargas reforçantes (fundamentalmente sílica fumada ou sílica precipitada), cargas semi-reforçantes como o caulino calcinado, aditivos especiais para melhorar a resistência ao calor e para aumentar a resistência à chama, pigmentos para dar a cor pretendida e um ou mais peróxidos [42, 43].

j) **Borracha de Poliuretano**, o poliuretano, ou simplesmente uretano, distingue-se dos outros tipos de borracha pela estrutura e pela processabilidade. A formação do grupo uretano tem por base a reactividade do grupo isocianato,  $-\text{N}=\text{C}=\text{O}$ , com compostos que contenham átomos de hidrogénio activo, como por exemplo, o álcool (Figura 29), ou seja, os isocianatos reagem com o grupo hidroxilo para formarem as ligações em cadeia de uretano [38].



**Figura 29- Formação do grupo de Uretano [42].**

Com o que foi escrito nas últimas páginas percebe-se a multiplicidade e a complexidade deste domínio. Para cada plástico podem existir vários subgrupos: com aditivos, sem aditivos, com corantes, outros suplementos para melhorar as propriedades ou obter formas específicas para usos especiais. Isto tudo vai complexar o processo de reciclagem e por esta razão os plásticos mais aplicados possuem uma marcação específica para facilitar a sua identificação. Esta identificação dos plásticos por tipo e classe foi criada pela American Society of Plastics Industry (SPI) e está definida no artigo 8º da Directiva n.º 94/62/CE [44].

Em 1991, a American Society for Testing and Materials (ASTM), editou um sistema baseado em abreviações recomendadas pela International Organization for Standardization (ISO) que inclui mais de 100 polímeros e combinações. A Society of Automobile Engineers (SAE) criou um terceiro sistema, muito semelhante ao modelo da ISO, para identificar os polímeros utilizados nos componentes automóveis [45].

Na figura 30 é mostrado o sistema de marcação dos diferentes plásticos possíveis de serem utilizados.

PETE		<b>Politereftalato de etileno</b> Polyethylene Terephalate PETE utilizado em garrafas de água e bebidas gasificadas, fibras têxteis,...
HDPE		<b>Polietileno de alta densidade</b> High Density Polyethylene HDPE utilizado em garrafas de leite e detergentes, "jerry-cans", grandes contentores, depósitos de combustível, tubagens,...
PVC		<b>Policloreto de vinilo</b> Polyvinyl Chloride PVC utilizado em tubos, caixilharia, persianas, aplicações domésticas (cortinas, alcatifas,...)
LDPE		<b>Polietileno de baixa densidade</b> Low Density Polyethylene LDPE utilizado em sacos de plástico, embalagens de filme retráctil, filme agrícola,...
PP		<b>Polipropileno</b> Polypropylene PP utilizado em tampas, garrafas, sacos, cordoaria e têxteis, tubos,...
PS		<b>Polistireno</b> Polystyrene PS utilizado em embalagem (PS espumado e não-espumado), cestos, tabuleiros, embalagens de youghurt,...
OTHER		<b>Outros</b> Other Inclui outras resinas e misturas poliméricas.

Figura 30- Sistema de marcação de plásticos [46].

#### 1.4. IMPORTÂNCIA DOS PLÁSTICOS NA SOCIEDADE

Embora a descoberta dos plásticos tenha ocorrido no século XIX, a sua comercialização só começou durante a Segunda Guerra Mundial, quando polímeros naturais, como a borracha natural, estavam com baixo custo. No século XX, os plásticos começam a ganhar uma importância significativa no contexto tecnológico. A tecnologia aplicada ao desenvolvimento dos plásticos tem modificado o uso destes materiais, tornando-os cada vez mais resistentes e versáteis [47].



**Figura 31- Os plásticos de uso do nosso dia-a-dia [47].**

Os plásticos e borrachas ao serem resistentes, práticos, duráveis e relativamente baratos, tornaram-se parte do nosso dia-a-dia, estando presentes em todas as coisas com as quais temos contacto em nossa vida, seja na totalidade ou em algumas partes (hoje em dia, quase tudo é embalado em plástico, ver Figura 31).

Devido às suas características extraordinárias, os materiais plásticos tornaram-se ao longo dos anos o material predominante das embalagens, por excelência. É devido à sua enorme versatilidade, durabilidade e múltiplas capacidades, que se torna urgente a necessidade do desenvolvimento da sua reciclagem [48].

As vantagens da aplicação dos plásticos na sociedade actual passam por [49]:

- Os plásticos são sólidos de baixa densidade, o que torna possível produzir objectos leves;
- Os plásticos têm baixa condutividade térmica e eléctrica, por isso eles são amplamente utilizados para fins de isolamento;
- Os plásticos são facilmente moldados em formas desejadas;
- Os plásticos normalmente apresentam alta resistência à corrosão e baixa taxa de degradação e são materiais altamente duráveis;
- Os plásticos são materiais de baixo custo.

As suas excelentes propriedades tecnológicas tornam as suas aplicações mais comuns em carros, navios, aviões, equipamento de telecomunicações, entre outros. Nos últimos anos, novas áreas de aplicação surgiram em Medicina (como no fabrico de órgãos artificiais, implantes ortopédicos e dispositivos para a liberação controlada de fármacos) [49]. A contribuição da tecnologia polímeros na área da saúde, dos transportes, das comunicações, estando também presente e contribuindo para os vários domínios do dia-a-dia, tem-se reflectido num crescimento exponencial na produção de polímeros [48].

No entanto cada vantagem sempre traz algumas desvantagens e o no caso do uso de plásticos não é diferente:

- O petróleo é um recurso natural limitado;
- Impacto ambiental, principalmente com a sua queima e consequente libertação de fumos tóxicos que contribuem para o efeito de estufa (CO<sub>2</sub>) e a sua incineração que produz HCl e HCN, libertando metais pesados como o Pb e Cd;
- Maior parte dos sacos de plástico não é facilmente reciclável.

Com estas desvantagens, fica claro a importância de reciclar os plásticos. No entanto, a sua reutilização economiza matérias-primas e exige menos energia e também maiores possibilidades de uso do plástico na nossa sociedade [47].

#### **1.4.1. Plásticos no mundo**

*“O plástico está tão integrado na vida moderna que é quase impossível encontrar uma actividade em que não esteja presente. As vantagens do uso deste material são sentidas pelos consumidores e pela indústria.”*

*David Gomes de Souza*

A convergência entre a ciência e a tecnologia, entendida como o intervalo no tempo entre uma descoberta científica e a sua aplicação, tem sido cada vez mais curta. O aproveitamento do plástico, que até a II Guerra Mundial foi lento, acelerou-se vertiginosamente no seguinte quarto de século [48].

Realmente, como já falámos, o plástico é aplicado em todas as áreas. Uma das mais interessantes é área de *aeronáutica*, onde nos últimos 50 anos a, voou mais "alto" com o

recurso aos novos materiais produzidos a partir dos plásticos. Estes foram usados em aviões, mísseis, satélites e naves que dessa forma permitiram que assim fossem atingidos novos limites em termos de velocidade, capacidade e autonomia, de tal forma que quando o homem chegou à Lua, o plástico chegou lá com ele.

Os novos materiais podem ser suficientemente flexíveis para aguentar as vibrações dos helicópteros, mas ao mesmo tempo suficientemente rígidos para assegurar uma carga segura. Podem ser resistentes ao corte, leves, transparentes para permitir a observação e podem ainda oferecer protecção contra as balas [50, 51]. Na aeronáutica, a necessidade crescente de economizar combustível, leva a que cada vez mais se recorra ao plástico como forma de reduzir peso nas aeronaves e, conseqüentemente reduzir os consumos destas sem pôr em causa a fiabilidade e a eficiência [50, 51].

Outra área não menos vantajosa é a área da construção. O plástico é um material muito importante na construção moderna. A tubagem, o pavimento, o isolamento, o quadro eléctrico, as portas e janelas, os acessórios de casa de banho e muitas outras aplicações sejam de ordem estrutural ou decorativa, são exemplos da sua presença.

Nas tubagens, válvulas e acessórios, os plásticos oferecem maior resistência à corrosão, são leves e fáceis de instalar e simultaneamente oferecem elevada protecção contra os produtos de limpeza. As mudanças impostas pela sociedade moderna e os elevados custos da habitação, deram origem a novas concepções e tendências, que criaram utilizações adicionais, por exemplo ao nível dos espaços públicos com a utilização de mobiliário urbano construído a partir da madeira plástica. Nesta como em outras áreas, o plástico continuará a aumentar a sua velocidade de penetração, a poupar energia e a reduzir os custos [51,52].

Esta é a era da *electrónica* e também nesta o plástico marca forte presença. Os computadores dominam o mundo dos negócios, os sistemas de comunicação vão até aos confins do mundo e as tarefas que antigamente demoravam muitas horas a executar, hoje podem ser feitas em poucos minutos. O plástico domina nas caixas de computadores e impressoras e outros periféricos mais pequenos, no isolamento de cabos, placas electrónicas, componentes electrónicos e outros [50, 51,52].

Noutra vertente, o plástico e a electrónica encontram uma elevada aplicação em medicina, onde os procedimentos médicos dolorosos e perigosos hoje estão incomparavelmente mais

facilitados. A sociedade hoje tem mais horas de lazer e com maior variedade do que antigamente. Para onde quer que olhemos, o crescimento da oferta de equipamentos electrónicos, componentes e outros aparelhos, facilita a nossa vida e aumenta os nossos horizontes [50, 51, 52].

As suas características especiais, fazem com que os plásticos desempenhem um papel insubstituível nesta área, tornando as nossas vidas mais fáceis, mais seguras e menos dispendiosas.

Leves, duráveis, isoladores, atraentes e eficientes, os plásticos são utilizados em quase todas as aplicações, incluindo máquinas de café, secadores, máquinas de barbear, micro-ondas, brinquedos, computadores, abre-latas, embalagens de alimentos e um sem-fim de outras utilizações, fazendo com que as nossas vidas dependam destas "caixas" de plástico [50, 51, 52].

Os designers de equipamentos, escolhem os plásticos pela sua força, durabilidade, pelo seu fabrico fácil em formas especiais e complexas, e ainda pelas suas propriedades de isolamento eléctrico.

Na década de 70, com o primeiro choque petrolífero, os fabricantes de automóveis concluíram que com a utilização dos plásticos e a consequente redução do peso, estes passavam a consumir menos combustível [50, 51]. Foi nesta altura, que uma enorme quantidade de plásticos passaram a ser utilizados na construção automóvel, desde pára-choques, portas, faróis entre outros, e assim o plástico entra de forma clara na área dos *transportes*.

Os fabricantes de automóveis escolhem os plásticos pela sua durabilidade, resistência à corrosão, coloração e acabamentos fáceis, elasticidade e leveza. A partir de então, comboios, autocarros e metros, têm vindo a utilizar cada vez mais o plástico. Muitas das janelas e outros painéis interiores destes meios de transporte públicos, são construídos em policarbonato, que é um material plástico de alta resistência e transparente. Mas, outros meios de transporte, como as bicicletas e os barcos, viram também nos plásticos uma forma não só de redução de custos, como também uma forma de aumentar a sua estética [50].

O domínio principal de aplicação de plásticos é o das *embalagens*. Hoje, diferentes tipos de plásticos, oferecem diferentes qualidades de embalagens, pondo ao serviço dos fabricantes

e consumidores soluções esteticamente atraentes, e com elevado nível de segurança, comodidade e poupança [50, 52]. Embalagens de detergentes, shampôs, medicamentos, alimentos, químicos fortes com tampas invioláveis, para segurança das pessoas, são algumas das muitas vantagens postas ao nosso dispor através da utilização do plástico. Especialmente no domínio alimentar, os consumidores contam com a embalagem de plástico para proteger os produtos alimentares de contaminações e para manter as temperaturas desejadas por mais tempo. As embalagens de plástico adaptam-se aos estilos de vida moderna [50, 52].

Na área da *medicina* - as vantagens de utilização de embalagens em plástico, oferecem uma maior capacidade de protecção contra a contaminação e uma maior resistência ao ataque químico, protegendo dessa forma os pacientes contra infecções. O plástico na medicina criou novas vantagens na substituição de partes de corpo por peças feitas dele, tais como pernas artificiais, junções nos joelhos e tornozelos, braços com capacidade de rotação no cotovelo. Imaginar a cirurgia plástica e técnicas de próteses sem o plástico é impossível. Como mais um exemplo de implementação de plástico no corpo humano, pode ser o plástico acrílico transparente que substitui uma córnea do olho e também pode ser aplicado nos dentes postiços. Com ajuda de plástico os médicos conseguiram substituir vasos sanguíneos e válvulas no nosso órgão principal, o coração.

Nas últimas décadas verificou-se um grande avanço na aplicação de materiais biodegradáveis [53]. Os polímeros biodegradáveis dão suporte temporário para cultura de células de regeneração e “tecido” criado por elas. Este material é aplicado nos casos de reconstrução da gengiva, regeneração de tecidos e nervos, implantes odontológicos, cicatrizes e queimaduras. Muitas cirurgias que utilizam metais ou titânio têm que ser refeitas para retirar os materiais depois de algum tempo, mas com plástico biodegradável isso não é necessário [54]. A quantidade de material e produtos feitos de plástico para fins médicos ou áreas afins são em grande número, representando esses domínios mais um ramo que não consegue funcionar sem plástico.

O enorme crescimento no consumo de plástico, deve-se principalmente aos benefícios proporcionados pelas suas características, que são [55]:

- a sua grande versatilidade e facilidade em ser trabalhado, de forma a cumprir requisitos técnicos específicos;

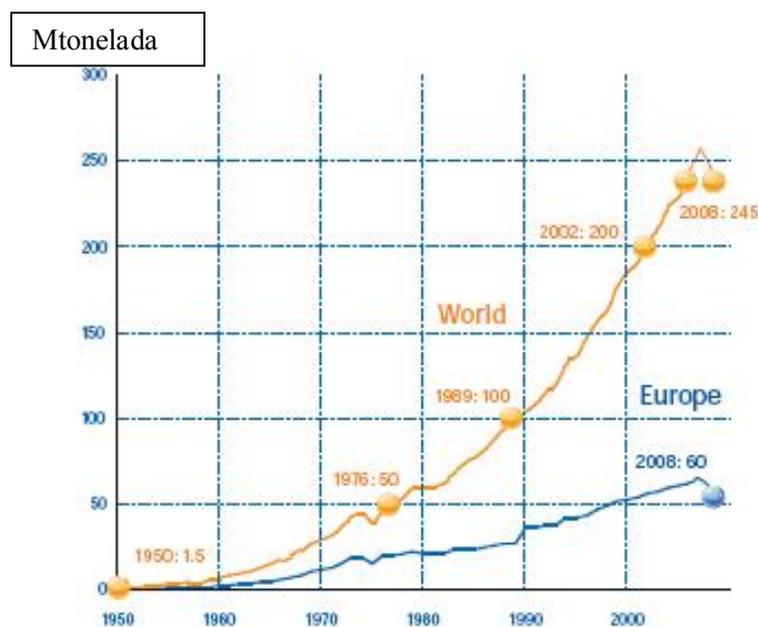
- o seu baixo peso comparativamente a outros materiais, fazendo com que o seu transporte seja muito mais barato;
- a sua resistência à água e produtos químicos;
- a sua resistência e durabilidade;
- seguros e higiénicos para a embalagem de produtos alimentares;
- um óptimo isolador térmico, eléctrico e relativamente barato.

### 1.4.2. Plásticos no mundo: alguns números

Desde 1950, globalmente tem havido um aumento anual na produção e no consumo de plásticos, cerca de 9 %. Desde 1,5 milhões de toneladas em 1950, a produção mundial total atingiu 245 milhões de toneladas em 2008 (ver gráfico da figura 32).

Este crescimento contínuo foi invertido em 2008, como consequência directa da crise financeira mundial que afectou praticamente todos os sectores.

Através da análise do consumo de materiais plásticos verifica-se um aumento para cerca de 100kg por ano na NAFTA e Europa Ocidental. Essas regiões têm uma elevada tendência para crescer no consumo de plásticos para 140 kg por ano até ao ano de 2015 [10]. As regiões de maior potencial de crescimento no consumo de plásticos são os países mais desenvolvidos e em vias de desenvolvimento (países de Ásia, excluindo o Japão) [10].



**Figura 32- Produção de plástico no Mundo entre 1950 e 2008 (este gráfico inclui Termoplásticos, Poliuretanos, Termofixos, Elastómeros, Adesivos, Revestimentos e Selantes e PP-Fibras e não compõe o PET, PA e fibras poliacrílicas) [10].**

A Europa produz cerca de 60 milhões de toneladas de plásticos, que representam 25% da produção global. Este valor é superior ao valor da NAFTA em torno de 23% [10]. Instalações de produção de plástico estão distribuídas por toda a Europa, com especial destaque para a Alemanha (o maior produtor) correspondendo a (7,5%) da produção global, seguida do Benelux (4,5%), França (3%), Itália (2%) e Reino Unido (1,5%) e Espanha (1,5%) (ver gráfico da figura 33) [10].

As necessidades de pedidos de plástico na Europa rodam as 48,5 milhões de toneladas em 2008. No Gráfico da figura 33 é possível ver as necessidades de plástico dos vários países da Europa. A Alemanha e a Itália são um conjunto que representam cerca de 40% da conversão de material plástico produzido em Europa. Dos novos Estados-Membros, como por exemplo a Polónia, esta tem a maior taxa de conversão de plástico, cerca de 2,55 milhões de toneladas, seguida pela República Checa com 1,05 milhões de toneladas e pela Hungria com 0,84 milhões de toneladas [10].

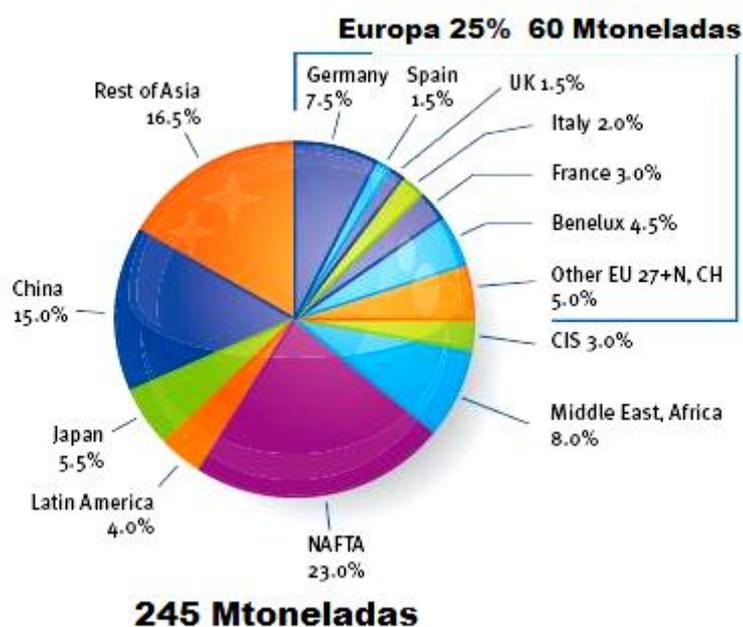


Figura 33- Gráfico da Produção mundial de plásticos em 2008 por país e região [10].

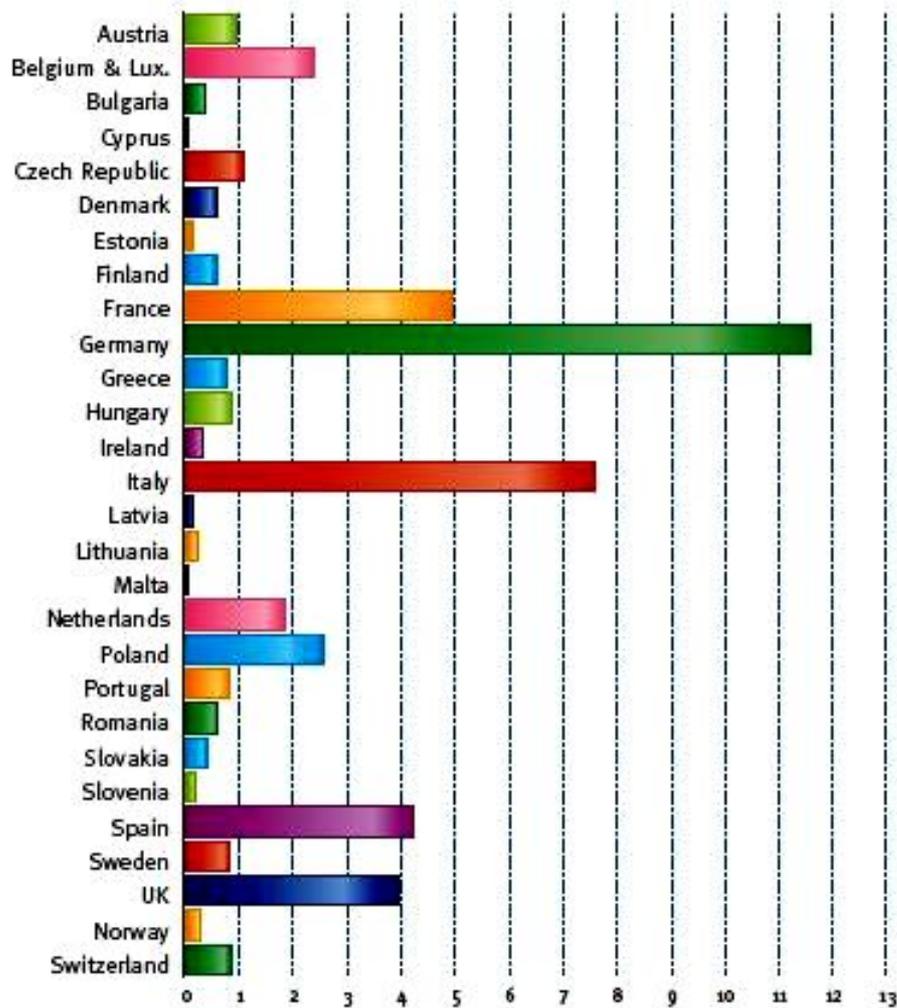


Figura 34- Gráfico da Demanda de conversão de plásticos: repartição por país na Europa (Mtonelada) 2008 [10].

O gráfico da figura 34 representa a conversão de plásticos para os países de Europa. Neste gráfico confirmamos os dados apresentados no Gráfico da figura 33. O líder principal em reciclagem na Europa é Alemanha. Depois dela o segundo lugar é ocupado pela Itália e depois pela França. Realmente, os países que apresentam maior taxa de reciclagem são países com uma elevada estabilidade económica.

A produção dos plásticos sofreu grandes modificações no seu desenvolvimento ao longo dos anos e, até ao presente momento, atingiu já uma velocidade máxima. Actualmente há uma maior procura dos plásticos de polipropileno (PP), pois o mercado actual está muito longe de ficar saturada por este tipo de plástico [56].

Segundo a empresa consultora CMAI, até 2010 o crescimento médio anual da procura de polipropileno (PP) será de 6,9% [56]. Segundo a mesma, é esperado que 2008-2010 o mercado de Polipropileno atinge um montante de 10,2 milhões toneladas por ano. Como resultado, em 2010, a capacidade global de produção de plástico chegara a 60 milhões de toneladas, incluindo 13% (ou 8,5 milhões de toneladas) que estarão concentradas no Médio Oriente [56, 57].

Para o ano 2011 a previsão de capacidade de produção de polipropileno indica um crescimento em 7% por ano através da execução de novos projectos na China, Índia e Coreia do Sul [57]. Na China, a capacidade de produção de polipropileno, aumentará 11,3% por ano e as necessidades do mercado para 8,2% [57]. É também expectável que a Coreia do Sul também se torne o maior exportador de polipropileno na região, alcançando em volume de em 2011, uma quantidade na ordem de 1,3 milhões de toneladas. A economia da Índia aumentará a procura de polipropileno em 10,8% por ano [56, 57]. O Oriente Médio tornar-se-á um grande produtor de polipropileno no mundo, enquanto que a China e a Índia - os maiores consumidores.

Um outro polímero que tem grande procura é polivinilcloreto (PVC). O principal aumento da capacidade no fabrico de PVC observou-se na China, onde até 2010 é previsto um aumento dessa capacidade para 20 milhões de toneladas de PVC, ou seja, mais do dobro do nível de consumo no ano 2006 [56, 57].

As perspectivas para o mercado mundial de polietileno mostram um crescimento estável [57]. Segundo os dados disponíveis, os projectos para construir instalações de grande escala para a produção de polietileno estão no Irão, China, Índia e na América do Sul. Na fase final de 2010, o maior consumidor mundial de polietileno e importador vai ser a China [57].

O consumo mundial de plástico nos últimos 50 anos aumentou em 20 vezes, o que implicou um impacto negativo sobre o meio ambiente [52]. A questão da reciclagem tem um impacto global ao nível da natureza e em particular do homem, obrigando isto a respostas diferentes tanto ao nível de escala como de forma [31, 28]

## 1.5. PORQUÊ RECICLAR?

O planeta terra, com seis biliões de pessoas, torna-se um local em que a deterioração do meio ambiente é algo que ameaça a própria sobrevivência humana [59]. Se imaginarmos a quantidade de lixo que cada um de nós produz por ano, facilmente chegamos a um número catastrófico. Resolver este problema tornou-se um desafio difícil [59].

O organismo estatístico da União Europeia apurou que cada um dos cidadãos europeus produziu em 2007, uma média de 552 kg de resíduos sólidos urbanos [59]. O país com a menor quantidade de lixo produzido por pessoa é a Republica Checa, com cerca de 294 kg/pessoa, enquanto no extremo oposto está a Dinamarca, em que a quantidade de resíduos é de cerca de 801 kg/pessoa [59]. Os Portugueses ocupavam uma posição no meio da tabela de produção de resíduos sólidos urbanos, com um valor de 472 kg/pessoa em 2007.

Mas, o problema principal em Portugal continua a não ser produção de resíduos, mas antes a sua reutilização. Hoje em dia 63% do lixo criado é depositado em aterros sanitários, 19% é incinerado, 10% é alvo de compostagem e apenas 8% é reciclado [59].

Podemos questionar-nos porquê reciclar, se é mais simples aterrar ou queimar o lixo. Enterrar este lixo provoca um excesso de resíduos acumulados nos aterros sanitários que podem contaminar em maior ou menor percentagem. Esta contaminação provoca o aumento da poluição ambiente, rios, marés, solos, ar, alimentos, com um risco grande para a nossa saúde [58].

Noutra perspectiva a reciclagem de lixo abre um leque de muitas oportunidades. Reciclar é dar aos produtos novas utilidades, sendo um processo geralmente económico e para a maioria dos produtos mais rápido e barato que a sua colocação em aterro ou incineradora.

Salvar os recursos naturais, que são finitos e precisam ser conservados e reservados, poupança de energia, entre outros são alguns de muitos pontos positivos que a implementação de uma estratégia de reciclagem traz às nossas indústrias e vidas familiares [59].

Reciclagem é um termo originalmente utilizado para indicar o reaproveitamento (ou a reutilização) de um polímero num mesmo processo. Este conceito surgiu na década de 70 do século passado, quando as preocupações ambientais passaram a ser tratadas com maior rigor, especialmente após o primeiro choque petrolífero, quando reciclar ganhou uma importância estratégica.

As indústrias recicladoras são também chamadas secundárias, por processarem matéria-prima de recuperação. Na maior parte dos processos, o produto reciclado é completamente diferente do produto inicial [60,62]. Se olharmos apenas para os plásticos, a necessidade de reciclagem intensifica-se com o aumento de utilização de derivados de plástico e o aumento do custo de petróleo e também com a falta de matérias-primas [60].

Neste contexto, emerge a cultura dos 3R, que gera vantagens para a economia, grandes ganhos na qualidade ambiental, e que têm reflexos em toda a sociedade [61].

A cultura dos 3R é baseada em três principais conceitos. O primeiro conceito é reduzir o segundo é reutilizar e terceiro é reciclar:

**Reduzir** - consumir menos é fundamental.

**Reutilizar** - é impossível reduzir a zero a produção de resíduos (muito do que enviamos para o lixo deveria ser reaproveitado).

**Reciclar** - Vidro, papel, plástico e metal representam, em média, 50% do lixo que vai para os aterros. Além disso, a reciclagem pode ser uma fonte de dinheiro [61].

Os princípios deste conceito podem entender-se como: reduzir a produção do lixo, reutilizar os materiais (sempre que possível), e reciclar o que não pode ser reduzido nem reutilizado.

A cultura dos 3R é uma boa oportunidade de conseguir diminuir o lixo em geral como tal, se cada um de nós conseguir implementar esta cultura em pelo menos 20 %, podemos ter grandes resultados na diminuição de lixo. Este conceito traz vantagens não só na área da redução de lixo mas também na poupança de recursos naturais e no impacto ambiental.

Na realidade, é uma obrigação de cada país educar e mentalizar a população sobre a importância da reciclagem e de todas as possibilidades para a nossa vida, desde a preservação da natureza, de uma forma concreta, até uma maior responsabilidade com o lixo que se gera [61,62].

## **1.6. EVOLUÇÃO HISTÓRICA DA RECICLAGEM DOS PLÁSTICOS**

Actualmente o plástico é um material quase indispensável na nossa vida moderna, o que se estende ao longo dos últimos 150 anos, tendo este material conseguido mudar radicalmente a sociedade em que vivemos, bastando para isso avaliar o nível de vida que atingimos [63,62].

Assim, podemos afirmar que o material do Século XX foi o Plástico. Existem, hoje em dia, mais de 1000 plásticos diferentes, usados para os mais diversos fins [63].

A história do plástico iniciou-se por volta de 1860 quando o inglês Alexandre Parkers com nitrato de celulose iniciou os seus estudos e descobriu um tipo de resina com nome 'Parkersin' [63]. John Hyatt de Albany estabeleceu o primeiro processo verdadeiramente industrial para a produção de um polímero. Em 1863 Hyatt estudou o processo de Parkers e incluiu algumas alternativas, desde o aumento da temperatura e da pressão, tendo patentado este novo processo no ano 1870 [64].

Antes de 1920 ninguém falou sobre aspectos como a estrutura e as propriedades dos polímeros. Hermann Staudinger iniciou seus estudos sobre polímeros sintéticos e naturais (celulose e isopreno) [65].

Foram necessários cerca de 30 anos para se abrir caminho a um novo polímero, o poliéstereno, que começou a ser produzido comercialmente em 1936 na Alemanha. A partir de 1945, as matérias-primas plásticas entraram na casa das pessoas, independentemente da sua condição social. Com a introdução do plástico no mercado mundial novas necessidades foram surgindo, como produtos descartáveis, artigos para o lazer, electrónicos entre outros. No sector de electrodomésticos, por exemplo, a utilização do plástico está em constante crescimento e evolução. Esta rápida entrada teve um grande impacto no desenvolvimento do mercado, conduzindo a uma nova direcção na utilização dos plásticos, e conseqüente na sua reciclagem. Esta por sua vez deu origem a um novo ramo de desenvolvimento económico e de progresso mundial [64].

### **1.6.1. Reciclagem no mundo**

Os primeiros sinais da necessidade da reciclagem de plástico surgem nas décadas de 30 e 40. A depressão económica após a segunda guerra mundial provocou este flash na

necessidade da reciclagem de plásticos, com especial importância nas sociedades dos EUA e da Europa [7].

No ano 1970, após a grande crise petrolífera, quando o custo de barril de petróleo começa a subir muito, novamente a necessidade de reciclagem do plástico ganha destaque. As novas linhas de actuação assentam na recuperação de energia e nos materiais plásticos. Suportada pela investigação na década de 1975 a 1985 começam-se a explorar as tecnologias de recuperação e reciclagem dos desperdícios plásticos. Um dos grandes alvos no início da reciclagem de plásticos foi a indústria automóvel.

O aproveitamento do plástico via reciclagem, recuperação e reutilização traz enormes vantagens. As vantagens de economizar o combustível, produção de energia e simultaneamente benefícios da recuperação de material reciclado. O interesse nos materiais plásticos biodegradáveis teve início na década de 70 [7]. A atenção para esta área tem sido renovada nos últimos anos, porque os objectivos das empresas passam pela possibilidade de substituir as matérias-primas não renováveis por matérias-primas renováveis. Consequentemente existe a valorização económica e ambiental. Um dos exemplos com maior expressão nos últimos anos foi a substituição de garrafas de vidro pelas garrafas de plástico até que o nível de substituição destas embalagens de vidro para bebidas foi quase total. As infra-estruturas cresceram significativamente durante a década de 1980. O plástico que predomina no mercado de bebidas carbonatadas é o PET (polietileno de tereftalato).

No final dos anos 80 e início dos 90 não existam espaços disponíveis para aterros sanitários de lixo (esta situação ficou baptizada como a crise de resíduos sólidos ou aterro dos anos 80). Com este problema assumido, a procura de possibilidades de reciclagem de diversos materiais passou a ser o grande desafio. Os pequenos aterros foram substituídos por mega aterros, e a partir de aí começam os vários estudos sobre o tratamento e gestão de resíduos sólidos urbanos (RSU). Na mesma linha aumentou-se o esforço na direcção da reciclagem [7]. Podemos ver como exemplo a tendência para reciclagem nos Estados Unidos.

A análise do gráfico da figura 35 mostra que nos anos 80 a reciclagem não foi muito desenvolvida e só a partir 1988 e 1989 começa a visualizar-se um crescimento vantajoso para utilização de reciclagem e já nos anos 1997 até 2000 começa mostrar estabilidade nos valores.

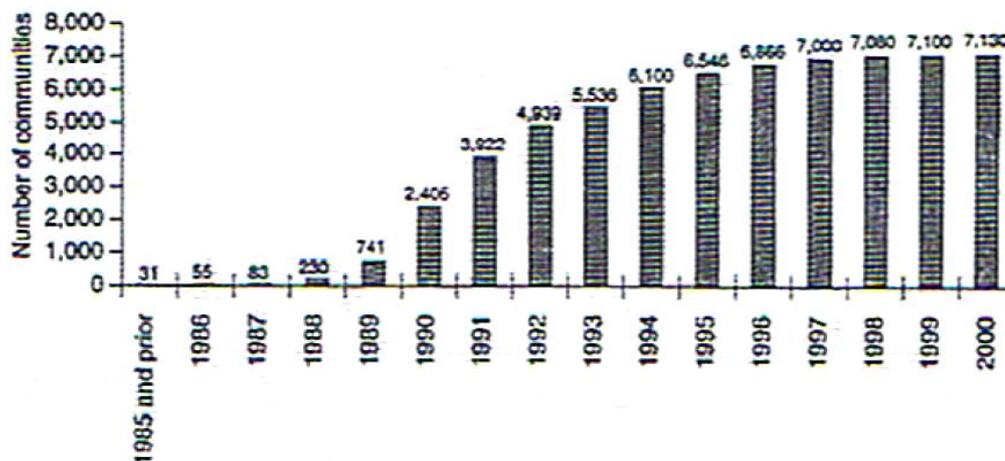


Figura 35- Histórico da recolha da reciclagem nos Estado Unidos [7].

Para sistematizar as tendências de reciclagem e eventos usámos a evolução de reciclagem das embalagens plásticas e organizamos numa tabela (Tabela 3) [7]. Com a crise dos anos 70, teve de ser criada uma legislação que obrigava a reciclagem das embalagens plásticas. No período 1987-1995 os Estado Unidos criaram um sistema de autorizações e proibições sobre os aterros e decomposições de lixo.

Tabela 3- Resultados de eventos importantes na história da reciclagem de plásticos [7]

Evento	Resultado
<b>Crise do petróleo (1970)</b>	R&G na reciclagem de embalagens plásticas e dos materiais para automóveis, biopolímeros e produtos de agricultura
<b>Legislação sobre embalagens (1972-1985)</b>	Infra-estruturas de reciclagem de garrafas plásticas crescem no momento aumento do consumo de bebidas gaseificadas
<b>Crise dos aterros sólidos Urbanos (1987-1995)</b>	Novas iniciativas criadas por parte do governo para o sector privado são tentativa de demonstrar a responsabilidade sobre os recursos naturais
<b>Governo Europeu (Alemanha e EU) foca-se no pós-consumo de resíduos sólidos e reciclagem (1990 até à actualidade)</b>	Alerta na integração de recursos de marketing de indústria na Europa, No Japão e nos Estados Unidos; Todos os mercados de plásticos das embalagens são afectados, como produtos da industria automóvel, peças para electrónica, construção civil e mobiliário

Na Europa os governos europeus (Alemanha e da UE) focaram a sua atenção no pós-consumo e reciclagem de resíduos sólidos a partir de 1990 até ao presente [7]

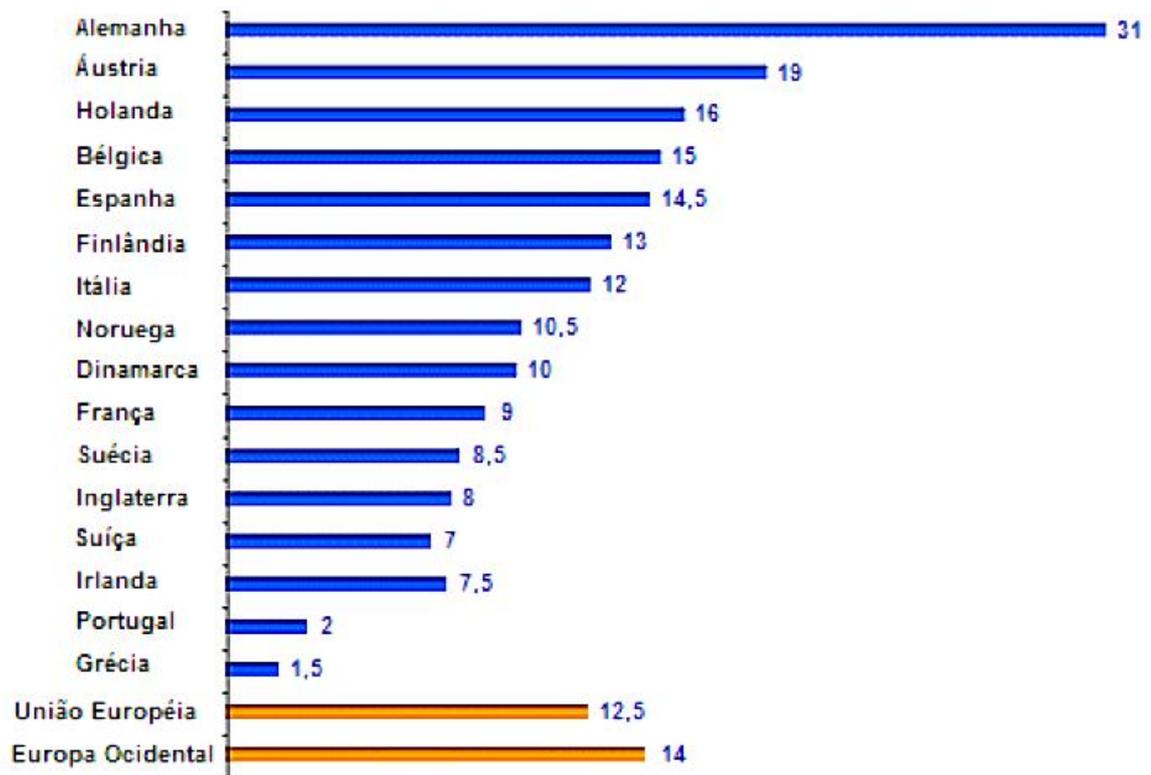
No ano 2002 com base nos dados estatísticos apresentados pela APME (Association of Plastics Manufactures in Europe) o país europeu com melhor desempenho, foi a Alemanha (nos anos 1997 e 2000 também alcanço primeiro lugar) que mostra um índice de reciclagem acima dos 30%. Depois segue-se a Áustria com 19%. O índice de reciclagem mais baixo é o da Grécia e Portugal, com valores que não passam os 2% (Figura 36). O índice de reciclagem é a razão entre a quantidade total de produtos reciclados e a quantidade total de resíduos sólidos gerados [8].

$$\text{Índice de reciclagem} = \frac{\text{quantidade de produtos reciclados}}{\text{quantidade de resíduos sólidos gerados}} \times 100$$

**Equação 8- O cálculo de índice de reciclagem [8].**

Comparando a reciclagem realizada na Europa com a realizada nos outros países do Mundo observa-se que a Europa tem maior índice de reciclagem de plásticos, cerca de 32%, e é superior à reciclagem realizada nos EUA, com especial destaque para o PET. Este índice de reciclagem na Europa foi atingido devido à norma que regulamentou que 25% a 40% da massa de embalagens no lixo fosse reciclada e no mínimo 50% fosse recuperada. Consequentemente, atingiu-se uma taxa de reciclagem mínima de 15%.

A acção legislativa do Parlamento Europeu tem sido decisiva no estabelecimento de metas globais relativamente à reciclagem, tendo-se que atingir os 50% para a reciclagem de Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) e 70% para os resíduos de construção e demolição (RCD), até 2020. Desta forma a reciclagem contribuirá fortemente para a redução da emissão de gases com efeito de estufa, sendo provavelmente uma das opções estratégicas mais baratas ao nível da sociedade para combater as alterações climáticas e os potenciais benefícios económicos daí resultantes (cerca de 2.5 a 9.9 biliões de euros por ano para a UE, pressupondo que a UE atinja uma média de 53% de reciclagem de RSU). O parlamento declarou que em 2015 a recolha selectiva deve ser instituída para, pelo menos, os seguintes materiais: papel, metal, plástico e vidro [66, 67].



**Figura 36- Índice de reciclagem em diversos países europeus em 2002 [8].**

A aprovação de metas globais para a reciclagem trará não só benefícios ambientais, como também económicos, já que o seu efeito empregador (a indústria da reciclagem gera 8 vezes mais empregos por cada tonelada de resíduo tratado que a incineração) será muito importante para a indústria da reciclagem. Países como a Alemanha já estão a dominar as tecnologias ambientais no sector dos RSU, cujo mercado mundial foi avaliado em 30 milhões de euros, dos quais a UE detém cerca de 50% [66].

Em Dezembro de 2014 haverá uma avaliação para percebermos se é necessário reforçar as medidas já implementadas. De três em três anos, os EM (Estados-Membros) devem apresentar um relatório à Comissão sobre o seu desempenho no que diz respeito ao cumprimento das metas. As metas de reciclagem propostas são viáveis, tendo sido já atingidas por diversos países. A média dos níveis de reciclagem de RSU na UE (2005, dados do Eurostat) era de 38%. No caso de Portugal, foi fixada uma meta de 40% de reciclagem de RSU, já para 2016. Em relação aos RCD, os níveis de reciclagem já estão acima dos níveis de reciclagem de RSU em vários países - a média de reciclagem era de cerca de 42% já em 2003 e 2004 [66, 67].

Os dados oficiais de Eurostat sobre RCD indicam que estes representam cerca de 25% dos resíduos globais. Estes resíduos, pela sua natureza, apresentam uma grande apetência para melhorias na sua gestão (são facilmente recicláveis uma vez que são pouco diversificados). Não existem dados recentes sobre a reciclagem de RCD em Portugal, no entanto, estima-se que não ultrapassava os 5% em 1997 [66, 67].

Temos uma nova legislação sobre RCD mas esta ainda não inclui metas. Assim sendo, é necessário um "empurrão da UE" para que o sector consiga desenvolver-se e apostar na inovação e na presença portuguesa no mercado mundial destas tecnologias [66].

As metas são particularmente importantes para Portugal, sendo possível inovar e fazer acordos entre a indústria da reciclagem e, por exemplo, a indústria de moldes. Estas inovações feitas em Portugal podem depois ser exportadas, ocupando o nosso país uma posição relevante neste nicho de mercado que ainda não está ocupado pela Alemanha, país que aproveitou o estabelecimento de metas internas para a reciclagem de RSU para desenvolver e exportar tecnologia [66].

### **1.6.2. Portugal**

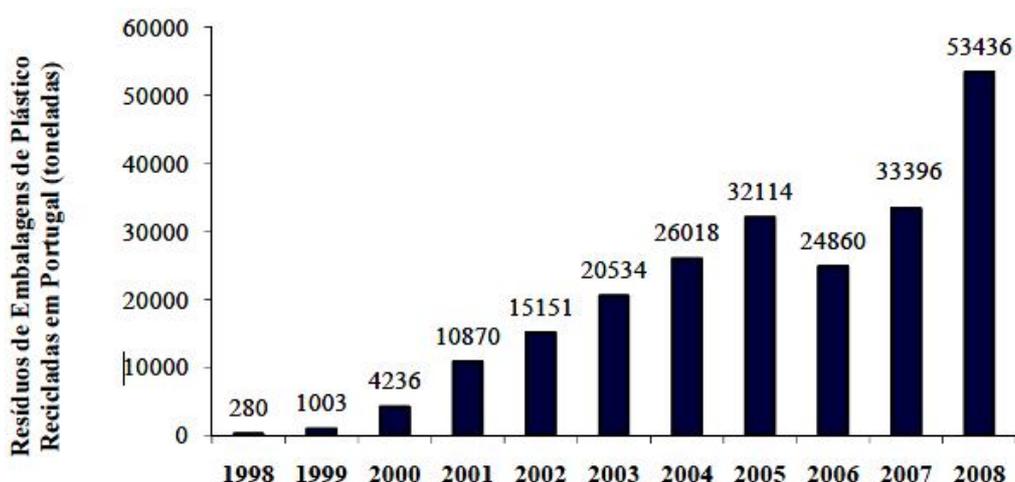
A reciclagem de resíduos plásticos, em Portugal, tem longa tradição remontando à época dos anos 70 as primeiras iniciativas. Inicialmente esses resíduos plásticos tinham exclusivamente proveniência industrial.

No final da década de 90, com a realização da experiência de “*Queijas*” e o começo do SIGRE [5], a indústria recicladora equipou-se de modo a poder reciclar também resíduos de proveniência doméstica. Para cumprimento das disposições legais constituídas na *Directiva Embalagens*, 94/62/CE, do 20 de Dezembro de 1994, foi criado, em 1996, o Sistema Integrado de Gestão de Resíduos de Embalagem (SIGRE), gerido pela Sociedade Ponto Verde [5]. É também nesta data que servam várias empresas com actividade na área da reciclagem de resíduos, aproveitando o crescimento de consumo de plásticos. Em Portugal (especial PVC, LDPE, ADPE, PP e PS de acordo com os dados de APIP).

A partir de 1998 todo processo de reciclagem de vários tipos de resíduos tem tendência a crescer e já em 2008 temos valores 20 vezes superiores aos valores iniciais (Tabela 4).

**Tabela 4- Reciclagem de embalagens em Portugal (toneladas de resíduos de embalagens) [9].**

Ano/Material	Plástico	Vidro	Papel/Cartão	Metal	Madeira	Total
1998	280	491	483	240	0	1945
1999	1003	17814	4032	586	42	23477
2000	4236	56617	30332	11720	98	103003
2001	10870	68275	71546	19493	2439	172622
2002	15151	75681	79692	20344	2655	193502
2003	20534	91141	88680	14979	4893	270832
2004	26018	105911	119031	14979	4893	270832
2005	32114	120917	164473	24916	6163	348594
2006	24860	133292	165013	31200	15468	369833
2007	33396	151111	217343	35568	27161	464581
2008	53436	168215	247067	37855	28462	535035



**Figura 37- Gráfico da quantidade de resíduos de embalagens de plástico recicladas em Portugal no período 1998-2008 (em toneladas) [9].**

Com base dos dados geridas pela SPV construímos o gráfico da figura 37, que relaciona a quantidade de plástico reciclado em Portugal desde 1998 até 2008.

Vê-se perfeitamente o aumento da reciclagem de plástico ao longo deste tempo. No ano 2006 detectou-se uma pequena queda que sinalizou o início da crise financeira na Europa, mesmo assim no ano a seguir iniciou outra vez a subida, que ultra passou o valor do ano de 2005. Esta tendência simboliza a viabilidade geral (economia, financeira, ambiental, entre outras) de reciclagem em si.

Por quantidade de plástico reciclado, entende-se a quantidade de resíduos de embalagens pós consumo, gerados em Portugal e encaminhados para reciclagem. Em Portugal, a reciclagem de plásticos é realizada na sua maioria por processos de incineração com aproveitamento energético [10].

A partir de 1998 e até 2005 em Portugal verificou-se uma tendência de crescimento da taxa de reciclagem. Pela análise dos dados de reciclagem de embalagens plásticas, enviados à comissão Europeia, relativos ao período entre 1998 e 2005, que são apresentados na tabela 5, podemos confirmar tal facto. Neste período existe uma oscilação na taxa de reciclagem de embalagens plásticas que variou entre 4% e 16%. Estes valores cumprem os limites estabelecidos pelas directivas Europeias, uma vez que em 2005 o objectivo de valorização era de 15%.

**Tabela 5- Embalagens plásticas geridas para reciclagem e valorização, em Portugal entre 1998 e 2005 [47].**

Ano	E a serem geridas (t)	RE's a serem geridos (t)	RE's reciclados (t)	RE's valoriz. energetic(t)	Valorização Total (t)	Taxa reciclagem (%)	Taxa valorização (%)
1998	258 500	258 500	9 440	-	9 440	4	4
1999	267 500	267 500	10 068	-	10 068	4	4
2000	286 000	282 430	12 831	98 708	111 539	5	40
2001	303 400	299 760	28 532	97 246	125 778	10	42
2002	325 000	325 000	29 194	100 052	129 246	9	40
2003	-	330 000	29 872	101 346	131 218	9	10
2004	-	344 500	36 321	47 356	83 677	11	24
2005	-	355 670	56 335	45 941	102 276	16	29

Em 2008 a taxa de reciclagem de plásticos atingiu 19% (Tabela 6).

**Tabela 6- Apresentação de dados estatísticos de taxas de reciclagem em 2008 [10].**

<b>Resíduos de Embalagens</b>						
<b>TAXAS DE RECICLAGEM - 2008</b>						
 <b>INTERFILEIRAS</b>	 <b>PAPEL/CARTÃO</b>	 <b>PLÁSTICO</b>	 <b>VIDRO</b>	 <b>MADEIRA</b>	 <b>METAL</b>	 <b>TOTAL</b>
Quantidades colocadas no mercado (toneladas)	717 700	387 872	431 499	711 991	110 000	2 359 062
Quantidades encaminhadas para Reciclagem (toneladas)	563 267	74 057	223 430	77 029	71 200	1 008 983
<b>TAXA DE RECICLAGEM</b>	<b>78%</b>	<b>19%</b>	<b>52%</b>	<b>11%</b>	<b>65%</b>	<b>43%</b>



**Figura 38- Gráfico representativo da reciclagem de resíduos de embalagens 2007-2008 [10].**

Os dados geridos pela Plastval mostram que a reciclagem de plástico aumentou em 2008 para 37% desde 2007, enquanto que na reciclagem de madeira, papel, vidro e metal o aumento de 2007 para 2008 foi bastante inferior (ver Gráfico da figura 38) [10].

Para avaliar a reciclagem no ano 2009 em Portugal vamos recorrer aos dados do Instituto Nacional de Estatística, INE [10]. No primeiro trimestre de ano 2009 os dados apresentam um aumento na reciclagem de plástico em relação de ano 2008 (ver tabela 7).

No segundo Trimestre de 2009 os dados apresentados no quadro seguinte são provisórios e incluem apenas as quantidades relativas à origem “Ecopontos e Ecocentros” (“fluxo urbano”), ver a tabela 8. Por este motivo, os dados analíticos (variações percentuais) devem ser encarados com a devida prudência.

Tabela 7- Dados estatísticos do 1º trimestre de 2009 apresentados pelo INE [10].

InterFileiras						
BOLETIM ESTATÍSTICO TRIMESTRAL						1º trimestre de 2009
	Total	Papel/cartão	Plastico	Vidro	Madeira	Metal
Reciclagem total(ton)	280020	177704	23278	35434	40500	3104
Varição relativa ao trimestre anterior	-37,11%	-25,99%	-9,45%	-9,45%	-31,21%	-93,14%
Varição homóloga (mesmo trimestre do ano anterior)	-15,03%	6,90%	-86,90%	-86,90%	14,30%	-92,33%
<b>% fracção embalagens</b>	<b>66,00%</b>	<b>67,30%</b>	<b>72,40%</b>	<b>72,40%</b>	<b>24,10%</b>	<b>100,00%</b>
<b>% origem nacional</b>	<b>98,20%</b>	<b>99,00%</b>	<b>86,70%</b>	<b>86,70%</b>	<b>100,00%</b>	<b>100,00%</b>
<b>% origem SIGRE global</b>	<b>32,60%</b>	<b>23,30%</b>	<b>45,60%</b>	<b>45,60%</b>	<b>1,80%</b>	<b>100,00%</b>
<b>% exportação</b>	<b>42,40%</b>	<b>60,00%</b>	<b>51,80%</b>	<b>51,80%</b>	<b>0,0%</b>	<b>0,00%</b>
<b>Reciclagem residuos de Embalagens(ton)</b>	<b>180941</b>	<b>118190</b>	<b>14463</b>	<b>35434</b>	<b>9750</b>	<b>3104</b>
Varição relativa ao trimestre anterior	-36,66%	-19,52%	-29,38%	-33,95%	-49,77%	-93,14%
Varição homóloga (mesmo trimestre do ano anterior)	-14,17%	2,09%	-11,56%	-32,17%	-49,11%	-57,26%
<b>% origem SIGRE global</b>	<b>39,50%</b>	<b>19,30%</b>	<b>63,10%</b>	<b>100,00%</b>	<b>7,60%</b>	<b>100,00%</b>

Tabela 8- Dados estatísticos do 2º trimestre de 2009 apresentados pelo INE [10].

InterFileiras						
BOLETIM ESTATÍSTICO TRIMESTRAL						2º trimestre de 2009
	Total	Papel/cartão	Plastico	Vidro	Madeira	Metal
Reciclagem total(ton)	138288	49775	12440	49241	21742	5091
Varição relativa ao trimestre anterior	-50,60%	-25,99%	-9,45%	-9,45%	-31,21%	-93,14%
Varição homóloga (mesmo trimestre do ano anterior)	-61,32%	6,90%	-86,90%	-86,90%	14,30%	-92,33%
<b>% fracção embalagens</b>	<b>75,30%</b>	<b>67,30%</b>	<b>72,40%</b>	<b>72,40%</b>	<b>24,10%</b>	<b>100,00%</b>
<b>% origem nacional</b>	<b>100,00%</b>	<b>99,00%</b>	<b>86,70%</b>	<b>86,70%</b>	<b>100,00%</b>	<b>100,00%</b>
<b>% origem SIGRE global</b>	<b>84,80%</b>	<b>23,30%</b>	<b>45,60%</b>	<b>45,60%</b>	<b>1,80%</b>	<b>100,00%</b>
<b>% exportação</b>	<b>0,00%</b>	<b>60,00%</b>	<b>51,80%</b>	<b>51,80%</b>	<b>0,0%</b>	<b>0,00%</b>
<b>Reciclagem residuos de Embalagens(ton)</b>	<b>104072</b>	<b>31309</b>	<b>12440</b>	<b>49241</b>	<b>5992</b>	<b>5091</b>
Varição relativa ao trimestre anterior	-42,50%	-73,50%	-14,00%	39,00%	-38,50%	64,00%
Varição homóloga (mesmo trimestre do ano anterior)	-56,60%	-77,90%	-28,60%	-5,70%	-68,50%	-44,90%
<b>% origem SIGRE global</b>	<b>95,00%</b>	<b>19,30%</b>	<b>100,00%</b>	<b>100,00%</b>	<b>12,40%</b>	<b>100,00%</b>

Com a introdução de legislação ao nível da Comunidade Europeia (Directiva n.º 94/62/CE, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 20 de Dezembro de 1994), que impõe aos países quotas mínimas para retomar e valorizar os resíduos de embalagem, Portugal até ao final de 2005 tinha de reciclar pelo menos 25 % das embalagens deitadas para o lixo (Tabela 10). Para cada tipo de material - vidro, papel, metais e plásticos - a taxa mínima tinha de ser 15% (Tabela 10). A meta foi facilmente cumprida para quase todos os materiais, excepto para os plásticos [68]. Segundo a SPV na directiva 2004/12/CE a previsão para taxas de reciclagem para materiais plásticos em 2011 deverá atingir os 22,5% (Tabela 9).

**Tabela 9- Objectivos de valorização e reciclagem para os resíduos de embalagens, em Portugal [69].**

	Prazo	Valorização	Reciclagem					
			Global	Vidro	Papel	Metais	Plástico	Madeira
<b>Directiva 94/62/CE</b>	31.12.2005	50%	25%	15%	15%	15%	15%	-
<b>Directiva 2004/12/CE</b>	31.12.2011	60%	55-80%	60%	60%	50%	22.5%	15%

A reciclagem de plástico é uma área ainda em crescimento em Portugal e com potencial para uma maior consolidação [68]. Em geral, o sector de reciclagem integra actualmente 53 empresas privadas na área da reciclagem de embalagens, gerindo no total 62 centros de tratamento, com 34 sistemas municipais e um reduzido número de empresas na reciclagem de resíduos industriais. O Porto e Aveiro concentram o maior número de centros de reciclagem, 14 e 16, respectivamente. Segue-se Setúbal com 7, depois Lisboa e Braga com 6 [69].

Esta evolução acompanha a tendência de crescimento verificada desde o início de actividade da entidade gestora responsável em Portugal, pelo correcto encaminhamento para reciclagem das embalagens usadas [69]. É de referir ainda, que o volume de reciclagem de materiais como o metal, papel e cartão, madeira e vidro, continua também a crescer.

Ao abrigo da legislação actualmente em vigor, Portugal tem o compromisso de, até 2011 reciclar, no mínimo 55% [Anexo 1] dos materiais das embalagens que são colocados no mercado nacional. A Sociedade Ponto Verde tem que cumprir a mesma meta, mas apenas em relação às quantidades de embalagens declaradas pelos embaladores, seus aderentes. O

Sistema Ponto Verde em Portugal abrange actualmente 99,7% da população portuguesa, 99,3% do território nacional e 97,4% dos concelhos.

De acordo com estudos efectuados ao comportamento da população em 2009, a maioria dos lares portugueses separam e enviam para reciclagem as embalagens usadas, contribuindo para o aumento da percentagem de embalagens recicladas e aproximação ao nosso objectivo [69].

## **1.7. ENQUADRAMENTO ECONÓMICO E SOCIAL DA RECICLAGEM DE PLÁSTICOS EM PORTUGAL**

Até ao momento falámos sobre a essência da reciclagem, o que é, para que serve e quando começou. Mas não chegámos a abordar como a reciclagem encaixa no contexto económico e social do nosso país.

De forma geral, em Portugal os resíduos gerados rondam os 3,3 milhões de toneladas por ano. Para minimizar esta quantidade de lixo no nosso país, existem empresas recicladoras, cuja capacidade permite reciclar só perto de 10 % do total do plástico colocado no mercado [51]. Os factores financeiros pesam muito nesta actividade, pois o processo por vezes não é economicamente viável, sendo algumas vezes a produção de um material reciclado mais dispendiosa do que um material convencional.

Do ponto de vista económico a viabilidade de um produto reciclado segue as mesmas regras de qualquer outro produto, ou seja, torna-se viável quando a qualidade e o preço são competitivos. Em termos de preço, a situação mais favorável ocorre quando a reciclagem é feita próximo dos centros urbanos, onde as matérias-primas são mais escassas e os custos de deposição em aterro são mais elevados. Neste tipo de situação é possível diminuir os custos no que respeita à matéria-prima e ao transporte dos resíduos para o aterro. Juntando ainda os possíveis custos de diminuição do impacto ambiental e da deposição adequada em aterro, a reciclagem pode ser transformada numa alternativa economicamente viável. Para além disso, é necessário que o material reciclado tenha um desempenho pelo menos semelhante ao material natural. Caso esta condição esteja satisfeita, a escolha irá para aquele que apresenta melhor preço [70].

Os resíduos tornam-se um negócio potencialmente importante nos dias de hoje. Em Portugal, os resíduos têm vindo a ocupar um lugar de maior destaque na economia, já que se olha para eles de uma forma diferente comparando com o passado. Numa sociedade de consumo, onde se produzem cada vez mais resíduos, o seu tratamento é também uma responsabilidade acrescida para as gerações mais novas. O tecido empresarial, a legislação, todo o enquadramento económico olha para os resíduos de outra forma, daí que estes constituem uma oportunidade de negócio muito importante.

Cada possibilidade de transformar um resíduo plástico num novo produto traz inúmeras vantagens para a economia Portuguesa. Então, cada tonelada de “lixo” plástico pode ser convertida em dinheiro, como uma fonte de energia ou uma fonte de nova matéria-prima, que corta nas necessidades de compra deste material ao estrangeiro e minimiza o custo de produção de artigos de materiais plásticos. Pelos dados de SPV podemos ver o custo de resíduo por kg, na tabela 10, e os custos aproximados de recolha e tratamento, na tabela 11 [69].

**Tabela 10- Valores dos materiais recicláveis estabelecidos pela SPV no ano 2001 comparando com 2008-2009 [69].**

<b>Material</b>	<b>Valor de SPV em 2001 [€/kg]</b>	<b>Valor de SPV em 2008-2009 [€/kg]</b>
<b>Vidro</b>	7.3	48
<b>Papel e Cartão</b>	12.25	13,5
<b>Plástico</b>	98.95	770
<b>Aço</b>	33,43	600
<b>Alumínio</b>	61.51	766
<b>Madeira</b>	4.67	X

**Tabela 11- Valores aproximados dos custos de recolha e tratamento em 2001 [69].**

<b>Entidades</b>	<b>Custo da recolha</b>	<b>Custo de Tratamento (€/ton)</b>
<b>Autarquias</b>	23,00 – 24,00	15,00
<b>Empresas privadas</b>	35,00 – 40,00	17,00

Do ponto de vista económico, a reciclagem de polímeros não é considerada uma actividade com alto retorno financeiro, principalmente devido ao custo da recolha selectiva que atinge cerca de oito vezes mais que o valor da recolha de lixo convencional [71].

Verifica-se que o custo de recolha apresentado pelas autarquias corresponde a um valor inferior aquele que é praticado pelas empresas privadas. A razão reside na ausência de contabilidade analítica por parte dos municípios donde o calculo daquele valor não considera componentes, tais como combustíveis, amortizações do investimento entre outros [71].

Este é um negócio que está dependente da mudança de mentalidades, já que o conceito de resíduo é um conceito novo para o que sempre tratámos como lixo. Hoje o lixo é apenas aquilo que não pode ser reaproveitado e tende a ser cada vez menos, apesar de os resíduos aumentarem globalmente, pois existe uma busca contínua na valorização dos desperdícios de qualquer actividade [70].

A reciclagem é eficaz, embora tenha ainda um grande potencial de desenvolvimento. A percentagem de resíduos que vão para reciclagem já é significativa, mas ainda tem margem para aumentar, e é também nesse sentido que vai a legislação comunitária e nacional [70].

O maior potencial da reciclagem está no consumidor que faz a divisão selectiva dos resíduos, nas empresas que têm a função da recolha e reciclagem, e também no destino a dar aos produtos reciclados. Todo este processo está muito dependente da sensibilização do cidadão comum para a reciclagem. Essa sensibilização é progressiva e envolve todos os agentes porque toda a actividade humana gera resíduos. Este processo começa com a indústria, passa pelo comércio e acaba em todos nós que consumimos o produto. Logo, todos temos responsabilidade na preservação do nosso planeta.

A reciclagem já faz parte do quotidiano de uma elevada percentagem da população portuguesa. A Comissão Europeia regista que Portugal atingiu a meta de 25% para a reciclagem de embalagens e resíduos de embalagens bem como as metas de reciclagem por material de embalagem, designadamente, vidro, papel/cartão, metal e plástico [72].

Actualmente existe uma sensibilidade pública muito mais apurada para este assunto do que acontecia há meia dúzia de anos atrás. A consciencialização tem vindo a aumentar e envolve todos os agentes do processo desde o produtor ao consumidor. Como consumidor

o Português conseguiu entrar bem na *onda* do desenvolvimento económico sustentado e dos problemas ambientais.

O interesse da reciclagem já entrou nas nossas casas, muitas famílias começam a separação de lixo dentro de própria habitação. Já existe divulgação e acções efectuadas nas escolas, serviços, mercados e entre outros. Nesta matéria convém referir também a importância das associações ambientalistas, pois estas associações são muitas vezes acusadas de serem radicais, mas isso acontece porque estão um passo à frente dos hábitos das pessoas e as sugestões que apresentam parecem utópicas no tempo em que estão inseridas, mas não o serão no futuro e a história pode testemunhar isso. Como também já referimos, a legislação actual também está à frente dos acontecimentos. Em resumo, nem todas as pessoas estão hoje sensibilizadas para a reciclagem, mas estão mais do que estavam ontem e esperamos que amanhã o estejam ainda mais [72].

## **1.8. ENQUADRAMENTO LEGAL DAS ACTIVIDADES DE RECICLAG DAS MATÉRIAS PLÁSTICAS EM PORTUGAL**

A legislação nacional que regulamenta a ocorrência de resíduos sólidos no Ambiente resulta, em larga medida, da transposição da legislação europeia. Qualquer texto de enquadramento político nacional na área do Ambiente deverá porventura referir a Lei de Bases do Ambiente, Lei n.º 11/87, de 7 de Abril.

O Artigo 24º, relativo a resíduos e efluentes, que salienta:

1 - Os resíduos sólidos poderão ser reutilizados como fontes de matérias-primas e energia, procurando-se eliminar os tóxicos pela adopção das seguintes medidas:

- a) Da aplicação de «tecnologias limpas»;
- b) Da aplicação de técnicas preventivas orientadas para a reciclagem e reutilização de produtos como matérias-primas;
- c) Da aplicação de instrumentos fiscais e financeiros que incentivem a reciclagem e utilização de resíduos e efluentes.

2 - A emissão, transporte e destino final de resíduos e efluentes ficam condicionados a autorização prévia,

3 - A responsabilidade do destino dos diversos tipos de resíduos e efluentes é de quem os produz,

4 - Os resíduos e efluentes devem ser recolhidos, armazenados, transportados, eliminados ou reutilizados de tal forma que não constituam perigo imediato ou potencial para a saúde humana nem causem prejuízo para o ambiente,

5 - A descarga de resíduos e efluentes só pode ser efectuada em locais determinados para o efeito pelas entidades competentes e nas condições previstas na autorização concedida,

6 - As autarquias locais, isoladamente ou em conjunto, poderão proceder à constituição de planos reguladores de descargas de resíduos e efluentes e sua recuperação paisagística [70].

Deste modo são necessárias medidas, como a aplicação de incentivos à separação e reutilização/reciclagem dos Resíduos, restrições à deposição dos resíduos em aterro e introdução de normas que regulamentem a utilização de materiais reciclados, para que haja um desenvolvimento efectivo nesta área em Portugal [70].

Uma das principais medidas é sem dúvida a introdução, ou aumento, das taxas de deposição em aterro para os Resíduos com possibilidade de reciclagem ou a proibição de deposição. Esta medida é fundamental, pois o preço que é exigido obriga os responsáveis pelos resíduos a procurar alternativas mais económicas, entre as quais a reciclagem. No entanto, também pode levar a um aumento da deposição ilegal, pelo que deve ser complementada com uma penalizante fiscalização.

Neste contexto, a demolição selectiva hoje em dia é quase inexistente, e provavelmente é uma das medidas mais importantes e que mais repercussões positivas poderá trazer. A criação de mercado de resíduos, terá também um papel relevante quer no incentivo à demolição selectiva, quer no aumento das taxas de reciclagem [70].

Igualmente importante é a introdução de normas aplicáveis a materiais reciclados provenientes da construção e demolição. Complementada com uma formação nesta área, bem como a existência de serviços de consultadoria e aconselhamento [70].

A alternativa para diminuir o impacto dos resíduos de materiais plásticos, pelo menos o visual, é a sua deposição em aterros sanitários. Esta prática é hoje largamente utilizada e

tem permitido resolver inúmeros problemas de eliminação de resíduos, nomeadamente resíduos sólidos urbanos (RSU). Porém, tem também limitações significativas [44, 70].

- Em primeiro lugar, falta espaço junto das principais concentrações urbanas, onde se produz normalmente a maior quantidade de resíduos sólidos.
- Em segundo lugar, existe uma dificuldade em convencer as populações locais a aceitar a presença de aterros ao pé da porta [44, 70].

A nível nacional existem vários diplomas legais, grande parte dos quais em resultado da transposição de directivas da União Europeia. No que se refere a gestão de RSU.

A Directiva de 94/62, de 31 de Dezembro, dedicada a embalagens e resíduos de embalagem, transposta para a legislação nacional pelo Decreto-Lei 366/A-97, de 20 de Dezembro, que impõe quotas mínimas específicas para diferentes opções de valorização de resíduos e para todos os materiais. Esta imposição condiciona muito esta alternativa, dado que a deposição em aterros não conduz obviamente a qualquer recuperação de valor [44]. Directiva “Embalagens” – Dec.-Lei n.º 36-A/97, alterado pelo Dec.-Lei n.º 162/2000 e pelo Dec.-Lei 92/2006 2011:

- Valorização total de RE  $\geq 60\%$ ;
- Reciclagem total de RE  $\gg 55-80\%$ ;
- Reciclagem de RE de vidro:  $\geq 60\%$ ;
- Reciclagem de RE de papel e cartão:  $\geq 60\%$ ;
- Reciclagem de RE de plástico:  $\geq 22,5\%$ ;
- Reciclagem de RE de metais:  $\geq 50\%$ ;
- Reciclagem de RE de madeira:  $\geq 15\%$  [72, 73].

A directiva 2004/12/CE, de 11 de Fevereiro, estipulava que até finais de 2005 deveria haver uma valorização mínima de 50%, dos quais pelos menos 25% deveriam corresponder a reciclagem de materiais, com um mínimo de 15% para cada tipo de material de embalagem (vidro, plástico, metal e papel/cartão) [72].

Uma especial referência para o significativo incremento na reciclagem do material plástico, que após deter ao longo de vários anos os valores mais baixos, quando comparados com os restantes materiais, alcançou a meta de 15% [72]. Outra legislação na área de resíduos é:

- Decreto-Lei n.º 239/97, de 9 de Setembro, estabelece as regras a que fica sujeita a gestão de resíduos. Revoga o Decreto-Lei n.º 310/95, de 20 de Novembro;
- Portaria n.º 335/97, de 16 de Maio, estabelece as regras do transporte de resíduos dentro do território nacional [74];
- Portaria n.º 961/98, de 10 de Novembro, estabelece os requisitos a que deve obedecer o processo de autorização prévia das operações de armazenagem, tratamento, valorização e eliminação de resíduos industriais, resíduos sólidos urbanos ou outros tipos de resíduos [74];
- Decreto-Lei n.º 152/2002, de 23 de Maio, estabelece o regime jurídico a que fica sujeito o procedimento para a emissão de licença, instalação, exploração, encerramento e manutenção pós-encerramento de aterros destinados à deposição de resíduos e procede à transposição para a ordem jurídica nacional da Directiva n.º 1999/31/CE, do Conselho, de 26 de Abril, relativa à deposição de resíduos em aterros, estabelecendo metas de desvio de resíduos biodegradáveis de aterro [74].

A gestão de resíduos em Portugal rege-se ainda através de um conjunto de Planos Estratégicos que visam a integração dos requisitos das diferentes directivas comunitárias e o desenvolvimento sustentado e planeado dos mecanismos e infra-estruturas nacionais de gestão [74].

De acordo com o Regulamento os materiais e objectos de plástico reciclado, estes só podem ser colocados no mercado se contiverem plástico reciclado obtido exclusivamente através de um processo de reciclagem autorizado.

Para que um processo de reciclagem seja autorizado deve cumprir todo um conjunto de condições, nomeadamente [72]:

(i) os materiais plásticos de partida devem ter uma qualidade caracterizada e controlada, devendo ter origem num circuito de produtos fechado e controlado, bem como em materiais e objectos de plástico que tenham sido fabricados em conformidade com a legislação comunitária relativa aos materiais e objectos de matéria plástica destinados a entrar em contacto com os alimentos [72],

(ii) a qualidade dos plásticos reciclados deve ser caracterizada e controlada em conformidade com critérios pré-estabelecidos [72]

(iii) devem ser estabelecidas condições de utilização do plástico reciclado de forma a garantir que os materiais e objectos cumprem determinados requisitos previstos no Regulamento n.º1935/2004 (relativo aos materiais e objectos destinados a entrar em contacto com os alimentos).

Ao procedimento de autorização de um processo de reciclagem aplica-se, com as devidas adaptações, o processo autorizado previsto no Regulamento n.º1935/2004, sendo que nos seis meses subsequentes à recepção de um pedido válido, a Autoridade Europeia para a Segurança dos Alimentos deve emitir um parecer indicando se o processo de reciclagem em análise respeita ou não as condições previstas no Regulamento, cabendo à Comissão adoptar uma decisão, destinada ao requerente, concedendo ou negando a autorização do processo de reciclagem [72, 75].

O Planeamento e Gestão de Resíduos, englobando todas as tipologias de resíduos e as diversas origens, constituem o objectivo das políticas neste domínio do Ambiente, assumindo ainda um papel de relevo de carácter transversal pela incidência na Preservação dos Recursos Naturais, e em outras Estratégias Ambientais- Dec.-Lei n.º 178/06, de 5 de Setembro [73]:

- aplicação do Princípio do Poluidor-Pagador, relativamente aos custos inerentes à gestão de resíduos, como forma de responsabilização dos produtores e detentores;
- criação da Autoridade Nacional dos Resíduos e das Autoridades Regionais, com responsabilidades repartidas nas elaborações dos planos: plano nacional, planos específicos e planos municipais;
- procedimentos administrativos de licenciamento, simplificados e harmonizados;
- criação do Sistema Integrado de Registo Electrónico de Resíduos (SIRER);
- criação da Comissão de Acompanhamento de Gestão de Resíduos (CAGER);
- constituição de um novo regime económico e financeiro, com estabelecimento de taxas;
- definição de enquadramento e princípios orientadores para a criação de uma Bolsa de Resíduos, propiciando o funcionamento de um “Mercado” de resíduos [73].

Um exemplo concreto como as instituições europeias incentivam a indústria de plásticos a valorizar o processo de reciclagem é o novo regulamento CE 282/2008. Trata-se de uma normativa que autoriza a utilização de plástico reciclado na produção de embalagens para alimentos. A iniciativa representa uma novidade absoluta para o mercado, tal processo não era permitido pela UE [73].

Embalagens			
Entidade Gestora	Licenciamento	Legislação	Metas nacionais
SPV - Sociedade Ponto Verde 	Nov. 1997 Dez. 2004	DL n.º 366-A/97, de 20.12.1997  Port. n.º 29-B/98, de 15.01.1998	<p><u>Até 31.12.2005:</u>  <b>Valorização:</b> 50% em peso de RE  <b>Reciclagem:</b> 25% RE com contributo <math>\geq</math> 15% por material de embalagem (papel/cartão, plásticos, metais e vidro)</p> <p><u>Até 31.12.2011:</u>  <b>Valorização:</b> <math>\geq</math> 60% em peso de RE  <b>Reciclagem:</b> 55% - 80% RE (com contributo de 60% p/a RE de papel/cartão e vidro, 50% para metais, 22,5% p/a plásticos e 15% p/a madeira).</p>
VALORMED 	Fev. 2000 Fev. 2007	DL n.º 162/2000, de 27.07.2000  DL n.º 92/2006, de 25.05.2006	
SIGERU 	04.01.2006 (Disp. Conj. n.º 369/2006)		

**Figura 39- Agência Portuguesa do Ambiente. Enquadramento nacional Fluxos específicos na última década [73].**

Embora os dados divulgados coloquem Portugal entre os países da “linha da frente” no cenário da reciclagem, é importante salientar que as metas para o ano 2011 já estão definidas e por sinal são bastante ambiciosas: uma valorização mínima de 60% (em peso) e reciclagem no mínimo de 55%, com contributo de 60% para resíduos de embalagens de papel/cartão e vidro, 50% para metais, 22,5% para plásticos e 15% para madeira [72].



## **CAPITULO 2.**

# **ANÁLISE DO CICLO DE VIDA DOS MATERIAIS PLÁSTICOS**





## **CAPITULO 2. ANÁLISE DO CICLO DE VIDA DOS MATERIAIS PLÁSTICOS**

### **2.1. O CICLO DE VIDA DOS MATERIAIS PLÁSTICOS**

#### **2.1.1. O conceito de Ciclo de Vida**

O ciclo de vida de um produto não é mais do que a sua história. O produto passa pelas várias fases: produção, distribuição, consumo, utilização e transformação em lixo ou resíduo até novamente entrar na fase de produção como matéria-prima [76].

A avaliação do Ciclo de Vida - ACV (*Life Cycle Assessment - LCA*) é uma metodologia, utilizada para avaliar o impacto produzido pelo processo produtivo e posterior utilização de bens e serviços sobre o ambiente [76].

Segundo a EPA (Environmental Protection Agency, dos Estados Unidos), a ACV é “uma ferramenta para avaliar, de forma holística, um produto ou uma actividade durante todo seu ciclo de vida”. A ACV é baseada em uma série de normas ISO 14040. O objectivo da ACV é a avaliação de aspectos ambientais e impactos associados a um determinado produto ou serviço [76]. Na Figura 40 representa-se uma possibilidade de interpretação da vida de um produto numa perspectiva de circuito.



**Figura 40- Esquema geral do Ciclo de Vida de um produto [77]**

No esquema apresentado anteriormente, podemos evidenciar, que o produto abrange todos os conceitos de processo produtivo. Desde a concepção do projecto de um produto até ao tratamento do resíduo do mesmo. Tudo isto tem que ser visto de forma integrada, uma única unidade.

No ciclo de vida de um produto, o destino final é o resíduo. Depois o resíduo segue para a reciclagem. A primeira etapa de reciclagem de produtos plásticos começa nas deposições selectivas efectuadas em ecopontos (contentores), ecocentros (parques de contentores) ou, em alternativa, nos sistemas de recolha porta-a-porta do cidadão [130]. A segunda etapa de reciclagem consiste na recolha dos plásticos depositados, que é feita normalmente através das entidades municipais. Depois da recolha, o plástico é encaminhado para estações de triagem, onde é efectuada a separação por tipo. Posteriormente, o plástico é enviado para as recicladoras adequadas. Nas recicladoras, com o tratamento, o plástico reciclado é transformado e apresentado normalmente na forma granulada. Seguidamente o produto granulada alimentará uma outra transformadora onde será utilizado como matéria-prima para nova produção.

Assim, o Ciclo de Vida de um polímero pode ser representado pelo esquema seguinte.



Figura 41- Ciclo de Vida de um polímero [77].

### 2.1.2. Utilização e consumo

O plástico é um dos materiais mais úteis do século XX, e garantidamente, continuará a ser nos próximos tempos. Apresenta um consumo que cresce cerca de 4% ao ano na Europa Ocidental [78]. Durabilidade, estabilidade e resistência à desintegração, contribuem para um significativo aumento da utilização deste material.

As propriedades do plástico fazem dele um dos produtos com mais aplicações e utilidade para o consumidor final [79]. A utilização de plástico tem benefícios, assim como limitações. Pelo facto da sua origem ser comum ao combustível, alcatrão e a outros produtos derivados de petróleo, e pelo seu consumo apresentar uma tendência crescente, a sua produção envolve cerca de 4% do consumo de petróleo [79]. Apesar dos avanços tecnológicos nos últimos 20 anos, assiste-se a uma tendência de crescimento de utilização dos plásticos, e que causar o aumento do consumo de petróleo [79].

O plástico é consumido em todas as áreas: na tecnologia e produção, em medicina e culinária. Nas nossas casas, em todo lado ele está presente: na cozinha, na sala, na garagem, na casa de banho. Devido ao aumento de consumo de plástico, aumenta também o problema da eliminação dos resíduos plásticos. A solução mais simples para o plástico consumido será depositá-lo em aterro, onde vai ser fonte de contaminação durante pelo menos um quarto de século, do ar e do solo [79].

Mas, o aterro não é a melhor solução para os resíduos plásticos. Existem várias alternativas, tais como a reciclagem, que é utilizada só para 20 % de todo plástico [79]. A ideia de reciclar plástico é uma alternativa, que permitirá diminuir o número de aterros e o consumo de petróleo. Podemos dizer, que mesmo com o desperdício, o plástico reciclado continua a ser uma valiosa fonte de matéria-prima [79].

### **2.1.3. Deposição**

A reciclagem começa com a recolha selectiva, com a deposição selectiva feita pelo consumidor, através de ecopontos (contentores específicos), ecocentros (parques de contentores) e recolha porta-a-porta [130].

Por enquanto a recolha selectiva através do consumidor começa no ecoponto, que apresenta contentores diversificados (contentor verde, contentor amarelo, contentor azul e pilhão). Cada contentor tem uma cor especial à qual está associado um tipo de material para depositar. No contentor amarelo são depositados plásticos e metais, no contentor azul reúne-se papel e cartão, enquanto no contentor verde se deposita vidro [81]. Na figura 42 podemos visualizar a fotografia dos três contentores típicos de um ecoponto.



**Figura 42- Ecoponto em Portugal [81].**



**Figura 43- Ecocentro na ilha da Madeira [82].**

Em Portugal, as Autarquias e Sistemas Municipais são as entidades responsáveis pelos ecopontos e a Sociedade Ponto Verde é a entidade gestora, responsável pelo envio para reciclagem das embalagens recolhidas nos ecopontos [81].

Depois da recolha, os RSU (Resíduos Sólidos Urbanos) são direccionados para ecocentros. O ecocentro é uma área vigiada, dedicada à recepção de resíduos para reciclagem ou sua valorização, com um volume de contentorização superior aos ecopontos, normalmente com mecanização para a preparação dos resíduos, para o encaminhamento para a reciclagem ou valorização [80].

Os ecocentros recolhem os RSU em maior quantidade e de diversos tipos, como pode ser visualizado na figura 43. Depois dos ecocentros e ecopontos os resíduos seguem para uma Estação de Triagem, onde são submetidos a uma separação rigorosa por tipo de material.

#### **2.1.4. Recolha**

A recolha de RSU pode ser separada em dois grandes grupos: a recolha indiferenciada ou a recolha selectiva [83].

A recolha indiferenciada é aquela em que não existe uma separação prévia dos resíduos [83].

Por recolha selectiva, entende-se que os diferentes tipos de resíduos são separados para serem recolhidos em contentores diferenciados [83].

A recolha selectiva em Portugal iniciou-se em 1994, com recolha de papel. Depois, com implementação progressiva de ecopontos em 1997 (cerca de 1000 unidades de ecopontos), essa recolha foi alargada. Para conseguir atingir as taxas de reciclagem exigidas pela União Europeia, as autarquias implementaram a recolha selectiva porta-a-porta (ver figura 44) [83]. Verificou-se que a recolha porta-a-porta era mais eficaz quando dirigida a determinados produtores de resíduos, por exemplo a restauração (produção de vidro e embalagens), comércio e serviços (produção de papel) [83]. Por exemplo em Lisboa o sistema de recolha porta-a-porta tem vindo a crescer, tendo em Dezembro de 2008 registado um total de 47.700 fogos e 4.300 entidades [80].



**Figura 44- Recolha porta-a-porta [83].**

A seguinte tabela apresenta os dados estatísticos sobre recolha selectiva em Lisboa entre os anos de 2003 a 2008.

**Tabela 12- Resíduos Recolhidos Recicláveis na Cidade de Lisboa [80].**

Anos	Papel e cartão (1)	Vidro (1)	Embalagens (1) e (2)	Pilhas (3)
2008	23.229	12.150	6.262	17
2007	22.812	11.610	5.457	17
2006	20.496	10.478	4.495	15
2005	18.262	9.459	3.512	25
2004	15.296	8.331	2.717	16
2003	12.719	6.999	2.019	16

(1) - Materiais recolhidos selectivamente; na origem do processo de recolha

(2) - Inclui as embalagens de plástico, metais ferrosos e não ferrosos e embalagens de cartão para líquidos alimentares

(3) - Pilhas recolhidas nos ecopontos.

Pela observação do gráfico da figura 45, podemos verificar que existe um aumento significativo na recolha de RSU em Lisboa entre 2003 e 2008. Comparando os dados do ano de 2003 com os do ano de 2008, verificamos que a recolha de papel apresenta um aumento de 83%, enquanto que o vidro apresenta um incremento de 73%. No entanto, a maior subida verificou-se na recolha das embalagens, que apresenta um valor em 3 vezes superior ao valor inicial.

Este aumento significa que ocorreu um crescimento do consumo de matérias plásticas, com especial desta que para as embalagens [80].

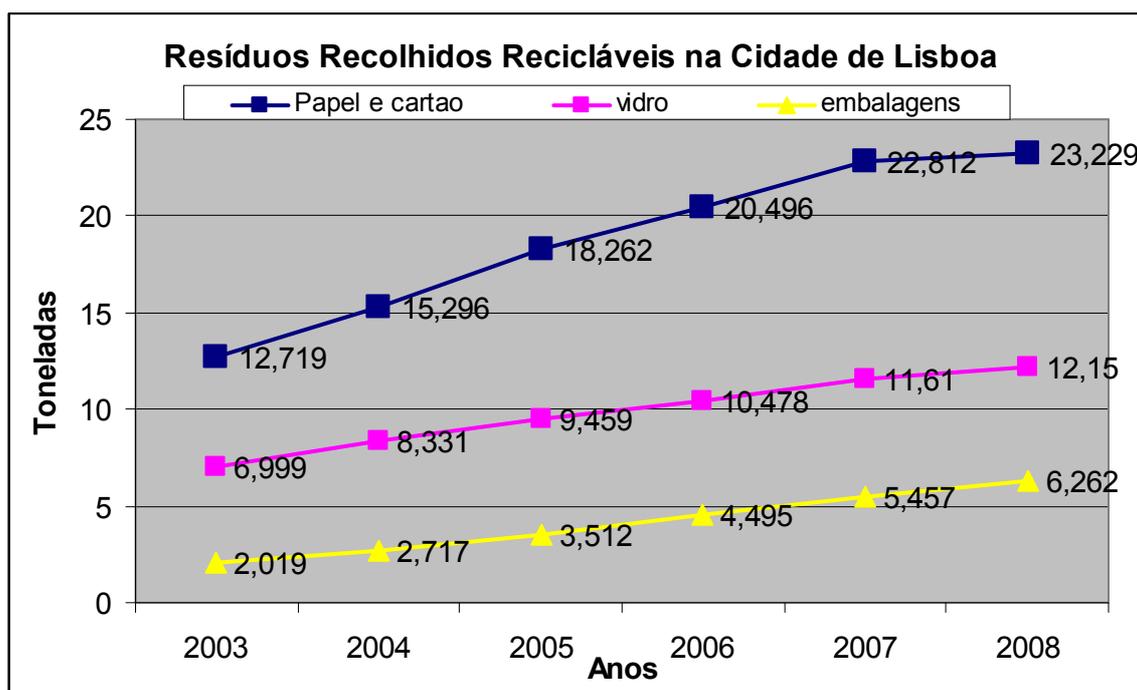


Figura 45- Evolução da recolha de resíduos na cidade de Lisboa [80].

### 2.1.5. Separação, triagem e tratamento

A estação de triagem é o local para onde são transportados os resíduos de embalagens depois de recolhidos nos ecopontos ou ecocentros. Nas estações de triagem é feita uma selecção rigorosa por tipo de material.

O processo de separação pode ser efectuado mecanicamente ou manualmente, de forma a permitir o encaminhamento para as empresas recicladoras [84]. Em Portugal existem vários centros de triagem. Na Figura 46 é apresentado um exemplo de um possível ciclo de tratamento de RSU num centro de triagem. Um dos maiores centros de triagem em Portugal foi construído pela empresa GESAMB e está localizado junto ao Aterro Sanitário em Évora [84]. Esta instalação começou funcionar em Maio 2003 com a instalação de 450 ecopontos e aquisição de viaturas de recolha selectiva. Em Março 2004 iniciou a exploração do centro de triagem [82]. O centro de triagem da GESAMB é constituído por uma linha, onde são separados manualmente os diferentes tipos de plásticos (PET, PEAD, PVC, Filme, EPS). O GESAMB também executa uma triagem de contaminantes (outros tipos de resíduos) do papel e cartão [84]. Na figura 47 temos uma fotografia do centro de triagem da GESAMB. O GESAMB apresenta uma infra-estrutura preparada para receber





**Figura 47- Centro de triagem [82].**

Um outro exemplo de infra-estrutura do mesmo tipo, é o centro da Valorsul (CTM) que é localizado em Vale do Forno. Este Centro recebe materiais de cerca de 2000 ecopontos, na maioria dos quais situados nos municípios de Amadora, Lisboa, Loures, Odivelas e Vila Franca de Xira [85]. O Centro de Triagem da Associação de Municípios da Região do Planalto, ocupa 2400 m<sup>2</sup> de área total e tem capacidade para processar 25.000 toneladas de resíduos por ano [86]. Na linha de tratamento de RSU, os centros de Triagem desempenham um papel muito importante no estabelecimento de reciclagem eficaz.

## **2.2. PLÁSTICOS RECICLÁVEIS E NÃO RECICLÁVEIS.**

Algum tempo atrás, tudo era mais simples. Utilizávamos um produto feito de plástico e quase sempre a seguir terminava no lixo. Mais recentemente, principalmente nas últimas duas décadas, em vez de terminar no aterro ou incineradora, o produto plástico vai para a reciclagem. No entanto, os problemas não desapareceram. Continuam a existir alguns, que residem na forma do tratamento e, conseqüentemente, no reciclar do mesmo.

Nem todos os plásticos podem ser reciclados [87]. A possibilidade de reciclar é determinada pelas diferentes propriedades dos polímeros. No capítulo 1, já abordámos as propriedades dos polímeros, que reflectiam a sua classificação em os 3 grandes grupos de polímeros termoplásticos, termofixos, e elastómeros. Algumas propriedades mais específicas, impedem que os polímeros termoplásticos sejam recicláveis e que os

termofixos e elastómeros ou borrachas apresentem dificuldade de uma reciclagem eficaz [87].

Neste contexto, entende-se por materiais recicláveis aqueles que, podem ser reutilizados após transformação térmica ou química [87]. Enquanto que, os materiais não recicláveis são aqueles que não podem ser reutilizados após transformação térmica ou química ou física (que baseada nas propriedades físicas de material reciclado, tais como viscosidade, elasticidade, temperatura de vítreo ou cristalização entre outros) [87].

Nas estações de triagem, os produtos feitos de plástico são divididos em dois grupos. O primeiro grupo é do plástico que pode ser reciclado, ou seja, todos os termoplásticos. Estes plásticos não sofrem alterações na sua estrutura química durante aquecimento. Por isso podem ser transformados várias vezes pelo mesmo ou diferentes processos de transformação [87]. O segundo grupo inclui os plásticos não recicláveis, os termofixos. Este plástico depois de ser moldado não pode ser fundido e remoldado novamente, sendo por isso impossível de reciclar. Na tabela 13 é possível visualizar alguns exemplos de produtos feitos de plásticos recicláveis e não recicláveis [87].

Logicamente, o plástico reciclável tem uma aplicação mais rentável após a reciclagem. No entanto, o plástico não reciclável é também reaproveitado, embora seja menos valorizado [87]. O plástico não reciclado pode ser reaproveitado da seguinte forma: pode ser moído, sendo depois aplicado na elaboração de outros artefactos ou incorporado nas composições de outros plásticos, ou incinerado, sendo assim aproveitado na produção de energia [87].

**Tabela 13- Tabela com dois tipos de plásticos recicláveis e não recicláveis [87].**

<b>Plástico Reciclável</b>	<b>Plástico não reciclável</b>
<b>Brinquedos</b>	<b>Adesivos</b>
<b>Canos e tubos (PVC)</b>	<b>Absorventes</b>
<b>Copinhos de café</b>	<b>Acrílico</b>
<b>Copos descartáveis</b>	<b>Cabos de panela</b>
<b>Embalagens metalizadas (de biscoitos e salgadinhos)</b>	<b>Espuma</b>
<b>Embalagens de material de limpeza</b>	<b>Fraldas descartáveis</b>
<b>Embalagens de Refrigerantes</b>	<b>Isopor</b>
<b>Isopor (verificar o símbolo na embalagem)</b>	<b>Tomadas</b>
<b>Potes</b>	
<b>Sacos de plástico em geral</b>	
<b>Tampas</b>	

## 2.3. TIPOS E MÉTODOS DE PRODUÇÃO DE PLÁSTICOS

As resinas de polímero são processadas em produtos plásticos finais. Na etapa de produção de peças plásticas são usados vários métodos de produção, tais como a extrusão, a moldagem por injeção, moldagem por sopro, calandragem, rotomoldagem, entre outros. Nos parágrafos seguintes iremos fazer uma pequena revisão dos principais tipos de produção de peças plásticas [88].

### Extrusão

A Extrusão é um processo onde os grânulos são aquecidos e misturados mecanicamente, numa longa com certo pressão e forçados através de uma pequena abertura e arrefecidos com ar ou água a saída desta câmara e posteriormente arrefecido numa calandra [89]. Na Figura 48 segue um esquema de uma extrusora simples. A Extrusora simples é composta por uma câmara comprida com uma rosca por dentro. No início da câmara há um depósito que serve como fonte de alimentação. Após da zona de alimentação segue-se a zona de compressão, onde é injectado ar ou agua e finalmente a zona de dosagem. Este processo é, normalmente, contínuo, sendo usado para a produção de perfis, filmes plásticos, folhas plásticas, entre outros [90].

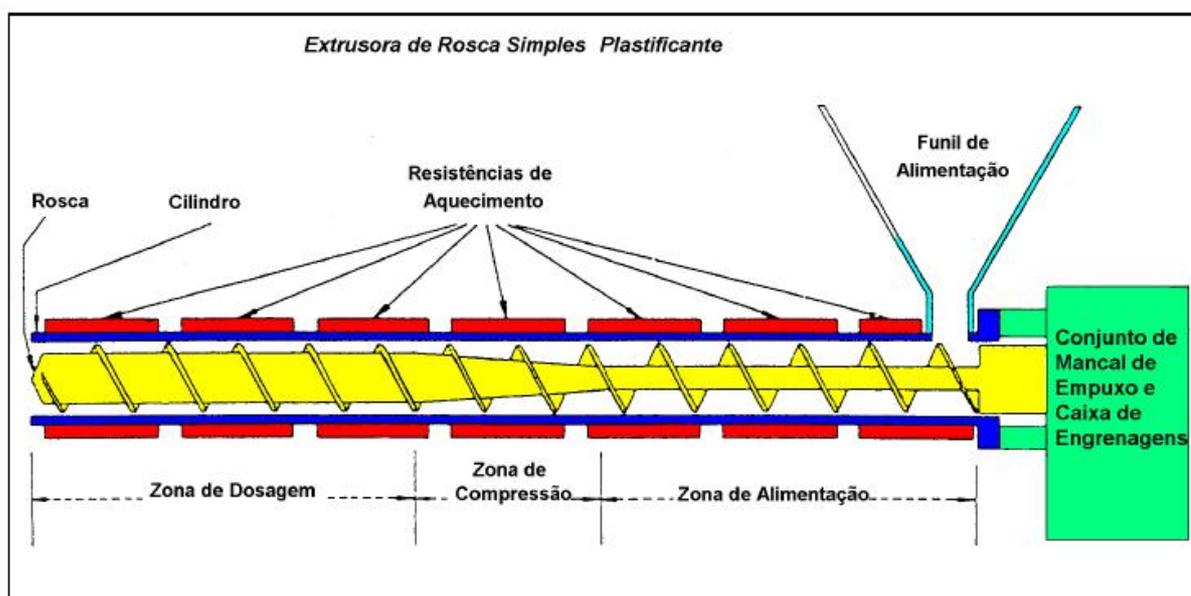


Figura 48- Esquema representativo de uma Extrusora de Rosca simples [90].

## Moldagem por Injecção

O processo de moldagem por injecção é baseado no amolecimento de material, seguida de injecção a alta pressão, para um molde que é arrefecido [88]. Os grânulos de resina são aquecidos e misturados mecanicamente numa longa câmara, forçados sob bastante pressão para dentro de um molde. Este processo é bastante utilizado para a produção de recipientes como embalagens de manteiga e iogurte, entre outros [91]. Depois a peça é retirada do molde, com a utilização de um prato de arranque, pinos ejectores, entre outros meios [88].

A moldagem por injecção apresenta-se como um processo cíclico e tem as seguintes operações: dosagem de material para o cilindro de injecção, fusão da matéria, injecção do material para o molde, arrefecimento do material até a sua solidificação, e por fim a extracção do produto [88]. Na figura 49, é possível visualizar um esquema de uma máquina utilizada para fazer moldes por injecção.

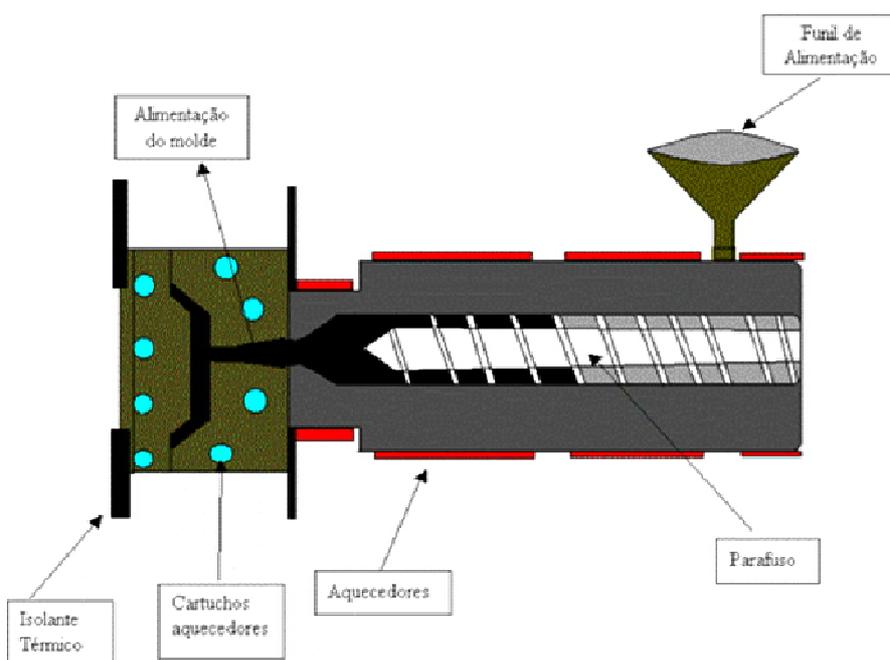


Figura 49- Esquema de um molde por injecção [88].

## Moldagem por Sopros

A moldagem por Sopros é o processo fundamentalmente utilizado na obtenção de peças ocas. Conseguem-se obter as peças ocas através da injecção de ar no interior do molde [88]. Os grânulos de resina são aquecidos e comprimidos, de forma a formar um fio de um líquido que apresenta a forma final de um tubo (pré-forma). Depois a resina aquecida entra

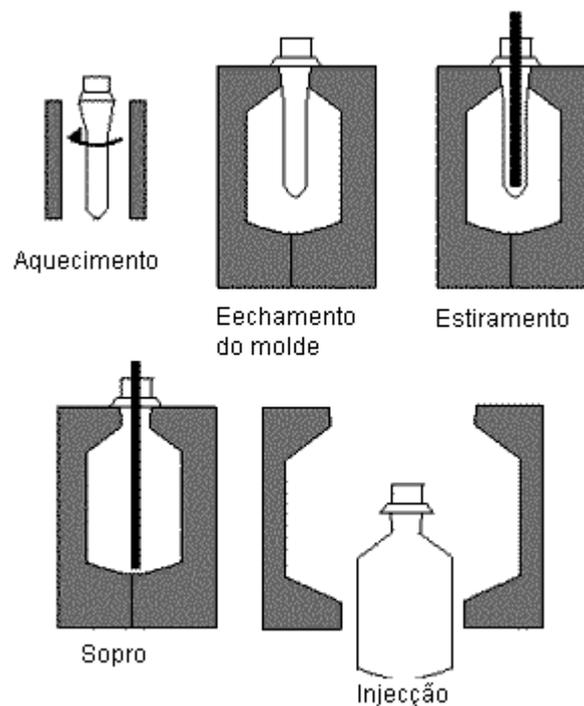
no molde frio e o ar comprimido é soprado para dentro do tubo da resina. O ar expande a resina contra as paredes do molde. Este método é utilizado para fazer garrafas plásticas [89].

Este tipo de moldagem ajuda a obter a forma da peça necessária e desejada, com uma massa reduzida. A moldagem por sopro pode ser dividida em 2 tipos: moldagem por sopro via injeção e moldagem por sopro via extrusão [88].

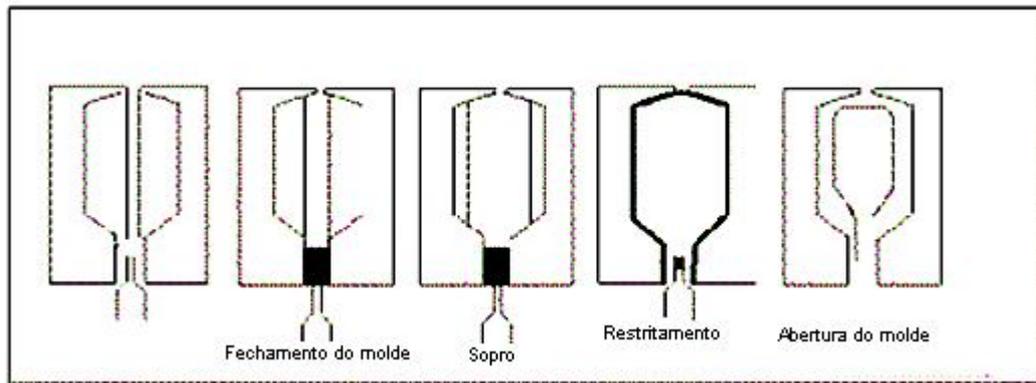
O processo de moldagem por sopro via injeção inclui as seguintes etapas [88]:

1. Produção de uma peça injectada via moldagem por injeção;
2. Fechamento do molde sobre a peça oca;
3. Introdução de ar comprimido para expandir a peça oca até a forma final;
4. Arrefecimento e extracção da peça soprada.

Um esquema representativo deste processo pode ser visualizado na figura 50.



**Figura 50- Moldagem por sopro via injeção [88].**



**Figura 51- Extrusão de tubo vertical [88].**

Na moldagem por sopro de via extrusão, a peça no início de processo é enfiada dentro de um molde. Depois do molde fechado com a pré-forma, injecta ar na base. Arrefece-se a peça em contacto com a parede fria do molde. Depois abre-se o molde [88].

O processo de moldagem por sopro via extrusão é apresentado no esquema da figura 51.

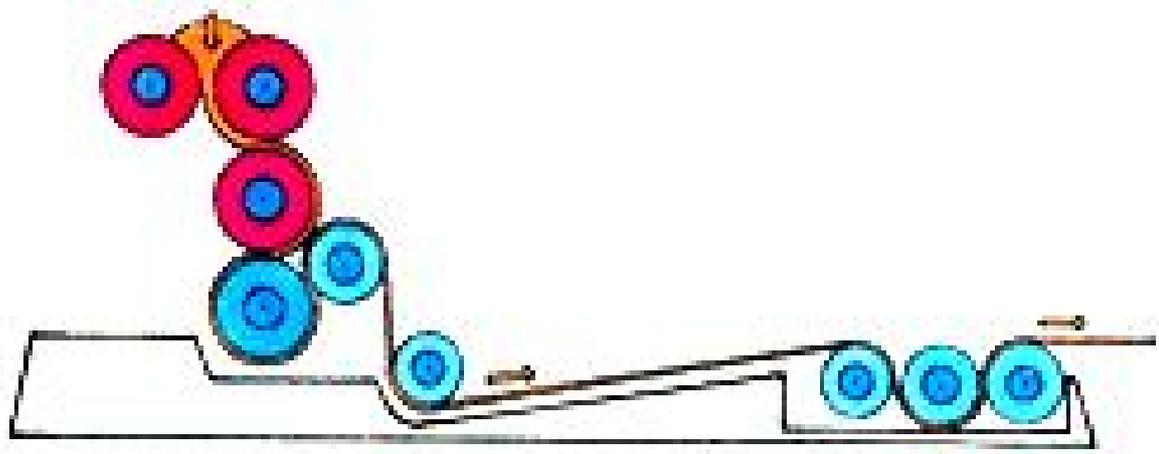
Moldagem por sopro via injeção apresenta os seguintes vantagens: moldagem sem rebarba, bom controlo de espessura do gargalo e de parede, não há necessidades de acabamento. As desvantagens são; processo lento e necessários dois moldes para cada objecto.

Moldagem por sopro via extrusão apresenta os seguintes vantagens: moldados com rebarba, deforma lentamente, altas velocidades de produção. As desvantagens seguintes: mais difícil de controlar a espessura da parede, necessária operação de corte.

### **Calandragem**

Calandragem é o processo onde o material moldável passa entre sucessivos rolos sobrepostos, interligados na forma de “L”, “T” ou “Z” (ver figura 52). Este processo é utilizado para o fabrico de filmes, chapas e laminados que são depois utilizados na indústria de embalagens para produtos alimentares.

Resultado desejável de calandragem é o de obter um material com espessura constante [92]. O material recebido através de calandragem apresenta normalmente as seguintes características: material plano; transparente, opaco ou colorido; produto não tóxico [92]. Um esquema do processo de moldagem por calandragem pode ser visualizado na figura 52.



**Figura 52- Moldagem por calandragem [92].**

Esta tecnologia é aplicada na produção de materiais termoplásticos [90]. Os métodos e condições de processamento de polímeros podem ser melhor entendidos com base na tabela 14, em que se relacionam e combinam diferentes variáveis dos processos de produção.

**Tabela 14- Tabela com os processos de transformação de polímeros [90].**

Processo	Características			Produto
	Calor	Pressão	Dispersante	
Extrusão	+	+	-	Semi-acabado
Injeção	+	+	-	Acabado
Compressão	+	+	-	Acabado
Sopro	+	+	-	Acabado
Termoformação	+	+	-	Acabado
Calandragem	+	+	-	Semi-acabado
Vazamento	+	-	-	Acabado ou semi-acabado
Fiação seca	-	-	+	Semi-acabado
Fiação úmida	-	-	+	Semi-acabado
Imersão	-	-	+	Acabado

## **2.4. TIPOS DE RECICLAGEM**

Quando chega o momento da matéria plástica ser reciclada, o vector orientador de todo o processo é a identificação (“código”) e conseqüente natureza do produto [93].

Os processos de reciclagem convertem os plásticos usados em nova matéria-prima, a ser utilizada na indústria de produção de novos produtos plásticos [93]. No domínio da reciclagem encontramos quatro tipos principais de reciclagem [94]:

1. Reciclagem Primária (mecânica ou física)
2. Reciclagem Secundária (mecânica ou física)
3. Reciclagem Terciária (química)
4. Reciclagem Quaternária (térmica ou energética).

### **2.4.1. Reciclagem primária (mecânica ou física)**

A reciclagem primária consiste na conversão dos resíduos poliméricos industriais, por métodos de processamento padrão, em produtos com características equivalentes aos produtos originais, produzidos com polímeros virgens como exemplo, as aparas que são novamente introduzidas no processamento [95]. Esta reciclagem é comum em polímeros termoplásticos com peças defeituosas, dentro da linha de montagem das próprias indústrias [96]. Assim, a reciclagem primária ocorre no mesmo local, com o mesmo material, com o mesmo produto e processo.

Neste processo o material que segue para reciclagem não necessita de identificação, separação e limpeza, e pode ser quase de imediato aplicado no mesmo processo [95].

Nesta etapa é aplicada a reciclagem mecânica. A definição geral é: "*o processo pelo qual passa um mesmo material, já utilizado para fazer o mesmo produto ou um produto equivalente*" [97]. A Agência de Protecção Ambiental Americana (EPA/USA) define reciclagem mecânica como "a recolha, o processamento, a comercialização e uso dos materiais considerados como lixo" [97].

Actualmente a reciclagem de resíduos de origem industrial (reciclagem primaria), é feita em muitas empresas, com vantagens para a utilização das tecnologias e equipamentos na área já implementadas. Melhora o controlo ambiental e ajuda na redução de gastos de energia através da diminuição da produção desses resíduos [97].

Como noutros processos, cada tipo de reciclagem apresenta vantagens e desvantagens. Em particular, na reciclagem primária, como vantagens podemos considerar a rentabilidade económica (aproveitamento de resíduos da produção - alimentadores, peças com defeito, rebarbas, entre outros), a disponibilidade de equipamentos e processos para reciclar e regranular resíduos, a possibilidade de formular misturas de matéria-prima e a ausência de contaminantes.

Entre as desvantagens ou limitações estão a utilização do mesmo polímero, a mesma formulação deste, a existência de camadas protectoras, diferentes tipos de aditivos aplicados durante o processo de produção, entre outros [97].

#### **2.4.2. Reciclagem secundária (mecânica ou física)**

A reciclagem secundária é a reciclagem dos produtos rejeitados que existem no lixo, e consequentemente começa nas Unidades de Reciclagem. Mesmo no caso da recolha selectiva, onde o plástico vem relativamente limpo, o produto reciclado tem sempre uma qualidade inferior ao material virgem [96]. A reciclagem secundária implica a utilização de um local diferente da produção e um mesmo material polimérico, mas um outro produto [98].

O processo de reciclagem secundária é também designado por reciclagem mecânica ou física. A diferença fundamental da reciclagem primária para a secundária é que na primária utiliza-se o polímero pós-industrial e na secundária o polímero pós-consumo [98].

As vantagens que a reciclagem secundária apresenta são: é economicamente rentável para resíduos produzidos antes da entrada no circuito de consumo, a disponibilidade de equipamentos e processos para reciclar certos tipos de resíduo (contentores rígidos, placas de espuma, revestimentos de cabos, invólucros de baterias), aproveitamento de resíduos plásticos como matéria-prima em produção própria e poupança nos custos [97].

Enquanto desvantagens principais temos: o mesmo polímero, a mesma formulação, a presença de contaminantes, a perda de qualidade nas propriedades mecânicas e a perda de qualidade no aspecto visual [97].

A reciclagem primária e secundária pode ser feita por diferentes processos, sendo alguns deles comuns tais como a extrusão, a injeção, a termoformagem ou a moldagem por

compressão. Dependendo da origem do resíduo plástico o processo pode incluir varias etapas:

1. Triagem e separação dos tipos de plásticos;
2. Moagem;
3. Lavagem;
4. Aglutinação;
5. Secagem;
6. Processamento por extrusão;
7. Transformação do plástico num produto acabado [95].

Os processos de lavagem e secagem podem ser eliminados, dependendo do estado do resíduo [96,99]. O processo de reciclagem inicia-se pela separação.

**Separação:** É a divisão dos diferentes tipos de plásticos, de acordo com a identificação ou com o aspecto visual [96]. Nesta etapa são separados rótulos de diferentes materiais, tampas de garrafas e produtos compostos por outro tipo de plástico, embalagens metalizadas, grampos, entre outros. Como esta etapa é essencialmente manual está muito dependente da experiência das pessoas que a executam [96]. A etapa de separação é importante, sendo decisiva na limitação das impurezas no processo. Dependendo das necessidades do mercado ou do custo de mão-de-obra, a separação dos polímeros reveste-se de um carácter mais manual ou mais automatizado. A identificação dos polímeros é um aspecto importante [95].

**Moagem:** Depois da separação, o plástico segue para moagem. Os plásticos são triturados em moinhos de facas rotativas ou moinhos de martelos. Esta etapa prepara o material para o próximo equipamento no processo, a extrusora ou a injectora [95]. É importante que o material moído tenha dimensões uniformes para que a fusão também ocorra uniformemente [95].

**Lavagem:** Após a moagem, o plástico passa por uma etapa de lavagem, normalmente com água, para retirar os contaminantes. Esta água de lavagem vai ser tratada, para assegurar uma boa capacidade de reutilização [96].

**Secagem:** Depois da lavagem é necessário secá-lo. A secagem do material tem muita importância para alguns polímeros tais como os poliésteres ou as poliamidas que podem sofrer hidrólise durante o reprocessamento. A secagem pode ser feita por processo mecânico e/ou térmico [100]. Nos processos mecânicos a humidade é removida por força da gravidade ou inércia. Na secagem térmica a humidade pode ser removida pelos três mecanismos diferentes: condução térmica, convecção e radiação [95].

**Aglutinação:** O processo de aglutinação compreende várias fases, que vão desde o completar da secagem até à compactação do material para reduzir o volume de plástico, que será enviado para extrusora. O aglutinador também é utilizado quando é necessário a incorporação de aditivos, como cargas, pigmentos e lubrificantes [96].

**Extrusão:** No processo de extrusão, o material polimérico sofre essencialmente fusão e origina uma massa homogénea. Na saída da extrusora, encontra-se uma cabeça, que dá forma ao plástico, um "espaguete" contínuo, que é arrefecido com água. Em seguida, esse fio contínuo é seccionado por um granulador e transformando em pellet "grão de plástico" [96].

A reciclagem mecânica de resíduos de pós-consumo exige lavagem após a moagem, para a prevenir presença de materiais estranhos ou outras resinas. A vantagem de utilização em relação ao resíduo plástico industrial é o baixo custo. As desvantagens são o risco de contaminação e a necessidade de selecção de material. Outro grande problema é a contaminação das águas de lavagem [96].

A Figura 53 ilustra um esquema possível para o processo de reciclagem mecânica de resíduos. Neste fluxograma fica explicado que todo o processo de reciclagem começa no produto descartado, que passa para moagem, obtendo-se um material particulado e a borra de moagem. Depois o produto lavado segue para a secagem e para extrusão, granulação e determinação do produto final.

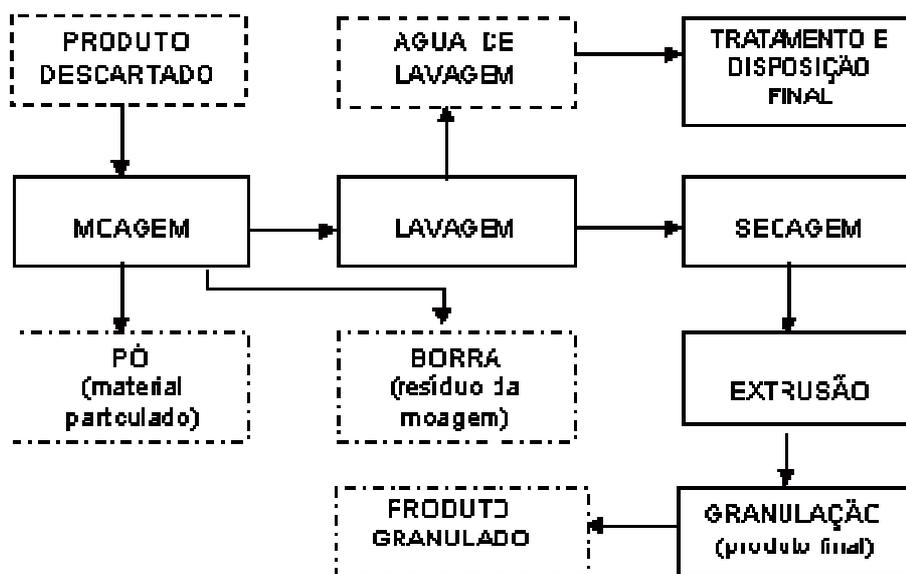


Figura 53- Fluxograma esquemático da reciclagem de plásticos após a separação por tipo de polímero [96].

### 2.4.3. Reciclagem terciária (química)

A reciclagem terciária é a transformação dos resíduos poliméricos em monómeros e em outros produtos químicos através de decomposição química ou térmica [96]. Depois de obtido o monómero, o produto poderá ser novamente polimerizado para a obtenção de novas resinas plásticas. Este processo só é indicado para produtos de elevado valor económico [96].

A reciclagem terciária, ocorre noutra local, origina outro material e implica a despolimerização parcial ou total, quando comparado com o processo original deste tipo de reciclagem, sendo também designado por reciclagem química [97], processo tecnológico onde se realiza a conversão do resíduo plástico em matéria-prima [101].

A reciclagem química ocorre através de processos de despolimerização por solvólise (hidrólise, alcoólise, amilose), ou por métodos térmicos (pirólise a baixa e alta temperatura, gaseificação, hidrogenação) ou ainda por métodos térmicos/catalíticos (pirólise e a utilização de catalisadores selectivos) [95].

Este tipo de reciclagem, pelo seu interesse, tem sido alvo de novos processos de desenvolvimento. Esses novos processos permitem reciclar as misturas plásticas diferentes e os plásticos com determinado grau de contaminação, por exemplo as tintas, os papéis, entre outros materiais [95].

Focando a nossa atenção nos processos de despolimerização, a hidrólise conduz à recuperação dos monómeros de partida através de uma reacção com excesso de água a alta temperatura, na presença de um catalisador. Este é processo utilizado pela United Resource Recovery Corporation, que construiu uma instalação para recuperar desperdícios de PET [102].

Na alcoólise a recuperação é feita através dos alcalóides. Por exemplo na metanólise, o material é tratado com excesso de metanol [103]. Num processo de metanólise, o PET fundido é misturado com metanol na presença de um catalisador ácido ou básico a temperatura entre 160 e 240 °C [103].

A aminólise é feita segundo o mesmo processo, mas na reacção utiliza-se excesso de amino-X [103].

A glicólise ocorre quando o polímero é tratado com excesso de glicol, através de uma reacção de transesterificação. Por exemplo, a quebra da cadeia do PET com excesso de etileno glicol é realizada em atmosfera de inerte de azoto a 4 MPa de pressão e na presença de acetato de zinco como catalisador [104].

Entre os métodos térmicos mais utilizados, surge a Pirólise que provoca a quebra das moléculas pela acção do calor, na ausência de oxigénio. Este processo gera fracções de hidrocarbonetos. A pirólise é uma reacção endotérmica, portanto é necessária a adição de calor, que pode ser fornecido directamente (oxigénio-ar) ou indirectamente (troca de calor) [103, 104, 105].

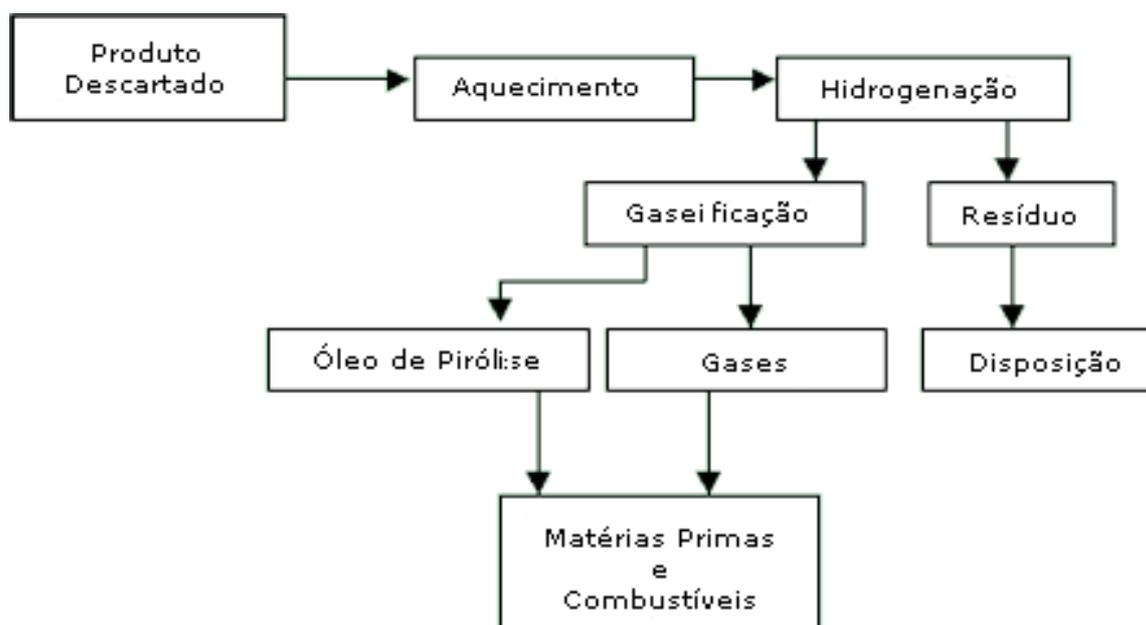
Outra técnica é a gaseificação, que é um processo onde é inserido oxigénio. O processo, que ocorre na presença de oxigénio e vapor de água a temperaturas compreendidas entre 1200 e 1500 °C, permite a recuperação de CO e H<sub>2</sub>, pequenas quantidades de CH<sub>4</sub>, CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O e alguns gases inertes [103].

Finalmente, a hidrogenação gera radicais livres altamente reactivos, os quais são posteriormente saturados com hidrogénio [106]. A hidrogenação ocorre em temperaturas

entre 440 a 480 °C e num intervalo de pressão que vai de 15 a 25 GPa. A hidrogenação também pode ser usada para reciclar resinas fenólicas, resinas melanínicas e poliéster insaturado [107]. Os métodos de despolimerização permitem obter os monómeros iniciais, que podem ser limpos por métodos convencionais e re-polimerizados, formando polímeros virgens [107].

A reciclagem química é muito utilizada pela indústria na Europa e no Japão, enquanto que em Portugal ela ainda está em desenvolvimento [97].

No fluxograma da figura 54 está esquematizado o processo de reciclagem química. Resumidamente, parte-se do material descartado, produzindo-se um produto final, que se apresenta novamente como matéria-prima para a produção de peças plásticas e simultaneamente gera combustível.



**Figura 54- Fluxograma genérico da reciclagem química [101].**

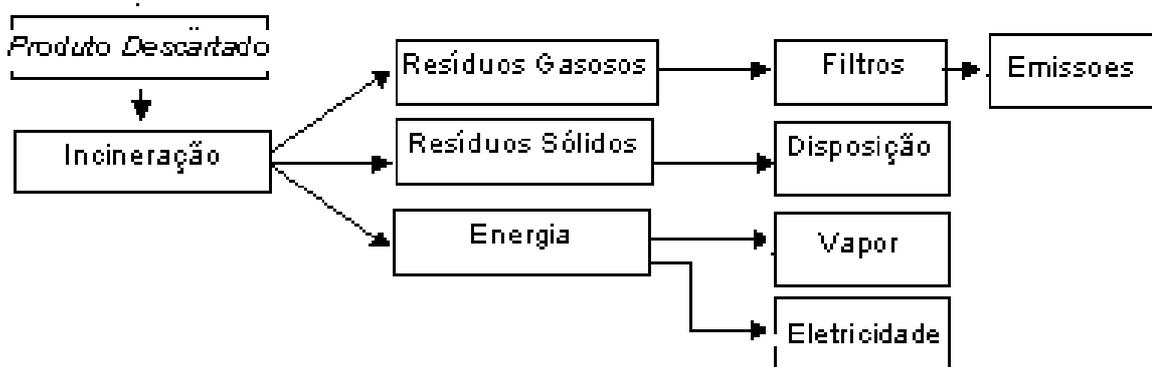
#### **2.4.4. Reciclagem quaternária (térmica ou energética)**

No caso da reciclagem quaternária, o objectivo é a queima do plástico em incineradoras especiais, gerando calor que pode ser transformado em energia térmica ou eléctrica, em virtude do elevado valor calorífico dos plásticos. Existe uma grande incompatibilidade neste processo, pois a queima do plástico gera gases tóxicos que contamina de forma violenta o meio ambiente, o que exige que as incineradoras estejam dotadas de filtros especiais, de elevados custos [96].

Todos os plásticos possuem algumas características físicas e degradação térmica diferente, que contam na hora da reciclagem. Portanto, a reciclagem energética é a recuperação da energia contida nos plásticos através de processos térmicos frequentemente distintos.

A reciclagem energética distingue-se da incineração por utilizar os resíduos plásticos como combustível na produção de energia eléctrica [103]. A energia gerada por 1 kg de plástico é equivalente à energia produzida com 1 kg de óleo combustível. Além da economia e da recuperação de energia, com a reciclagem ocorre ainda uma redução de 70 a 90% da massa do material [103].

A figura 55 apresenta um esquema geral da reciclagem energética, onde o produto descartado é incinerado e cria vários produtos, tais como resíduos gasosos, resíduos sólidos e também energia. Os resíduos são depois eliminados com diversas técnicas e a energia é transformada em vapor e electricidade.



**Figura 55-** Esquema da reciclagem energética [97].

Existem vários tipos diferentes de recuperação de energia. A mais prática e aplicável são as energias renováveis, tais como ventiladores de recuperação de energia e as baterias solares. Estes são os métodos de recuperação que não ofendem o meio ambiente e não produzem produtos para reciclagem. Mas, a reciclagem térmica também pode ser uma fonte valiosa para recuperação de energia e trazer imensas vantagens. Numa outra perspectiva, a queima de plásticos em processos de reciclagem energética reduz o uso de combustíveis.

A reciclagem energética é realizada em diversos países da Europa, EUA e Japão e utiliza equipamentos da mais alta tecnologia, que controla emissões gasosas e minimiza os riscos para a saúde e meio ambiente [108]. Existem outras tecnologias para recuperar energia da matéria plástica na forma de tratamento de resíduos através de via térmica, com ou sem recuperação de calor. Existe um tipo de reciclagem energética que faz uma alternativa para criação do lixo urbano. A tecnologia baseada na geração de energia eléctrica e térmica, através de processo que aproveita o poder calorífico contido nos plásticos para uso como combustível [108,206]. Actualmente, mais de 150 milhões de toneladas de lixo urbano são tratados por ano em cerca de 750 fabricas de Reciclagem Energética implantadas em 35 países, gerando mais de 10.000MW de energia eléctrica e térmica [108,206].

## **2.5. O CASO PARTICULAR DOS PLÁSTICOS MISTOS**

Os plásticos mistos são constituídos por uma mistura de plásticos de vários tipos que são difíceis de reciclar, acabam normalmente nos aterros ou em incineradoras. A reciclagem dos plásticos mistos, implica uma tecnologia avançada que permite a obtenção de produtos diversos, como material para pavimentos, bancos de jardim, passadiços, bobines para cabos eléctricos ou telecomunicações, tubos para drenagem de águas residuais, pilaretes de protecção em auto-estradas e muito outros [109]. Uma das fontes principais deste tipo reciclagem são as embalagens. Frequentemente estas são produtos multicamadas, compostos por plásticos e outros materiais, muito contaminados, altamente pigmentados ou com carga adicionada, polímeros com diferentes pesos moleculares, resíduos de operações de reciclagem, entre outros [109].

Além de impurezas como os alimentos, metais, papel, alumínio e vidro, um outro factor importante é que o plástico modifica-se com o tempo por processos de degradação fotoquímica, oxidativa, mecânica e térmica, em especial quando misturado [109].

A ideia por trás da reciclagem de plásticos misturados/mistos é a de conseguir aproveitar o lixo plástico para produzir material comercializável [109]. Há uma grande quantidade de plástico que, após o seu consumo, se encontra misturado e cuja separação e identificação se torna problemática. Desta forma, é mais fácil avançar para uma reciclagem em que o plástico misturado serve como matéria-prima para produzir bens com menos exigências de pureza, como perfis para mobiliário urbano, revestimentos de chão, cercas, telhas e mesmo placas de materiais compósitos com utilizações mais diversas, e sempre ajustadas às características determinadas pelo material de partida [109].

Existe várias tecnologias para reciclar o plástico misturado. Umhas tecnologias são mais adaptadas ao mercado, outras menos, mas todas elas apresentam várias dificuldades, em especial ao nível da separação, o que se reflecte num aumento dos custos de reciclagem [109].

A separação dos plásticos misturados depende muito das propriedades físicas dos materiais. Existem duas categorias de propriedade físicas: as propriedades fixas, como a massa específica, e outra composta pelas propriedades que podem ser modificadas, como a energia de superfície, tamanho da partícula e rugosidade [110].

As tecnologias para processar plásticos misturados e contaminados dividem-se basicamente em processo de extrusão, moldagem por injeção, moldagem por transferência e moldagem sinterizada. O plástico misto reciclado pode ser pintado, laminado, pigmentado ou revestido para melhorar a qualidade [103].

Um dos principais problemas na reciclagem de plástico misturado é o elevado grau de mistura, dos resíduos plásticos com baixo peso, essencialmente causada pela presença das embalagens (ex. 60 % pesam menos que 10 g), também pela contaminação, pela baixa miscibilidade entre polímeros e pela presença de aditivos e plastificantes [111]. As várias distribuições de massa molecular dos polímeros (largas ou estreitas) e o grau de polimerização (GP) também influenciam decisivamente as propriedades finais dos polímeros [112]. Na figura 56 é possível visualizar placas de misturas de plásticos.



**Figura 56- Placas 10 cm x 10 cm de misturas de plásticos [113].**

Nos anos 70 na Holanda, surgiu a primeira tecnologia para processamento de resinas sintéticas termoplásticas misturadas. Desenvolvida por Edward Klobbie, para o fabrico de artigos com propriedades semelhantes à madeira. O material é colocado numa extrusora longa, para a obtenção de moldados lineares, sendo depois o material parcialmente arrefecido em tanques com água [85, 114]. Nos anos 80 apareceram muitas outras companhias que reciclavam plásticos misturados, como a ART da Bélgica, a Hammer's Plastics Recycling dos EUA e a Superwood da Irlanda [114].

Nos anos 90, surge a Haminer's Plastics Recycling, a maior produtora de madeira plástica no mundo, que utiliza um processo patenteado nos EUA, caracterizado por moldes fechados, bocais aquecidos e uma tela que serve para melhorar a pressão de moldagem. O material que é produzido através desta tecnologia é composto normalmente por 65 % de PEAD, 20 % de PEBD, 5 % de PP, 5 % de PET e 5 % de outros plásticos [114].

Os materiais e artigos produzidos pela reciclagem de plásticos misturados necessitam obrigatoriamente de um ajuste de propriedades, e provocam normalmente problemas nas recicladoras, nomeadamente danos nos equipamentos, o que exige uma manutenção mais frequente [109].

Alem dos já referidos, existem muitos outros produtos que podem ser produzidos a partir de plástico misturado. Alguns exemplos (de composição variável entre 50 a 100 % de material plástico pós-consumo misturado) são: bancos de jardim, postes de plástico misturado e reforçados com aço, limitadores de lugares de estacionamento, entre outras aplicações [115]. Em geral, os produtos derivados de plásticos misturados podem ser aplicados nas áreas de agricultura, marinha, recreação, jardinagem e aplicações industriais e civis [112].

Em Portugal, a partir de 2007, a Sociedade Ponto Verde criou uma nova categoria de materiais para reciclagem, a dos “plásticos mistos”:

*"Esta categoria inclui todos os plásticos que, pelas suas características, não eram anteriormente encaminhados para reciclagem pela natureza das embalagens ou da sua composição. A recuperação destes resíduos já é possível através de uma tecnologia que vem simplificar a vida dos consumidores, no momento da separação das embalagens", as declarações são de Susana Sobral [116].*

A administradora delegada da ResiAlentejo referiu também que *"apostar em produtos cuja matéria-prima é o plástico misto, significa diminuir os resíduos através do aproveitamento das embalagens usadas".* Salientou ainda que *"o produto produzido com este material e o processo não se degrada tão facilmente como outros"* e que *"pode ser uma ótima solução para espaços exteriores"* [116].

A Quercus, em colaboração com empresas de gestão de resíduos e de reciclagem de plásticos, desenvolveu algumas experiências de reciclagem de plásticos mistos, também apontando para a necessidade e utilidade da criação de um mercado para estes produtos [117]. Também a Sociedade Ponto Verde tenta negociar com empresas nacionais e estrangeiras o encaminhamento destes plásticos para reciclagem.

No entanto, após todas as tentativas de implementar a reciclagem de plástico misto, a Sociedade Ponto Verde anunciou em Outubro de 2009 que vai abandonar a sua reciclagem. Este tipo de reciclagem contribuiu para um prejuízo no final de 2009 de cerca de 10 milhões de euros. O presidente da SPV disse: *"Se nada for feito a SPV pode falir. Aprovámos para 2009 um orçamento de sacrifício, com 10 milhões de euros de prejuízo, mas agora sabemos que vai ser pior e podemos duplicar os prejuízos no final deste ano se não acabarmos com a retoma dos plásticos mistos"* [117].

A presidente afirmou: "*Foi uma experiência piloto que custou 15 milhões de euros. A actividade da SPV não chega a 60 milhões de euros e 10 por cento dos recursos vão para os plásticos mistos, o que é insustentável. Vamos deixar de retomar este resíduo a partir de 1 de Outubro*" [117]. O mercado do plástico misto é "*muito limitado*" considera Barahona d'Almeida. Depois de esta ter anunciado que a partir de 1 de Outubro deixaria de encaminhar os plásticos mistos para reciclagem, foi realizada uma reunião entre o Ministério do Ambiente, o Ministério da Economia e da Inovação e a SPV. Do encontro entre a SPV e o Governo ficou decidido que terão de ser desenvolvidas um conjunto de acções de âmbito legislativo e operacional, envolvendo todos os parceiros, com vista à eliminação das inúmeras ineficiências existentes em todo o processo, tendo como objectivo a redução dos custos para o Sistema Integrado de Gestão de Resíduos (SIGRE) [118, 119].

## **2.6. O CASO PARTICULAR DA BORRACHA**

Os elastómeros, ou borrachas, são classes de materiais que, como os metais, as fibras, as madeiras, os plásticos ou o vidro são imprescindíveis à tecnologia moderna [111]. As borrachas são polímeros reticuláveis (vulcanizáveis) [120]. A vulcanização é um processo de reticulação pelo qual a estrutura química da borracha, matéria-prima, é alterada [120].

Borracha é um polímero elastómero «que pode ser modificado para um estado no qual é essencialmente insolúvel, se bem que susceptível de aumentar de volume num solvente em ebulição, tal como o benzeno, a metiletilcetona e o etanol-tolueno azeotrópico, e que, no seu estado modificado, não pode ser reprocessado para uma forma permanente por aplicação de calor e pressão moderadas [111].

Conforme o International Rubber Study Group (IRSG), a produção de borracha alcançou cerca de 21 milhões de toneladas na Europa no ano 2005. O IRSG apresentou um aumento de 1,6% de produção de borracha em comparação com ano anterior. Dos 21 milhões de toneladas, aproximadamente 8,8 milhões referem-se à produção de borracha natural e 12 milhões à de borracha sintética. O Rubber Industry Report no relatório de maio/junho de 2006 aponta uma produção de 4,4 milhões de toneladas de borracha natural e 6,2 milhões de toneladas de borracha sintética nos dois primeiros trimestres de 2006 [121].

Com o aumento da produção de borracha, a necessidade da reutilização de borrachas vulcanizadas cresce. Os principais produtores de resíduos de borracha são as lojas de pneus e vulcanizadoras. Com o aumento de venda e utilização de veículos todos dias, aumenta também produção de pneus, e conseqüentemente os problemas de reciclagem. Os pneus têm uma baixa taxa de degradação, nunca inferior a 150 anos. Para diminuir a acumulação de resíduos de pneus, alguns países seguem a política de pneus descartáveis [121].

Em 2002, uma comissão formada por estados membros da União Europeia, divulgou uma proposta que incluía a implementação da recolha selectiva de pneus descartados, de modo a atingir 100% da produção e estabelecer estratégias de prevenção, que possibilitassem a redução de 5% da produção destes resíduos de borracha originária dos pneus. A recauchutagem deveria atingir 25% dos pneus usados e a sua valorização alcançar os 65%, ficando proibida a deposição destes em aterros [122]. Em 2003, implementou-se a proibição da deposição de pneus inteiros em aterros e a partir de 2006, qualquer forma de depósito de pneus ficaria proibida nos países da União Europeia [122].

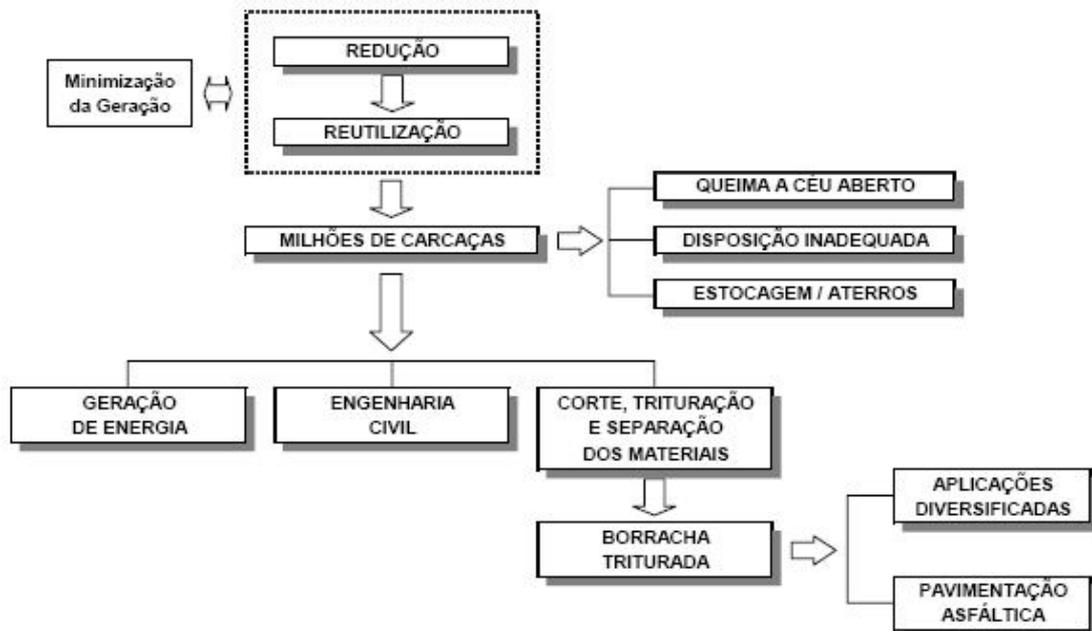
A reciclagem de borracha não é um assunto recente. As primeiras tecnologias foram abandonadas devido ao elevado custo do processo e aos elevados níveis de poluição. Hoje já existem tecnologias com baixos custos de processamento e ausência de resíduos poluidores.

A reciclagem de pneus envolve um ciclo que compreende a recolha, o transporte, a trituração e a separação de seus componentes (borracha, aço e lona), transformando sucatas em matérias-primas que serão depois direccionadas ao mercado.

Obtém-se borracha pulverizada ou granulada que vai ter diversas aplicações: utilização em misturas asfálticas, em revestimentos de chão e pistas de desporto, fabrico de tapetes para os automóveis, adesivos entre outros.

Quanto menor for a granulometria, maior o custo envolvido. Esse custo pode inviabilizar o desenvolvimento de alguns potenciais mercados. Neste ponto, é fundamental a parceria entre universidades e empresas, procurando-se analisar as oportunidades de mercado e o desenvolvimento de tecnologias adaptadas que permitam a utilização da borracha reciclada em diversas aplicações [123].

A figura 57 ilustra as diversas formas de disposição final, reutilização e a reciclagem dos pneus.



**Figura 57- Destino final de pneus [122].**

Os pneus descartados podem ser reciclados ou reutilizados para diversos fins. Nas linhas seguintes, são apresentadas várias opções:

- **na engenharia civil**

O uso de carcaças de pneus na engenharia civil envolve diversas soluções criativas, em aplicações bastante diversificadas, tais como, barreiras em acostamentos de estradas, elemento de construção em parques e jardins-infantis, quebra-mar, obstáculos para trânsito e, até mesmo, recifes artificiais para criação de peixes [123].

- **na regeneração da borracha**

O processo de regeneração de borracha envolve a separação da borracha vulcanizada dos restantes componentes e a sua digestão com vapor e produtos químicos, tais como, álcalis, mercaptanas e óleos minerais. O produto desta digestão é refinado em moinhos até à obtenção de uma manta uniforme, ou extrudado para obtenção de material granulado [123]. A moagem do pneu em partículas finas permite o uso directo do resíduo de borracha em aplicações similares às da borracha regenerada.

- **na produção de energia**

O calor gerado por um pneu equivale ao do óleo combustível. Os pneus podem ser queimados em fornos já projectados para otimizar a queima. Em fábricas de cimento, a queima já é uma realidade em alguns países [123].

- **no asfalto modificado com borracha**

O asfalto envolve a borracha em pedaços ou em pó. Mesmo com custo elevado, a adição de pneus no pavimento aumenta a vida útil da estrada para o dobro, porque a borracha confere ao pavimento maiores propriedades de elasticidade com as mudanças de temperatura [123].

Em Portugal o Decreto-Lei n.º 111/2001, de 6 de Abril, posteriormente alterado pelo Decreto-Lei n.º 43/2004, de 2 de Março, veio estabelecer os princípios e as normas aplicáveis à gestão de pneus e pneus usados [124].

Este diploma estipula uma hierarquia na gestão dos pneus usados, conferindo prioridade à prevenção da produção, seguida da recauchutagem e reciclagem destes resíduos. Estabelece ainda a proibição da combustão, sem recuperação energética, bem como da deposição em aterro, em conformidade com o disposto no artigo 5.º da Directiva 1999/31/CE, do Conselho, de 26 de Abril, relativa à deposição de resíduos em aterro [124].

As metas estabelecidas para 2007 foram a recolha de pneus usados numa proporção de, pelo menos, 95% dos pneus usados anualmente, a recauchutagem de pneus usados numa proporção de, pelo menos, 30% dos pneus usados anualmente, a valorização da totalidade dos pneus recolhidos e não recauchutados, dos quais pelo menos 65% deverão ser reciclados [124]. A reciclagem de pneus usados presume a introdução desses produtos na produção de novos materiais, substitutos dos que recorrem à utilização de recursos naturais [124].

Hoje o desenvolvimento do mercado de materiais com produtos reciclados de pneus usados deve ser estimulado pelo aumento das taxas de reciclagem e a actualização das metas previstas na legislação vigor [125].

A reciclagem de borracha é um negócio pouco explorado até o momento mas que pode trazer diversos benefícios, tanto para o empreendedor, como para a sociedade de um modo em geral

## 2.7. CONTAMINANTES, ADITIVOS E OUTRAS IMPUREZAS EM POLÍMEROS

Há vários produtos que podem ser misturados com plásticos – aditivos, corantes, cargas e reforços. Estes contaminantes vão influenciar as propriedades dos polímeros [126]. A adição de aditivos inorgânicos reduz o custo de uma peça plástica sem afectar suas propriedades [126]. O uso de reforço com fibras ou a adição de cargas minerais pode aumentar a resistência mecânica do compósito resultante. O fabrico de espumas é feita através da adição de agentes expansores, que se transformam em gás no momento da transformação do polímero, quando ele se encontra no estado fundido [126]. Entre os inúmeros aditivos, os que se destacam mais nesta indústria são [127,128]:

- **Plastificantes** – São utilizados para melhorar a flexibilidade, aumentar a processabilidade do plástico (permitindo baixar a temperatura de transformação) e reduzir a viscosidade e mobilidade das macromoléculas. Também têm um efeito regulador da temperatura de transição vítrea. Os tipos de plastificantes que existem, são apresentados na tabela seguinte (Tabela 15).

**Tabela 15- Tipos de plastificantes e propriedade desejada [127].**

Propriedade Desejada	Plastificante Recomendado
Baixa temperatura gelificação	Butil benzil ftalato, butil octil ftalato
Baixa viscosidade	N-octil e n-decil ftalatos
Alta viscosidade	Butil benzil ftalato, tricresil ftalato, poli esteris
Retardamento de chama	Fosfatos, parafinas cloradas
Estabilidade, luz e calor	Epoxidicos
Baixa volatilidade	Ftalatos de cadeis longa
Baixa migração	Trimelitados e poliméricos
Baixa $T_g$	Adipatos, sebacatos, ftalatos lineares

- **Estabilizantes** – São adicionados às resinas para evitar a sua degradação por acção dos agentes físicos e químicos (calor, radiação UV, entre outros). É comum utilizar-se o nome de “estabilizador” para os aditivos destinados a evitar a degradação do PVC e os seus co-polímeros, reservando-se o nome de “antioxidantes” para os estabilizadores de poliolefinas e elastómeros;
- **Corantes e pigmentos** – São utilizados para dotar a matéria plástica de uma cor particular;
- **Agentes antiestáticos** – São utilizados para reduzir a atracção de poeiras devido à electricidade estática;
- **Agentes antichoque** – São utilizados para dotarem o plástico com maior resistência a impactos;
- **Retardantes de chama** – São utilizados para aumentar a resistência à combustão.

Os aditivos são escolhidos através da compatibilidade do material puro e a sua forma de processamento de modo a melhorar uma determinada propriedade.

Como vimos atrás, os aditivos mais utilizados são: antioxidantes, agentes de anti-electricidade estática, retardantes de chama, modificadores de resistência ao impacto, agentes expansores, redutores de atrito, fungicidas e estabilizantes de UV [126]. Frequentemente a aplicação de aditivos permite reduzir o custo da peça sem afectar as propriedades. Como exemplo, temos os pisos de vinil e cadeiras de jardim, que contém até 60% de cargas. Uso de fibras (vidro, carbono, boro) ou algumas cargas minerais (talco, mica, caolim, wolastonita) aumentam a resistência mecânica. Cargas fibrosas podem assumir a forma de fibras curtas ou longas, redes ou tecidos. O negro de fumo em pneus (borracha) e filmes de PE para agricultura aumentam a resistência mecânica e a resistência ao ataque por ozono e radiação UV [126].

De forma inversa, outros aditivos conhecidos como os plastificantes podem alterar completamente as características de plásticos, como o PVC e borrachas, tornando-os mais flexíveis e tenazes. Os reforços mais utilizados são as fibras de carbono e de vidro, mica e aramidas, utilizadas para o aumento da resistência e da rigidez do material. A adição de reforços também permite a utilização dos plásticos sob condições de carga e temperatura mais elevadas, com uma maior estabilidade dimensional. A esses plásticos, em especial,

dá-se o nome de compósitos, materiais largamente utilizados nas indústrias automóvel e aeroespacial [129].

A presença destes materiais estranhos, como o aço, o alumínio, o vidro, o papel/cartão, as tintas, os vernizes, os aditivos, os reforços, os corantes entre outros, utilizados nos processos de conversão de materiais plásticos, causam com frequência muitos problemas à sua reciclagem [130]. De forma geral, quanto menor o número de contaminantes no plástico reciclado, maior o seu valor de reciclagem e, conseqüentemente, redução das etapas e recursos tecnológicos dispendidos no processo, como a limpeza e a separação dos materiais que compõe o plástico inicial [129, 131].

## **2.8. EXISTEM POLÍMEROS BIODEGRADÁVEIS? QUAL A RELAÇÃO COM A RECICLAGEM?**

A palavra “degradação” (passagem de um estado de referência a um estado degradado) é uma modificação estrutural do material, caracterizada por uma diminuição das suas qualidades e desempenho.

O processo de biodegradabilidade é a capacidade de um material ser degradado sob a acção de elementos vivos, sendo necessário levar em consideração o meio onde ocorrem as reacções para que a biodegradação aconteça [132]. Neste meio devem ser considerados todos os parâmetros físicos (temperatura, pressão, entre outros), a composição química da água, do ar e do solo, além dos parâmetros biológicos (acção dos animais, vegetais e microrganismos) que se mostram interdependentes.

A degradação feita com parâmetros unicamente físicos (ex. radiação UV), ou ainda apenas por meio de uma reacção química (com presença de água ou algum reagente natural), sendo a sua forma mais complexa o resultado da combinação de todos esses parâmetros, por exemplo, a degradação química resultante da acção física da luz [132].

Os plásticos biodegradáveis têm propriedades físicas e químicas semelhantes às do plástico, mas demoram cerca de 12 a 18 meses a degradarem-se. Por acção de muitos microrganismos, como bactérias e fungos encontrados no solo, libertam-se algumas enzimas capazes de decompor o plástico biodegradável, o que é impossível no caso do plástico convencional.

O processo de produção do plástico biodegradável é simples: faz-se o cultivo dessa bactéria num reactor, fornecendo a ela fontes de carbono e sais minerais. Após o crescimento, o fornecimento dos sais minerais termina e mantêm-se apenas as fontes de carbono. Por causa da ausência de sais minerais, a bactéria não pode crescer mais e o consumo do carbono é desviado na forma de grânulos internos, que constituem o plástico biodegradável ou poliéster [132].

Os processos de degradação a que os polímeros estão sujeitos podem ser divididos em fotodegradação e quimiodegradação.

### **Fotodegradação**

A fotodegradação é um processo, onde o agente de degradação é a luz ou mais, consensualmente a radiação ultravioleta. Todos os polímeros são sensíveis à luz em diferentes graus. Por esta razão, eles possuem aditivos para minimizar esse efeito. Outras vezes, a situação pode ser contrária - têm aceleradores de fotodegradação, que entram em acção quando os retardadores foram consumidos. O problema, nestes casos, é que somente a parte exposta à luz se degrada. Por outro lado, isso resume-se somente a uma fotofragmentação, onde as macromoléculas não foram transformadas, mas sim cortadas pela fragilização dos aditivos. O resultado desta degradação é um pó de plástico que tem a mesma quantidade de massa que o produto inicial. Por isso não traz grande vantagem ambiental [132].

### **Quimiodegradação**

A degradação química é um modo de degradação susceptível de modificar a estrutura física-química do material, e de transformá-lo em substâncias assimiláveis pelo meio ambiente. Na maior parte das vezes, esta degradação assenta numa oxidação, uma digestão ou uma hidrólise. Esse é um dos processos de “reciclagem química” ou de “valorização das matérias-primas”. A biodegradação é uma das variantes da quimiodegradação. Os compostos quimicamente activos (as enzimas, na maior parte do tempo) são produzidos por parte dos microorganismos. Estes compostos são depois inseridos nas cadeias poliméricas, fazendo parte da macromolécula. Para os polímeros contendo partes biodegradáveis inseridas nas suas cadeias macromoleculares, a reacção pode ser apenas parcial. O processo de quimiodegradação pode correr até ao fim.

Os polímeros melhor adaptados a uma biodegradação completa são os polímeros naturais, aqueles que são hidrolisáveis a CO<sub>2</sub> e H<sub>2</sub>O, ou a CH<sub>4</sub> (celulose, borracha natural, entre outros) e os polímeros sintéticos que possuam estruturas próximas à dos polímeros naturais [132].

***Coloca-se a questão: então o plástico biodegradável é bom?***

Por princípio, o plástico tem valor pela sua capacidade de criar produtos resistentes e duráveis. A biodegradabilidade tem de ser uma função opcional e barata.

O plástico biodegradável é utilizado nas seguintes áreas: embalagens alimentares (embalagem que pode ser decomposta conjuntamente com o seu conteúdo, quando o produto termina a data de validade ou se deteriora), na agricultura (lâminas de plástico que podem ser misturadas na terra com o composto e as sementes), na medicina (estruturas absorvíveis; pequenos dispositivos contêm medicamentos, que são assimiladas no interior do corpo) [93].

Mas, na realidade a biodegradação não é um processo totalmente inofensivo. Não podemos esquecer que o plástico biodegradável requer condições específicas para poder degradar-se correctamente (microorganismos, temperatura e humidade), e que durante esse processo, pode tornar-se pior para o ambiente do que a presença do plástico convencional.

O composto obtido após a biodegradação, frequentemente tem uma qualidade muito reduzida devido à ausência dos oligo-elementos e dos compostos de azoto que encontramos normalmente na biomassa. Noutra perspectiva, a compostagem aeróbia dos plásticos produz o gás carbónico, responsável pelo efeito estufa. O balanço desses gases não pode ser considerado nulo [93].

A capacidade de ser biodegradável é uma propriedade do material que depende muito das circunstâncias ambientais, dos organismos do solo. Assim, considerar que os sacos de plástico compostáveis são a solução, não faz muito sentido, pois esta capacidade de biodegradação não resolve a questão do lixo [93]. O plástico biodegradável é um material útil e interessante, mas só deve ser utilizado quando oferecer vantagens para um determinado produto. A forma mais correcta para contribuir para melhorar o planeta, é poupar energia e desenvolver meios de reciclagem e recuperação da quantidade possível de plástico [93].



## **CAPITULO 3.**

# **CARACTERIZAÇÃO DAS EMPRESAS MAIS REPRESENTATIVAS EM PORTUGAL E RESPECTIVAS MATÉRIAS PLÁSTICAS.**





### **CAPITULO 3. CARACTERIZAÇÃO DAS EMPRESAS MAIS REPRESENTATIVAS EM PORTUGAL E RESPECTIVAS MATÉRIAS PLÁSTICAS**

#### **3.1. POLÍMEROS COM MAIOR EXPRESSÃO EM PORTUGAL**

A indústria de polímeros (plásticos) e moldes, é uma das mais representativas para a economia Portuguesa. Os materiais de maior consumo em Portugal são os plásticos, o aço e o alumínio, ocupando os plásticos a primeira posição entre estes três materiais, como se pode visualizar na Figura 58. Esta figura apresenta a evolução do consumo de plástico, aço e alumínio entre anos 1970 e 2001 e consegue-se visualizar que o consumo destes três materiais na década 70 e início da década de 80 é quase igual mas, a partir de 1982 aumentou o consumo de plástico e já em 1990 detectou-se uma diferença significativa no consumo.

O consumo dos materiais plásticos continua a aumentar, enquanto o consumo do aço e do alumínio estabilizou.

Realmente para a economia portuguesa o comércio dos plásticos é muito importante e envolve valores na ordem dos 180-200 milhões de euros por ano na última década [118].

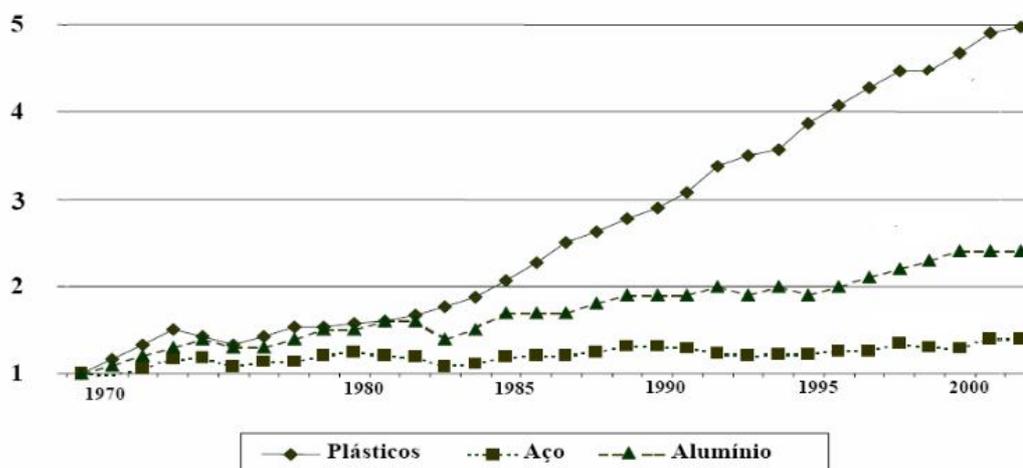


Figura 58- Apresentação da análise comparativa entre o crescimento do plástico, aço e alumínio durante anos 70, 80 e 90 [133].

A indústria portuguesa de plásticos basicamente é constituída pelo fabrico dos seguintes polímeros: o polietileno (PE), incluindo o polietileno de baixa densidade (PEBD) e o polietileno de alta densidade (PEAD), o polipropileno (PP), o policloreto de vinilo (PVC), o polietilenotereftalato (PET), o poliestireno (PS) que inclui o poliestireno expandido (EPS), e o policarbonato (PC). Estes polímeros representam à volta de 98% dos produtos plásticos utilizados no dia-a-dia [128].

Cerca de 80% dos plásticos aproveitados são termoplásticos. Os principais representantes são: polipropileno (PP), polietileno de baixa densidade (PEBD), polietileno de alta densidade (PEAD), policloreto de vinilo (PVC), polietilenotereftalato (PET), poliestireno (PS) e poliestireno expandido (EPS), policarbonato (PC), polimetilmetacrilato (PMMA) entre outros [134].

Para identificar os plásticos em Portugal com maior expressão, podemos analisar a evolução no consumo de plásticos, como matéria-prima, nas indústrias nacionais. Esta análise pode ser feita através dos dados geridos pela APIP (Associação Portuguesa da Indústria de Plásticos), ver tabela 16.

Segundo o APIP dos valores de consumo de matéria-prima apresentados até ao ano 2007 na tabela 16, demonstram que desde 2003 até 2007 se verificou um aumento no uso total de matéria plástica, com excepção do ano de 2006, em que ocorreu uma estabilização. No entanto, trata-se de um balanço global, porque analisando os vários tipos de plástico, a redução no consumo foi bastante diferenciada. A análise da tabela 16, permite comparar o ano de 2004, com um aumento de 7,25%, com ano 2005, que apresenta uma taxa inferior, com valor de 5,5%. Esta queda não foi igual para os todos polímeros. Visualmente detecta-se o decréscimo de cloreto de vinilo, poliamidas e celulose. Os dados estatísticos apontam uma duplicação do consumo de matéria-prima identificada como desperdícios/resíduos/aparas, o que permite inferir um eventual aumento significativo da incorporação de resíduos de plástico no fabrico. Durante o ano de 2006 o consumo de matéria-prima estabilizou, mas já no ano 2007 verificou-se um aumento de 14,3%.

Tabela 16- Evolução da entrada de matérias-primas (toneladas), na Indústria nacional de fabrico de plásticos durante 2003-2007 [135].

Produtos	2003 (tons)	2004 (tons)	2005 (tons)	2006 (tons)	2007 (tons)
Polímeros de Etileno	146924	149452	170849	184371	204233
Polímeros de Propileno	149439	157866	171623	147083	168773
Polímeros de Estireno	59422	74087	78771	32282	93768
Polímeros de Cloreto de Vinilo e outros	71281	76111	71043	71049	91076
Polímeros de Acetato de Vinilo	7314	5699	7497	7085	7436
Polímeros Acrílicos	20455	21974	21040	22382	34440
Poliacetais/Poliésteres/Policarbonatos	93595	112858	110935	113211	124005
Poliamidas	14051	15827	13292	13347	11704
Resinas Ureicas/Fenólicas e Melamínicas	17493	19273	20649	21802	24932
Silicones	3162	3189	2836	2858	3461
Resinas de Petróleo/Polisulfonas	5103	5078	5063	7454	3282
Celulose e seus Derivados	3331	2974	2687	2757	2793
Polímeros Naturais	356	426	367	191	297
Permutadores de Iões	204	273	272	268	124
Desperdícios/Resíduos/Aparas	4938	5092	10143	12178	11377
<b>TOTAIS</b>	<b>508068</b>	<b>552180</b>	<b>588067</b>	<b>588318</b>	<b>786756</b>
<b>Aumento %</b>	<b>-2,27</b>	<b>7,25</b>	<b>5,5</b>	<b>0,04</b>	<b>14,3</b>

Entretanto no gráfico da figura 59 é possível visualizar graficamente a diferença entre o consumo nos anos 2003 e 2007.

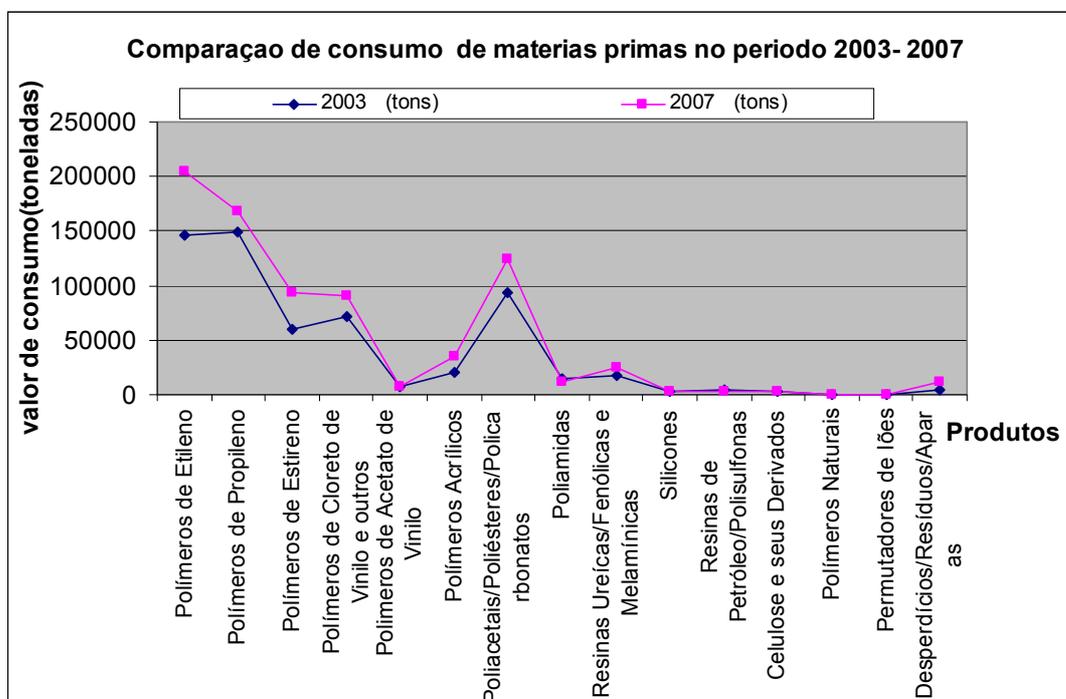


Figura 59- Gráfico das Entrada de matérias-primas no período 2003-2007

[135].

Nesta figura vê-se claramente que há um menor consumo em 2007, quando comparando com o ano de 2003, nos polímeros de acetato de vinilo, silicones, resinas de petróleo / polisulfonas, celulose e seus derivados, desperdícios / resíduos / aparas. Os polímeros de maior consumo são o polietileno (aumentou o seu consumo para 39 %), o polipropileno (aumentou o seu consumo para 12,9%), o poliestereno (aumentou o seu consumo para 36,6%), os poliacetais/ poliésteres/ policarbonetes (aumentaram o seu consumo para 32,4%).

Na tabela 17 é apresentada a comparação entre as entradas de matérias-primas do ano 2006 com o ano 2007. No ano 2007 houve um aumento do consumo de 7% de desperdícios / resíduos/ aparas, 12% de poliamidas, 54% de acrílicos, e 56% de resinas de petróleo. O consumo maior no ano 2007 é referente ao poliestereno com um incremento de 190% em comparação com 2006, servindo-se os polímeros naturais com 55% e os polímeros acrílicos com 54%. Depois seguem os polímeros de PVC com 28% e polímeros de silicone com 21%. Através de tabela 16 consideramos o maior consumo de matérias-primas no ano 2005 é referente aos polímeros de etileno e propileno.

**Tabela 17- Comparação das entradas de matarias - primas no ano 2006 e 2007 [136].**

<b>Produtos</b>	<b>2006 (tons)</b>	<b>2007 (tons)</b>	<b>consumo %</b>
Polímeros de Etileno	184371	204233	11%
Polímeros de Propileno	147083	168773	15%
Polímeros de Estireno	32282	93768	190%
Polímeros de Cloreto de Vinilo e outros	71049	91076	28%
Polimeros de Acetato de Vinilo	7085	7436	5%
Polímeros Acrílicos	22382	34440	54%
Poliacetais/Poliésteres/Policarbonatos	113211	124005	10%
Poliamidas	13347	11704	-12%
Resinas Ureícas/Fenólicas e Melamínicas	21802	24932	14%
Silicones	2858	3461	21%
Resinas de Petróleo/Polisulfonas	7454	3282	-56%
Celulose e seus Derivados	2757	2793	1%
Polímeros Naturais	191	297	55%
Permutadores de Iões	268	124	-54%
Desperdícios/Resíduos/Aparas	12178	11377	-7%
<b>TOTAIS</b>	<b>588318</b>	<b>786756</b>	
<b>Aumento %</b>	<b>0,04</b>	<b>14,3</b>	

Para complementar esta análise, analisamos a evolução das vendas dos artigos plásticos produzidos pela indústria portuguesa e o volume das vendas nos diferentes mercados. A tendência de aumento de consumo de materiais plásticos é comprovada pelos valores de venda de tais materiais (Tabela 18).

Baseando nos dados apresentados pela APIP (Tabela 18) verificamos um aumento das vendas 10,3% em 2004 o de 11.3% em 2005. Estes dados permitem concluir que os aumentos significativos de venda dos produtos dependeram dos dois sectores: a fabricação de chapas, folhas, tubos e perfis de plástico e a fabricação de artigos de plástico, que em conjunto representaram no total cerca de 72% das vendas em 2003, 72.8% em 2004 e 73.2% em 2005.

Através desta tabela podemos considerar que no ano 2007 os polímeros de maior consumo em Portugal são polímeros de etileno, propileno, polímeros de estireno e PVC.

Podemos de dizer que maioria de produtos feitos de plástico usados por nós todos dias são feitos com estes três tipos de polímeros e causando uma maior geração destes tipos de plásticos para reciclar.

**Tabela 18- Evolução das vendas da Indústria nacional no fabrico de plásticos em 2003-2005 (milhares de euros) [135].**

Valores das vendas de plásticos em milhares de euros			
Designação do produto	2003 (euros x 1000)	2004 (euros x 1000)	2005 (euros x 1000)
Fabricação de chapas, folhas, tubos e perfis de plástico	415 261	490 359	559 691
Fabricação de embalagens de plástico	269 914	284 783	309 554
Fabricação de artigos de plástico para a construção	97 188	108 320	117 008
Fabricação de artigos de plástico	528 121	561 609	603 752
<b>TOTAIS:</b>	<b>1 310 484</b>	<b>1 445 071</b>	<b>1 590 005</b>
<b>Crescimento percentual:</b>		<b>10,3</b>	<b>11,3</b>

## 3.2. CARACTERIZAÇÃO DO SECTOR EMPRESARIAL DAS MATÉRIAS PLÁSTICAS

### 3.2.1. Entidades gestoras

A gestão de resíduos engloba um conjunto de operações, que vão desde a recolha, transporte, armazenagem, triagem, tratamento até à valorização de resíduos [137]. Para manter e atingir as metas nacionais de reciclagem foi estabelecida uma rede de controlo através de gestoras nacionais.

Os números de gestoras apresentados na Lista dos Operadores de Gestão de Resíduos Não Urbanos (LOGRNU) estão sob a responsabilidade do INR (Instituto Nacional dos Resíduos).

No ano 2006 foram registadas cerca de 465 unidades gestoras, entre as quais apenas 140 [Anexo 2] seguem na lista de LOGRNU e efectuam as operações de gestão de resíduos de plástico. Com resíduos de embalagens plásticas trabalham somente 27 unidades [133].

Segundo dos dados da Recovinil (*É uma entidade que tem como função: “A Recovinyl atribui incentivos financeiros para apoiar a recolha de resíduos de PVC a partir dos fluxos de resíduos de PVC não-regulamentados.”*), as principais gestoras nas diversas áreas de RSU são [138]: Amb3E, ERP Portugal, Ponto Verde, Valocar, Valorfito, Valorpneu e ainda a APA (Agência Portuguesa do Ambiente), a Plastval (fileira do material plástico), a SGR ambiente entre outros [137].

Nas linhas seguintes vamos resumidamente a actividade destas gestoras:

- **PLASTVAL** (Valorização de Resíduos Plásticos, S.A.) é uma gestora responsável pela valorização dos resíduos de embalagem de plástico provenientes da recolha selectiva e triagem. Com a ajuda de PLASTVAL, a Industria Portuguesa de Plásticos conseguiu atingir até ao ano de 2005 a taxa de 15%, que está de acordo com as disposições legais [5];

- **SIGRE** - Sistema Integração de Gestão de Resíduos de Embalagem [135];

- **VALORPNEU** - Sociedade de Gestão de Pneus, Lda. Esta entidade foi licenciada no dia 7 de Outubro de 2002 pelos Ministérios do Ambiente e da Economia para a organização e gestão do sistema de recolha e destino final de pneus usados e respectivos resíduos [139];

- **SPV** - A Sociedade Ponto Verde - Sociedade Gestora de Resíduos de Embalagens S.A. é uma entidade privada constituída em Novembro de 1996, com actividade na retoma e reciclagem de resíduos de embalagens, a nível nacional [69];

- **APA** - Agencia Portuguesa do Ambiente, executa a função do Instituto dos Resíduos (INR) em conjunto com o Instituto do Ambiente (IA) [140];

- **Amb3E** - é uma unidade que gere o Sistema Integrado de Gestão de Resíduos de Equipamentos Eléctricos e Electrónicos (REEE) [141];

- **EPR Portugal** - European Recycling Platform (ERP), fundada em Dezembro de 2002. Esta plataforma tem uma quota de mercado entre 20% e 25% e já recolheu no total cerca de 111 mil toneladas [142];

- **VALORFITO** - é o Sistema Integrado de Gestão de Embalagens e Resíduos em Agricultura, que tem como objectivo a recolha dos resíduos de embalagens primárias de produtos farmacêuticos [143].

Em Setembro de 2009, no site AmbienteOnline, foi anunciado que a *Tratolixo*, a *Resitejo* e a *Gesamb* criaram uma Associação de Empresas Gestoras de Sistemas de Resíduos (EGSRA) [142]. Esta nova associação é composta por 15 empresas, com o objectivo de contribuir para uma melhor organização deste sector empresarial [140]. Na altura da criação não foi estabelecido o estatuto, mas foi planeado estabelecer-lo na primeira Assembleia geral da associação. Segundo informação da AmbienteOnline a EGSRA irá estudar os problemas do desenvolvimento técnico, económico e sócio-ambiental do sector.

Em Outubro de 2009, a associação integrava as seguintes entidades: *Amave*, *Ambilital*, *Ambisousa*, *Associação de Municípios do Alentejo Central*, *Associação de Municípios Raia-Pinhal*, *Associação de Municípios Vale do Douro Norte*, *Braval*, *Ecobeirão*, *Gesamb*, *Lipor*, *Resialentejo*, *Resíduos do Nordeste*, *Resitejo*, *Resiurb* e *Tratolixo* [140].

No ano de 2008, foram detectadas mais 137 entidades no sector da indústria de plásticos associadas ou aderentes à APIP (Associação Portuguesa da Indústria de Plásticos), que poderiam eventualmente efectuar operações de gestão de resíduos de plástico. No total, em 2008, existia 271 unidades que efectuavam operações de gestão de resíduos plásticos [133].

### **3.2.2. Sector empresarial das matérias plásticas**

Realmente, o sector empresarial dos materiais plásticos em Portugal encontra-se distribuído por todo o país, mas tem locais onde a sua concentração é maior. No nosso caso o sector industrial aumenta sua população do centro para norte. As unidades fabris de transformação as matérias plásticas localizam-se na sua maioria entre Braga e Setúbal com maior concentração em Leiria, Porto, Aveiro e Lisboa.

Na tabela 19 apresentamos os dados que correspondem às empresas de transformação de plástico em Portugal, por distrito [144]. Na tabela é possível verificar quais são as maiores localizações de unidades fabris de plástico em Portugal.

**Tabela 19- Empresas de transformação de plástico em Portugal [145].**

<b>Distrito</b>	<b>nº de Empresas</b>	<b>Distrito</b>	<b>nº de Empresas</b>
Aveiro	34	Porto	52
Braga	10	Santerem	9
Leiria	58	Setubal	10
Lisboa	29	Outros	16

### **3.2.3. Empresas mais representativas em Portugal**

A Gestão nacional de Resíduos integra-se na especificidade de cada empresa. Para encontrar a melhor forma de reciclagem de resíduos produzidos pela nossa sociedade, foi criada uma serie de empresas transformadoras. Estas empresas adquiriram certas especificações na sua função, dependendo do tipo de plástico transformado.

Em Portugal, na área de reciclagem de resíduos plásticos, as empresas mais conhecidas são: a *Adioplast*, a *Extruplás*, *Ambiente*, a *Plastimar*, *Evertis(Selenis)*, *Crokplastik*, *Gintegral*, *Daniel Morais*, entre outros.

Conforme a especificação do material reciclado as empresas podem ser divididas em dois grandes grupos [146]:

a) Entidades recicladores de PET, de Polietileno (PE), de plástico misto, de PVC, entre outros;

b) Empresas que reciclam outros resíduos plásticos.

Vamos apresentar a classificação de algumas destas empresas recicladoras em Portugal, conforme a sua especialização:

1. Empresas recicladoras de plástico misto: Adioplast, Extruplás, Recipor, Facenova, entre outros [147];
2. Empresas recicladoras de polietileno: a Ambiente, a Sirplaste entre outros [136];
3. Empresas recicladoras de EPS e de PET: Plastimar, Evertis ( antiga Selenis), Daniel Morais [136];
4. Empresas recicladoras de PVC: Crokplastik, Gintegral, Recipor, Daniel Morais.

Não podemos esquecer que existe uma quantidade de empresas recicladoras que reciclam vários tipos de plástico e outros materiais.

Segundo de Quercus (Associação Nacional de Conservação da Natureza ), as principais recicladoras de plástico misto são: a *Adioplast*, a *Extruplás*, a *Recipor*:

- ***Adioplast*** era uma das maiores recicladores de plásticos mistos em Portugal, que produzia entre 9-12 toneladas de plástico reciclado por dia. Por razões inexplicáveis a empresa em Maio de 2009 anunciou a sua insolvência [148].

- ***Extruplás***, a sua actividade enquadra-se nas operações de armazenamento, recuperação e reciclagem de plástico e resíduos de plástico, e a seguir o fabrico de materiais em plástico 100% reciclado. A empresa contribuí com a sociedade portuguesa na retoma dos grandes volumes de resíduos plásticos heterogéneos, altamente volumosos e contaminantes [149]. A Extruplás faz parte do grupo SGRS que tem como outra meta a resolução de problemas de reciclagem de resíduos nacionais [149].

- ***Recipor*** é uma empresa portuguesa que oferece, a nível europeu, as mais avançadas soluções tecnológicas para o processamento, valorização e aplicação de resíduos indústrias, recebendo e valorizando resíduos plásticos e metálicos não ferrosos de forma rentável (ex: resíduos domésticos e industriais) [150]. Os processos aplicados para processamento destes resíduos são avançados e eficazes, especialmente em relação ao meio ambiente [150]. A Recipor começou sua actividade em 1990 num grupo de produtores de cabos eléctricos e telefónicos e iniciou o processamento dos resíduos de indústria electrónica: resíduos de cabos com condutor em cobre ou alumínio e resíduos de purgas plásticas decorrentes do processo produtivo. Decorrido um ano foi instalada uma linha para

reciclagem dos resíduos de PVC. Em 1996 a empresa arranca com o projecto de processamento de plásticos mistos e o fabrico das peças de plástico reciclado [150].

No grupo de recicladoras de polietileno entram: a *Sirplaste e a Ambiente*:

- ***Sirplaste*** é uma empresa certificada pelo ISO 9002, que produz polietilenos de alta, média e baixa densidade e também produz os polipropilenos através da reciclagem de resíduos de plástico. Todos os produtos produzidos pela *Sirplast* passam por uma análise rigorosa e detalhada, de modo a garantir a alta qualidade do produto disponibilizado para o mercado [151].

- ***Ambiente*** iniciou a sua actividade há mais de 30 anos, como unidade de reciclagem de filmes plásticos em Portugal. A gama de produtos produzidos pela empresa inclui plástico de alta densidade (HDPE) e baixa densidade (LDPE), granulado com cor ou incolor, tendo estes produtos uma aplicações para fins diversos [140].

As empresas recicladoras de EPS e de PET são: a *Plastimar e Evertis (antiga Selenis), Daniel Morais*.

- ***Plastimar*** é uma empresa que faz parte da Indústria de Plásticos Penichense. Ela iniciou a sua actividade produzindo bóias em Poliestireno Expansível (EPS) para redes de pesca. Durante o seu percurso o *Grupo Plastimar* efectua vários trabalhos de investigação na área, que leva a empresa para um lugar de liderança indiscutível no sector do Poliestireno Expandido em Portugal, com uma quota de mercado de 62% na área das embalagens e peças técnicas moldadas, 29% nos blocos, placas e produtos de corte, e cerca de 60% no Pac-Pac [152]. O Grupo Plastimar é composto pelas seguintes unidades: Plastimar (Peniche), Internorplaste (Santo Tirso), Mitromar (Palmela) e possui delegações comerciais em Alcantarilha, porto de pesca de Matosinhos e porto de pesca de Vigo-Espanha [152]. Com esta sede a Plastimar integra-se no Grupo de empresas de gestão e logística.

- ***Evertis*** é uma empresa muito conhecida no mercado e é especializada na produção de filmes de PET. A empresa produz uma larga variedade de produtos feitos de filmes rígidos e semi-rígidos, mono e multicamadas à base de PET [153]. As embalagens de PET são utilizadas em produtos alimentares como o bacon, carnes, doces, fatiados, massas frescas, pizzas, queijos, salsichas, sanduíches e vegetais. Estas embalagens têm

também grande aplicação na indústria farmacêutica: blisters, caixas, tubos e também em embalagens de uso geral [153].

Conforme dos dados apresentados pela organização *Recovinil*, o grupo de recicladoras de PVC mais representativo é composto pelas seguintes empresas: Corkoplastik, Gintegral, Recipor, Daniel Morais:

- **Crokplastik** é uma empresa de reciclagem e transformação de resíduos, que iniciou a sua actividade em Outubro de 2004 em Setúbal. Quase em paralelo abriu uma nova instalação em Pombal, que iniciou a sua actividade em 2008. A Crokplastik é uma gestora muito nova, mas com muitas perspectivas para o futuro. Actualmente a Crokplastik exporta a matéria plástica já processada em função das necessidades dos clientes. A empresa está virada para o processamento de PVC e trabalha no âmbito de reciclagem e reutilização para os países da Comunidade Europeia (Espanha, França, Itália, Alemanha, Holanda) e para países fora da Comunidade Europeia (China e Índia) [154]. A Corkplastik é construída pelas duas unidades já referidas. A unidade em Setúbal é responsável pelo processamento dos seguintes resíduos: ABS, ABS/PC, PS, PE, PET e PC [154]. O processo industrial na unidade em Setúbal começa na triagem com 90% de lotes já separados. Na segunda triagem são realmente separados os artigos plásticos com material sujo, material limpo e diversos tipos de plástico. Nessa unidade, de Setúbal durante os anos de 2005-2007 foram processados os seguintes valores de material em toneladas (ver tabela 20) [154].

**Tabela 20- Processamento de material, durante três anos (em kg) [154].**

<b>Ano</b>	<b>Toneladas</b>
2005	400
2006	650
2007	1600

Na tabela 20 vê-se perfeitamente que o processamento de plásticos reciclados aumenta e desde 2005 até 2007, praticamente quadruplicou. A unidade instalada em Pombal dedica-se à transformação só de PVC [154].

Os materiais principais de proveniência de PVC aceites para a reciclagem podem ser vistos na Figura 60 [155].

A Crokplastik continua a ser aos clientes e atenta ao mercado, pois em tempo real consegue alterar os seus objectivos.

A *RECIPOR* é uma empresa portuguesa que oferece as mais avançadas tecnologias ao nível de valorização e aplicação de resíduos industriais. As principais actividades desta empresa são a reciclagem dos cabos rígidos e cabos flexíveis, a reciclagem de resíduos industriais que são realmente os plásticos mistos compostos por PP, PE, PS, ABS, entre outros. A área de alta importância desta empresa é a reciclagem de PVC, que é especialmente vocacionada para a reciclagem de PVC flexível. A *Recipor* participa em conjunto com outras 6 empresas europeias no desenvolvimento da reciclagem de resíduos de cabos [150]. Se fizemos comparação da Recipor e Crokplastik, onde existem várias unidades não aceites por esta, enquanto na Recipor quase todos os produtos são recicláveis (Figura 61).

	<input checked="" type="checkbox"/> <b>rígido</b>	✓
	<input checked="" type="checkbox"/> <b>perfis</b>	✓
	<input checked="" type="checkbox"/> condutas	✓
	<input checked="" type="checkbox"/> revestimento	✓
	<input checked="" type="checkbox"/> caixilharia	✓
	<input checked="" type="checkbox"/> estores	✓
	<input checked="" type="checkbox"/> <b>tubos</b>	✓
	<input checked="" type="checkbox"/> tubos de drenagem	✓
	<input checked="" type="checkbox"/> algerozes	✓
	<input checked="" type="checkbox"/> <b>outros</b>	✓
	<input checked="" type="checkbox"/> torres de refrigeração	✓
	<input checked="" type="checkbox"/> tectos falsos	✓
	<input checked="" type="checkbox"/> outros	✓
	<input checked="" type="checkbox"/> <b>flexível</b>	✓
	<input checked="" type="checkbox"/> cabos eléctricos	✓
	<input checked="" type="checkbox"/> revestimento do telhado	✓
	<input checked="" type="checkbox"/> revestimento do soalho	✓
	<input checked="" type="checkbox"/> outros	✓
	<input checked="" type="checkbox"/> <b>PVC oriundo de outras aplicações</b>	
	<input checked="" type="checkbox"/> <b>flexível</b>	✗
	<input checked="" type="checkbox"/> telas	✓
	<input checked="" type="checkbox"/> tendas	✗
	<input checked="" type="checkbox"/> têxteis	✗
	<input checked="" type="checkbox"/> outros	✗
	<input checked="" type="checkbox"/> <b>rígido</b>	✗
	<input checked="" type="checkbox"/> cartões de crédito	✓
	<input checked="" type="checkbox"/> aparelhos do escritório	✗
	<input checked="" type="checkbox"/> apoios - circuitos integrados	✗

Figura 60- Materiais de PVC aceites para reciclagem pela Crokplastik [155].

+ PVC resultante do sector da construção		
	+ rígido	X
	+ perfis	✓
📄	▣ condutas	✓
📄	▣ revestimento	✓
📄	▣ caixilharia	✓
	▣ estores	✓
📄	+ tubos	✓
📄	▣ tubos de drenagem	✓
	▣ algerozes	✓
	+ outros	✓
	▣ torres de refrigeração	✓
📄	▣ tectos falsos	✓
	▣ outros	✓
	+ flexível	✓
	▣ cabos eléctricos	✓
	▣ revestimento do telhado	✓
	▣ revestimento do soalho	✓
	▣ outros	✓
	+ PVC oriundo de outras aplicações	
	+ flexível	✓
	▣ telas	✓
	▣ tendas	✓
	▣ têxteis	✓
	▣ outros	✓
	+ rígido	✓
📄	▣ cartões de crédito	✓

Figura 61- Materiais de PVC aceites para reciclagem pela Recipor [155].

### 3.3. O PET E PVC NAS EMPRESAS DE DANIEL MORAIS, GINTEGRAL E EVERTIS

Através dos dados geridos pelas empresas de Evertis e Daniel Morais analisámos o mercado de PET reciclado, preços e principais vantagens e desvantagens na reciclagem e produção de PET. A Evertis iniciou a sua actividade em 2003 e logo desde início começou a reciclar o PET. Esta empresa tem como objectivos não só reciclar mas também utilizar o PET reciclado como matéria-prima para a própria produção.

As principais utilizações, na Evertis, de PET reciclado são as chapas de PET e fibras de PET [Anexo 3]. A Evertis também produz vários tipos de embalagens diferentes tais como: ecopack, ecosafe, ecoblock, ecomirror, epack, esafe, eblock, expack, exsafe, exblock. Estes tipos de embalagens são produzidos a partir de filmes com multicamadas diferentes, de modo a garantir as propriedades dos produtos embalados.

Na Figura 62 são apresentados diversos tipos de embalagens, produzidas pela Evertis e os produtos que podem ser embalados por ela [153].

O PET é um polímero que tem muitas vantagens em comparação com os outros polímeros. As vantagens e desvantagens do PET estão resumidas na figura (Figura 63).

Produto	Estrutura	Aplicações						Processo				
		Alimentares			Não Alimentares			Termofor- magem	Impressão	FSS	Laminação	Corte
		Bandejas	Fatiados	Carnes	Queijos	Refeições prontas	Blisters médicos					
epack	PET BLEND											
esafe	PET BLEND/PE											
eblock	PET BLEND/EVOH/PE											
emirror												
ecopack	A PET/A PET/A PET											
ecosafe	A PET/PE											
ecoblock	A PET/EVOH/PE											
ecomirror												
expack												
exsafe	E PET BLEND/PE											
exblock	E PET BLEND/EVOH/PE											
dual ovenpack	CPET											
ovenblock	S PET/EVOH/PE											
ovensafe												

Figura 62-Tabela comparativa de diferentes tipos de embalagens e áreas de aplicação [153].

	Critérios comparativos de desempenho do PET							
	PET	PVC	HDPE	PP	PS	HDPE (com barreira nylon)	Vidro	Alumínio
Transparência	↑	↑	↓	↓	↑	↓	↑	↓
Resistência	↑	↑	↑	↑	↓	↑	↓	↑
Impemeabilidade	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑
Barreira gases	↑	↑	↓	↓	↓	↑	↑	↑
Capacidade de enchimento a quente	↑	↓	↓	↑	↓	↓	↑	↑
Resistência a microondas	↑	↓	↓	↓	↓	↓	↑	↓
Capacidade de reciclagem	↑	↓	↑	↓	↓	↓	↑	↑
Propriedades organolépticas	↑	↑	↓	↑	↓	↓	↑	↑
Flexibilidade de formato	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↓

Legenda

Excelente ↑ Aceitável ↑ Mau ↓

Péssima ↓

**Figura 63- Critérios comparativos de desempenho de PET [153].**

A Evertis usa um processo de reciclagem mecânica, que é composto pelas seguintes operações: pré-lavagem - triagem (óptica-manual)- moagem- lavagem a quente- enxaguamento a frio- separação por densidade- secagem- embalagem.

Na sua produção de filmes de PET, a Evertis aplica o processo de extrusão. A temperatura do filme à saída da extrusora é de cerca de 280 °C. A espessura é ajustada através da regulação da abertura da fiação e subsequentemente pela calandra. Simultaneamente, o filme arrefece até aos 35°C ao passar pelos dois primeiros rolos, estabilizando à temperatura ambiente até à bobinagem [153].

Durante o processo de produção de filme como a matéria-prima aplicada não é só o PET reciclado, mas também o PET virgem, consumo de matéria-prima pela Evertis, nos últimos três anos, tem tendência de subir (ver tabela 21).

**Tabela 21- Consumo de matéria-prima PET pela Evertis [Anexo3.1.]**

<b>ano</b>	<b>materia-prima em toneladas</b>
2007	7812
2008	7992
2009	9639

O PET reciclado sempre possui uma certa percentagem de matéria-prima virgem. Para os fins alimentares o produto pode possuir cerca de 80% de PET reciclado.

O custo de matéria-prima de PET é variável. Em 2007, teve um valor de 125 €/ tonelada, em 2008 já foi de 160 €/tonelada e em 2009 baixou consideravelmente para 105 €/ tonelada. Mas custo de PET reciclado para aplicações a fins (fibras, embalagens, entre outros) tem um valor em 6 vezes superior (Tabela 22) [153].

**Tabela 22- Preços comparativos entre matéria-prima virgem e rPET [Anexo 3.1].**

<b>ano</b>	<b>Preço por kg</b>	
	<b>materia-prima euros/toneladas</b>	<b>rPET aplicado em fins euros/toneladas</b>
2007	125	750
2008	160	720
2009	105	650

No volume de matéria-prima para a reciclagem efectuada pela Evertis, existe cerca de 15% de lixo que vai para aterro e 10% de outros contaminantes (resíduos não valorizáveis e contaminantes para o processo de produção seguinte).

Estes problemas que aparecem na reciclagem são simples e difíceis ao mesmo tempo, porque tem dificuldade em ser eliminados. Um dos principais problemas é a heterogeneidade da matéria-prima (pode conter vários contaminantes e obtendo-se um valor matéria-prima abaixo da capacidade instalada). Neste momento há melhorias previstas no processo de reciclagem, com a implementação dum sistema de triagem óptica para o produto acabado. Também é necessário implementar melhorias ao nível de lavagem do produto e da eficiência energética do processo [Anexo 3.1].

Outro representante no mercado de reciclagem de PET em Portugal é a empresa Daniel Morais.

Segundo os dados que foram fornecidos por esta empresa, torna difícil compara-la com a Evertis pois a Daniel Morais não faz reciclagem de PET, faz apenas armazenamento e enfarda o material para exportação ao destinatário. Assim sendo, o uso de matéria-prima é em muito pouca quantidade. Em 2007 foi gasta apenas 52.649 kg por ano, em 2008 gasta 151.369 kg por ano e em 2009 gasta 163.023 kg por ano [Anexo3.2].

Os preços da matéria-prima que apresenta Daniel Morais tem alguma diferença dos valores que foram dados pela Evertis, como por exemplo em 2007 o valor foi igual a 125 euros/tons, em 2008 o preço foi de 160 euros/tons e em 2009 muito mais alto do que a Evertis, sendo de 137 euros/tons. Esta diferença nos preços de compra depende dos fornecedores das fábricas e tem um peso brutal na estabilidade económica das fábricas. O PET recolhido por Daniel Morais reencaminha-se para a China onde já reciclado é aproveitado pela indústria têxtil [Anexo3.2].

Os dados fornecidos sobre a reciclagem de PVC foram efectuados pelas empresas de Daniel Morais e Gintegral. A empresa que efectua a reciclagem de PVC à mais tempo é a Daniel Morais, que começou o processo de reciclagem em 1991. Enquanto a Gintegral começou o processo a de 2007 [Anexo3.3; 3.4].

Durante o processo de reciclagem, a Daniel Morais perde cerca de 2% de matéria-prima e a Gintegral cerca de 15-20% dos resíduos que entram na unidade produtiva. A principal causa desta perda que foi apresentada pelas duas empresas, é devida à presença de contaminantes, que são muito comuns no pó, papel, madeiras, metais e outros tipos de polímeros.

O processo de reciclagem de PVC, assim como o processo de reciclagem de PET, é um processo mecânico e baseado num conjunto de transformações mecânicas com vista à produção final de um material moído (10mm de partícula). O problema principal na reciclagem que foi abordado pela Gintegral foi a presença de terra e areia no material de pós-consumo, que por sua vez é muito abrasivo para o equipamento.

Este problema foi facilmente resolvido no caso da Gintegral, que introduziu uma linha de lavagem do material.

No entanto a Daniel Morais não alertou para este problema no processo de reciclagem efectuados por eles, pois a matéria-prima é uma matéria de pós-consumo de produção e traz pouca sujidade.

O maior problema maior que a Daniel Morais apresenta é a falta de espaço. Em geral, a previsão sobre o futuro considerada pela Gintegral: “O mercado de reciclagem de plásticos é um mercado com potencial e cujo futuro imediato, à semelhança da maior parte dos mercados estará muito dependente da conjuntura macroeconómica a nível mundial”. Mas tanto a Gintegral como a Daniel Morais alertam para a necessidade de existir um aumento na procura, o que iria provocar uma maior dinâmica no mercado e conseqüentemente uma subida dos valores [Anexo 3.3; 3.4].

### **3.4. EMPRESAS RECICLADORAS E AS DIFICULDADES OPERACIONAIS**

Ao longo do tempo, em qualquer área empresarial, existem várias dificuldades que causam impacto negativo no desenvolvimento de produção e do produto. A área de reciclagem não é excepção. Existem problemas que foram resolvidos e outros que continuam pendentes. A empresa *Pneugreen* alerta sobre um problema de espaço para armazenamento de material e que necessitam de cerca de 20000 m<sup>2</sup>, requerendo um investimento de 500 mil euros. Para montar esta infra-estrutura o empresário necessita de apoio e parceria da autarquia, e vai candidatar-se ao próximo Quadro de Referência Estratégica Nacional (QREN).

A empresa alerta também para a parte burocrática. O tempo que demora o licenciamento e o custo envolvido desmotiva, ao ponto de considerar deixar a actividade [156]. Também existe um problema actual sobre as taxas aplicadas para a deposição, em aterro, dos resíduos provenientes da reciclagem de embalagens de plástico usadas, que tem um preço superior ao praticado para as autarquias.

Para a Plastval e outras empresas «o custo de deposição em aterro é um instrumento económico de incentivo aos produtores de resíduos a adoptarem uma melhor gestão dos mesmos, diminuindo as quantidades depositadas», que no seu caso diminui a rentabilidade da reciclagem de alguns resíduos [140].

Um bom exemplo do impacto negativo provocado pelas taxas elevadas é reciclagem de plásticos mistos que na realidade não é viável. Para resolver este problema a Quercus sugere a renegociação dos custos associados à actividade dos recicladores de plástico misto

e frisa que os custos podem ser reduzidos entre 100 e 150 euros por tonelada de plástico [157].

As empresas recicladoras detectam falta de matéria-prima para reciclar. A matéria-prima gerida é muito suja por vários contaminantes tais como os outros tipos de materiais (papel, madeira, outros polímeros), mas também por terras, areias, que estragam as máquinas das linhas. Este problema é causado pelo consumidor que coloca nos ecopontos cerca de 40% de plástico que não pode ser reciclado [158,133].

Cerca de 59% de Portugueses não faz a separação do lixo em casa [133]. Esta situação não melhora o problema. Mas as gestoras sempre podem aproximar-se ao consumidor e tentar melhorar este aspecto. A área de reciclagem é bastante desenvolvida em Portugal e no âmbito do seu desenvolvimento vai criando novos problemas e, em simultâneo, possibilidades para a sua resolução.

Na tentativa de remediar esta dificuldade, as gestoras de resíduos tem desenvolvido e implementado uma estratégia de aproximação ao consumidor, mediante várias estratégias (ex. fornecimento gratuito de ecopontos domésticos).

## **CAPÍTULO 4.**

# **REUTILIZAÇÃO DOS PLÁSTICOS RECICLADOS**





## **CAPÍTULO 4. REUTILIZAÇÃO DOS PLÁSTICOS**

### **RECICLADOS**

#### **4.1. DOMÍNIOS DE UTILIZAÇÃO DOS PLÁSTICOS**

##### **RECICLADOS**

##### **4.1.1. Principais utilizações de plástico reciclado**

A Indústria de Transformação de Plásticos sempre utilizou matéria-prima reciclada nos seus processos de produção, desde os seus próprios resíduos de produção até a resíduos dos circuitos doméstico e industrial. Cada vez mais se produzem mais produtos com recurso a plástico inteiramente reciclado, desempenhando esses produtos as funções para as quais foram concebidos. O plástico reciclado usado como matéria-prima é frequentemente aplicado em conjunto com matéria-prima virgem. Tendo em conta esta mistura, há necessidade de assegurar determinadas propriedades estruturais: no nível de qualidade, de segurança, de higiene e até mesmo de estética do produto da matéria-prima reciclada [5].

O plástico reciclado tem infinitas aplicações, que vão desde os bancos de jardim até à produção de peças para medicina. Entre as principais aplicações dos plásticos reciclados estão os utensílios domésticos (vassouras, baldes, mangueiras, regadores entre outros), sacos de supermercado e sacos de lixo [57]. Outras utilizações para o plástico reciclado passam pelo fabrico de artigos nos quais pegamos no dia-a-dia: garrafas e frascos, excepto para contacto directo com alimentos e fármacos, baldes, cabides, pentes e outros artefactos produzidos pelo processo de injeção, "madeira – plástica", cerdas, vassouras, escovas e outros produtos que sejam produzidos com fibras.

##### **4.1.2. Aplicação de plástico reciclado no Mundo**

Cerca de um terço dos plásticos reciclados são aplicados no fabrico de fibras, fibras sintéticas e roupa. Outra área também muito importante é a da produção de chapas, fitas,

estofos para automóveis, entre outros. Cerca de 70% de PET reciclado na Europa é aproveitado para a produção de fibras de poliéster.

A produção de PET reciclado permite fazer fibras com diâmetro variável. As fibras com maior diâmetro são utilizadas como material isolante, para roupa desportiva, sacos de dormir e para brinquedos. O plástico feito de fibra de menor diâmetro é aplicado para cabelo artificial, usado para camisa de malha, blusas e cachecóis [159]. Estes tecidos podem conter até 100% de material reciclado. Por exemplo, a produção de uma blusa quente requer uma média de 25 garrafas de PET reciclado. O PET reciclado é utilizado como fibra têxtil (41%), mantas de não tecido (16%), cordas (15%), resinas insaturadas (10%), embalagens (9%), cerdas de vassouras e escovas (5%), entre outros produtos (4%) [57, 159, 160].

O papel feito de plástico reciclado é produzido para aplicação de caixas para ovos ou para frutas, e constitui cerca de 9% da quota total de plástico reciclado [57]. Outras aplicações incluem as embalagens plásticas de material reciclado para acondicionamento de produtos de higiene pessoal e outros bens de consumo, cabelos e pêlos, os quais, por sua vez, são utilizados no fabrico de escovas domésticas, vassouras (para limpeza doméstica e para limpeza dos equipamentos rodoviários) [57].

As embalagens recicladas ficam por sua vez disponíveis para uma nova reciclagem. Como exemplo, a partir de garrafas de plástico usadas para bebidas, pode ser obtido uma matéria-prima potencialmente barata, e numa segunda reciclagem pode-se produzir betão polimérico [161]. As fibras recebidas através de material reciclado podem concorrer com fibras de polietileno e aço. O material fibroso obtido a partir de plástico reciclado, pode ser usado como um absorvente em estações de tratamento de águas residuais, como isolamento ou material para enchimento [57, 159]. Dos diversos resíduos de plástico e minerais (cinzas, areia) produz-se o betão polimérico, que é muito forte e durável, tendo múltiplos usos e aplicações [161].

Um outro tipo de aplicação foi proposto pela companhia Envosmart (Holanda), que em Fevereiro de 2006 anunciou que assinou um acordo com vários países europeus para a constituição de empresas que pretendem fazer a transformação de resíduos de plástico em combustível de alta qualidade para motores de diesel. O combustível produzido nas empresas de «Envosmart», pode ser usado em qualquer motor diesel [159].

A empresa chinesa «Pequim Roy Ambiente Technology Ltd», anunciou a criação de uma instalação (“power station”) para o tratamento de diferentes tipos de resíduos plásticos para produção de electricidade. Esta instalação tem funcionamento silencioso e não produz emissões nocivas para o meio ambiente [159]. Conforme o relatório no boletim de imprensa da American Chemical Society, com referência a um artigo no jornal do comércio «Energy & Fuels», os químicos de empresa «Chevron» e da Universidade de Kentucky, desenvolveram a tecnologia para a produção de óleo diesel a partir de polietileno reciclado.

#### **4.1.3. Aplicação de plástico reciclado em Portugal**

Em Portugal a separação do plástico para posterior recolha e tratamento, é uma obrigação de todos os cidadãos. Desta forma todos contribuiremos para que o país atinja as metas impostas pela comunidade europeia no que diz respeito a reciclagem. Quando consumimos estes produtos feitos de material reciclado estamos a preservar os recursos naturais e evitamos a sua destruição.

Em Portugal há vários exemplos neste sentido. A empresa *FACENOVA* oferece ao mercado um conjunto de produtos feitos na base de matéria-prima de plástico reciclado [162]. Estes produtos consistem em mobiliário urbano, passadiços de multiusos, painéis de sinalização, cercas para jardins, pérgolas e telheiros, abrigos, pilares [163]. Segundo a *Plastival* com plásticos reciclados são fabricados inúmeros artigos, esses exemplos são apresentados na tabela 23 seguinte [161].

**Tabela 23- Objectos preferencialmente recicláveis (conforme o tipo de plástico) [128].**

Plástico	Objectos mais adaptados à reciclagem	Alguns objectos fabricados com plástico reciclado
PET	Garrafas	Fibras têxteis, cordas, fios de costura, cerdas de vassoura, escovas, caixas, fibras para enchimento fibra de vidro utilizada em roupas de Inverno, pranchas de surf, etc.
PEAD	Garrafas e grades de plástico	Garrafas de detergente, canos de drenagem, contentores de reciclagem, mesas, caixas de correio e cercas.
PVC	Tubos, molduras de janelas garrafas	Tubos de coextrusão, molduras de janelas, solas de sapatos, perfis, cercas, canos etc.
PEBD	Sacos e filmes	Sacos do lixo e sacos de compras
PP	Baterias de automóveis, sacos de rafia	Tubos de escoamento, caixotes e vasos para plantas alimentadores de aves, caixotes de baterias para carros e baldes de água
PS	Caixas de cassetes, embalagens de iogurtes	Vasos para plantas, cabides, tabuleiros, termómetros, interruptores etc.
EPS	Caixas, acondicionamento	Material para aligeiramento dos solos, vasos para plantas, cabides
Outros		Equipamento de exteriores, tais como mesas, cadeiras e material náutico.

O PVC é plástico de alto consumo em Portugal, originando assim PVC reciclado que em Portugal tem como principais áreas de aplicação o material para construção civil. O PVC reciclado consiste em 66% da matéria-prima para a produção de novo material e em alguns casos chega até aos 100% de material reciclado [164].

Nos anos mais recentes, o PVC tem vindo a substituir os materiais de construção tradicionais, tais como a madeira, o cimento e o barro, em algumas áreas. A sua longevidade, durabilidade e resistência à água são propriedades que fazem dele um elemento ideal para os produtos de construção.

Os materiais de PVC pós-consumo são divididos em dois grandes grupos: materiais de PVC rígido e materiais de PVC flexível [164]. O material reciclado de PVC rígido é usado basicamente como camada interna de reforço na produção de tubos e perfis, mobiliário de jardim ou na produção de filmes rígidos [164].

Na figura 64 estão alguns exemplos de produtos produzidos com PVC rígido.



**Figura 64- Produtos feitos de PVC rígido [164].**

O PVC pode ser tornado mais suave e mais flexível através da adição de plastificantes. O PVC feito com plastificantes pode, ser usado em roupa e forros, em mangueiras e tubos mais flexíveis, bem como soalhos e membranas de revestimento. O PVC é um excelente isolador eléctrico, o que faz dele um produto modelo na produção e aplicação de cabos [164]. Os resíduos de PVC flexível são usados como enchimento de revestimentos de soalhos de vários tipos. Outras aplicações conhecidas são: cones de sinalização, mangueiras, tubos flexíveis, calçado, sacos, roupa, entre outros [164].

Obviamente que outro plástico de enorme consumo em Portugal é o PET. Ele entra na composição de grande parte de produtos com bom aproveitamento após a etapa de reciclagem. A principal aplicação de PET reciclado é normalmente matéria-prima para nova produção de embalagens. Conforme de *MANI industrias plásticas, S.A.* todas as nossas embalagens em PET são produzidas com rPET.

Na figura 65 estão alguns exemplos de produtos produzidos recorrendo ao PVC reciclado.



**Figura 65- Exemplos de aplicação de PVC reciclado [164].**

Mesmo assim mantém-se todos os requisitos para aplicar novamente em embalagens alimentares [165]. Para reduzir a quantidade de embalagens de PET com destino a lixeiras, reciclamos, e no limite as embalagens de PET podem ser posteriormente usadas várias vezes (Figura 66) [165].



**Figura 66- Ciclo de PET [165].**

Em Portugal o maior produtor de PET e utilizador de PET reciclado é a *Evertis*, que utiliza o PET reciclado como matéria-prima para embalagens e Fibras Têxteis Artificiais e Sintéticas que são exportadas para toda a Europa [166, 167].

No caso dos poliésteres reciclados as aplicações práticas são: uso em roupa e nas garrafas de águas e sumos. Outras aplicações das matérias recicladas podem ser camisolas, materiais de construção, embalagens e sacos [167].

A reciclagem de plásticos em Portugal é quase tão antiga como a própria indústria de transformação dos plásticos, e trata-se apenas de bom senso industrial reciclar resíduos de produção que, em tudo se assemelham à matéria-prima inicialmente consumida.

## **4.2. A IMPORTÂNCIA DA REUTILIZAÇÃO DOS MATERIAIS PLÁSTICOS VERSUS A SUA RECICLAGEM**

Há objectos que são concebidos para serem usados várias vezes, em vez de serem deitados fora depois da primeira utilização. A opção por produtos reutilizáveis ajuda a reduzir a quantidade de produtos plásticos com vida útil de curto prazo [168]. Alguns produtos têm embalagens reutilizáveis. Outros são vendidos em “recargas” que permitem usar a mesma embalagem original várias vezes [168]. Geralmente em Portugal, as embalagens plásticas não têm retorno. Isto não significa que não possam ser reutilizadas. É o caso dos sacos, das caixas, das garrafas e garrafões entre outros [168].

O consumidor pode reutilizar para diversos fins. Também há casos em que o consumidor pode levar a embalagem usada à loja, para o novo enchimento. O uso de recargas é outra modalidade de reutilização, permitindo usar várias vezes uma primeira embalagem, saco, garrafa, entre outros [168].

Um dos problemas mais actuais no Mundo e em Portugal é a reciclagem de sacos plásticos, que pode ser reduzida através da sua reutilização [168]. Actualmente a nível mundial consumimos cerca de 500 milhões de sacos plásticos [169]. Aproximadamente 1% destes sacos acabam como resíduos, sujeitos ao transporte pelo vento. Como demoram centenas de anos a degradar-se, acabam por entupir redes de esgotos e contaminar a água e o solo enquanto se degradam em pequenos pedaços tóxicos. Milhares de animais marinhos, incluindo tartarugas em vias de extinção, morrem sufocadas anualmente quando comem sacos plásticos (Figura 67), confundindo-os com comida. Sacos de papel não são a melhor alternativa, pois também estes têm impactos negativos elevados ao nível da sua produção, transporte e deposição.



**Figura 67-Animal ferido por ingestão de saco plástico [170].**

Na actualidade, a tentativa de reduzir o uso de sacos plásticos é uma das melhores alternativas. Por exemplo, o governo irlandês introduziu uma taxa sobre os sacos plásticos (PlasTax) em 2002 que provocou a diminuição do seu consumo em 90% [169]. Mais uma alternativa muito popular na Europa e nos Estados Unidos, é o uso de sacos de pano ou sacos e caixas de papel [160]. Agora em Portugal, na Universidade de Madeira, foi efectuado um estudo para conhecer a influência do pagamento dos sacos de plástico nos comportamentos de reutilização e optimização em clientes de super mercados.

O Método utilizado foi o de observar e registar os comportamentos de clientes nos super mercados de duas categorias:

- Com sacos pagos (Pingo Doce);
- Com sacos oferecidos (Modelo) [170].

Na Figura 68 vê-se realmente a diferença no consumo de sacos novos e reutilizados, nestes dois tipos de hipermercados. No hipermercado com sacos oferecidos, 95% de clientes consome os sacos novos que praticamente depois são deitados ao lixo e só 5% reutilizam os sacos após o primeiro consumo. Por outro lado, no hipermercado com sacos pagos já praticamente metade das pessoas reutiliza os sacos e a outra metade continua a consumir os novos sacos.



**Figura 68- Comportamento percentual de clientes no uso dos sacos plásticos em hipermercados [170].**

Realmente esta experiência é um bom exemplo do reaproveitamento do material plástico em várias vezes, e que ajuda a diminuir o consumo e a poluição do lixo plástico. Por isso podemos considerar que para diminuir a quantidade de sacos de plástico precisamos de [169]:

- Optar pela utilização de sacos de pano ou de rede nas nossas compras, em detrimento dos sacos plásticos ou de papel;
- Não utilizar sacos de plástico na compra de apenas um ou dois produtos;
- Evitar os pratos de plástico, produtos com embalagens de plástico ou com excesso de embalagens;
- Preferir levar os produtos que se adquirem na mala ou mochila;
- Se tivermos que recorrer a sacos de plástico, utilizar apenas o número de sacos suficiente para acondicionar os produtos que se adquirem;
- Preferir produtos com recarga: a utilização de recargas poupa matérias-primas e diminui os resíduos produzidos. A reutilização de embalagens de detergentes - por meio de recargas - estende a vida útil das embalagens e reduz a quantidade de matéria plástica necessária de 70% (detergentes líquidos) a 90% (detergentes em granulado) [169].

Em Portugal, no Diário da Republica 1ª. série, n.º 141, de 23 de Julho, foram publicadas duas Resoluções da Assembleia da República, n.º 32 e 33/2008, relativas à promoção de redução, uso e reutilização de Sacos Plásticos, cujo objectivo é até 2013 serem

implementadas medidas nesse sentido. A Assembleia da República resolve, nos termos do n.º 5 do artigo 166.º da Constituição, recomendar ao Governo o seguinte [171,172]:

a) A promoção, através de campanhas de sensibilização ambiental das boas práticas neste domínio dirigidas aos consumidores, aos estabelecimentos comerciais, grandes superfícies e supermercados, para uma efectiva redução e reutilização racional de sacos;

b) A criação de um plano de incentivos destinado a apoiar as iniciativas que visem a colocação nos estabelecimentos comerciais de sacos reutilizáveis à disposição dos consumidores produzidos com materiais recicláveis;

c) Assegurar a monitorização específica do circuito de produção, recolha, retoma e reciclagem deste género de resíduos;

Portugal consome cerca de 2 mil toneladas de sacos de plástico por ano. Mesmo não tendo os sacos plásticos um peso representativo, os efeitos negativos para o meio ambiente são muito significativos. Este é um resíduo leve que facilmente é arrastado pelo vento dispersando-o no ambiente e afectando ecossistemas terrestres e aquáticos [172].

Outro problema de utilização do material plástico, e que pode também ser reduzido pela reutilização, é o problema das embalagens. A Alemanha foi o primeiro país a estabelecer, por meio da Lei Topfer (*sendo Topfer o Ministro do Ambiente da Alemanha*) publicada em 1991, uma política nacional sobre os resíduos sólidos, obrigando o produtor a responsabilizar-se sobre o pós-consumo do produto. Dada a iniciativa do governo alemão, as indústrias de vários segmentos criaram uma corporação, denominada DSD (*Dual System Deutschland*), que financia, gere e estabelece regras para todo o processo de descarte das embalagens, incluindo a recolha e a reciclagem [173].

A Comunidade Económica Europeia, por meio da Directiva 94/64/CE, tentou restringir a utilização de embalagens e resíduos de embalagens [44]. A política adoptada teve como princípios fundamentais a política dos 3R's: Reduzir, Reutilizar, Reciclar. Na Europa há a adopção, pelos países da Comunidade Económica, de normas cada vez mais restritivas.

As indústrias vêm apostando em novas tecnologias e sistemas de gestão de embalagens. Nos Estados Unidos, embora a legislação afecte a competência de cada estado membro, é necessário obter o controlo dos grandes volumes de resíduos gerados no país [44]. Estima-se que a produção de resíduos nos Estados Unidos se aproxime da meia tonelada per capita

ao ano. Isto corresponde ao dobro do que é produzido por um indivíduo no Japão ou na Europa [174].

Actualmente vários países fazem a sua revisão de procedimentos junto da própria indústria, com vista ao uso de sistemas retornáveis, especialmente para bebidas. Isto passou a ser possível devido aos avanços observados no fabrico de embalagens com excelentes propriedades de protecção dos alimentos, utilizando resinas de elevado valor associado, como é o caso das embalagens de PET [175, 176, 177].

A tendência de implementação de sistemas de venda de alimentos ou produtos líquidos, onde o consumidor reutiliza a embalagem, não descartada após o consumo do produto, demonstra grande viabilidade prática de uso. A embalagem renovável reduz o consumo de matérias-primas virgens e diminui o impacto ambiental devido ao seu desperdício pós-consumo, quando não aproveitada noutra via de reciclagem [178].

#### **4.3. COMPARAÇÃO DA QUALIDADE DOS MATERIAIS RECICLADOS (PLÁSTICO RECICLADO) RELATIVAMENTE À DOS SEUS HOMÓLOGOS NOVOS (PLÁSTICO VIRGEM)**

Vamos comparar agora as diferenças entre o uso do plástico reciclado e o uso do plástico virgem nas suas propriedades e também quais as suas vantagens. Actualmente a reutilização, a reciclagem e a aplicação de plástico reciclado ocupa a primeira posição na lista dos problemas a resolver. Hoje em dia estão publicados vários estudos sobre a viabilidade do plástico reciclado. A maioria dos plásticos são aplicados em função das suas características mecânicas e do seu custo. Por essa razão, as propriedades mecânicas são as mais importantes do leque geral das propriedades físicas e químicas consideradas [179].

O uso dos materiais poliméricos reciclados tem-se intensificado nas últimas décadas sobretudo devido ao aumento do tipo de aplicações, resultado do avanço da ciência dos materiais e das melhorias de propriedades dos novos materiais e compósitos [179]. Desde 1988, nos Estados Unidos, pesquisas têm sido desenvolvidas com o intuito de entender o comportamento do plástico reciclado, como substituto em diversas aplicações na construção civil [179].

O Departamento de Recursos Naturais de Ohio, nos Estados Unidos, realizou ensaios em paletes de plástico reciclado (PPR). Eles apresentam um relatório que descreve a concepção da forma da paleta, a sua comparação com outros materiais, a análise do comportamento mecânico e o estudo de viabilidade económica [179]. As conclusões retiradas deste estudo são:

a) Os PPR's são uma opção viável e, dependendo da capacidade de carga requerida no projecto, podem ser dimensionadas para casos particulares;

b) O desempenho dos PPR's em laboratório e em campo alcança e até excede o de paletes de madeira e de aço galvanizado. A integridade estrutural e as características de durabilidade são excelentes;

c) Apesar do custo inicial ser maior que o dos outros materiais, o desempenho e a vida útil viabilizam os PPR's, tornando-os comercialmente aceitáveis [179].

Este é só um exemplo dos muitos estudos realizados. Outro exemplo é o estudo realizado por Albano e Sanchez [180] sobre as propriedades mecânicas e térmicas do composto construído por polipropileno (PP) virgem e polietileno de alta densidade (PEAD), sendo este último um material reciclado [180]. Neste estudo verificou-se que, para o módulo de elasticidade há uma sinergia entre os materiais constituintes [180].

A construção recorrendo a elementos de plástico reciclado é uma realidade, principalmente nos Estados Unidos e, em menor escala, no Canadá e na Inglaterra [180]. É objectivo e desejo que o plástico reciclado em propriedades e qualidade se aproxime das propriedades do plástico virgem. Mas, a realidade, mostra que a maior parte do plástico reciclado tem propriedades inferiores às do material virgem. Por esta razão, estes polímeros têm aplicações menos exigentes ou são misturados com alguma quantidade de polímero virgem. Regra geral, a adição de material reciclado ao material virgem ronda os 15% a 30%, não se verificando nesta gama prejuízo para as propriedades mecânicas [181].

Os plásticos, depois da sua reciclagem, têm dificuldades em manter as suas propriedades iniciais. A presença de aditivos complica a obtenção de um material de elevada qualidade [181].

O plástico reciclado tem de obedecer a um conjunto de critérios de qualidade e cada lote distribuído é acompanhado de um certificado de qualidade conforme a norma EN 10204-

3.1 B [182]. O conjunto de critérios inclui valores, determinados de acordo com as normas ISO 9000 e EN em vigor, para as seguintes características: índice de fluidez, massa volúmica, estabilidade térmica, teor de negro de fumo, dispersão de negro de fumo, deformação longitudinal a quente, pressão hidrostática e deformação à ruptura [181]. Por exemplo o PET é um poliéster semi-cristalino, obtido pelo processo de poli condensação, e está sujeito à degradação hidrológica e termomecânica durante o processamento. Esses processos degradativos provocam a redução do peso molecular, resultando num reciclado com propriedades ópticas reduzidas, baixa viscosidade e resistência do fundido. A presença de contaminantes nos flocos após a moagem das garrafas é um factor que diminui a qualidade do produto reciclado [183].

Na realidade, os plásticos reciclados acabam por perder algumas das propriedades do plástico virgem. Mas, com o desenvolvimento e melhoria na qualidade de plástico reciclado, podemos obter bons resultados nas propriedades finais do material reciclado. A compensação máxima passa pela autorização em usar o plástico reciclado para embalagens alimentares, rentabilizado assim o investimento obtenção de um material de elevada qualidade.

#### **4.4. APLICAÇÃO EM EMBALAGENS ALIMENTARES E NÃO ALIMENTARES**

As embalagens têm um papel importante na logística, sejam elas de papel ou de plástico, sendo esses os maiores constituintes do mercado das embalagens. Comercialmente existem diversos tipos de plásticos que são usados nas embalagens para uma determinada aplicação [180]. Usar o plástico para embalagem é economicamente viável e barato. A embalagem é usada para proteger, acondicionar e garantir a qualidade dos produtos. Os plásticos são a família de materiais que mais é adoptada numa grande variedade de aplicações de embalagens

**Tabela 24- Polímeros utilizados no domínio das embalagens, características e principais aplicações (parte 1) [184].**

NOME	SÍMBOLO	PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS	APLICAÇÕES
Poliétileno de baixa densidade	LDPE	<i>Propriedades barreira:</i> Muito boa barreira à humidade; má barreira a gases e gordura <i>Propriedades térmicas:</i> Boa soldabilidade; Gama de temperaturas: -50 a 80°C <i>Resistência mecânica:</i> boa resistência à tração e à perfuração/impacto	Sacos (extrusão de filme), protecção (revestimento), camada interior para termossoldagem de estruturas e camada intermédia para ligação (laminação e coextrusão)
Poliétileno de alta densidade	HDPE	<i>Propriedades barreira:</i> Muito boa barreira à humidade; má barreira a gases e média barreira à gordura <i>Propriedades térmicas:</i> Média soldabilidade; Gama de temperaturas: -40 a 121°C <i>Resistência mecânica:</i> ótima resistência à tração e ao impacto/perfuração	Sacos para frutas e legumes (extrusão de filme), potes e bandejas (injecção), garrafas de leite esterilizado (extrusão –sopro)
Polipropileno	PP	<i>Propriedades barreira:</i> Boa barreira à humidade (>PE); fraca barreira a gases e gordura <i>Propriedades térmicas:</i> Boa soldabilidade; Filme orientado requer revestimento para termossoldagem; Gama de temperaturas: 0 a 130°C <i>Resistência mecânica:</i> variável <i>Propriedade ópticas:</i> Elevada transparência (>PE) e excelente brilho Filme não orientado é frágil a temperaturas baixas	Filme termoretráctil (extrusão de filme), taças para gelados e margarinas, camada interior para bandejas termoprocessáveis e para fornos microondas/injecção de copolímero com PE, garrafas para ketchup e molhos para enchimento a quente (coextrusão –sopro) Embalagens de alimentos sensíveis à humidade (barreira à humidade)
Polipropileno orientado	OPP	<i>Propriedades barreira:</i> Muito boa barreira à humidade; fraca barreira a gases e à gordura <i>Propriedades térmicas:</i> Fraca soldagem; Gama de temperaturas: -50 a 120°C <i>Resistência mecânica:</i> ótima resistência à tração e fraca resistência ao impacto/perfuração	Filme exterior em estruturas, filme metalizado (extrusão de filme), estrutura termossoldável (coextrusão com PE e revestido com acrílico), estrutura termossoldável boa barreira a gases (revestimento com PVDC)
Policloreto de vinilo	PVC	<i>Propriedades barreira:</i> Média barreira à humidade; fraca barreira a gases e excelente barreira à gordura <i>Propriedades térmicas:</i> Média soldabilidade; Gama de temperaturas entre 60-95 e -30°C <i>Resistência mecânica:</i> variável <i>Propriedade ópticas:</i> Ótima transparência	Filme estrível para carnes frescas, frutos e vegetais, filme termoretráctil (calendragem e extrusão de filme), bandejas e bócios para snacks, chocolates, margarinas e manteiga (termoformação), garrafas de óleo alimentar (extrusão –sopro); Etiquetagem de garrafas; Cápsulas de inviolabilidade
Poliestireno	PS	<i>Propriedades barreira:</i> Fraca barreira à humidade; fraca barreira a gases e má barreira à gordura <i>Propriedades térmicas:</i> Não solda; Gama de temperaturas: -30 a 50 °C <i>Resistência mecânica:</i> muito boa resistência à tração; muito má resistência ao impacto/perfuração; Facilidade de termoformação <i>Propriedade ópticas:</i> Elevado brilho e transparência	Copos de iogurte, caixas para bolos, copos para gelados (termoformação e injecção); Janelas para embalagens de cartão
PS expandido	EPS	Espuma de células fechadas; Bom isolamento térmico e excelente acolchoamento	Bandejas para supermercados

(Tabela 24) [184]. Em muitos casos, os plásticos oferecem a melhor protecção possível, através da utilização mínima de recursos e criando assim menos "lixo" do que os materiais alternativos [185].

O sector das embalagens representa hoje uma importante fatia do mercado a nível global, em especial nos países desenvolvidos, onde o seu peso no produto interno bruto é elevado. Cerca de 50% deste mercado tem como destino o ramo alimentar, valor que irá continuar a aumentar em volume e em importância, dado o avanço tecnológico na área, e a cada vez maior diversidade de materiais plasticos utilizados nas embalagens de alimentos [186, 187].

**Tabela 24- Polímeros utilizados no domínio das embalagens, características e principais aplicações (parte 2) [184].**

TABELA II - PRINCIPAIS POLÍMEROS USADOS EM EMBALAGEM PARA PRODUTOS ALIMENTARES (CONT.)

Polietileno tereftalato	PET	<i>Propriedades barreira:</i> Média barreira à humidade; média barreira a gases e excelente barreira à gordura <i>Propriedades térmicas:</i> Não solda; Gama de temperaturas: -40 a 220°C <i>Resistência mecânica:</i> excelente resistência à tracção e boa resistência ao impacto/perfuração <i>Propriedade ópticas:</i> Excelente transparência	Filme exterior em estruturas laminadas, filme metalizado, filme para forno doméstico (extrusão de filme), bandejas para forno microondas e forno convencional (CPET), pré-congelados (termoformação) garrafas para água mineral e refrigerantes carbonatados, óleo (injecção-sopro)
Poliamida	PA	<i>Propriedades barreira:</i> Má barreira à humidade; boa barreira a gases (0% HR) e excelente barreira à gordura <i>Propriedades térmicas:</i> Não solda; Gama de temperaturas: -50 a 140°C; Elevada estabilidade térmica <i>Resistência mecânica:</i> excelente resistência à tracção e ao impacto/perfuração; Elevada dureza superficial; Reduzido coeficiente de atrito <i>Propriedade ópticas:</i> Boas	Embalagem flexível e bandejas para acondicionamento a vácuo e em atmosfera modificada: queijo, carnes, pescado (coextrusão e laminação)  Embalagens com resistência a temperaturas elevadas Embalagens "boil - in bag"
Policarbonato	PC	<i>Propriedades barreira:</i> Fraca barreira à humidade; fraca barreira a gases e muito boa barreira à gordura <i>Propriedades térmicas:</i> Não solda; Gama de temperaturas: -90 a 135°C <i>Resistência mecânica:</i> excelente resistência à tracção e ao impacto/perfuração	Garrafas reutilizáveis (extrusão-sopro), bandejas para fornos de pré-congelados (termoformação); barris de água para máquinas dispensadoras
Policloreto de vinilideno	PVDC	<i>Propriedades barreira:</i> Excelente barreira à humidade, a gases e à gordura <i>Propriedades térmicas:</i> não aplicável, dado não serem usados individualmente <i>Resistência mecânica:</i> não aplicável, dado não serem usados individualmente	Filme envolvente "cling" (extrusão de filme com plastificante ou copolímero), revestimento de filmes (OPP, película celulósica, papel, PET e PA) e de garrafas de PET, embalagens alta barreira para produtos termoprocessados e para fornos microondas (termoformação de estruturas coextrudidas)
Copolímero etileno-álcool vinílico	EVOH	<i>Propriedades barreira:</i> Fraca barreira à humidade; excelente barreira a gases (0% HR) e excelente barreira à gordura <i>Propriedades térmicas:</i> não aplicável, dado não serem usados individualmente <i>Resistência mecânica:</i> não aplicável, dado não serem usados individualmente	Embalagem de atmosfera modificada (coextrusão de filme), embalagens alta barreira para produtos termoprocessados e para fornos microondas (termoformação de estruturas coextrudidas), garrafas para produtos sensíveis ao oxigénio (coextrusão)

#### **4.4.1. Enquadramento legislativo para materiais plásticos reciclados utilizados em embalagens alimentares**

De acordo com um estudo realizado pela BPF (*British Plastics Federation*), 50% dos alimentos consumidos na Europa são embalados em matérias plásticas e, quase 40% dos plásticos produzidos, destinam-se ao sector alimentar. Utilizar as embalagens plásticas com produtos alimentares significa que temos de falar sobre a segurança alimentar. As embalagens de matéria plástica destinadas a entrar em contacto com os géneros alimentícios podem transmitir, através da migração, substâncias tóxicas para os alimentos [188].

As substâncias potencialmente contaminantes têm origem: no processo de polimerização, como os monómeros residuais e aditivos, no processo de transformação, como tintas de impressão, solventes e adesivos de laminação, ou são substâncias inadvertidamente formadas durante o processo de transformação por degradação do polímero. Estes últimos são normalmente a maior fonte de problemas a nível da compatibilidade entre os materiais e o produto [184].

O controlo da qualidade do plástico, aplicado nas embalagens, é efectuado pela seguinte legislação Europeia:

- A Directiva 94/62/CE do Parlamento Europeu e do Conselho, de 20 de Dezembro de 1994 [44], relativa a embalagens e resíduos de embalagens, promove a valorização e a incineração em instalações de incineração de resíduos com valorização energética.

Um novo Decreto-Lei transpõe para a ordem jurídica interna as Directivas da Comissão n.º 2004/1/CE, de 6 de Janeiro de 2004 [44], n.º 2004/19/CE, de 1 de Março de 2004 [147] e n.º 2005/79/CE, de 18 de Novembro de 2005 [44], relativa aos materiais e objectos de matéria plástica destinados a entrar em contacto com os produtos alimentares, revogando o Decreto-Lei n.º 4/2003, de 10 de Janeiro [189].

Este Decreto-Lei vem alterar a lista de monómeros e outras substâncias iniciadoras, que podem ser usadas no fabrico de materiais e objectos de matéria plástica, destinados a entrar em contacto com os géneros alimentícios, tendo por base a avaliação de risco realizada pela Autoridade Europeia para a Segurança dos Alimentos.

A C.E. criou a Directiva 2002/72/CE [190], que regulamenta as condições de utilização destes materiais e os limites máximos permitidos de migração para os alimentos. Esta directiva assenta a sua regulação em dois critérios distintos.

O primeiro critério é o da composição, tendo sido definida uma lista de monómeros e outras substâncias, que podem ser usadas no fabrico de materiais e objectos de matéria plástica, e as restrições ou especificações para cada uma dessas substâncias.

O segundo critério está relacionado com as quantidades máximas permitidas de cada substância na embalagem e o limite máximo permitido de migração de constituintes do material para o alimento ou para um seu simulador. Esta lista de substâncias é sistematicamente actualizada à medida que se desenvolvem novas técnicas de embalamento, surgem novos materiais provenientes dos monómeros e o conhecimento científico aumenta.

A recente alteração à Directiva n.º 2002/72/CE [190], através da publicação da Directiva n.º 2007/19/CE [44], é transposta a nível nacional, para Decreto-Lei nº 62/2008 de 31-03-2008 [191]. Esta nova legislação, provem da necessidade de fazer alterações à lista de substâncias permitidas na composição dos plásticos através da introdução de novas substâncias e a definição de novas regras relativamente às que já existem. Vem introduzir também, novos conceitos, como é o caso da “barreira plástica funcional”, uma barreira colocada na zona da embalagem em contacto com o alimento e que funciona como um obstáculo à migração de compostos, permitindo assim, utilizar na formulação da embalagem, substâncias proibidas.

Outro conceito introduzido, é o factor de redução da gordura, como o método mais fiável de calcular o risco do consumidor ficar exposto a substâncias que migram para alimentos, em especial naqueles que são ricos em gorduras.



## **CAPITULO 5.**

# **ÁVALIAÇÃO DE PERSPECTIVAS DE FUTURO PARA A ÁREA DE RECICLAGEM E REUTILIZAÇÃO DE MATÉRIAS PLÁSTICAS**





## **CAPITULO 5. AVALIAÇÃO DE PERSPECTIVAS DE FUTURO PARA A ÁREA DE RECICLAGEM E REUTILIZAÇÃO DE MATÉRIAS PLÁSTICAS**

### **5.1. NOVAS PERSPECTIVAS NA ÁREA DE RECICLAGEM**

Hoje a reciclagem é uma actividade comercial de grande impacto ecológico em todo mundo, e particularmente na Europa. Com a reciclagem de plásticos consegue-se diminuir o lixo, economizar petróleo, reutilizar os reciclados como matéria-prima e obter de ter os novos produtos. Tudo isto traz vantagens para a nossa sociedade [192].

Para que ocorra o desenvolvimento de novas tecnologias de reciclagem, é necessário investir em pesquisas científicas e no desenvolvimento de nova maquinaria e tecnologia para reciclagem. A investigação no âmbito de reciclagem deve ser direccionada para as áreas de maior necessidade industrial porque as tecnologias precisam ser transferidas com êxito para a indústria [193]. Este conjunto de atitudes e acções melhorará o impacto ambiental e conseqüentemente uma maior preservação dos recursos naturais. Desta forma, adquirimos novos caminhos para novas aplicações e direcções no mercado nacional e contribuimos para a resolução de um dos problemas do nosso planeta, o lixo.

A reciclagem de plásticos e outros materiais de lixo garante abertura de novas perspectivas para a nossa sociedade [192].

Uma nova perspectiva, que começa a ser implementada no âmbito da reciclagem de plástico, é a descoberta do plástico biodegradavel. Não podemos esquecer que este não é a solução ideal para a reciclagem, porque continua a ter aspectos negativos associados. Assim, mesmo neste campo continuam a surgir inovações, que são desenvolvidas e aplicadas em função do aparecimento de um material biodegradavel.

Um dos exemplos mais interessantes nesta área é um plástico biodegradável (PHB) obtido de cana-de-açúcar. Uma das mais recentes descobertas nessa área foi feita pela Divisão de Química do Agrupamento em conjunto com a Divisão Biotecnologia do IPT (Instituto de Pesquisas Tecnológicas) [192]. Estas Instituições desenvolveram uma técnica que utiliza o bagaço de cana para produzir o plástico biodegradável em consequência da interação de bactérias que sobrevivem no bagaço de cana-de-açúcar e formam o PHB (polihidroxibutirato).

O PHB pode ser aplicado no fabrico de vasos, colheres e sacos plásticos. Na instalação de Serrania, no Brasil, existe uma instalação piloto que produz à volta de 50 a 60 toneladas por ano de PHB, grande parte exportada para o Japão, EUA e Europa [194].

Outro exemplo de uma nova perspectiva, ocorre no Japão, onde foi desenvolvido um plástico, baseado em amido de milho, que se destaca pelo seu grande potencial de desenvolvimento. Este tipo de plástico pode ser reciclado por diversas formas: incineração, biodegradação ou reciclagem por insectos. Hoje, no Japão, a quantidade de sacos feito deste tipo de plástico concorre com o número de sacos feitos de poliolefinas [195]. Também na Austrália e nos E.U.A. se desenvolveu um material de embalagem quebrável com base no milho. Este material é também utilizado na Europa e na Ásia [195].

Recentemente, apareceu um novo tipo de material ecológico limpo para a indústria das embalagens. A sua base tecnológica baseia-se na decomposição de plástico em água. O ingrediente principal deste tipo de material é álcool polivinílico  $[-(-\text{CH}_2-\text{CH}-\text{OH}-)_n-]$ . A unidade técnica da *CNPC (China National Packaging Products Corporation)*, da Zhuzhou (*Instituto de Tecnologia e de companhias de Guangdong Zhaoqing Fangxing Packaging Material Co., Lda.*), na China, desenvolveu esta película e os equipamentos para a sua produção. A produção basicamente já começou e o produto aparecerá no nosso mercado num futuro próximo [195].

Existe também um processo biológico de tratamento de resíduos sólidos orgânicos, que recicla com ajuda da minhoca vermelha da Califórnia. Este processo é chamado *vermicompostagem*. Esta tecnologia utiliza-se para aumentar a velocidade de degradação da matéria orgânica e produz um composto rico em ácido húmico através de vermicompostagem. O método de vermicompostagem tem vantagens em comparação com os outros processos biológicos. O composto final tem uma melhor qualidade e um menor custo de investimento e de operacionalidade.

O tratamento mecânico e biológico aplicado aos resíduos sólidos urbanos identifica-se como TMB, enquanto que o tratamento mecânico e biológico aplicado através de vermicompostagem se identifica como TMBV [196].

O TMBV mostra um elevado potencial sobre a reciclagem de embalagens plásticas, vidro e metálicas. Este método permite obter, com a ajuda das minhocas, húmus de alta qualidade, embalagens de plástico, vidro e metais, sem cheiro e com grande potencial de reciclagem. A experiência mostra que, com este tipo de tratamento realmente podemos separar os seguintes materiais: diversos tipos de plástico de embalagem, filme de polietileno, polietileno rígido, EPS, PET e plásticos mistos que vão ser utilizados nas unidades de reciclagem [196].

Então, para avaliar e concretizar este método de reciclagem em Portugal, juntaram-se três empresas: a Lavoisier - Gestão e Valorização de Resíduos, Lda , a AMAVE – Associação de Municípios do Vale do Ave e a Quercus – Associação Nacional de Conservação da Natureza [196].

A Lavoisier é uma empresa portuguesa pioneira no desenvolvimento da tecnologia de tratamento de RSU através de TMBV. Estabeleceu um centro experimental de vermicompostagem, em Palmela (Figura 69). No futuro a Lavoisier em conjunto com a AMAVE planeiam montar uma instalação maior em Riba d’Ave (Guimarães) [196]. A empresa AMAVE aplica a tecnologia de TMB mas quer adaptar a tecnologia de TMBV com capacidade para 1000 toneladas/ano [196]. A Quercus, tem dedicado muito tempo ao estudo sobre TMB, através do seu Centro de Informação de Resíduos (CIR) [196].



**Figura 69-** Aspecto do centro experimental de vermicompostagem, em Palmela [196].

Outros progressos surgem em outras partes do Mundo. Na Universidade de Mendeleyev de Moscovo, os cientistas russos desenvolveram uma técnica de reciclagem que permite produzir 1 litro de gasolina a partir de 1 kg de sacos de plástico reciclados. O plástico e a gasolina são derivados do petróleo.

Nos últimos anos várias tentativas de reciclar os subprodutos do petróleo tem surgido, inclusivamente algumas que já estão em operação comercial, mas a tecnologia mencionada é a primeira que trata da produção de gasolina pura.

A tecnologia desenvolvida pela equipa do Dr. Valery Shvets é baseada no processamento term-catalisado de materiais poliméricos. Os resíduos plásticos, conforme a tecnologia, devem ser moídos e derretidos, sem necessidade de lavagem. A seguir, o catalisador em pó é adicionado e a mistura é submetida a um tratamento térmico. Trata-se de um processo observado em "panela de pressão" com temperatura e pressão definidas. Por cada litro de gasolina produzido no processo gera-se também uma pequena quantidade de uma substância viscosa densa. Como a substância é inflamável, ela também pode ser reaproveitada. Os cientistas não divulgam os detalhes sobre a composição do catalisador, porque o mesmo é o principal segredo da descoberta e está patenteado. Um protótipo do sistema já está em funcionamento nas instalações da Universidade [197].

Os resultados das últimas investigações no âmbito de reciclagem são, normalmente apresentados nos diferentes eventos, tais como Feiras e Exposições Internacionais.

Em Março, entre os dias 22 e 26 no Brasil, foi realizada a 2ª Semana Internacional da Embalagem, Impressão e Logística [197], onde várias empresas apresentaram as novas tecnologias mais sustentáveis. As empresas *Rivierplast* e *Rochamam* mostram novas tecnologias de reciclagem.

A *Rivierplast* faz os seus produtos de PP, PE e PEAD utilizando o aditivo oxidobiodegradável da Willow Ridge Plastics que desintegra o plástico através de fotodegradação (U.V.) e por oxidação, obtendo-se no final gás carbónico e água [198].

A *Rochamam* conseguiu desenvolver um processo com capacidade de recuperar os solventes utilizados na lavagem. Através de um processo de destilação, o solvente é separado do poluente (resina, pigmento, tinta, verniz, tinta, óleo, entre outros), recuperado e pronto para ser reutilizando [199].

Na investigação e desenvolvimento de plásticos degradáveis e não degradáveis os vários países têm investido uma grande quantidade de recursos financeiros e humanos para obter os melhores resultados de reciclagem com o melhor aproveitamento final de todo material integrado na reciclagem.

## **5.2. NOVAS APLICAÇÕES POTENCIAIS PARA AS MATÉRIAS PLÁSTICAS REUTILIZADAS.**

Com o aumento de quantidade de material reciclado também aumentam as áreas de utilização do material reciclado. O plástico reciclado serve cada vez mais para aplicações diversas. Pode ser aproveitado como material puro, mas também pode ser misturado com a resina virgem ou com outro material.

As principais aplicações de plástico depois de ser reciclado são: embalagens, utensílios domésticos, tubos de conexão, peças para calçado, sacos plásticos, peças de automóveis, componentes para electrodomésticos, revestimentos, tecidos e muitos outros. Cada dia desenvolve novas aplicações para os plásticos reciclados.

Um bom exemplo de nova aplicação do material plástico reciclado, pode ser o projecto desenvolvido por pesquisadores da Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), onde o plástico reciclado é transformado em papel sintético. A criação do papel sintético a partir do plástico reciclado é uma tecnologia bem conhecida, mas que necessitava sempre da adição de matéria-prima virgem [199]. O novo método desenvolvido pela universidade UFSCar permite fazer papel a partir do lixo, sem a adição de material virgem: o plástico é triturado e submetido ao tratamento químico desenvolvido pela universidade [199]. O resultado desta experiência é a confecção de uma película de alta qualidade, que é semelhante na sua qualidade com as películas produzidas de matéria-prima virgem. O papel obtido através deste método é resistente à água e possibilita a impressão dos rótulos para garrafas, tabuleiros de jogos, etiquetas, livros escolares e cartões de bancários.

A produção de folhas sintéticas de baixo custo diminuiu a procura de celulose, o que na prática poupa o corte de florestas para a produção tradicional de papel com base em matéria-prima orgânica [200].

A indústria de automóveis na Europa utiliza anualmente cerca de 2 milhões de toneladas de plástico. O estudo publicado pela Associação dos Fabricantes de Plásticos da Europa na revista *British Plastics* aponta que a média de aplicações de plástico por veículo atinge cerca de 110 kg [201].

O plástico reciclado é uma das grandes apostas no futuro para a indústria de automóvel. Durante cerca de dez anos as empresas canadianas *Husky* (fabricante de injetoras) e *Magna Decoma* (produtora de sistemas automáticos) tentaram constituir um automóvel inteiramente feito de plástico reciclado [202]. A outra empresa líder no mercado de automóveis, *Ford*, está em processo de homologação da patente de uma tecnologia desenvolvida no Brasil para a utilização de PP e fibras recicladas na moldagem de peças plásticas de automóveis [202]. Esta tecnologia possibilitará juntar nas peças os seguintes componentes 50% de PP reciclado, 30% de fibra de sisal a substituir fibra de vidro, e 20% de PP virgem [202].

O sisal é uma fibra de maior dureza. O PP reciclado é obtido de tampas de garrafas de PET, resíduos industriais, copos, alguns resíduos de utensílios hospitalares. As potenciais aplicações por enquanto são o painel das portas, a consola central, o porta-pacotes (ou tampa do porta-malas) e o acabamento interno do tecto [202].

A introdução de um material estrutural alternativo como o plástico reciclado, tem grande potencial e as suas vantagens são: o forte apelo ecológico, o baixo peso específico, a indiferença à deterioração por decomposição e por ataque de microorganismos, a alta resistência à corrosão, o fácil processamento e o custo reduzido de manutenção. A abundância de material plástico reciclado a baixo custo é uma alternativa a ser investigada e explorada para um futuro melhor.

### **5.3. O FUTURO DE RECICLAGEM**

O uso irresponsável de recursos naturais pode extinguir muitas matérias primas e diminuir alguns produtos da vida moderna [201]. Como alternativa de poupança de recursos naturais, pode servir o aumento de ciclo de vida de plásticos [203,205]. O desenvolvimento

de novos produtos utilizando as matérias recicladas reduz os custos, poupa os recursos naturais e estabelece preços mais baratos [203].

O mercado de reciclagem exige cada vez mais qualidade e regularidade no fornecimento da matéria-prima recuperada. A Europa tem o maior índice de reciclagem de plásticos 32%, o segundo lugar é ocupado pelos Estados Unidos de América com o maior valor de reciclagem de PET [203]. O valor de 32% na Europa foi atingido devido à norma e estabelecida que obriga cerca de 25% a 40% da massa de embalagem de lixo a ser reciclada e pelo menos 50% a ser recuperada. Portanto, a taxa de reciclagem mínima é 15% [203,204].

Os problemas principais no mercado de plásticos reciclados são: o baixo custo de matéria-prima virgem e a contaminação das resinas recicladas [203]. A composição de material reciclado normalmente consiste em 40% de resíduo industrial e 60% de resíduo pós-consumo. Estes resíduos podem ser misturados com as outras resinas e matérias orgânicas que aumentam a probabilidade de contaminação de matéria reciclada [203].

Também existe outro ponto-chave na reciclagem - *o processo de reciclagem não é sempre viável economicamente* [203]. Na verdade, existem muitas barreiras financeiras. Economicamente há sempre um desequilíbrio financeiro entre os produtos reciclados e os homólogos virgens. As vantagens de utilização dos recursos não-renováveis virgens são sempre superiores quando comparado com o material reciclado [204].

No entanto, em pleno século XXI, não podemos construir o futuro de plástico reciclado, só baseado na perspectiva de economia e ambiente. Foram desenvolvidos produtos feitos de plástico reciclado com qualidade, o que provoca um aumento da procura deste material no mercado. Cada vez mais aparecem diversas aplicações de plástico reciclado: no fabrico de automóveis, de equipamento eléctrico e electrónico, produtos da área de saúde/hospitalar, na construção civil entre outros [204].

Um bom exemplo de aplicação para PET/HDPE no futuro, podem ser os tanques de gasolina feitos de HDPE [204]. No país de Gales foi construída uma casa ecologicamente limpa e feita com 18 toneladas de plástico reciclado. A empresa *Affresol* apresentou o novo material para construção como o material de baixo consumo de energia, um material durável e resistente. A transformação do lixo traz oportunidade para a construção de moradias que idealmente serão 100% recicláveis [205].

Estes exemplos são como gotas no mar de tentativas e de aplicações de plástico reciclado. Algumas das tentativas não têm futuro, mas outras trazem grandes vantagens e possibilidades. E mesmo só um resultado positivo entre cem tentativas, confirma que vale a pena investir no estudo de reciclagem para dar uma segunda vida aos plásticos e para fazer novas e novas descobertas nesta área.

A reciclagem é o nosso futuro. A reciclagem é um negócio que oferece ganhos económicos e principalmente sociais e ambientais.

## **BIBLIOGRAFIA**

- [1] Adhikari B.S., Maiti S., “*Reclamation and recycling of waste rubber*”. *Jornal Progress in Polymer Science*, Vol. 25, pp. 909-948, 2000.
- [2] Shankar R.S., Thachil E.T., “*Biodegradable thermoplastic materials*”, Department of Progress in Rubber and Plastics Technology, University of Science and Technology, India, vol. 15, nº 2, 1999.
- [3] Carvalho M.T., Paiva M.C., Simões P., Santos M.C., “*Separação de Plásticos de Embalagens - Projecto SEMEC*”, *Industria e ambiente*, nº 47, pp. 16-19, 2007.
- [4] Rosa D.S., Franco B.L., Calil M.R., “*Biodegradabilidade e propriedades mecânicas de novas misturas poliméricas*”, *Polímeros: Ciência e Tecnologia*, vol.11, nº 2, pp. 82-88, 2001.
- [5] [www.sbhc.org.br/pdfs/Maria%20Elvira%20Callapez.pdf](http://www.sbhc.org.br/pdfs/Maria%20Elvira%20Callapez.pdf)
- [6] [www.silaex.com.br/poli%C3%A9ster.htm](http://www.silaex.com.br/poli%C3%A9ster.htm)
- [7] Fisher M. M., “*Plastics Recycling, in Plastics and the Environment*”, Anthony L. Andrady, John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, NJ, USA, 2005.
- [8] <http://www.plastivida.org.br/2009/Default.aspx>
- [9] “*Volume reciclado em 2008 em Portugal cresceu 12,3 %*”, Publicado em [noticias.rtp.pt](http://noticias.rtp.pt), 10 Fevereiro 2009. (Disponível em: <http://ww1.rtp.pt/noticias/?article=69792&visual=3&layout=10>)
- [10] [www.plastval.pt/.../Boletim%20IF/Boletim%20Estatstico%20%202.pdf](http://www.plastval.pt/.../Boletim%20IF/Boletim%20Estatstico%20%202.pdf)
- [11] [http://www.tifnet.com.br/disciplinas/polimeros\\_aula\\_01.pdf](http://www.tifnet.com.br/disciplinas/polimeros_aula_01.pdf)
- [12] [www.scribd.com/doc/16614090/Apostila-de-PolimerosCap-II](http://www.scribd.com/doc/16614090/Apostila-de-PolimerosCap-II)
- [13] [www.angelfire.com/crazy3/qfl2308/QFL\\_2308\\_Aula\\_12.pdf](http://www.angelfire.com/crazy3/qfl2308/QFL_2308_Aula_12.pdf)
- [14] [www.fateczl.edu.br/TCC/2009-1/tcc-100.pdf](http://www.fateczl.edu.br/TCC/2009-1/tcc-100.pdf)
- [15] <http://skyglobe.ru/referat/referat/61353/>
- [16] [www.qmc.ufsc.br/qmcweb/artigos/polimeros.html](http://www.qmc.ufsc.br/qmcweb/artigos/polimeros.html)
- [17] [www.alhimik.ru/read/grosse15.html](http://www.alhimik.ru/read/grosse15.html)

- [18] [www.cdcc.usp.br/exper/medio/quimica/9bpolimerosg.pdf](http://www.cdcc.usp.br/exper/medio/quimica/9bpolimerosg.pdf)
- [19] [www.mundovestibular.com.br/articles/775/1/AS-REACOES-DE-POLIMERIZACAO-POLIMEROS-DE-ADICAO/Paacutegina1.html](http://www.mundovestibular.com.br/articles/775/1/AS-REACOES-DE-POLIMERIZACAO-POLIMEROS-DE-ADICAO/Paacutegina1.html)
- [20] Almeida P.M., Silva Magalhães V.U., "Polímeros", Universidade Fernando Pessoa (UFP), Porto 2004. (Disponível em [www2.ufp.pt/~madinis/...2004/Pedro%20e%20Victor.pdf](http://www2.ufp.pt/~madinis/...2004/Pedro%20e%20Victor.pdf))
- [21] [www.alunosonline.com.br/quimica/polimeros-naturais-e-artificiais](http://www.alunosonline.com.br/quimica/polimeros-naturais-e-artificiais)
- [22] Dr. Wagner M. Pachekoski "Classificação dos Polímeros", Curso Engenharia mecânica, SENAI CIMATEC. (Disponível em: <http://xa.yimg.com/kq/groups/24030724/1437782433/name/Classifica%C3%A7%C3%A3o+dos+pol%C3%ADmeros.pdf>)
- [23] Kroschwitz J., "Enciclopédia de los polímeros e ingeniería", Willey & Sons, Nova York, Volume 17, 1985.
- [24] [www.ciencia.hsw.uol.com.br/plastico2.htm](http://www.ciencia.hsw.uol.com.br/plastico2.htm)
- [25] Kaplan, A., "Modern Plastics Encyclopedia", McGraw-Hill Book Company, Highstown, pp. 99, 1998.
- [26] Michaeli, W., "Tecnologia dos plásticos", editora Edgard Blücher Ltda., Introdução e Lição 1, pp. 1-13. 1995.
- [27] [http://revolution.allbest.ru/chemistry/00005880\\_0.html](http://revolution.allbest.ru/chemistry/00005880_0.html)
- [28] <http://vop.ru/articles/4.html>
- [29] <http://8cap-reciclagem.blogspot.com/>
- [30] Reto M.A.S., "Polietilenos Expandem Enquanto Demanda Retrai", Plástico Moderno, pp. 26-40, 1998.
- [31] Anon., "Curso Básico Intensivo de Plásticos", Jornal de Plásticos, Niterói, 1997.
- [32] Goodship V., "Introduction to Plastics Recycling", 2<sup>nd</sup> Edition, Smithers Rapra Technology Ltd., Shawbury, UK, 2007.
- [33] Rodriguez F., "Principles of Polymer Systems", Taylor & Francis, Washington, 1996.
- [34] [www.atualreciclagem.com.br/O%20Pl%C3%A1stico.html](http://www.atualreciclagem.com.br/O%20Pl%C3%A1stico.html)
- [35] [www.lanema.es/cms\\_imgs/ca5f5d31b5ac0f6d3cf82c07cfb58dd1.pdf](http://www.lanema.es/cms_imgs/ca5f5d31b5ac0f6d3cf82c07cfb58dd1.pdf)
- [36] [http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/b/b0/Bakelit\\_Struktur.png](http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/b/b0/Bakelit_Struktur.png)

- [37] <http://www.rubberpedia.com/borrachas/borrachas.php>
- [38] Hofmann W., “*Rubber Technology Handbook*”, Hanser, New York, 1989.
- [39] Malaysian Rubber Producer’s Association, “*The Natural Rubber Formulary and Property Index*”, Luton Ltd, England 1984. (Disponível em <http://www.rubberpedia.com/borrachas/borracha-natural.php>)
- [40] Morton M., “*Rubber Technology*”, 2<sup>nd</sup> Edition, Van Nostrand Reinhold, New York, 1987.
- [41] JOHN V.M., “*Reciclagem de resíduos na construção civil – contribuição à metodologia de pesquisa e desenvolvimento*”, Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, Tese (livre docência), pp. 102, 2000.
- [42] Nagdi Khairi., “*Manuale della Gomma*”, Tecniche Nuove, 1987.
- [43] Bender H., Berghus K., Friemann H., Harmsworth N., Humme, G., Kempermann Th., Italiander E.T., Kuhn-Grund E., Von Langenthal W., Mezger M., Peroth M., Rohde E., Steinbach H.-H., Sumner A., Thomas H.D. and Warth M., “*Bayer Manual for the Rubber Industry*”, Editors: Kempermann, Th., Koch, S. and Sumner, J., Bayer AG Rubber Business Group, Leverkusen, 1993.
- [44] *Directiva 94/62/CE do Parlamento Europeu*. (Disponível em: [http://europa.eu/legislation\\_summaries/environment/waste\\_management/121207\\_pt.htm](http://europa.eu/legislation_summaries/environment/waste_management/121207_pt.htm))
- [45] Azapagic A., Emsley A., Hamerton I., “*Polymers, the Environment and Sustainable*”, Development. John Wiley & Sons Ltd., Inglaterra, pp. 219, 2003.
- [46] [www.achetudoeregiao.com.br/lixo](http://www.achetudoeregiao.com.br/lixo)
- [47] “*Química nova na escola*”- N° 22, Novembro 2005 ( Disponível em: <http://qnesc.sbj.org.br/online/qnesc22/a05.pdf>)
- [48] <http://www.netresiduos.com/pt/congressos.asp?month=all&mid=141&id=1564>
- [49] Aguado J., Serrano David P., “*Feedstock Recycling of Plastic Wastes*”, Royal Society of Chemistry, Britain, 1999.
- [50] [www.esec-danielsampaio.pt/cfq/plasticos.htm](http://www.esec-danielsampaio.pt/cfq/plasticos.htm)
- [51] “*Curso de Gestão de Resíduos*” Fonte Apemeta AEP Setembro de 2005 (<http://www.scribd.com/doc/12698622/Sobre-a-Reciclagem-do-Plastico>)
- [52] Burr W. Leyson, “*Plastics in the World of Tomorrow*”, 2008.
- [53] <http://polimeros.no.sapo.pt/polmedec.htm>

- [54] Revista Modern Plastics, “*Polímeros biodegradáveis em medicina: contribuições para aplicações biomédicas e em processos de regeneração avançada de tecidos*” pp. 60-70, 1999.
- [55] Cowie J.M.G., “*Polymers: Chemistry and Physics of Modern Materials*”, 2<sup>nd</sup> Edition, Nelson Thornes Ltd., 1991.
- [56] [www.plastinfo.ru/information/articles/113/](http://www.plastinfo.ru/information/articles/113/)
- [57] [www.plasticomoderno.com.br/revista/pm323/plastivida2.htm](http://www.plasticomoderno.com.br/revista/pm323/plastivida2.htm)
- [58] [www.terapiadavida.com.br/Pasta%20de%20network/meio%20ambiente.htm](http://www.terapiadavida.com.br/Pasta%20de%20network/meio%20ambiente.htm)
- [59] [http://ec.europa.eu/portugal/comissao/destaques/20090309\\_portugueses\\_geram\\_472kg\\_lixo\\_ano\\_pt.htm](http://ec.europa.eu/portugal/comissao/destaques/20090309_portugueses_geram_472kg_lixo_ano_pt.htm)
- [60] <http://topazio1950.blogs.sapo.pt>
- [61] Boehme G. E., “*A Importância da Reciclagem*”. (Disponível em: [www.plasciti.com.br/index.php?option=com\\_content&view=article&id=187&Itemid=206](http://www.plasciti.com.br/index.php?option=com_content&view=article&id=187&Itemid=206))
- [62] <http://www.intraplas.pt/aprender/plastico.asp>
- [63] <http://www.portalsaofrancisco.com.br/alfa/plasticos/historia-do-plastico.php>
- [64] Alves P.R., “*Elementos estruturais de plástico reciclado*”, dissertação de mestrado, Escola de Engenharia de São Carlos (USP), 2006.
- [65] Hans-Georg Elias, “*An Introduction to Plastics*”, 2<sup>nd</sup> Edition, Wiley-VCH, pp. 348, 2003.
- [66] [www.carloscoelho.eu/apresentacao/view\\_faq.asp?faq=74&submenu=30](http://www.carloscoelho.eu/apresentacao/view_faq.asp?faq=74&submenu=30)
- [67] <http://epp.eurostat.ec.europa.eu/portal/page/portal/eurostat/home/>
- [68] <http://ecosfera.publico.clix.pt>
- [69] [http://dspace.fct.unl.pt/bitstream/10362/2455/1/Monteiro\\_2009.pdf](http://dspace.fct.unl.pt/bitstream/10362/2455/1/Monteiro_2009.pdf).
- [70] “*Subprojecto de Reciclagem 1º Relatório de progresso*”, Universidade de Aveiro, Dep. de Ambiente e Ordenamento, Dep. de Engenharia Cerâmica e do Vidro, Janeiro 2006. (Disponível em: [http://74.125.155.132/scholar?q=cache:f6E5tOEqJN0J:scholar.google.com/+%E2%80%9CSubprojecto+de+Reciclagem+1%C2%BA+Relat%C3%B3rio+de+progresso%E2%80%9D+Associa%C3%A7%C3%A3o+para+o+Desenvolvimento+da+Casa+do+Futuro.&hl=pt-PT&as\\_sdt=2000](http://74.125.155.132/scholar?q=cache:f6E5tOEqJN0J:scholar.google.com/+%E2%80%9CSubprojecto+de+Reciclagem+1%C2%BA+Relat%C3%B3rio+de+progresso%E2%80%9D+Associa%C3%A7%C3%A3o+para+o+Desenvolvimento+da+Casa+do+Futuro.&hl=pt-PT&as_sdt=2000))
- [71] <http://www.pontoverde.pt/indexpv.asp?opc=itsnomobile>
- [72] [www.abcdoambiente.com](http://www.abcdoambiente.com)

- [73] <http://www.apambiente.pt/politicasambiente/Residuos/Paginas/default.aspx>
- [74] <http://www.plasticomoderno.com.br/revista/pm411/noticias/noticias01.html>
- [75] [www.vda.pt/xms/files/Newsletters/Flash\\_n181\\_EU\\_Concorrencia\\_IP.pdf](http://www.vda.pt/xms/files/Newsletters/Flash_n181_EU_Concorrencia_IP.pdf)
- [76] Braga B., Hespanhol I., Conejo J. G. L., Mierzwa J.C., Barros M.T.L. Spencer M., Porto M., Nucci N., Juliano N., Eiger S., “*Introdução à Engenharia Ambiental: o desafio do desenvolvimento sustentável*”, ed. Pearson Prentice Hall, São Paulo, 2006.
- [77] [http://seminarios.ist.utl.pt/0708/des/html/sesoes/tecnologias\\_relevantes\\_sessao6.pdf](http://seminarios.ist.utl.pt/0708/des/html/sesoes/tecnologias_relevantes_sessao6.pdf)
- [78] Graça C., Romão M., Possidónio M., Boavida P. e Jamal S., “*O plástico: uma presença constante, um problema crescente*”, Escola Secundária José Gomes Ferreira", Lisboa ([www.youngreporters.org/IMG/doc/plasticoportugues.doc](http://www.youngreporters.org/IMG/doc/plasticoportugues.doc))
- [79] <http://pt-br.wordpress.com/tag/consumo-de-plastico/>
- [80] Ferreira C., Cristóvão I.,” *Optimização na Gestão de Resíduos e Sistemas de Informação*”, Camara Municipal de Lisboa, Dep. De Higiene Urbana e Residuos Solidos, 2009. (Disponível em: [http://www.maiambiente.pt/documentos/2.3\\_CMLISBOA\\_CarlosFerreira.pdf](http://www.maiambiente.pt/documentos/2.3_CMLISBOA_CarlosFerreira.pdf).)
- [81] <http://www.omeuecoponto.pt/scid/omeuecoponto/defaultCategoryViewOne.asp?categoryID=291#faq19>
- [82] [www.gesamb.pt](http://www.gesamb.pt)
- [83] <http://lisboalimpa.cm-lisboa.pt/index.php?id=1107>
- [84] [www.amde.pt/pagegen.asp?SYS\\_PAGE\\_ID=451797](http://www.amde.pt/pagegen.asp?SYS_PAGE_ID=451797)
- [85] [www.valorsul.pt/default.asp?SqlPage=content&CpContentId=15108](http://www.valorsul.pt/default.asp?SqlPage=content&CpContentId=15108)
- [86] [www.amr-planaltobeirao.pt/rsu-triagem.php](http://www.amr-planaltobeirao.pt/rsu-triagem.php)
- [87] <http://blog.eco4planet.com>
- [88] [www.demet.ufmg.br/docentes/rodrigo/processamento.htm](http://www.demet.ufmg.br/docentes/rodrigo/processamento.htm)
- [89] <http://ciencia.hsw.uol.com.br/plastico5.htm>
- [90] [www.fatecmm.edu.br/sistema/file/doc/MC2Mecanica\\_de\\_precisao\\_Aula05\\_Processamento\\_de\\_Polimeros.pdf](http://www.fatecmm.edu.br/sistema/file/doc/MC2Mecanica_de_precisao_Aula05_Processamento_de_Polimeros.pdf)
- [91] Piva A.M., Neto M.B., Wiebeck H., “*A Reciclagem de PVC no Brasil*” Polímeros, Ciência e Tecnologia, Vol. 9, nº 4, pp. 195-200, 1999.

- [92] [www.dacartobenvic.com.br/processosdetransformacao/specificprocesstech/0,,16800-5-0,00.htm](http://www.dacartobenvic.com.br/processosdetransformacao/specificprocesstech/0,,16800-5-0,00.htm)
- [93] <http://www.futureenergia.org/ww/en/pub/futureenergia2007/homepage.htm>
- [94] Brognoli, R., "*Desenvolvimento da Qualidade na Reciclagem de Plásticos. SBRT*", Serviço Brasileiro de Respostas Técnicas, Brasil, 2006.
- [95] Spinace, M.A.S., Paoli, M.A., "*A Tecnologia da Reciclagem de Polímeros*", Química Nova, Vol. 28, nº. 1, pp.65-72, 2005.
- [96] Spinacé M.A.S., De Paoli M.A., "*A tecnologia da reciclagem de polímeros*", Química Nova, Vol. 28, nº. 1, pp. 65-72, 2005.
- [97] António Correia Diogo "Tecnologias relevantes no metabolismo da Economia.", Universidade Nova de Lisboa, 2007. (Disponível em: [http://seminarios.ist.utl.pt/07-08/des/html/sessoes/tecnologias\\_relevantes\\_sessao6.pdf](http://seminarios.ist.utl.pt/07-08/des/html/sessoes/tecnologias_relevantes_sessao6.pdf))
- [98] <http://www.scribd.com/doc/23141121/Reciclagem-de-Polimeros>
- [99] <http://reciclaplasticos.blogspot.com>
- [100] Al-AbdulRazzak, S.; Jabarin, S. A. "*Processing characteristics of poly(ethylene terephthalate): hydrolytic and thermal degradation*", Polymer International, Vol. 51, issue 2, pp.164-173, 2002.
- [101] [www.institutodopvc.org/reciclagem/base2.htm](http://www.institutodopvc.org/reciclagem/base2.htm)
- [102] Samdani G., "*Chemical treatment devulcanizes rubber crumbs for recycling*" Chemical and Engineering, Vol. 102, nº 11, pp. 15-19, 1995.
- [103] Brandrup J., Bittmer M., Michaeli W., Menges G., "*Recycling and Recovery of Plastics*", Ed. Carl Hanser Verlag, München, 1996.
- [104] Kao C. Y.; Cheng W. H.; Wan B. Z. "*Investigation of catalytic glycolysis of polyethylene terephthalate by differential scanning calorimetry*", Thermochimica Acta, Vol. 292, issues 1-2, pp.95-104, 1997.
- [105] Kaminsky W., Eger C., "*Pyrolysis of filled PMMA for monomer recovery*", J. Anal. Appl. Pyrolysis, Vol 58, pp. 781-790, 2001.
- [106] Jardim W. F., Figueiredo P. J. M., Grassi M. T., Cunha M., Menna D. T. G., "*Estudo Comparativo entre alguns Produtos a base de PVC e outros materiais*", Projeto ABIVINILA/UNICAMP/UNIMEP, 1984.
- [107] Braun D., Von Gentzkow W., Rudolf A. P., *Polym. Degrad. Stab.* vol. 74, pp. 25-32, 2002.

- [108] Achilias D. S., Roupakias C., Megalokonomos P., Lappas, A.A., Antonakou E.V., "Chemical recycling of plastic wastes made from polyethylene (LDPE and HDPE) and polypropylene (PP)", *Journal of Hazardous Materials*, pp. 7, 2007.
- [109] Bisio A.L., Xanthos M., "How to manage plastics waste: technology and opportunities." Ed. Hanser Publishers, Nova Iorque, pp. 252, 1994.
- [110] Shent H., Pugh R. J., Forssberg E., "A review of plastics waste recycling and the flotation of plasti. Resources. Conservation and Recycling". Ed. Elsevier, vol 25, pp 85-109, 1999.
- [111] Patel M., Thienen N., Jochen E., Worrel E., "Recycling of plastics in Germany. Resources. Conservation and Recycling.", Ed. Elsevier, vol 29, pp 65-90, 2000.
- [112] Mustafa N., "Plastics Waste Management: Disposal Recycling and Reuse", Ed. Marcel Decker Inc., New York, pp. 413, 1993.
- [113] <http://www.cvresiduos.pt/publicacoes.htm>
- [114] Espíndola L.C., "Reciclagem de plasticos pos-consumo misturados não reaproveitados pelo centros de triagem de Porto Alegre", Dissertação de Mestrado, Un. Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2004.
- [115] <http://www.quercus.pt/scid/webquercus/defaultArticleViewOne.asp?categoryID=567&articleID=1850>
- [116] "Plásticos mistos já podem ser reciclados", publicado no site [plastival.pt](http://www.plastival.pt), em 2008 (Disponível em: <http://www.plastival.pt/index.asp?info=noticias&ano=2008&id=136>).
- [117] <http://www.quercus.pt/scid/webquercus/defaultCategoryViewOne.asp?categoryID=641>
- [118] "Ponto Verde abandona plásticos mistos para evitar falência", publicado no site de Destak.pt, 2009. (Disponível em: <http://www.destak.pt/artigo/40987-ponto-verde-abandona-plasticos-mistos-para-evitar-falencia>)
- [119] <http://www.portugal.gov.pt/pt/GC18/Pages/Inicio.aspx>
- [120] Bayer A.G., "Manual for the rubber industry", 2<sup>nd</sup> Edition, Development Section Leverkusen, 1993.
- [121] [www.jorplast.com.br](http://www.jorplast.com.br)
- [122] Reschner K., "An overview of commercially available scrap tireprocessing and rubber recycling methods", Abril 2002. (Disponível em: [http://home.snafu.de/kurtr/str/recy\\_en.html](http://home.snafu.de/kurtr/str/recy_en.html))
- [123] [www.compam.com.br/re\\_plastico.htm](http://www.compam.com.br/re_plastico.htm)

- [124] Decreto-Lei n.º 43/2004 (Disponível em: <http://www.iapmei.pt/iapmei-leg-03.php?lei=2751>)
- [125] [www.app.parlamento.pt](http://www.app.parlamento.pt)
- [126] Marczak R. J., " *Polímeros como materiais de engenharia*", UFRGS, Porto Alegre, 2004.
- [127] Marco-A. De Paoli " *Principais tipos de aditivos para termoplásticos e suas funções*", Instituto de Química, Unicamp. (Disponível em: [lpcr.iqm.unicamp.br/arquivos/dplastificanteslubrificantes.pdf](http://lpcr.iqm.unicamp.br/arquivos/dplastificanteslubrificantes.pdf))
- [128] Texugo de Sousa M.E., " *Relatorio tematico operadores de gestao de plastico*", Inspeção- geral do Ambiente e do Ordenamento do território Lisboa, Janeiro de 2008. (Disponível em: [www.igaot.pt/wp-content/uploads/2010/02/RECICL-PLÁST.pdf](http://www.igaot.pt/wp-content/uploads/2010/02/RECICL-PLÁST.pdf))
- [129] Sadler G.D., " *Recycling of Polymers for Food Use: a Current Perspective*", Plastics, Rubber, and Paper Recycling: a Pragmatic Approach. American Chemical Society, Washington, 1995.
- [130] Huber M., Franz R., " *Studies on contamination of post consumer plastics from controlled resources for recycling into food packaging applications*", Deutsche Lebensmittel Rundschau, vol.93, nº10, pp. 328, 1997.
- [131] Tacito L.D., " *Polymer Recycling Technology for Food Use Technical Requirements to Meet Safety and Quality Assurance*", American Chemical Society, Washington, 1995.
- [132] Toledo de Lima S.L., " *Reciclagem e biodegradação de plásticos*", Revista Científica do IMAPES, vol. 2, nº. 2, 2004. (Disponível em: [www.imapes.br/site/imapes/revista/revista2004.pdf](http://www.imapes.br/site/imapes/revista/revista2004.pdf))
- [133] Mayne N., " *Design for Environment, a European Perspective*", Association of Plastics Manufacturers in Europe, Tornadoes PLASTVAL, Porto/Lisboa, 2002.
- [134] Alves C.A.T., " *Algumas Questões Técnicas Sobre um Resíduo em Particular Plástico*", Curso de Gestão de Resíduos, pp. 14 – 58, 2006. Disponível em : [www.ecogestao.com.pt/.../Literatura%20de%20apoio-Sobre%20a%20reciclagem%20do%20plastico.pdf](http://www.ecogestao.com.pt/.../Literatura%20de%20apoio-Sobre%20a%20reciclagem%20do%20plastico.pdf)
- [135] <http://www.apip.pt/cgi-sys/suspendedpage.cgi>
- [136] <http://residuos.quercus.pt>
- [137] " *Criação da 1.ª Associação Nacional de Recicladores de Plástico*", Associação Nacional de Conservação da Natureza, Quercus, 2008. (Disponível em: <http://naturlink.sapo.pt/article.aspx?menuid=20&cid=2860&bl=1>)

- [138] Bockhorn H., Hentschel J., Hornung A., Hornung U., “ *Environmental engineering: stepwise pyrolysis of plastic waste*”, Chem. Eng. Sci., vol 54, nº15-16, pp. 3043-3051, 1999.
- [139] [http://www.valorpneu.pt/artigo.aspx?lang=pt&id\\_object=49&name=Quem-Somos](http://www.valorpneu.pt/artigo.aspx?lang=pt&id_object=49&name=Quem-Somos)
- [140] <http://www.apambiente.pt/apresentacao/Paginas/Apresentacao2.aspx>
- [141] [www.amb3e.pt/artigo.aspx?lang=pt&id\\_object=19&name=Principios](http://www.amb3e.pt/artigo.aspx?lang=pt&id_object=19&name=Principios)
- [142] [www.erp-portugal.pt/categorias](http://www.erp-portugal.pt/categorias)
- [143] [http://www.valorfito.com/funcionamento\\_sist.html](http://www.valorfito.com/funcionamento_sist.html)
- [144] Godinho M.M., Correia N., Pinto M.C., “ *Estudo sobre a Utilização da propriedade industrial nos sectores dos Plásticos e dos Moldes*”, Instituto nacional da propriedade industrial, vol. II, 2005. (Disponível em: <http://www.scribd.com/doc/38132634/1192041338-a-Industria-de-Moldes-No-Contexto-Mundial-Europeu-e-Da-Industria-Portuguesa>).
- [145] [www.dpp.pt/pages/files/cluster\\_automovel.pdf](http://www.dpp.pt/pages/files/cluster_automovel.pdf)
- [146] *Diário da República, 2.ª série — N.º 91 — 12*, Maio de 2009. (Disponível em: [dre.pt/pdf1sdip/2009/05/09100/0282602827.pdf](http://dre.pt/pdf1sdip/2009/05/09100/0282602827.pdf))
- [147] [http://www.sodineiro.info/ideias-de-novos-negocios/ideias-de-novos-negocios\\_empresa-de-reciclagem.php](http://www.sodineiro.info/ideias-de-novos-negocios/ideias-de-novos-negocios_empresa-de-reciclagem.php).
- [148] Morilhas L.J., Fedichina M.A.H., Gozzi S., Segantin J.A., Boldrin V.P., “ *Desenvolvimento de produtos: um estudo no sector de plásticos Reciclados*”, XIII SIMPEP – Bauru, SP, Brasil, 2006. (Disponível em: [www.simpep.feb.unesp.br/anais/anais\\_13/artigos/892.pdf](http://www.simpep.feb.unesp.br/anais/anais_13/artigos/892.pdf))
- [149] [www.extruplas.com/](http://www.extruplas.com/)
- [150] [www.recipor.pt/](http://www.recipor.pt/)
- [151] [www.netresiduos.com](http://www.netresiduos.com)
- [152] [www.plastimar.pt/noticias/case\\_study\\_2.pdf](http://www.plastimar.pt/noticias/case_study_2.pdf)
- [153] [www.evertis.com/index.php?ID=55](http://www.evertis.com/index.php?ID=55)
- [154] [www.crokplastik.com/](http://www.crokplastik.com/)
- [155] <http://www.recoviny1.com/news>
- [156] [www.pneugreen.com/index.php?option=com\\_content&view=article&id=61:pneugreen-aposta-na-reciclagem-de-pneus&catid=54:noticias&Itemid=73](http://www.pneugreen.com/index.php?option=com_content&view=article&id=61:pneugreen-aposta-na-reciclagem-de-pneus&catid=54:noticias&Itemid=73)

- [157] [http://tsf.sapo.pt/PaginaInicial/Vida/Interior.aspx?content\\_id=1369899](http://tsf.sapo.pt/PaginaInicial/Vida/Interior.aspx?content_id=1369899)
- [158] <http://www.euclides.net/noticias.php?id=610>
- [159] [www.brzanplast.ru/util.html](http://www.brzanplast.ru/util.html)
- [160] [http://planetasustentavel.abril.com.br/noticia/atitude/conteudo\\_255967.shtml](http://planetasustentavel.abril.com.br/noticia/atitude/conteudo_255967.shtml)
- [161] [www.ambientebrasil.com.br/composer.php3?base=residuos/index.php3&conteudo=.residuos/reciclagem/plastico.html#utilizacao](http://www.ambientebrasil.com.br/composer.php3?base=residuos/index.php3&conteudo=.residuos/reciclagem/plastico.html#utilizacao)
- [162] [www.musoroff.ru/texts/plast/](http://www.musoroff.ru/texts/plast/)
- [163] <http://www.facenova.com/institucional/quemsomos.html>
- [164] <http://pt.recovinyl.com/coveredapplications>
- [165] [www.mani.pt/pt/novidades/rpet.html](http://www.mani.pt/pt/novidades/rpet.html)
- [166] [http://dn.sapo.pt/inicio/interior.aspx?content\\_id=632534](http://dn.sapo.pt/inicio/interior.aspx?content_id=632534)
- [167] [www.cires.pt/members/grupocires/home](http://www.cires.pt/members/grupocires/home)
- [168] [http://campus.fct.unl.pt/afr/ipa\\_9900/grupo0060\\_resolidos/#REUTILIZAR](http://campus.fct.unl.pt/afr/ipa_9900/grupo0060_resolidos/#REUTILIZAR)
- [169] [www.confagri.pt/Ambiente/AreasTematicas/Residuos/Documentos](http://www.confagri.pt/Ambiente/AreasTematicas/Residuos/Documentos)
- [170] [http://madeira.quercus.pt/xFiles/scContentDeployer\\_pt/docs/DocSite1731.ppt#257,2,Diapositivo 2](http://madeira.quercus.pt/xFiles/scContentDeployer_pt/docs/DocSite1731.ppt#257,2,Diapositivo 2)
- [171] *Resolução da Assembleia da República n.º 31/2008, Diário da República, 1.ª série — N.º 141 — 23 de Julho de 2008.* (Disponível em: <http://www.gforum.tv/board/1104/247840/d-r-n-141-serie-i-de-2008-07-23-a.html>)
- [172] <http://limparportugal.ning.com/profiles/blogs/reutilizacao-sacos-plasticos>
- [173] Spinace M.A.S., Paoli M.A., "A Tecnologia da Reciclagem de Polimeros", Quim. Nova, Vol. 28, n.º. 1, pp. 65-72, 2005.
- [174] Panvalkar S.G., "A Review of Environmental Legislation in the West Affecting Export-Packaging from Developing Countries", 1991.
- [175] Bertin J., "European Food & Drink", pp.57, 1998.
- [176] Komolprasert V., Lawson, A.R., "Considerations for Reuse of Poly(ethylene terephthalate) Bottles in Food Packaging: Migration Study", Journal of Agricultural and Food Chemistry, vol.45, n.º 2, pp.444, 1997.
- [177] Schlenker R., Thoma S., Oechsle D., "Die Bierstabilisierung mit PVPP im Recycling" Stand der Technik Brauwelt, vol.139, n.º18, pp. 794, 1999.
- [178] <http://ciencias3c.cvg.com.pt/reciclagem.htm>

- [179] Krishnaswamy P., Miele C. R., Francini R. B., Yuracko K., Yerace P.; *"Field evaluation of recycled plastic lumber pallets"*; Departamento de Recursos Naturais de Ohio, Columbus: Battelle; 1997.
- [180] Albano C., Sanchez G., *"Study of mechanical, thermal and the rmodegradative properties of virgin PP with recycled and non-recycled HDPE"*, Polymer Engineering and Science, vol. 39, 1999.
- [181] Azapagic A., Emsley A., Hamerton I., *"Polymers, the Environment and Sustainable Development"*, John Wiley & Sons Ltd., Inglaterra, pp. 219, 2003.
- [182] Ehrig R. J., *"Plastics Recycling: Products and Processes"*, Häuser Publisher, New York, pp.289, 1992.
- [183] [www.ima.ufrj.br/linhaspes/meioamb.html](http://www.ima.ufrj.br/linhaspes/meioamb.html)
- [184] <http://www.esb.ucp.pt/biblio/>
- [185] [www.ecogestao.com.pt/.../Literatura%20de%20apoioSobre%20a%20reciclagem%20do%20plastico.pdf](http://www.ecogestao.com.pt/.../Literatura%20de%20apoioSobre%20a%20reciclagem%20do%20plastico.pdf)
- [186] Castro A. G., Pouzada A. S., *"Embalagens Para a Indústria Alimentar"*, Vila Real, UTAD, 1991.
- [187] Poças M. F., *"A Embalagem e a Conservação de Produtos Alimentares"*, Escola Superior de Biotecnologia, Universidade Catolica Portuguesa (UCP), CEPA - Centro de Embalagem de Produtos Alimentares. Programa PEDIP, 1993.
- [188] Santos M. C., Poças M. F., Xará S., *"Interacção Embalagem/Alimento"*, Escola Superior de Biotecnologia, Universidade Catolica Portuguesa (UCP), CEPA - Centro de Embalagem de Produtos Alimentares.
- [189] *Decreto Lei n° 322/95, D.R. Iª Série A, n° 275,1995.* (Disponível em: [http://www.ipv.pt/millennium/ect7\\_rg.htm](http://www.ipv.pt/millennium/ect7_rg.htm))
- [190] *Directiva 2005/79/CE, de 18 de Novembro de 2005.* (Disponível em: <http://www.iapmei.pt/iapmei-leg-03.php?lei=3879>)
- [191] *Decreto-Lei n.º 4/2003, de 10 de Janeiro 2003.* (Disponível em: [www.iapmei.pt/iapmei-leg-03.php?lei=1470](http://www.iapmei.pt/iapmei-leg-03.php?lei=1470))
- [192] Viveiros M., *"Bagaço vira plástico biodegradável"*, Folha de São Paulo, Caderno Ambiente, pp. 15, 2003. (Disponível em: <http://www.ipt.br/imprensa/midia/?ID=962>, Acesso em 2008)
- [193] Goodship V., *"Introduction to Plastics Recycling"*, 2<sup>nd</sup> Edition Smithers Rapra Technology Limited A wholly owned subsidiary of The Smithers Group, UK, 2007.

- [194] [http://samuelrobaert.blogspot.com/2009\\_08\\_01\\_archive.html](http://samuelrobaert.blogspot.com/2009_08_01_archive.html)
- [195] [www.plastinfo.ru/information/articles/113/](http://www.plastinfo.ru/information/articles/113/)
- [196] <http://residuos.quercus.pt>
- [197] [www.semanainternacional.com.br/](http://www.semanainternacional.com.br/)
- [198] [www.rivierplast.com.br/siteloja/principal.asp](http://www.rivierplast.com.br/siteloja/principal.asp)
- [199] <http://www.rochmam.com/FlashIntro/FlashIntro.aspx>
- [200] <http://info.abril.com.br/ti-verde/ufscar-cria-papel-a-partir-de.shtml>
- [201] [www.coladaweb.com/curiosidades/utilidades-dos-plasticos](http://www.coladaweb.com/curiosidades/utilidades-dos-plasticos)
- [202] [www.plasticomoderno.com.br/revista/pm323/plastivida2.htm](http://www.plasticomoderno.com.br/revista/pm323/plastivida2.htm)
- [203] *Decreto-Lei nº 62/2008 de 31-03-2008.* (Disponível em: [http://bdjur.almedina.net/sinopse.php?field=node\\_id&value=1307570](http://bdjur.almedina.net/sinopse.php?field=node_id&value=1307570))
- [204] Carless J., *"Recycling into the Future There is no doubt that recycling will increase in significance as an integral part of our waste management processes in the future"*, Political Science , 1992.
- [205] <http://jcrs.uol.com.br/site/noticia.php?codn=40944>
- [206] <http://www.anmp.pt/anmp/doc/Dpeas/2007/div/0602PERSU04.pdf>

## ANEXOS

### ANEXO1. METAS A CUMPRIR PARA RSU [206]

Metas a cumprir	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
RUB passíveis de deposição em aterro (% de RUB produzidos em 1995)	75	75	75	75	50	50	50	50	50	50	50	35	35	35	35	35
Valorização embalagens (%)	50	50	50	50	50	50	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60
Reciclagem embalagens (%)	25	25	25	25	25	25	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55
Papel/cartão	15	15	15	15	15	15	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60
Plásticos	15	15	15	15	15	15	22,5	22,5	22,5	22,5	22,5	22,5	22,5	22,5	22,5	22,5
Vidro	15	15	15	15	15	15	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60
Metais	15	15	15	15	15	15	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50
Madeira	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15

## **ANEXO 2. OPERADORES DE GESTÃO DE RESÍDUOS DE PLÁSTICO**

*(incluídos na LOGRNU de Abril de 2007) [128]*

<b>Nome do Operador</b>	<b>Concelho</b>
2ND MARKET – recolha, triag, recicl e reutiliz prod electr e electron, Lda	Santa Maria da Feira
2ND MARKET – recolha, triag, recicl e reutiliz prod electr e electron, Lda	Nelas
A.F.SOUSA & FILHOS. Lda	Vila Nova de Famalicão
A.S.SIMÕES – Sociedade de Recuperação de Resíduos, Lda	Seixal
ADRIANO CARNEIRO & MANUELA - Recuperados Texteis, Lda	Lousada
AGM – Sociedade de Recuperação de Plásticos, Lda	Santo Tirso
ALBINO ARAUJO MESQUITA DA SILVA	Vila Nova de Famalicão
ALBINO PEREIRA BELINHA	Santa Maria da Feira
AMBICARE INDUSTRIAL – Tratamento de Resíduos, SA	Setúbal
AMBIENTE – Recuperação de Materiais Plásticos, SA	Leiria
AMBIPOMBAL – Recolha de Resíduos Industriais, SA	Pombal
ANTÓNIO DA SILVA	Vila Nova de Famalicão
ANTÓNIO MANUEL BARATA FREXES	Fundão
APPACDM TROFA - Pró Ambiente	Trofa
ARMANDO PIEDADE DA SILVA	Salvaterra de Magos
RMAZÉNS CALISTO – Comércio de Sucatas, Lda	Ponte de Lima

ASCENÇÃO & COUTINHO, Lda	Vila do Conde
ASSOCIAÇÃO DE MUNICÍPIOS DO VALE DO SOUSA	Penafiel
BALUARTE – Soc de Recolha e Recup de Desperdícios, Lda	Alcochete
BALUARTE – Soc de Recolha e Recup de Desperdícios, Lda	Maia
BAQUELITE LIS, SA	Leiria
BARNARTRADE – Matérias Plásticas, SA	Estarreja
BENTA & BENTA – Comercial Cartão, Papéis velhos e Desp Metal, Lda	Póvoa de Varzim
BENTOS – Gestão de Resíduos, Lda	Benavente
BRAGAPRINT – Reciclagem de produtos Informáticos, Lda	Braga
BRAGAINOX – Reciclagem de metais, Lda	Braga (Celeirós)
CARLOS FERREIRA DA SILVA & FILHOS, Lda	Vila Nova de Gaia
CENTRO COMERCIAL VILARINHO, Lda	Vila Nova de Famalicão
CICLOTRATA, SA	Palmela
CONSTANTINO FERNANDES DE OLIVEIRA & FILHOS, Lda	Vila Nova de Gaia
CONSTRUÇÕES DAVID PINTO, Lda	Pombal
CORREIA & MENDES, Lda	Castelo de Paiva
DANIEL JOSÉ MORAIS, Lda	Vila Nova de Gaia
DAVID DA SILVA ADÃES & FILHOS, Lda	Santo Tirso
DIAS VERDES-Recolha, Locação, Exploração, Saneamento e Limpeza	Oliveira de Azeméis
DIEGO & VALENTE – Transporte e Gestão de Lixos, Lda	Arouca
DOMINGOS DA SILVA E SOUSA, Lda	Vila Nova de Famalicão
DOMINGOS MENDES GONÇALVES	Guimarães
ECOCICLO – Energia e Ambiente, SA	Maia
ECOIBÉRICA – Reciclados Ibéricos, Lda	Guimarães

ECOLABOR – Transporte e Gestão de Resíduos, Lda	Sintra
ECOMAIS – Recolha e Valorização de Resíduos, Lda	Batalha
ECOPALETES, Lda	Trofa
ECOREUTIL – Consumíveis de Informática, Lda	Santa Maria da Feira
ELIAS SOUSA TAXA & FILHOS, Lda	Torres Novas
EUROSEPARADORA- Tratamento de Lixos, Lda	Santo Tirso
EXTRUPLÁS –Recicl, Recup e Fabr de Prod de Plásticos, Lda	Trofa
FAP – Fábr de Aglom de Plást de Manuel Alberto Mendes Ramires	Ovar
FÉLIX FILIPE & FILHOS – Reciclagem e Valoriz de Resíduos, Lda	Marinha Grande
FERCIS HOLDINGS LIMITED – Sucursal em Portugal	Guimarães
FLB-Comercialização e Exportação de Sucata, Lda	Vila Nova de Gaia
FRADIPLAS – Soc Transformadora de Plásticos	Oliveira de Frades
FRANCISCO BAPTISTA, Lda	Setúbal
FRANCISCO HENRIQUE SOUSA FRADE	Torres Novas
FRIGOTERMO – Tomé & Vaz Pinheiro, Lda	Vila Nova de Gaia
GANDARA – Papel Velho e Sucatas, Lda	Sintra
GESAMB – Gestão Ambiental e de Resíduos, EIM	Évora
GESTIPLATIC – Fabr e Comer de Artigos de Plástico, La	Marinha Grande
GINTEGRAL – Gestão Ambiental	Póvoa do Varzim
GOMES DE OLIVEIRA & SÁ, Lda	Vila Nova de Gaia
GRACIANO DA CRUZ – Comérc e escolha selectiva resíduos metálicos	Tondela
GRIJOTUBOS – Fabr de Tubos e Acessórios Plásticos, Lda	Vila Nova de Gaia
HENRIDO – Gestão de Resíduos Unipessoal, Lda	Rio Maior
HIGILUSA – Limpesas urbanas e Tratamento de Resíduos, Lda	Santa Maria da Feira
IMBAL - Preparação e Comércio de Resíduos Metálicos, Lda	Lisboa

IPODEC PORTUGAL – Gestão de Resíduos, Lda	Barreiro
IPODEC PORTUGAL – Gestão de Resíduos, Lda	Loulé
IRP – Indústria Recicladora de Plásticos	Ansião
J. BAPTISTA CARVALHO, Lda	Cantanhede
J. NUNES & FILHOS, Lda	S.Maria da Feira
JML- Comércio de metais, Lda	Vila Nova de Famalicão
JMR – José Machado Ribeiro & Filhos, Lda	Trofa
JOÃO CORDEIRO VIEIRA & Cª Lda	Porto de Mós
JOÃO JOAQUIM DE JESUS SOUSA	Vila Nova de Gaia
JOAQUIM VAZ BAPTISTA	Soure
JORGE HENRIQUES COIMBRA	Tondela
JOSÉ LUÍS PINHEIRO COELHO	Guimarães
JOSÉ MACHADO RIBEIRO	Trofa
LEIRITRADING – Representações e Comércio, Lda	Pombal
MAINETTI – Cabides, Lda	Maia
MANUEL AUGUSTO SERRA FERREIRA	Vila Nova de Poiães
MANUEL JOAQUIM DA SILVA BARBOSA, Lda	Vila Nova de Gaia
MANUEL PAIVA – Recuperados Têxteis, Lda	Vila Nova de Famalicão
MANUEL RODRIGUES DE ALMEIDA & FILHOS, Lda	Sintra
MARIA ISABEL DA COSTA PEREIRA	Vila Verde
MARIA MAFALDA CARDOSO M. BARBOSA CORTE REAL	Espinho
MÁRIO JOSÉ GOMES PEDROSA	Agueda
MÁRIO OLIVEIRA ALVES NOGUEIRA	Covilhã
MARTINHO, MOUTINHO & CAMPOS, Lda	Maia
METAIS JAIME DIAS, LDA	Trofa

MICRONIPOL – Micronização e Reciclagem de Polímeros, Lda	Valongo
MIRAPAPEL- Comrcio de Papel Velho e Cartão, Lda	Mirandela
MITROMAR – Industr de Materiais Plásticas, SA	Palmela
NOITESRECICLAGEM – Matérias Primas Secundárias, SA	Évora
NOR-GOMPAPEL – Comércio de Desperdícios de Papel, Lda	Gondomar
NOVADELTA – Comércio e indústria de Cafés, Lda	Campo Maior
O2 -TRATAMENTOS E LIMPEZAS AMBIENTAIS, SA	Nelas
PARAGLÁS – Sociedade de Acrílicos, Lda	Benavente
PAULO COUTO & FILHOS Lda	Vila Nova de Gaia
PERVEDANT – Perfis e Vedantes, Lda	Leiria
PETIBOL – Embalagens de Plástico, Lda	Matosinhos
PLÁSTICOS DO SADO	Barreiro
PLASTIMAR – Indústria de Plásticos Penichense, Lda	Peniche
PORTUGAL RECICLAGEM – Transform, Recicl e Comerc Plásticos, Lda	Oliveira de Azeméis
PRN – Informática, Lda	Paredes
PROLIXO – Eliminação de Resíduos industriais, Lda	Barreiro
QUIMA – Recolha e Recuperação de Desperdícios, Lda	Setúbal
R.CICLO – Recolha e Reciclagem de Papéis e Plásticos, Lda	Albergaria-a-Velha
RAMOS & ESPERANÇA, Lda	Porto de Mós
RECICLA 2000 – Recicladora de Metais, Lda	Castelo de Paiva
RECICLOPAPEL – Sociedade Recicladora de Papel, Lda	Valença
RECICLOM – Reciclagem e Serviçs, Lda	Figueira Foz
RECILAVAGUEIRAS – Reciclagem de Plásticos, Lda	Castelo de Paiva
RECITRA – Reciclagem e Transformação, Lda	Vila Nova de Gaia
RECY-TOP – Reciclagem e Plásticos Unipessoal, Lda	Abrantes
REISSWOLF-Tratam Confidencial e Recicl de Dados e Arquivos,	Alcochete

SA

RENASCIMENTO – Soc de Recuper e Valorização de Resíduos, Lda	Loures
REVALOR – Recuperação e Valorização de Resíduos, Lda	Alcobaça
ROSEFER – Aproveitamentos Têxteis e Confecções, Lda	Fafe
RRI – Recolha de Resíduos Industriais, Lda	Lousada
SANSILTEX-SANTOS & SILVA , Desperdícios Têxteis, Lda	Santo Tirso
SANTOS OLIVEIRA PLÁSTICOS, Lda	Santa Maria da Feira
SEBASTIÃO & MARTINS, Lda	Santo Tirso
SELENIS AMBIENTE – Ind de Reciclagem de PET, Lda	Portalegre
SIRPLASTE – Soc Ind de Recuperados de Plástico, SA	Leiria
SOCER EMBALAGENS, Lda	Valongo
SOC. COMERCIAL DE PAPEL E CORTIÇA AMARELISA, Lda	Ílhavo
SOCORSUL – Comercio e Revalorização de Embalagens, Lda	Loures
SOFIA & SOFIA, Lda	Braga
SUCATA DE ARAUJO & ARAUJO, Lda	Viana do Castelo
SUCATAS DE RAMIL, Lda	Santa Maria da Feira
SUCATAS RAIMUNDO de Abílio Rodrigues G Raimundo	Guarda
SUCATAS REAL DA SILVA & CRUZ, Lda	Trofa
TRANSUCATAS – Transformação de Sucatas	Seixal
TRATIS – Tratamento de Resíduos Industriais, SA	Viseu
TREPEL - Triagem e Comercio de Resíduos de Papel, Lda	Torres Novas
TRIANOVO – Resíduos de Construção Civil, Lda	Torres Vedras
TRINOPLAS – Plásticos, Lda	Albergaria-a-Velha
TRITACOBRE – Metais, Lda	Paredes
TRIU – Técnicas de Resíduos Industriais e Urbanos, Lda	Benavente

## **ANEXO 3. RESPOSTAS DE INQUÉRITOS.**

### **Anexo 3.1. Resposta de inquérito Evertis de PET**

#### *Questionário sobre Reciclagem de PET (Evertis)*

1 – Qual a data de início da actividade de reciclagem de plásticos?

2003

2 – Faz reciclagem de PET? Se sim, em que ano iniciou?

2003

3 – Que quantidades (kg ou toneladas) de matéria-prima (PET) receberam nos últimos três anos?

2007 – 7 812 Ton

2008 – 7992 Ton

2009 – 9639 Ton

4 – Qual o preço médio anual/semestral por kg da matéria-prima (PET)?

2007 - 125 €/ton

2008 – 160 €/ton

2009 – 105 €/ton

5 – Quais os principais fins do PET reciclado (rPET) produzido nas vossas instalações?

- Chapa de PET
- Fibras

**6** – Qual a quantidade (kg ou toneladas) em média que pode ser utilizada na produção de PET reciclado (rPET) para fins alimentares (líquidos e sólidos)?

80% da produção actual

**7** – Qual o preço em média por kg do PET reciclado (rPET), se possível, de acordo com a sua aplicação (fibra, embalagens, entre outros)?

2007 – 750 €/ton

2008 – 720 €/ton

2009 – 650 €/ton

**8** – Qual a quantidade (toneladas ou percentual) de matéria-prima que é rejeitada?

- 15 % Lixo para Aterro
- 10% Outros contaminantes

**9** – Quais as 3 causas principais (contaminantes ou outras) de rejeição da matéria-prima?

- a) Resíduos não valorizáveis
- b) Contaminantes para o processo de produção seguinte
- c) ---

**10** – Que processo(s) / tecnologia(s) de reciclagem é(são) utilizado(s)?

Processo mecânico:

Pré-lavagem – Triagem (óptica-manual) - Moagem - Lavagem a quente, enxaguamento a frio, separação por densidades, secagem, embalagem.

**11** – Indique os 3 principais problemas aquando do processo de reciclagem?

- a) Quantidades recicladas abaixo da capacidade instalada.
- b) Heterogeneidade da matéria-prima
- c) Contaminantes vários.

**12** – Estão previstas alterações no processo de reciclagem? Quais?

Sim. Implementação de um sistema de triagem óptica para melhoria do produto acabado.

**13** – Se fosse possível modificar o vosso processo de reciclagem, que aspectos seriam contemplados?

Melhoria a nível de Lavagem do produto. Melhoria de eficiência do processo em termos energéticos.

**14** – Nalgumas linhas, preveja o futuro próximo relativamente à reciclagem de PET em Portugal e de uma forma mais global, da reciclagem dos plásticos.

Prevê-se uma maior consciencialização no que toca a este tema. E que o número de embalagens recicladas venha a aumentar. Prevê-se uma liberalização do mercado a nível de venda de resíduos.

## **Anexo 3.2. Resposta de inquérito Daniel Morais de PET**

### ***Questionário sobre Reciclagem de PET***

1 – Qual a data de início da actividade de reciclagem de plásticos?

1982

2 – Faz reciclagem de PET? Se sim, em que ano iniciou?

Não, apenas armazenamos e depois de enfardado o material é exportado

3 – Que quantidades (kg ou toneladas) de matéria-prima (PET) receberam nos últimos três anos?

2007 – 52.649 KG

2008 – 151.369 KG

2009 – 163.023 KG

4 – Qual o preço médio anual/semestral por kg da matéria-prima (PET)?

2007 – 0,125 €/kg

2008 – 0,170 €/kg

2009 – 0,137 €/kg

5 – Quais os principais fins do PET reciclado (rPET) produzido nas vossas instalações?

Para exportação (China), sobretudo para a indústria têxtil.

6 – Qual a quantidade (kg ou toneladas) em média que pode ser utilizada na produção de PET reciclado (rPET) para fins alimentares (líquidos e sólidos)?

0%, normalmente o material de 2ª categoria não é utilizado pela indústria alimentar

7 – Qual o preço em média por kg do PET reciclado (rPET), se possível, de acordo com a sua aplicação (fibra, embalagens, entre outros)?

2007 – \_\_\_\_\_ €/ton

2008 – \_\_\_\_\_ €/ton

2009 – \_\_\_\_\_ €/ton

**8** – Qual a quantidade (toneladas ou percentual) de matéria-prima que é rejeitada?

- 0%

**9** – Quais as 3 causas principais (contaminantes ou outras) de rejeição da matéria-prima?

- a) No nosso caso, apenas varia o preço oferecido pelo nosso cliente caso o material tenha papel, por exemplo
- b) \_\_\_\_\_
- c) \_\_\_\_\_

**10** – Que processo(s) / tecnologia(s) de reciclagem é(são) utilizado(s)?

Apenas enfardamos este tipo de material

**11** – Indique os 3 principais problemas aquando do processo de reciclagem?

- a) \_\_\_\_\_
- b) \_\_\_\_\_
- c) \_\_\_\_\_

**12** – Estão previstas alterações no processo de reciclagem? Quais?

- Não

**13** – Se fosse possível modificar o vosso processo de reciclagem, que aspectos seriam contemplados?

- A lavagem do plástico

**14** – Nalgumas linhas, preveja o futuro próximo relativamente à reciclagem de PET em Portugal e de uma forma mais global, da reciclagem dos plásticos.

Esperamos um aumento da quantidade de material para reciclar, que do PET quer outro tipo de polímero, e conseqüente aumento da utilização/aplicação desta matéria prima seguida.

### **Anexo 3.3. Resposta de inquérito Gintegral de PVC.**

#### ***Questionário sobre Reciclagem de PVC***

**1 – Qual a data de início da actividade de reciclagem de plásticos?**

2007

**2 – Faz reciclagem de PVC? Se sim, em que ano iniciou?**

2007

**3 – Que quantidades (kg ou toneladas) de matéria-prima (PVC) receberam nos últimos três anos?**

2007 – Aproximadamente 180 ton

2008 – 522 ton

2009 – 356 ton

**4 – Qual o preço médio anual/semestral por kg da matéria-prima (PVC)?**

2007 -N.R

2008-N.R

2009 -N.R

**5 – Quais os principais fins do PVC reciclado (rPVC) produzido nas vossas instalações?**

Fabricação de tubagem e acessórios. Outros produtos relacionados com a construção civil

**6 – Qual o preço em média por kg do PVC reciclado (rPVC), se possível, de acordo com a sua aplicação?**

2007 -N.R

2008-N.R

**7** – Qual a quantidade (toneladas ou percentual) de matéria-prima que é rejeitada?

Entre 15 a 20% dos resíduos que entram na N/ unidade produtiva são rejeitados.

**8** – Quais as 3 causas principais (contaminantes ou outras) de rejeição da matéria-prima?

a) Contaminação com outros materiais como por exemplo madeiras; metais ou poliuretano

b) \_\_\_\_\_

c) \_\_\_\_\_

**9** – Que processo(s) / tecnologia(s) de reciclagem é(são) utilizado(s)?

Processo de reciclagem baseia-se num conjunto de transformações mecânicas com vista à produção final de um material moído (10mm). Ao longo do processo ocorre ainda a remoção de materiais contaminantes como metais (ferrosos e não ferrosos).

**10** – Indique os 3 principais problemas aquando do processo de reciclagem?

a) Triagem

b) Material post consumo no geral muito sujo de areias e terras – material muito abrasivo para os equipamentos

c) \_\_\_\_\_

**11** – Estão previstas alterações no processo de reciclagem? Quais?

Instalação de uma linha de lavagem.

**12** – Se fosse possível modificar o vosso processo de reciclagem, que aspectos seriam contemplados?

• \_\_\_\_\_

**13** – Nalgumas linhas, preveja o futuro próximo relativamente à reciclagem de PVC em Portugal e de uma forma mais global, da reciclagem dos plásticos.

No geral, o mercado de reciclagem de plásticos é em meu entender um mercado com potencial e cujo futuro imediato, à semelhança da maior parte dos mercados, estará muito dependente da conjuntura macro-económica a nível mundial. Creio que se irá verificar um aumento da procura, embora uma procura mais exigente de parte do cliente, o que irá provocar uma maior dinâmica de mercado e consequentemente uma subida dos valores.

### **Anexo 3.4. Resposta de inquérito Daniel Morais de PVC.**

#### ***Questionários sobre Reciclagem de PVC***

**1 – Qual a data de início da actividade de reciclagem de plásticos?**

1982

**2 – Faz reciclagem de PVC? Se sim, em que ano iniciou?**

Sim, iniciamos em 1991

**3 – Que quantidades (kg ou toneladas) de matéria-prima (PVC) receberam nos últimos três anos?**

2007 – 542.620 kg

2008 – 214.912 kg

2009 – 101.721 kg

**4 – Qual o preço médio anual/semestral por kg da matéria-prima (PVC)?**

2007 -0,32 €/kg

2008-0,29 €/kg

2009 -0,29 €/kg

**5 – Quais os principais fins do PVC reciclado (rPVC) produzido nas vossas instalações?**

Sobretudo para a injeção de tubos, mas também para outras peças como solas para calçado, ou persianas, impermeáveis, perfis vários.

**6 – Qual o preço em média por kg do PVC reciclado (rPVC), se possível, de acordo com a sua aplicação?**

2007 - \_\_\_\_\_

2008- \_\_\_\_\_

2009- \_\_\_\_\_

**7** – Qual a quantidade (toneladas ou percentual) de matéria-prima que é rejeitada?

2%.

**8** – Quais as 3 causas principais (contaminantes ou outras) de rejeição da matéria-prima?

a) A existência de pó ou papel

b) \_\_\_\_\_

c) \_\_\_\_\_

**9** – Que processo(s) / tecnologia(s) de reciclagem é(são) utilizado(s)?

Destroçamento ou/e moagem (processos mecânicos)

**10** – Indique os 3 principais problemas aquando do processo de reciclagem?

a) Contaminação com outro tipo de polímero

b) \_\_\_\_\_

c) \_\_\_\_\_

**11** – Estão previstas alterações no processo de reciclagem? Quais?

Não.

**12** – Se fosse possível modificar o vosso processo de reciclagem, que aspectos seriam contemplados?

O material que recebemos é sobretudo pós-industrial, portanto tem pouca sujidade e contaminação. Os processos de reciclagem são simples. O nosso maior problema é mesmo a falta de espaço.

**13** – Nalgumas linhas, preveja o futuro próximo relativamente à reciclagem de PVC em Portugal e de uma forma mais global, da reciclagem dos plásticos.

Crescimento da reciclagem de polímeros

## **ANEXO 4. BASE LEGISLATIVA**

Dec.-Lei n.º 178/06, de 5 de Setembro, *Estabelece as regras a que fica sujeita os resíduos de construção e demolição*

Decreto -Lei 92/2006 de 25 de Maio de 2006, *Estabelece as regras a que fica sujeita a reciclagem para cumprir em 2011*

Decreto-lei n.º 366-A/97 de 20 de Dezembro de 1997, *Estabelece os princípios e as normas aplicáveis ao sistema de gestão de embalagens e resíduos de embalagens (revoga o Decreto-Lei n.º 322/95, de 28 de Novembro)*

Decreto-Lei n.º 11/87, de 7 de Abril de 1987, Artigo 24º, *Estabelece as regras a que fica sujeito os resíduos e efluentes que poderão ser reutilizados como fontes de matérias-primas e energia*

Decreto-Lei n.º 111/2001, de 6 de Abril de 2001, *Estabelece as regras a que fica sujeita a estabelecimento uma hierarquia na gestão dos pneus usados*

Decreto-Lei n.º 152/2002, de 23 de Maio de 2002, *Estabelece as regras a que fica sujeita a procedimento para a emissão de licença, instalação, exploração, encerramento e manutenção pós-encerramento de aterros destinados à deposição de resíduos*

Decreto-Lei n.º 239/97, de 9 de Setembro de 1997, *Estabelece as regras a que fica sujeita a gestão de resíduos, nomeadamente a sua recolha, transporte, armazenagem, tratamento, valorização e eliminação, por forma a não constituir perigo ou causar prejuízo para a saúde humana ou para o ambiente*

Decreto-Lei n.º 4/2003, de 10 de Janeiro de 2003, *Transpõe para a ordem jurídica interna as Directivas da Comissão n.ºs 2001/62/CE, de 9 de Agosto, e 2002/17/CE, de 21 de Fevereiro, que alteram legislação comunitária publicada anteriormente relativa aos materiais e objectos de matéria plástica destinados a entrar em contacto com os géneros alimentícios*

Decreto-Lei n.º 43/2004, de 2 de Março de 2004, *Alteração ao Decreto-Lei n.º 111/2001, de 6 de Abril*

Decreto-Lei n.º 310/95, de 20 de Novembro de 1995, *A existência de resíduos, nas suas diferentes formas e origens, como sejam os de origem urbana, hospitalar e industrial, constitui um importante problema das sociedades contemporâneas, pelo que urge criar medidas com vista à sua minimização e solução de modo a permitir uma efectiva melhoria da qualidade de vida das populações*

Decreto-Lei n.º 62/2008 de 31 de Março de 2008, *O presente decreto-lei transpõe para a*

*ordem jurídica interna a Directiva n.º 2007/19/CE, da Comissão, de 2 de Abril, rectificadora pelo Jornal Oficial L 94, de 12 de Abril de 2007, que altera a Directiva n.º 2002/72/CE, da Comissão, de 6 de Agosto, relativa aos materiais e objectos de matéria plástica destinados a entrar em contacto com os géneros alimentícios, e a Directiva n.º 85/572/CEE, do Conselho, de 19 de Dezembro, Fixa a lista dos simuladores a utilizar para verificar a migração dos constituintes dos materiais e objectos em matéria plástica destinados a entrar em contacto com os géneros alimentícios.*

*Directiva n.º 2004/19/CE, de 1 de Março de 2004, Altera a Directiva 2002/72/CE relativa aos materiais e objectos de matéria plástica destinados a entrar em contacto com os géneros alimentícios*

*Directiva n.º 1999/31/CE, do Conselho, de 26 de Abril de 1999, A directiva destina-se a prevenir ou reduzir os efeitos negativos sobre o ambiente resultantes da deposição de resíduos em aterro*

*Directiva n.º 2002/72/CE de 6 de Agosto de 2002, relativa aos materiais e objectos de matéria plástica destinados a entrar em contacto com os géneros alimentícios*

*Directiva n.º 2004/12/CE, de 11 de Fevereiro de 2004, Altera a Directiva 94/62/CE relativa a embalagens e resíduos de embalagens*

*Directiva n.º 2005/79/CE, de 18 de Novembro de 2005, Altera a Directiva 2002/72/CE relativa aos materiais e objectos de matéria plástica destinados a entrar em contacto com os géneros alimentícios*

*Directiva n.º 2004/1/CE de 6 de Janeiro de 2004, Ordem jurídica interna as Directivas, da Comissão, n.ºs 2004/1/CE, de 6 de Janeiro, 2004/19/CE, de 1 de Março, e 2005/79/CE, de 18 de Novembro, bem como a Directiva n.º 2002/72/CE, da Comissão, de 6 de Agosto, relativa aos materiais e objectos de matéria plástica destinados a entrar em contacto com os géneros alimentícios.*

*Directiva n.º 94/62/CE, do 20 de Dezembro de 1994, Estabelece os princípios e as normas aplicáveis à gestão de embalagens e resíduos de embalagens, com vista à prevenção da produção desses resíduos, à reutilização de embalagens usadas, à reciclagem e outras formas de valorização de resíduos de embalagens e consequente redução da sua eliminação final, assegurando um elevado nível de protecção do ambiente, e ainda a garantir o funcionamento do mercado interno e a evitar entraves ao comércio e distorções e restrições da concorrência na Comunidade.*

*Directiva n.º 2007/19/CE de 30 de Março de 2007, que altera a Directiva 2002/72/CE relativa aos materiais e objectos de matéria plástica destinados a entrar em contacto com os géneros alimentícios e a Directiva 85/572/CEE do Conselho que fixa a lista dos simuladores a utilizar para verificar a migração dos constituintes dos materiais e objectos em matéria plástica destinados a entrar em contacto com os géneros alimentícios*

*Portaria n.º 335/97, de 16 de Maio de 1997, Fixa as regras a que fica sujeito o transporte de resíduos em território nacional. Determina que quando os resíduos a transportar se encontram abrangidos pelos critérios de classificação de mercadorias*

*perigosas previstos no Regulamento Nacional do Transporte de Mercadorias Perigosas por Estrada*

*Portaria n.º 961/98, de 10 de Novembro de 1998, Estabelece os requisitos a que deve obedecer o processo de autorização prévia das operações de armazenagem, tratamento, valorização e eliminação de resíduos industriais, resíduos sólidos urbanos ou outros tipos de resíduos.*

*Regulamento CE 282/2008 de 27 de Março de 2008, Relativo aos materiais e objectos de plástico reciclado destinados a entrar em contacto com os alimentos e que altera o Regulamento (CE) n.º 2023/2006*

*Regulamento n.º1935/2004, Decreto-Lei que altera o Decreto-Lei n.º 175/2007, de 8 de Maio, que estabeleceu as regras de execução, na ordem jurídica interna, do Regulamento (CE) n.º1935/2004, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 27 de Outubro, relativo aos materiais e objectos destinados a entrar em contacto com os alimentos*