



INSTITUTO SUPERIOR TÉCNICO
Universidade Técnica de Lisboa

Monitorização e controlo dos fluxos de materiais resultantes do tratamento de REEE, no âmbito da actividade de uma Entidade Gestora

Mónica Amaral Luízio

Dissertação para obtenção do grau de Mestre em

Engenharia do Ambiente

Júri

Presidente: Prof. Tiago Domingos

Orientador: Prof. Paulo Ferrão

Vogais: Eng.º Fernando Lamy da Fontoura

Prof.ª Fernanda Margarido

Setembro de 2009

Agradecimentos

Ao meu orientador o Prof. Paulo Ferrão, deixo aqui uma palavra de profundo agradecimento pelo papel determinante que tem revelado ao longo de todo o meu percurso académico.

Ao meu co-orientador o Director Geral da Amb3E o Eng.º Fernando Lamy da Fontoura, gostaria de agradecer os conselhos e o profissionalismo que sempre me transmitiu desde o início da minha actividade profissional.

Agradeço ainda, à Eng.ª Susana Ferreira, ao Eng.º António Abreu Ferreira e ao Eng.º Eduardo Santos o apoio manifestado ao longo do processo de execução deste trabalho e por permitirem que o dia-a-dia da gestão de REEE, seja uma actividade aliciante e sempre na prossecução da excelência.

Por fim, a realização do trabalho de campo apresentado no âmbito da presente dissertação, não teria sido possível sem a colaboração e gentileza dos responsáveis das unidades de tratamento, pertencentes ao Sistema Integrado de Gestão de Resíduos de Equipamentos Eléctricos e Electrónicos gerido pela Amb3E, pelo que gostaria de lhes transmitir os meus sinceros agradecimentos.

Mónica Luízio

mluizio@gmail.com

Resumo

As Entidades Gestoras de REEE têm como uma das suas principais responsabilidades assegurarem a monitorização e controlo dos fluxos de materiais resultantes do tratamento dos REEE, bem como garantir o cumprimento das taxas de reutilização/reciclagem e valorização fixadas pelo Decreto-Lei n.º230/2004, de 10 de Dezembro.

Neste contexto, o principal objectivo desta dissertação consistiu no desenvolvimento e validação de uma metodologia pioneira assente numa lógica de balanços mássicos à escala industrial, que permitisse determinar qualitativa e quantitativamente as fracções que resultam do tratamento dos REEE, dentro da rede de unidades de tratamento da Entidade Gestora líder de mercado, a Amb3E.

Adicionalmente, e de forma a atingir resultados comparáveis e transparentes, pretendeu-se ainda caracterizar as tecnologias e fracções de materiais resultantes ao longo de toda a cadeia de tratamento, assegurando desta forma a rastreabilidade das fracções, até serem reincorporadas em novos produtos, formas de energia ou meios de eliminação.

Com base na metodologia implementada, foi possível, para o ano de 2008, determinar as taxas de reutilização/reciclagem e valorização atingidas pelo SIGREEE Amb3E, para os diferentes fluxos operacionais de REEE. As principais conclusões foram as seguintes:

Fluxo A – Grandes Equipamentos não atinge as metas propostas, devido aos índices insuficientes de recuperação de inertes.

Fluxos B – Aparelhos de Arrefecimento e Refrigeração, C – Equipamentos Diversos e D – Lâmpadas Fluorescentes e de Descarga atingem as metas propostas.

Fluxo E – Monitores e Televisores (CRT) cumpre a meta de reutilização/reciclagem, contudo fica aquém da meta de valorização, sobretudo pela falta de soluções de recuperação do vidro do cone.

Palavras-chave: REEE, fracções, fluxos operacionais, taxas de reutilização/reciclagem e valorização.

Abstract

One of the main challenges and responsibilities of a WEEE System is to ensure the monitoring and control of its collection and treatment network, especially with regard to the fractions that flow from the treatment of WEEE, as well as if the calculated reuse/recycling and recovery rates meet the targets set out in the Decree-Law n. º 230/2004, December 10th.

In this context, the main goal of this thesis was to develop and validate a pioneering methodology based on mass balances approach on an industrial scale, which enables to determine quantitatively and qualitatively all the fractions that are obtained from the treatment of each WEEE treatment category within the treatment plants that belong to the main WEEE System in Portugal, Amb3E.

Additionally, in order to achieve comparable and transparent results, the methodology also aimed at the downstream monitoring of the technologies and fractions of materials throughout the whole treatment chain, thus ensuring the traceability until fractions are reincorporated into new products, forms of energy or means of disposal.

Based on the methodology implemented in this study, it was possible to determine the 2008 rates of reuse/recycling and recovery obtained by Amb3E for all treatment categories. The following conclusions can be outlined:

Treatment Category A - Large appliances, does not meet targets, due to insufficient rates of recovery of inert.

Treatment Categories B – Cooling and freezing appliances, C – Small appliances (other) and D – Discharge Lamps reach the goals.

Treatment Category E – TV and Monitors (CRT) for reuse/recycling the target set is surpassed. However, the recovery rate falls short of the goal, especially due to the lack of solutions to recover the glass cone.

Keywords: WEEE, fractions, treatment categories, reuse/recycling and recovery rates.

Índice

AGRADECIMENTOS	I
RESUMO	II
ABSTRACT	III
ÍNDICE	IV
LISTA DE FIGURAS	V
LISTA DE TABELAS	VI
LISTA DE ABREVIACÕES	VII
1. INTRODUÇÃO	1
1.1. Enquadramento	1
1.2. Objectivos e Metodologia	3
1.3. Relevância	5
2. REQUISITOS LEGAIS PARA O TRATAMENTO DE REEE E REPORTE DE RESULTADOS. 8	
2.1. Interpretação e implementação prática.....	11
2.2. Organização dos diferentes tipos de REEE – Categoria Legal vs. Fluxo Operacional.....	14
2.3. Definição de metas para os fluxos operacionais - Caracterização do Fluxo C – Equipamentos Diversos.....	17
3. PROCEDIMENTO PARA A EXECUÇÃO DE TESTES DE TRATAMENTO	20
3.1. Considerações Gerais.....	20
3.2. Definição de teste de tratamento de REEE	20
3.3. Objectivos	20
3.4. Planeamento prévio.....	21
3.4.1. Elaboração de um documento de registo de pesagens.....	22
3.4.2. Elaboração de um documento de registo de tempo de duração do teste	22
3.4.3. Selecção dos equipamentos de pesagem	22
3.4.4. Selecção do material de entrada.....	23
3.4.5. Preparação dos recipientes de armazenamento das fracções a obter no teste.....	23
3.5. Tratamento da amostra de REEE	23
3.5.1. Caracterização do material de entrada	24
3.5.2. Tratamento	24
3.5.3. Registo dos períodos de actividade do tratamento de REEE e do número de operadores da linha de tratamento envolvidos	24
3.5.4. Pesagem das fracções obtidas em cada operação	24
3.5.5. Caracterização das fracções fim de linha	25
3.6. Aferição de resultados	25
4. TAXAS DE REUTILIZAÇÃO/RECICLAGEM E VALORIZAÇÃO - POTENCIAIS VS. EFECTIVAS	26
4.1. Evolução para taxas de reutilização/reciclagem e valorização efectivas.....	26
5. RESULTADOS DE TESTES DE TRATAMENTO	32
5.1. Teste de Tratamento Fluxo A – Grandes Equipamentos	32
5.1.1. Caracterização do material de entrada – Fluxo A.....	32
5.1.2. Caracterização da linha de tratamento – Fluxo A.....	33
5.1.3. Operações de tratamento e fracções obtidas – Fluxo A.....	34
5.1.4. Taxas de Reutilização/Reciclagem e Valorização – Fluxo A.....	36
5.1.5. Caracterização das fracções de fim de linha - Fluxo A.....	38
5.2. Teste de Tratamento Fluxo B – Aparelhos de Arrefecimento e Refrigeração	40

5.2.1.	Caracterização do material de entrada – Fluxo B.....	40
5.2.2.	Caracterização da linha de tratamento – Fluxo B.....	41
5.2.3.	Operações de tratamento e fracções obtidas – Fluxo B.....	42
5.2.4.	Taxas de Reutilização/Reciclagem e Valorização – Fluxo B.....	44
5.2.5.	Caracterização das fracções fim de linha – Fluxo B.....	46
5.3.	Teste de Tratamento Fluxo C – Equipamentos Diversos.....	48
5.3.1.	Caracterização do material de entrada – Fluxo C.....	48
5.3.2.	Caracterização da linha de tratamento – Fluxo C.....	48
5.3.3.	Operações de tratamento e fracções obtidas – Fluxo C.....	49
5.3.4.	Taxas de Reutilização/Reciclagem e Valorização – Fluxo C.....	51
5.3.5.	Caracterização das fracções de fim de linha – Fluxo C.....	53
5.4.	Teste de Tratamento Fluxo D – Lâmpadas Fluorescentes e de Descarga.....	55
5.4.1.	Caracterização do material de entrada – Fluxo D.....	55
5.4.2.	Caracterização da linha de tratamento – Fluxo D.....	56
5.4.3.	Operações de tratamento e fracções obtidas – Fluxo D.....	56
5.4.4.	Taxas de Reutilização/Reciclagem e Valorização – Fluxo D.....	58
5.4.5.	Caracterização das fracções fim de linha – Fluxo D.....	59
5.5.	Teste de Tratamento Fluxo E – Televisores e Monitores (CRT).....	61
5.5.1.	Caracterização do material de entrada – Fluxo E.....	61
5.5.2.	Caracterização da linha de tratamento – Fluxo E.....	62
5.5.3.	Operações de tratamento e fracções obtidas – Fluxo E.....	62
5.5.4.	Taxas de Reutilização/Reciclagem e Valorização – Fluxo E.....	64
5.5.5.	Caracterização das fracções fim de linha – Fluxo E.....	66
6.	RESULTADOS GLOBAIS AMB3E – 2008.....	71
7.	CONCLUSÃO.....	76
7.1.	Sugestões de melhoria e trabalho futuro.....	78
	BIBLIOGRAFIA.....	80
	ANEXO I – RELATÓRIO REPTOOL DE TESTE TÍPICO AO FLUXO A.....	83
	ANEXO II – CADEIAS DE TRATAMENTO DOS TESTES SELECIONADOS.....	85

Lista de Figuras

Figura 1-	Cadeia de tratamento típica.....	13
Figura 2 -	Correspondência entre categorias legais e fluxos operacionais de REEE.....	15
Figura 3 –	Composição do Fluxo C para o ano 2008.....	18
Figura 4 -	Diagrama da cadeia de tratamento da fracção 16 02 16 / 11-2 motores e transformadores - pequenos.....	29
Figura 5 -	Layout do software Reptool correspondente à inserção das fracções primárias.....	31
Figura 6 -	Layout do software Reptool correspondente à inserção de unidades.....	31
Figura 7 -	Diagrama de linha de tratamento – Fluxo A.....	35
Figura 8 -	Taxas de reutilização/reciclagem aferidas no final da linha de tratamento e no final da cadeia de tratamento - Fluxo A.....	37
Figura 9 –	Taxas de valorização aferidas no final da linha de tratamento e no final da cadeia de tratamento - Fluxo A.....	37
Figura 10 –	Índice de GWP das substâncias presentes no Fluxo B (adaptado de HC standard, 2006).....	40
Figura 11 -	Diagrama da linha de tratamento – Fluxo B.....	43

Figura 12 – Taxas reutilização/reciclagem aferidas no final da linha de tratamento e no final da cadeia de tratamento - Fluxo B.....	45
Figura 13 – Taxas de valorização aferidas no final da linha de tratamento e no final da cadeia de tratamento - Fluxo B.....	45
Figura 14 - Diagrama de linha tratamento – Fluxo C.....	50
Figura 15 - Taxas reutilização/reciclagem aferidas no final da linha de tratamento e no final da cadeia de tratamento - Fluxo C.....	52
Figura 16 - Taxas de valorização aferidas no final da linha de tratamento e no final da cadeia de tratamento - Fluxo C.....	52
Figura 17 - Caracterização da fracção 16 02 16 / 90 indiferenciado (lixo) – proveniente de desmantelamento.....	53
Figura 18 - Diagrama de linha de tratamento – Fluxo D.....	57
Figura 19 – Taxas de reutilização/reciclagem aferidas no final da linha de tratamento e no final da cadeia de tratamento - Fluxo D.....	58
Figura 20 – Diagrama da linha de tratamento da - Fluxo E.....	63
Figura 21 – Taxas de reutilização e reciclagem aferidas no final da linha de tratamento e no final da cadeia de tratamento - Fluxo E.....	65
Figura 22 – Taxas de valorização aferidas no final da linha de tratamento e no final da cadeia de tratamento - Fluxo E.....	66
Figura 23 - Presença de substâncias regulamentadas pela Directiva RoHS em alguns REEE (adaptado de EMPA, 2009).....	69
Figura 24 - Taxas de reutilização e reciclagem aferidas no final da linha de tratamento e no final da cadeia de tratamento – Rede Amb3E.....	72
Figura 25 - Taxas de valorização aferidas no final da linha de tratamento e no final da cadeia de tratamento – Rede Amb3E.....	73
Figura 26 - Objectivos de valorização, reciclagem e reutilização (n.º 2 do artigo 7.º da Directiva 2002/96/CE).....	73
Figura 27 - Taxas de reutilização e reciclagem por categoria – Rede Amb3E.....	74
Figura 28 - Taxas de valorização por categoria – Rede Amb3E.....	75

Lista de Tabelas

Tabela 1 – Quantidade REEE recolhidos pela Amb3E e Entidades Gestoras que integram o WEEE Forum.....	7
Tabela 2 – Objectivos de gestão de REEE definidos pelo artigo 7.º do Decreto-Lei n.º230/2004, de 10 de Dezembro.....	8
Tabela 3 – Principais efeitos para o ambiente e/ou saúde humana causados pelos componentes/substâncias listadas no Anexo II do Decreto-Lei n.º230/2004.....	9
Tabela 4 - Correspondência entre as metas de gestão para diferentes categorias legais e fluxos operacionais.....	16
Tabela 5 – Metas de Reutilização/Reciclagem e Valorização para cada fluxo operacional para o ano de 2008.....	19
Tabela 6 – Variáveis a fornecer pela Amb3E para a realização do teste.....	21
Tabela 7 – Elementos a fornecer à Amb3E no planeamento do teste.....	22
Tabela 8 - Operações de Valorização de Resíduos aplicadas aos REEE de acordo com a Portaria n.º 209/2004, de 3 de Março.....	27
Tabela 9 - Operações de Eliminação de Resíduos aplicadas aos REEE de acordo com a Portaria n.º 209/2004, de 3 de Março.....	27
Tabela 10 - Identificação da fracção motores e transformadores – pequenos.....	28
Tabela 11 – Caracterização da fracção motores e transformadores – pequenos.....	28

Tabela 12 – Material de entrada tratado no teste – Fluxo A	33
Tabela 13 – Peso e destino das fracções de fim de linha – Fluxo A	36
Tabela 14 – Caracterização da fracção 16 02 16 / 01 fracção rica em ferro - proveniente de desmantelamento	39
Tabela 15 - Caracterização da fracção 16 02 09* / 02-1 Condensadores com possível presença de PCB - pequenos	40
Tabela 16 – Material de entrada tratado no teste – Fluxo B	41
Tabela 17 – Peso e destino das fracções de fim de linha obtidas no teste de tratamento – Fluxo B ..	44
Tabela 18 – Caracterização da fracção 19 12 04 / 05-1a espuma de Poliuretano [(H)CFC]<0,2%	46
Tabela 19 - Caracterização da fracção 16 02 16 / 12 compressores sem óleo.....	47
Tabela 20 - Caracterização da fracção 14 06 01* / 01-3 CFC-R11 (Fase II).....	47
Tabela 21 – Material de entrada tratado no teste – Fluxo C.....	48
Tabela 22 – Peso e destino das fracções de fim de linha obtidas no teste de tratamento – Fluxo C ..	51
Tabela 23 – Caracterização da fracção 16 02 16 / 10 cabos mistos	54
Tabela 24 - Caracterização das fracções 16 06 xx(*) / 02-1 baterias mistas e 16 02 15* / 02-1 placas de circuito impresso com retardadores de chama bromados e/ou componentes a serem removidos – elevada qualidade	55
Tabela 25 – Material de entrada tratado no teste – Fluxo D.....	56
Tabela 26 – Peso e destino das fracções de fim de linha obtidas no teste de tratamento – Fluxo D ..	58
Tabela 27 – Caracterização da fracção 19 12 05 / 03 vidro de lâmpadas fluorescentes e de descarga - limpo	59
Tabela 28 – Caracterização da fracção 19 12 03 / 01-1 fracção não ferrosa com ferro e impurezas ...	60
Tabela 29 - Caracterização das fracções de pó de fósforo	61
Tabela 30 – Material de entrada tratado no teste - Fluxo E.....	61
Tabela 31 – Peso e destino das fracções de fim de linha obtidas no teste de tratamento – Fluxo E ..	64
Tabela 32 – Caracterização da fracção 16 02 16 / 33 “partes” de vidro de ecrã limpos – provenientes de desmantelamento	67
Tabela 33 – Caracterização da fracção 16 02 15* / 06-4 “partes” de vidro do cone – provenientes de desmantelamento	68
Tabela 34 – Caracterização da fracção 16 02 15* / 04-1 “partes” de plásticos com possível presença de retardadores de chama bromados – provenientes de desmantelamento.....	70

Lista de Abreviações

Amb3E – Amb3E – Associação Portuguesa de Gestão de Resíduos de Equipamentos Eléctricos e Electrónicos

CFC - Clorofluorcarbonetos

CRT - Tubos de Raios Catódicos

DA - Deposição em Aterro

DT - Destruição Térmica

EEE – Equipamentos Eléctricos e Electrónicos

ERP – ERP Portugal – Associação Gestora de Resíduos de Equipamentos Eléctricos e Electrónicos

GWP – Global Warming Potential

HC – Hidrocarbonetos

HCFC – Hidroclorofluorocarbonetos

HFC – Hidrofluorocarbonetos

LCD - Liquid Crystal Display

LED -Light Emitting Diode

ODP – Ozone Depletion Potential

PCB – Policlorobifenilos

PBB - Polibromobifenilino

PBDE - Éter de difenilo polibromado

PVC – Policloreto de vinilo

R - Reutilização

REEE – Resíduos de Equipamentos Eléctricos e Electrónicos

RM - Reciclagem de Material

RoHS – Restrição do uso de determinadas substâncias perigosas

SIGREEE – Sistema Integrado de Gestão de Resíduos de Equipamentos Eléctricos e Electrónicos

VE - Valorização Energética

WEEE – Waste Electrical and Electronic Equipment

1. Introdução

1.1. Enquadramento

A definição de regras para a gestão de Resíduos de Equipamentos Eléctricos e Electrónicos (REEE) e restrição do uso de determinadas substâncias perigosas em novos Equipamentos Eléctricos e Electrónicos (EEE), data de Janeiro de 2003, com a publicação das Directivas Europeias:

- Directiva 2002/96/CE do Parlamento Europeu e do Conselho, de 27 de Janeiro de 2003¹, relativa aos REEE, também designada por Directiva REEE;
- Directiva 2002/95/CE do Parlamento Europeu e do Conselho, de 27 de Janeiro de 2003, relativa à restrição do uso de determinadas substâncias perigosas em EEE, usualmente identificada por Directiva RoHS.

A Comissão Europeia ao definir estas normas, teve por principais objectivos desenvolver uma ferramenta legal que promovesse a prevenção da geração de REEE, que contribuísse para o aumento das taxas de reutilização/reciclagem e valorização, com conseqüente redução nos níveis de eliminação por deposição em aterro e/ou incineração, bem como que desempenhasse um papel decisivo na optimização da performance ambiental, ao longo de todo o ciclo de vida dos equipamentos. Adicionalmente, as Directivas visam dar uma resposta eficaz às principais características associadas aos REEE e que constituem um desafio do ponto de vista de gestão deste fluxo específico de resíduos, nomeadamente:

- Elevada complexidade e variedade de equipamentos que constituem este fluxo;
- Composição multi-material;
- Presença de substâncias e componentes nocivos para o ambiente e/ou saúde humana;
- Taxas de crescimento anuais compreendidas entre os 2,5-2,7%, prevendo-se que em 2020 a produção de REEE na Europa ascenda às 12,3 milhões de toneladas (UNU, 2007). Importa ainda referir, que estes índices são difíceis de controlar, já que são influenciados por rápidos avanços tecnológicos, designs mais apelativos e campanhas de marketing estratégicas.

Sustentado no *Princípio da Extensão da Responsabilidade do Produtor*, os produtores de EEE de cada Estado Membro, são responsáveis pela gestão e financiamento das operações associadas ao fim de vida dos produtos que colocam no mercado, estando obrigados a assumir a título individual as suas responsabilidades ou a transferi-las para um sistema integrado gerido por uma Entidade Gestora. Segundo este conceito, a responsabilidade dos produtores é alargada à fase de pós-utilização, incluindo assim, todo o ciclo de vida do produto, ou seja, as fases de selecção de matérias-primas, produção, comercialização, utilização e fim de vida do produto (Ferrão e Luízio, 2005).

¹ Alterada pela Directiva 2003/108/CE, de 8 de Dezembro de 2003.

Para a implementação das Directivas em cada Estado Membro, a Comissão Europeia estabeleceu como data limite para a sua transposição, 13 de Agosto de 2004. No entanto, apenas a Holanda e a Grécia concluíram o processo de transposição dentro do prazo. Do mesmo modo, e apesar de não serem Estados Membros, a Noruega e a Suíça, também adoptaram os mesmos princípios das Directivas, bem como os prazos aí definidos (UNU, 2007).

Os reiterados atrasos na transposição e implementação das Directivas, verificados nos restantes Estados Membros deveram-se essencialmente a:

- falta de entendimento entre as diversas partes interessadas, nomeadamente sobre quais as responsabilidades de cada um (por exemplo, retalhistas e associações de produtores) (UNU, 2007);
- falta de infra-estruturas para a recolha e tratamento de REEE, dificuldades verificadas essencialmente na Europa de Leste;
- atrasos burocráticos como os que ocorreram, designadamente, em Portugal e Espanha.

Consequentemente, em Portugal, o Decreto-Lei n.º 230/2004, que regulamenta a gestão de REEE e a restrição de determinadas substâncias perigosas em novos EEE no território nacional, só foi publicado a 10 de Dezembro de 2004, ou seja com um atraso de cerca de 4 meses.

Publicado o Decreto-Lei n.º 230/2004, de 10 de Dezembro, os produtores de EEE puderam iniciar os mecanismos necessários para assumirem a responsabilidade pela gestão de fim de vida dos seus produtos. Este processo culminou a 27 de Abril de 2006, com o licenciamento por parte do Ministério do Ambiente, do Ordenamento do Território e do Desenvolvimento Regional, e do Ministério da Economia e da Inovação, das duas Entidades Gestoras de REEE, a Amb3E – Associação Portuguesa de Gestão de Resíduos de Equipamentos Eléctricos e Electrónicos (Amb3E) e a ERP Portugal – Associação Gestora de Resíduos de Equipamentos Eléctricos e Electrónicos (ERP).

Mais uma vez, os atrasos burocráticos, não permitiram que a data limite para o início das actividades de recolha e tratamento de REEE, determinado pelo Decreto-Lei em vigor, para 13 de Agosto de 2005, fosse cumprido.

O modelo de responsabilidade colectiva suportado pela composição de Entidades Gestoras, tal como em Portugal, foi também o modelo mais adoptado ao nível Europeu, existindo já um número não inferior a 39 Entidades Gestoras (WEEE Forum, 2009), para além da ERP que constitui uma plataforma Europeia para a gestão de REEE. Este modelo permite constituir sinergias nos mecanismos de recolha e tratamento dos diferentes tipos de REEE e assim promover uma significativa diminuição nos custos operacionais, o modelo facilita ainda uma implantação a nível nacional e representa uma solução para os REEE “órfãos”², que num modelo de responsabilidade individual não seriam recolhidos e tratados correctamente.

² REEE cujo produtor já não se encontra no mercado.

O licenciamento da Amb3E e da ERP Portugal possibilitou que os produtores de EEE nacionais transferissem a responsabilidade pela gestão dos seus produtos em fim de vida para estas Entidades, cujas principais actividades são as seguintes (adaptado do Artigo 18.º do Decreto-Lei n.º 230/2004):

1. Desenvolver uma rede de locais de recolha e de operadores de transporte e de tratamento, de entre um conjunto de Sistemas Municipais e Intermunicipais, operadores privados de gestão de resíduos, operadores logísticos, grandes produtores de REEE, retalhistas, distribuidores e grandes superfícies comerciais, entre outros;
2. Efectuar, contratos com as entidades que integram os sistemas de recolha e tratamento, devendo os critérios da selecção privilegiar os operadores que utilizem sistemas de gestão ambiental, devidamente certificados;
3. Estabelecer contratos com os produtores e com outras entidades que exerçam a sua actividade no domínio da reutilização e da valorização de REEE, para fixar as prestações financeiras ou os encargos determinados pelos destinos dados aos REEE;
4. Assegurar a monitorização e controlo do sistema integrado, principalmente no que diz respeito ao fluxo materiais resultantes do tratamento dos REEE e assim garantir o cumprimento das taxas de reutilização/reciclagem e valorização fixados no artigo 7.º do Decreto-Lei n.º230/2004, de 10 de Dezembro;
5. Seleccionar o destino a dar a cada lote de REEE, visando uma optimização da performance ambiental e financeira;
6. Promover a investigação e o desenvolvimento de novos métodos e ferramentas de desmantelamento, de separação dos materiais e de soluções de reciclagem dos componentes e materiais de REEE;
7. Promover a sensibilização e a informação públicas sobre os procedimentos a adoptar em termos de gestão de REEE;
8. Reportar os resultados da sua actividade às Entidades Nacionais com competências na área do ambiente.

Em Novembro de 2006, a Amb3E com uma quota de mercado compreendida entre os 75-80% e a ERP entre os 20-25%, iniciaram as respectivas actividades de recolha e tratamento de REEE. Após 2 anos de actividade, Portugal conseguiu no ano de 2008 ultrapassar a meta de recolha de 4kg/habitante/ano, estabelecida para todos os Estados Membros, atingido um total de 52.000 toneladas de REEE recolhidos (Amb3E, 2009).

1.2. Objectivos e Metodologia

Tendo por base o quadro descrito, fundamentalmente no que se refere às actividades da responsabilidade das Entidades Gestoras, a presente dissertação pretende desenvolver um estudo,

no âmbito da monitorização e controlo dos fluxos de materiais resultantes do tratamento de REEE, actividade anteriormente identificada com n.º4.

Atendendo à necessidade evidente de dispor de meios de monitorização e controlo do fluxo materiais resultantes do tratamento dos REEE, bem como aferir os índices de performance de reutilização/reciclagem e valorização, a presente dissertação, em sintonia com o enquadramento estratégico delineado pela Amb3E, pretende desenvolver e aplicar uma metodologia de aferição das taxas de reutilização/reciclagem e valorização dos REEE, efectivamente atingidas pelas unidades de tratamento que integram o Sistema Integrado de Gestão de Resíduos de Equipamentos Eléctricos e Electrónicos (SIGREEE), gerido pela Amb3E.

Pretende-se ainda, que numa lógica de balanços mássicos à escala industrial, a metodologia proposta, seja representativa dos processos e tecnologias instalados nas unidades de tratamento pertencentes ao SIGREEE e que permita atingir resultados que integrem toda a cadeia de tratamento dos REEE, de forma a serem comparáveis e transparentes.

A metodologia adoptada na prossecução dos objectivos estabelecidos para a presente dissertação, envolveu a realização das seguintes tarefas:

- Levantamento dos requisitos legais associados ao reporte de resultados e às operações de tratamento de REEE, com destaque para os materiais e componentes que apresentam risco para o ambiente e/ou saúde humana;
- Fundamentação teórica para consideração do fluxo operacional, como unidade funcional para a definição de metas de reutilização/reciclagem e valorização;
- Implementação de 9 campanhas de caracterização ao Fluxo C – Equipamentos Diversos, de forma a obter os dados necessários à definição de metas de reutilização/reciclagem e valorização por fluxo operacional;
- Desenvolvimento de um procedimento para a execução de testes de tratamento, sustentado num *Benchmarking* internacional e num teste piloto efectuado numa das unidades de tratamento da rede Amb3E, que permita determinar qualitativa e quantitativamente a totalidade das fracções que se obtêm do tratamento de uma amostra significativa de cada fluxo operacional de REEE;
- Argumentação e apresentação de considerações práticas sobre a diferença na determinação de taxas de reutilização/reciclagem e valorização “à porta” da unidade de tratamento da rede Amb3E e no final da cadeia de tratamento, fazendo um levantamento e caracterização das tecnologias a jusante da rede de tratamento da Amb3E, bem como considerando a reincorporação das fracções em novos produtos, formas de energia ou meios de eliminação;
- Implementação prática e validação do procedimento acima referido, com a realização de 16 testes de tratamento e apresentação de resultados de testes típicos para cada um dos 5 fluxos operacionais, designadamente:

- caracterização das amostras seleccionadas para teste;
- caracterização das tecnologias e processos instalados, bem como apresentação dos diagramas das linhas de tratamento de cada fluxo operacional testado;
- aferição do potencial de reutilização/reciclagem e valorização no final da linha de tratamento, com base na informação sobre o encaminhamento das fracções fim de linha para a unidade de tratamento imediatamente a jusante da rede Amb3E;
- análise quantitativa e classificação das fracções de materiais resultantes dos testes de tratamento, de acordo com a terminologia proposta pelas listas (*Replists*) que integram a base de dados do *software Reptool*, com o objectivo de harmonizar o sistema de reporte de resultados, tornando-o comparável;
- aferição da taxa de reutilização/reciclagem e valorização efectiva no final da cadeia de tratamento, com base na caracterização das fracções fim de linha, na recolha de informação junto da unidade de tratamento da rede Amb3E, quanto às tecnologias a que as fracções fim de linha poderão ser submetidas a jusante da linha de tratamento e ainda na pesquisa bibliográfica sobre as tecnologias normalmente aplicadas a determinadas fracções.

1.3. Relevância

No início da actividade da Amb3E, a aferição das taxas de reutilização/reciclagem e valorização eram unicamente consubstanciados em dados fornecidos pelas unidades de tratamento pertencentes ao SIGREEE, gerido pela Amb3E. No decorrer do processo de recolha de dados, foram sendo constatadas algumas inconsistências que mereciam ser devidamente analisadas e clarificadas, nomeadamente, diferenças de mais de 10% em resultados de reutilização/reciclagem e valorização, para unidades de tratamento com processos e tecnologias instaladas equivalentes.

Os mesmos problemas foram detectados quando ao nível do WEEE Forum³, a Amb3E juntamente com as suas homólogas Europeias, no âmbito desta plataforma, tiveram oportunidade de numa lógica de *benchmarking* comparar os resultados de gestão, tendo chegado à conclusão que os resultados não eram passíveis de ser comparados. As divergências verificadas na comparação dos resultados globais entre diferentes Entidades Gestoras Europeias, bem como entre unidades de tratamento nacionais, devem-se essencialmente aos seguintes factores:

- Diferentes interpretações sobre que operações constituem reciclagem, valorização e eliminação. Por exemplo, em alguns países como a Alemanha, a fracção de vidro dos tubos de raios catódicos (CRT) utilizada para enchimento de minas, é considerada segundo a

³ Associação Europeia de Entidades Gestoras de REEE, cuja missão é criar uma plataforma para a troca de informação e experiência operacional, promovendo as melhores práticas, visando a optimização de circuitos, bem como a melhoria continua da performance ambiental.

Directiva nº 2006/12/CE, uma operação R5 — Reciclagem/recuperação de outras matérias inorgânicas. A mesma prática, em países como a Áustria, é já considerada uma operação de eliminação de resíduos e por conseguinte não é contabilizada na taxa de reutilização/reciclagem;

- Formas distintas de avaliação dos componentes a serem removidos, segundo o Anexo II do Decreto-Lei n.º 230/2004. Algumas Entidades Gestoras Europeias aceitam apenas a remoção do CRT, sendo que outras, como a Amb3E, obrigam a que seja feita a separação dos vidros e consequente recuperação da camada fluorescente;
- Diferentes fronteiras para a determinação das metas. A título de exemplo, as autoridades Belgas, obrigam a Entidade Gestora a fazer o rastreio das fracções resultantes do tratamento dos REEE, passando pelas diversas unidades de tratamento intermédias, até ao final da cadeia de tratamento, enquanto na grande maioria dos Estados Membros essa obrigação termina ou “à porta” da unidade de tratamento com a qual a Entidade Gestora tem contrato, ou quando as fracções são exportadas;
- Diferentes metodologias de cálculo dos objectivos de gestão, nomeadamente através de balanços mássicos diferentes e por isso não comparáveis. Por exemplo: produto a produto, produto médio, conjuntos de produtos;
- Diversas terminologias para as mesmas fracções resultantes do tratamento dificultam a interpretação e comparação de resultados.

No 2.º parágrafo do n.º 3 do Artigo 7.º da Directiva 2002/96/CE, relativa aos REEE, estava prevista por parte da Comissão, até 13 de Agosto de 2004, uma clarificação quanto às regras para a monitorização do tratamento dos REEE, incluindo especificações para materiais. Contudo, até ao momento, apenas foi publicada a Decisão da Comissão 2005/369/CE, de 3 de Maio de 2005, que define regras para o controlo do cumprimento dos Estados Membros, estabelecendo os formatos para a comunicação dos dados exigidos, mas cujos resultados assim publicados continuam a não ser comparáveis, uma vez que não esclarecem as questões em aberto, acima enumeradas.

A prossecução de uma metodologia de cálculo de taxas de reutilização/reciclagem e de valorização, rigorosa e comparável, tem sido um dos objectivos dos grupos de trabalho técnicos do WEEE Forum do qual a Amb3E é parte integrante.

No âmbito desta dissertação, como já foi referido, um dos objectivos consiste em propor uma metodologia de cálculo para aferir a performance de reutilização/reciclagem e valorização das unidades de tratamento que integram o SIGREEE gerido pela Amb3E, que espelhe de forma representativa, os processos de tratamento implementados e que permita a comparação de resultados individuais entre unidades e de resultados globais entre Entidades Gestoras homólogas.

Para além do desenvolvimento e validação de uma metodologia de cálculo para taxas de reutilização/reciclagem e valorização obtidas pelo SIGREEE Amb3E, pretende-se ainda apresentar mecanismos que assegurem a rastreabilidade dos componentes e materiais resultantes do

tratamento de REEE, até lhes ser atribuída uma solução final de valorização ou eliminação, promovendo assim uma monitorização efectiva de toda a cadeia de tratamento de REEE.

A criação de mecanismos que permitam uma monitorização efectiva e eficaz dos REEE e dos componentes e materiais que resultam do seu tratamento, assume uma maior relevância nos dias de hoje, uma vez que em consequência da globalização, muitas das actividades associadas à gestão de resíduos perigosos, migraram para os países subdesenvolvidos da Ásia e África.

A Convenção de Basileia sobre o Controlo de Movimentos Transfronteiriços de Resíduos Perigosos e sua Eliminação foi adoptado em 1989 e entrou em vigor em 1992 com o principal objectivo de impedir fenómenos de *dumping* dos países mais industrializados em países subdesenvolvidos (BAN, 2002).

Um dos exemplos mais divulgados quando se citam práticas de *dumping* é o dos Estados Unidos da América (EUA), que não ratificaram a Convenção de Basileia e para o qual se estima que entre 50-80% dos REEE recolhidos para reciclagem, são exportados para países como a China. (BAN, 2002).

Até à data, ratificaram a Convenção de Basileia 170 países, nos quais se incluem todos os Estados Membros. No entanto, existem evidências que mesmo dentro da União Europeia, alguns operadores conseguem ludibriar as autoridades, mantendo o envio ilegal destes resíduos para países que não têm capacidade técnica de os tratar correctamente.

Uma campanha da responsabilidade da European Union Network for the Implementation and Enforcement of Environmental Law (IMPEL), envolvendo a Holanda, a Alemanha, o Reino Unido, a Polónia e seis dos maiores portos Europeus, concluiu que 22% dos resíduos sujeitos a inspecção iriam ser exportados ilegalmente. Foram encontradas grandes quantidades de computadores, CRT, cabos eléctricos entre outros. (BAN, 2005).

Com a implementação da Directiva 2002/96/CE, referente à gestão de REEE e consequente constituição de Entidades Gestoras, tem-se verificado um aumento na recolha de REEE quer em Portugal, quer nos demais Estados Membros, como demonstram os resultados obtidos pela Amb3E e pelo WEEE Forum, sintetizados na Tabela 1.

Tabela 1 – Quantidade REEE recolhidos pela Amb3E e Entidades Gestoras que integram o WEEE Forum

REEE recolhidos (toneladas)	2006	2007	2008
Amb3E	3.720	20.429	32.990
WEEE Forum	820.000	1.174.000	1.400.000

O aumento da recolha de REEE tem por consequência uma maior pressão sobre o mercado de gestão resíduos, o que poderá originar um incremento na exportação ilegal de REEE, caso as autoridades com competências na área do ambiente não promovam acções eficazes contra estas práticas. As Entidades Gestoras licenciadas pelas autoridades de cada Estado Membro, que entre outras actividades, asseguram a monitorização e controlo do tratamento de REEE, têm igualmente a responsabilidade em implementar os mecanismos necessários à supressão de exportação ilegal de REEE recolhidos.

2. Requisitos legais para o tratamento de REEE e reporte de resultados

O Decreto-Lei n.º230/2004, de 10 Dezembro, para além de determinar uma meta de recolha Nacional de REEE 4kg/habitante/ano, tem também por objectivo definir requisitos específicos para o tratamento de REEE, de forma a se atingirem as metas de reutilização/reciclagem e valorização, para cada uma das 10 categorias legais, conforme sintetiza a Tabela 2.

Tabela 2 – Objectivos de gestão de REEE definidos pelo artigo 7.º do Decreto-Lei n.º230/2004, de 10 de Dezembro

Categorias Legais	Taxa de Reutilização e Reciclagem	Taxa de Valorização
1. Grandes Electrodomésticos	≥75%	≥80%
10. Distribuidores Automáticos		
3. Equipamentos Informáticos e de Telecomunicações	≥65%	≥75%
4. Equipamentos de Consumo		
2. Pequenos Electrodomésticos	≥50%	≥70%
5. Equipamentos de Iluminação		
6. Ferramentas Eléctricas e Electrónicas		
7. Brinquedos e Equipamentos de Desporto e Lazer		
9. Instrumentos de Monitorização e Controlo		
5.4. Lâmpadas de Descarga de Gás	≥80%	-

Nota: Deveriam ter sido propostas metas para a Categoria 8 – Aparelhos Médicos até 31/12/2008, objectivo que ainda não foi concretizado pela Comissão Europeia.

Da análise da legislação em vigor em matéria de gestão de REEE, verifica-se que as referências a especificações técnicas ou regras relativas à monitorização dos fluxos de materiais, associados ao tratamento de REEE e ao cálculo dos objectivos de gestão, são diminutas e vagas. Acresce ainda o facto, de o Decreto-Lei n.º 230/2004, de 10 de Dezembro, não transpor integralmente as referências da Directiva 2002/96/CE, pelo que é necessário efectuar uma análise de complementaridade entre estas duas ferramentas jurídicas.

Começando pela definição de tratamento, quer a Directiva quer o Decreto-Lei, determinam que tratamento de REEE constitui “qualquer actividade realizada após a entrega dos REEE numa instalação para fins de despoluição, desmontagem, desmantelamento, valorização ou preparação para a eliminação e qualquer outra operação executada para fins de valorização ou eliminação dos REEE”.

No que concerne a especificações para o cálculo das taxas de reutilização/reciclagem e valorização, apenas existe uma referência no 1.º parágrafo do n.º3 do Artigo 7.º onde a Comissão estabelece que, para efeitos de cálculo dos objectivos de gestão, deverão ser mantidos “registos da quantidade de

REEE, respectivos componentes, materiais ou substâncias, que entrem (input) ou saiam (output) da instalação de tratamento e/ou que entrem (input) na instalação de valorização ou reciclagem”.

Adicionalmente, no n.º1 do Artigo 6.º, a Directiva refere que o tratamento deverá incluir a remoção de todos os fluidos, bem como o tratamento selectivo dos materiais e componentes listados no Anexo II, por representarem efeitos nefastos para o ambiente e/ou saúde humana. Seguidamente, apresenta-se a Tabela 3, que lista os componentes/substâncias a serem removidos e tratados selectivamente, bem como os principais prejuízos que lhes são associados.

Tabela 3 – Principais efeitos para o ambiente e/ou saúde humana causados pelos componentes/substâncias listadas no Anexo II do Decreto-Lei n.º230/2004

Componente/Substância definidas no Anexo II do Decreto-Lei n.º230/2004	Efeitos para o ambiente e/ou saúde humana
Condensadores contendo policlorobifenilos (PCB)	<p>São tipicamente encontrados em luminárias e máquinas de lavar com mais de 20 anos (DEFRA, 2006).</p> <p>Substância cancerígena que promove ainda danos nos sistemas nervoso, endócrino, imunológico e reprodutivo (E-waste, 2009).</p>
Lâmpadas de descarga de gás e outros componentes contendo mercúrio	<p>O mercúrio é um metal pesado bioacumulável, que provoca danos ao nível do cérebro e dos rins se ingerido ou inalado (E-waste, 2009)</p>
clorofluorocarbonetos (CFC), hidroclorofluorocarbonetos (HCFC) hidrofluorocarbonetos (HFC), hidrocarbonetos (HC)	<p>Presentes nos aparelhos de arrefecimento e refrigeração.</p> <ul style="list-style-type: none"> - CFC e HCFC são substâncias depletoras da camada de ozono e apresentam um elevado potencial de aquecimento global (GWP), (CFC standard, 2007). - HFC substância com um GWP elevado (CFC standard, 2007). - O HC é inflamável e o manuseamento incorrecto apresenta risco de explosão (HC standard, 2006).
Tubos de raios catódicos	<p>A exposição ao cádmio presente neste caso na camada fluorescente dos CRT, provoca febres, dores de cabeça e musculares. Em situações de exposição prolongada pode originar cancro do pulmão e insuficiências renais.</p> <p>O chumbo, presente no vidro do cone, pode provocar náuseas, convulsões e até a morte se a intensidade da exposição for elevada. A exposição prolongada pode afectar os rins.</p> <p>Este metal pesado é particularmente perigoso para crianças, uma vez que pode danificar as conexões nervosas e provocar complicações ao nível cerebral e sanguíneo (E-waste, 2009).</p>
Toners	<p>Tipicamente encontrados em fotocopiadoras, impressoras e faxes estão associados à presença de cádmio cujos danos já foram descritos no tópico CRT.</p>
Plásticos contendo retardadores de chama bromados	<p>Podem ser encontrados por exemplo em monitores, televisores e placas de circuito impresso.</p> <p>Estes plásticos quando sujeitos a processos térmicos a baixas temperaturas, produzem emissões tóxicas incluindo dioxinas, que podem provocar danos hormonais e no sistema imunitário (E-waste,</p>

Componente/Substância definidas no Anexo II do Decreto-Lei n.º230/2004	Efeitos para o ambiente e/ou saúde humana
	2009).
Componentes contendo amianto	<p>Presentes apenas em aparelhos com mais de 20 anos, nomeadamente em torradeiras, aquecedores eléctricos e jarros eléctricos.</p> <p>As fibras de amianto quando inaladas, provocam complicações ao nível do sistema respiratório, podendo mesmo originar cancro de pulmão (DEFRA, 2006)</p>
Ecrãs de cristais líquidos	Estes componentes aparecem num elevado número de EEE, tais como telemóveis, portáteis, televisores e monitores LCD, e há suspeitas que contenham substâncias com efeitos para a saúde humana. No entanto, até ao momento não existem testes toxicológicos que confirmem esta suspeição (AEA Technology, 2004).
Cabos eléctricos para exterior	Os cabos com isolamento em PVC, presentes num elevado conjunto de EEE, possuem cloro e se forem sujeitos a processos térmicos a baixas temperaturas, promovem a formação de dioxinas e furanos, cujos problemas associados foram já referenciados nos plásticos contendo retardadores de chama (E-waste, 2009).
Componentes contendo fibras cerâmicas refractárias	Estas fibras normalmente só são encontradas em caldeiras e aquecedores associadas ao aquecimento de edifícios (DEFRA, 2006), provocam irritação da pele e a sua inalação pode causar cancro (AEA Technology, 2004).
Componentes contendo substâncias radioactivas	Estes componentes encontram-se essencialmente em alguns equipamentos médicos e detectores de fumos (DEFRA, 2006). As radiações radioactivas provocam alterações genéticas e carcinomas.
Condensadores electrolíticos	Evidências científicas demonstram que a probabilidade de encontrar substâncias perigosas em condensadores electrolíticos, para EEE, é praticamente nula e que como se encontram embutidos nas placas de circuito impresso, serão obrigatoriamente submetidos a um tratamento selectivo (AEA Technology, 2006).
Pilhas e Baterias	<p>As pilhas e baterias estão presentes nos mais variados EEE, e apresentam as mais variadas formas, tamanhos e composições.</p> <p>Os elementos mais perigosos que integram a composição das pilhas são o cádmio, o chumbo e o mercúrio, cujos efeitos foram já descritos nesta exposição</p>
Placas de circuito impresso	As placas de circuito impresso integram a grande maioria dos EEE e concentram grande parte dos componentes/substâncias perigosas, já referenciadas neste estudo, tais como pilhas, condensadores, retardadores de chama e ainda elementos como chumbo, mercúrio e cádmio (AEA Technology, 2006)

2.1. Interpretação e implementação prática

Da análise da definição de tratamento conclui-se que esta actividade abrange as operações de valorização e de eliminação. Contudo, a Comissão Europeia, quando estabelece a obrigação de registo da quantidade em massa de REEE tratados, distingue instalação de tratamento de instalação de valorização ou reciclagem.

Verificada esta inconsistência, surge a necessidade de distinguir Unidade de Tratamento de Unidade de Valorização ou Reciclagem e ainda definir Unidade de Eliminação, de forma a implementar um processo de registo de massa consistente. Para o efeito define-se:

- Unidades de tratamento - qualquer unidade de desmantelamento (manual ou mecânico), trituração ou separação;
- Unidades de reciclagem ou valorização - qualquer unidade de processamento final que vise a recuperação de materiais ou energia, tais como siderurgias, fundições de alumínio ou cobre, incineradoras com valorização energética;
- Unidade de eliminação - qualquer unidade de processamento final onde não ocorra recuperação de materiais ou energia, como por exemplo aterros e incineradoras sem valorização energética.

Atendendo a que os REEE constituem um fluxo de resíduos multimaterial com um elevado nível de complexidade, o seu tratamento e valorização traduzem-se de forma igualmente complexa, sendo que uma cadeia de tratamento normalmente integra várias tecnologias e daí resultam diversas fracções.

Adicionalmente, as sucessivas operações de tratamento a que os REEE e as respectivas fracções resultantes vão sendo submetidos poderão ainda ser realizadas em várias unidades de tratamento, até que as fracções finais sejam encaminhadas para unidades de reciclagem ou valorização. Como solução de recurso, se outra não se demonstrar viável, poderão ser ainda encaminhadas para unidades de eliminação.

Uma cadeia de tratamento de REEE normalmente é caracterizada pelos seguintes elementos:

- Material de entrada – Material que alimenta as linhas de tratamento e cuja organização é feita em fluxos operacionais, que incluem equipamentos de diversas categorias legais, ou seja, Fluxo A – Grandes Equipamentos, Fluxo B – Aparelhos de Arrefecimento e Refrigeração, Fluxo C - Equipamentos Diversos, Fluxo D – Lâmpadas Fluorescentes e de Descarga e Fluxo E – Monitores e Televisores (CRT);
- Tecnologias primárias – Constituem a primeira operação, efectuada sobre o material de entrada por parte da primeira unidade de tratamento. As unidades de tratamento que realizam tecnologias primárias são aquelas que têm um vínculo contratual com as Entidades Gestoras e onde normalmente é garantido o cumprimento da remoção dos componentes/substâncias definidos pelo Anexo II do Decreto-Lei n.º 230/2004.

No tratamento de REEE, constituem tecnologias primárias um conjunto restrito de tecnologias, a saber, desmantelamento manual e triagem, fragmentador de carros – grande escala, fragmentador – média escala, tratamento específico de aparelhos de arrefecimento e refrigeração e tratamento específico de lâmpadas fluorescentes e de descarga;

- Fracções primárias – Fracções que resultam da aplicação de tecnologias primárias ao material de entrada, por exemplo drives, motores, transformadores, baterias, cabos, placas de circuito impresso, entre outros;
- Tecnologias intermédias – Constituem o conjunto de tecnologias aplicadas a fracções de REEE, compreendidas entre as tecnologias primárias e as soluções finais de valorização ou eliminação. No âmbito da gestão de REEE, são exemplos de tecnologias intermédias o corte dos CRT, fragmentadores – pequena escala, mesas de separação densimétricas, flutuação etc.
- Fracções intermédias – Fracções que resultam de tecnologias intermédias tais como fracções ferrosas, não ferrosas, de plástico, vidro de ecrã limpo, entre outras. A designação de algumas fracções intermédias poderá ser semelhante a algumas fracções primárias dependendo do tipo de processo, por exemplo, uma fracção ferrosa pode resultar de um desmantelamento manual e assim constituir uma fracção primária ou resultar de uma separação magnética após fragmentação e desta vez constituir uma fracção intermédia.
- Tecnologias finais – Conjunto de tecnologias que constituem soluções finais de valorização ou eliminação, nomeadamente, fundição de alumínio, siderurgia, produção de vidro, incineração de resíduos perigosos, reutilização de componentes, deposição em aterro etc.
- Classificação do uso final – A classificação do uso final consiste em atribuir aos diferentes materiais sujeitos a uma tecnologia final uma solução de Reutilização (R), Reciclagem de Material (RM), Valorização Energética (VE), Deposição em Aterro (DA) ou Destruição Térmica (DT).

Seguidamente, apresenta-se a Figura 1, que representa o diagrama de uma cadeia de tratamento típica, de acordo com a terminologia acima descrita.

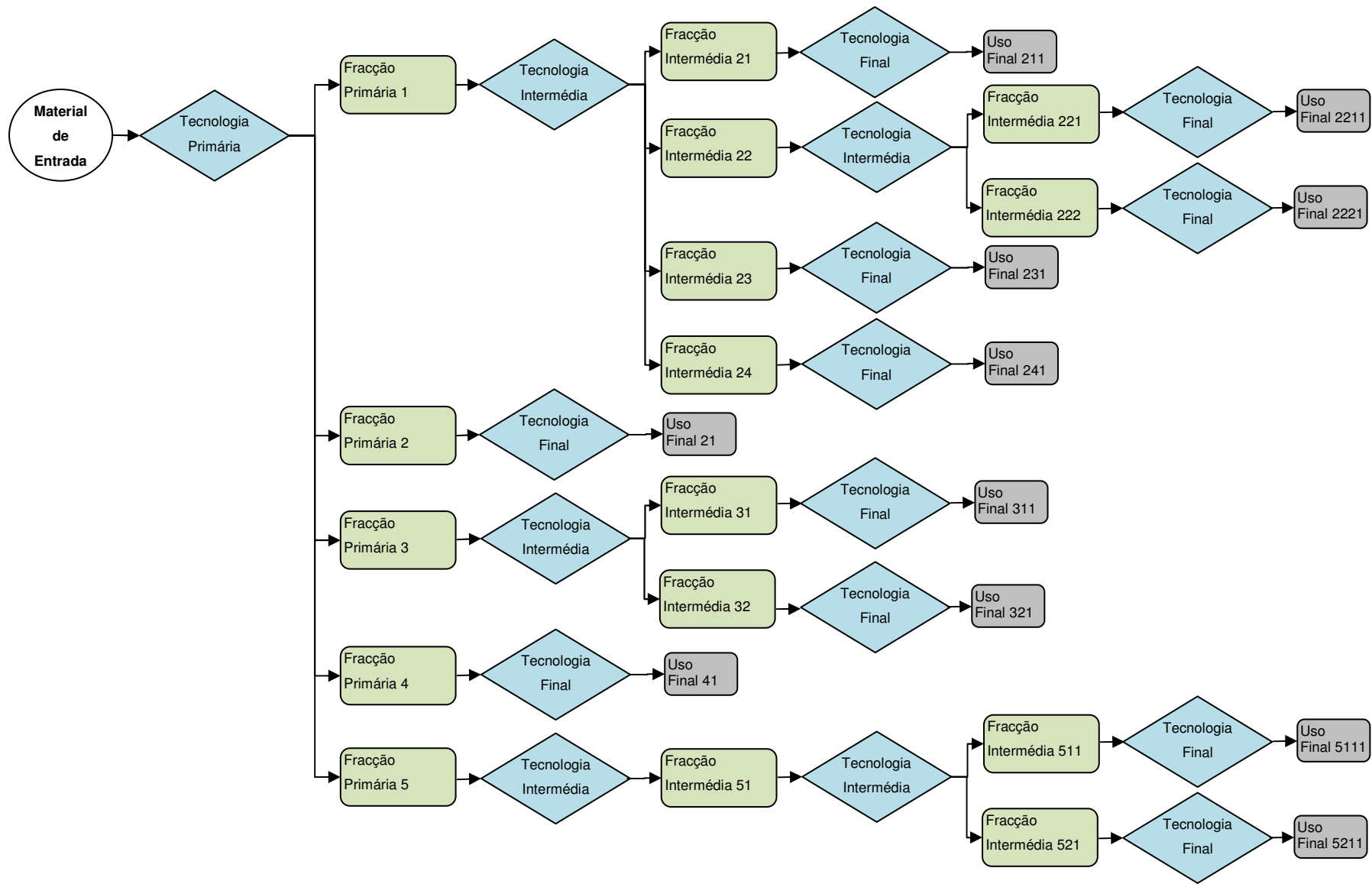


Figura 1- Cadeia de tratamento típica

Como foi referido, uma cadeia de tratamento de REEE, é habitualmente constituída por diferentes unidades de tratamento, de reciclagem ou valorização e de eliminação. Do ponto de vista da esfera de actuação de uma Entidade Gestora, normalmente estas Entidades apenas estabelecem contratos com unidades de tratamento.

Desta forma, quando a Directiva 2002/96/CE estabelece a obrigação de registo da quantidade de REEE, com recurso a análises de input ou output da instalação de tratamento e/ou do input da instalação de valorização ou reciclagem, conclui-se que do ponto de vista operacional a implementação deste registo, apenas será exequível através de balanços mássicos a unidades de tratamento com contrato celebrado com a Entidade Gestora, uma vez que as demais unidades intervenientes na cadeia de tratamento, não estão sujeitas a qualquer obrigação de reporte de informação desta natureza, quer contratuais quer legais.

De acordo com esta exposição, é possível definir o âmbito para a implementação dos balanços mássicos ao tratamento de REEE, delimitando a fronteira às unidades de tratamento pertencentes ao SIGREEE, ou seja às unidades que possuam um vínculo contratual com a Entidade Gestora.

Dado que a implementação de balanços mássicos apenas se afigura praticável ao nível das unidades de tratamento que pertencem ao SIGREEE, constata-se que parte da cadeia de tratamento, nomeadamente as tecnologias finais de valorização ou eliminação, encontram-se fora do domínio desta abordagem. Face ao exposto, para se determinarem as taxas de reutilização/reciclagem e valorização, que por definição contemplam tecnologias finais de tratamento, para além do balanço mássico à unidade de tratamento, é necessário recolher informação sobre a composição material das fracções resultantes, bem como averiguar os possíveis destinos finais dessa mesma fracção.

2.2. Organização dos diferentes tipos de REEE – Categoria Legal vs. Fluxo Operacional

Os REEE, de acordo com o anexo I do Decreto-Lei n.º 230/2004, encontram-se organizados em 10 categorias legais, esta categorização baseia-se essencialmente na funcionalidade dos equipamentos durante a sua vida útil, não contemplando as características que determinam a sua gestão quando estes atingem o fim de vida.

Por outro lado, uma triagem em 5 fluxos, visa otimizar a gestão de REEE do ponto de vista operacional, uma vez que agrupa os REEE de acordo com a tecnologia de tratamento instalada, bem como de forma a potenciar a optimização de espaço em transporte. A Figura 2 estabelece a correspondência entre categorias legais e fluxos operacionais de REEE.





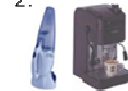





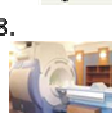





Fluxo A Grandes Equipamentos	Fluxo B Aparelhos de Arrefecimento e Refrigeração	Fluxo C Equipamentos Diversos	Fluxo D Lâmpadas Fluorescentes e de Descarga	Fluxo E Monitores e Televisores (CRT)
1. 	1.  8.  10. 	2.  3.  4.  5.  6.  7.  8.  9.  10. 	5. 	3.  4. 

Figura 2 - Correspondência entre categorias legais e fluxos operacionais de REEE

Como foi já referido, a legislação em vigor estabelece metas de reutilização/reciclagem e valorização para cada categoria legal e determina que as mesmas deverão ser calculadas com base em balanços mássicos às unidades de tratamento pertencentes ao SIGREEE.

No entanto, para que os resultados de gestão de REEE sejam representativos, estes deverão traduzir os processos e tecnologias instalados nas unidades de tratamento. Atendendo a que os REEE dão entrada nas linhas de tratamento, sob a forma de fluxos operacionais e não sob a forma de categorias legais, a aferição de taxas de reutilização/reciclagem e valorização organizadas em fluxos operacionais, afigura-se como a opção mais prática e representativa do dia-a-dia das unidades de tratamento. Acrescenta-se, que implementar balanços mássicos à escala industrial numa lógica de teste de tratamento, processando uma amostra significativa de cada categoria legal implicaria:

- Elevada mão-de-obra para efectuar a triagem nas 10 categorias legais;
- Acréscimo na necessidade de espaço disponível, para o acondicionamento e armazenagem de cada categoria, até início de teste;
- Aumento do número de testes de tratamento (de 5 para 10), com conseqüente imobilização das linhas para limpeza e preparação para teste;

Em suma, um maior esforço operacional e financeiro.

Justificado o fluxo operacional, como unidade funcional para o cálculo das taxas de reutilização/reciclagem e valorização, é ainda necessário definir uma metodologia que relacione as metas de cada categoria legal, estabelecidas pelo Decreto-Lei n.º 230/2004, com os fluxos

operacionais, para que após a realização de um teste de tratamento, seja possível determinar se uma unidade de tratamento cumpre ou não as metas para fluxo testado.

Analisando a correspondência entre categoria legal e fluxo operacional, verifica-se que os fluxos A e D são apenas constituídos por uma categoria legal, pelo que a definição de metas para estes fluxos é directa. Os fluxos B e E possuem na sua composição mais do que uma categoria legal. No entanto, a definição de metas para estes fluxos é igualmente directa, dado que as categorias que os compõem têm metas de reutilização/reciclagem e valorização iguais.

Finalmente, o conjunto de categorias legais que integram o fluxo C tem diferentes taxas de reutilização/reciclagem e valorização. Desta forma, não existe à partida uma meta definida para este fluxo operacional, pelo que será necessário definir uma metodologia operacional que permita estabelecer os respectivos objectivos de gestão.

A Tabela 4 sintetiza a correspondência entre as metas de gestão para diferentes categorias legais e fluxos operacionais.

Tabela 4 - Correspondência entre as metas de gestão para diferentes categorias legais e fluxos operacionais

Fluxo Operacional	Categoria Legal	Categoria Legal		Fluxo Operacional	
		Meta de Reutilização e Reciclagem (%)	Meta de Valorização (%)	Meta de Reutilização e Reciclagem (%)	Meta de Valorização (%)
A. Grandes Equipamentos	1. Grandes Electrodomésticos	75%	80%	75%	80%
B. Aparelhos de Arrefecimento e Refrigeração	1. Grandes Electrodomésticos	75%	80%	75%	80%
	8. Equipamentos Médicos	-	-		
	10. Distribuidores Automáticos	75%	80%		
C. Equipamentos Diversos	2. Pequenos Electrodomésticos	50%	70%	?	?
	3. Equipamentos Informáticos e de Telecomunicações	65%	75%		
	4. Equipamentos de Consumo	65%	75%		
	5. Equipamentos de Iluminação	50%	70%		
	6. Ferramentas Eléctricas e Electrónicas	50%	70%		
	7. Brinquedos e Equipamento de Desporto e Lazer	50%	70%		
	8. Equipamentos Médicos	-	-		
	9. Instrumentos de monitorização e controlo	50%	70%		
	10. Distribuidores automáticos	75%	80%		
D. Lâmpadas Fluorescentes e Descarga	5. Equipamentos de Iluminação	80%	-	80%	-
E. Televisores e Monitores (CRT)	3. Equipamentos Informáticos e de Telecomunicações	65%	75%	65%	75%
	4. Equipamentos de Consumo	65%	75%		

2.3. Definição de metas para os fluxos operacionais - Caracterização do Fluxo

C – Equipamentos Diversos

A definição das metas de reutilização/reciclagem e valorização para o fluxo C, do ponto de vista matemático consiste numa média ponderada das metas de cada categoria legal, cujo factor de ponderação constitui a percentagem de REEE, em peso, de cada categoria legal para um determinado período de tempo.

Identificada a necessidade de implementação de uma metodologia operacional, que permita determinar a composição em termos de categorias legais do fluxo C e conseqüentemente, as metas de reutilização/reciclagem e valorização para este fluxo, a Amb3E no âmbito de um dos seus projectos de Investigação e Desenvolvimento, estabeleceu uma parceria com a Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa, com o objectivo de desenvolver a metodologia operacional, bem como obter os primeiros resultados de caracterização do fluxo C, para o ano de 2008, através da implementação de um projecto-piloto nos principais parceiros da Amb3E.

No decorrer do projecto-piloto foram realizadas 9 campanhas de caracterização ao fluxo C, em que a unidade de amostragem era equivalente a uma carga, que dependendo da mistura de produtos varia normalmente entre 3-4 toneladas. No que concerne à selecção das amostras, houve ainda a preocupação de caracterizar todas as proveniências de fluxo C que dão entrada no SIGREEE, ou seja:

- Sistemas Municipais e Intermunicipais, em que os REEE são tipicamente de proveniência particular, resultantes do circuito urbano;
- Operadores privados de gestão de REEE, em que a maioria dos REEE provêm de utilizadores não particulares, nomeadamente dos sectores comerciais, industriais ou institucionais, caracterizados por uma grande produção de resíduos;
- E ainda resíduos provenientes de uma nova solução de recolha de REEE, implementada pela Amb3E, no 4.º trimestre de 2007, denominada Ponto Electrão e que consiste num contentor especialmente desenvolvido para efeitos de comunicação e dimensionado para a recepção de REEE de pequena dimensão. O sucesso desta iniciativa faz já deste circuito um dos principais canais de entrada de fluxo C no SIGREEE.

As campanhas de caracterização consistiram essencialmente numa triagem manual das cargas de fluxo C pelas 9 categorias legais, que integram este fluxo e cujo procedimento poderá ser sintetizado da seguinte forma:

- Recepção e pesagem das cargas seleccionadas para caracterização;
- Acondicionamento e armazenamento das cargas a caracterizar, para que estas não sofressem qualquer tipo de manipulação ou contaminação prévias à campanha;

- Identificação do espaço dentro da instalação do parceiro operacional, cuja dimensão permitisse a manipulação de cargas e preferencialmente não distasse muito da balança/balança;
- Identificação e pesagem ou aferição das taras dos materiais de acondicionamento, destinados à recepção das categorias legais que integram o fluxo C (por exemplo paletes, caixas metálicas, *big bags*);
- Triagem manual da carga seleccionada para caracterização;
- Pesagem dos equipamentos triados nas diferentes categorias.

Os resultados das 9 campanhas de caracterização, a que corresponderam 34.477kg de REEE do fluxo C triados, encontram-se sintetizados na Figura 3.

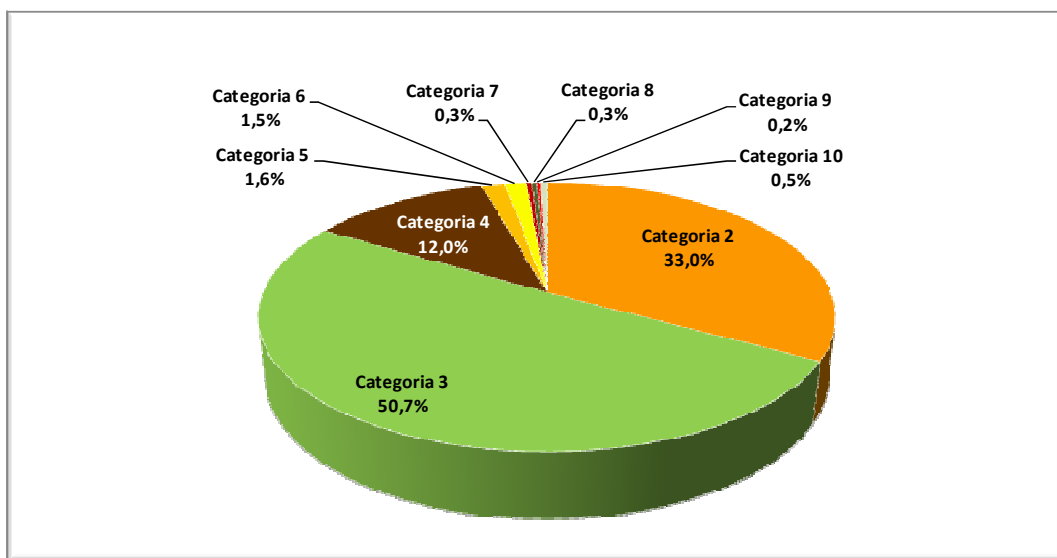


Figura 3 – Composição do Fluxo C para o ano 2008

Da análise à Figura 3 verifica-se que as categorias legais 2 - Pequenos Electrodomésticos, 3 - Equipamentos Informáticos e de Telecomunicações e 4 - Equipamentos de Consumo, representam mais de 95% do peso do fluxo C, pelo que terão igualmente mais peso na determinação dos objectivos de gestão deste fluxo.

Conhecidas todas as variáveis para a determinação das metas de reutilização/reciclagem e valorização do fluxo C, apresentam-se de seguida o conjunto dos objectivos de gestão para todos os fluxos operacionais, para o ano 2008.

Tabela 5 – Metas de Reutilização/Reciclagem e Valorização para cada fluxo operacional para o ano de 2008

Fluxo Operacional	Meta de Reutilização e Reciclagem (%)	Meta de Valorização (%)
A. Grandes Equipamentos	75,0%	80,0%
B. Equipamentos de Arrefecimento e Refrigeração	75,0%	80,0%
C. Equipamentos Diversos	59,5%	73,2%
D. Lâmpadas Fluorescentes e Descarga	80,0%	-
E. Televisores e Monitores (CRT)	65,0%	75,0%

Atendendo a que os resultados de gestão de REEE têm de ser comunicados às autoridades com competências na área do ambiente numa base anual, os objectivos de gestão do fluxo C terão igualmente de ser determinados com a mesma periodicidade, uma vez que o conjunto de categorias legais que integram o fluxo C é variável.

O objectivo subsequente ao projecto-piloto de caracterização de REEE do fluxo C, é o de alargar o âmbito das campanhas a mais operadores do SIGREEE, bem como aumentar a quantidade de REEE caracterizados, para que os resultados possam ser mais representativos. Neste contexto, a Entidade Gestora Europeia com mais experiência em matéria de caracterização de REEE é a Recupel, Entidade Gestora Belga, que tem traçado a meta anual de 3% em massa de fluxo C caracterizado, já as Entidades Gestoras Francesas – Eco-systèmes e Ecologic – que tal como a Amb3E, são precursoras em campanhas de caracterização, no seio de Entidades Gestoras, cujo início de actividade é posterior à implementação Directiva 2002/96/CE, têm por objectivo actual caracterizar cerca de 1% em massa de fluxo C.

Com base na experiência adquirida durante o projecto-piloto e tendo em linha de conta a realidade Europeia, o objectivo para a quantidade de REEE do fluxo C a caracterizar, será o de aumentar os 0,1% de fluxo C caracterizados em 2008, para um valor compreendido entre os 1-3% de fluxo C recolhido pelo SIGREEE para os próximos anos de actividade da Licença concedida pelo Estado Português à Amb3E.

3. Procedimento para a execução de testes de tratamento

3.1. Considerações Gerais

Justificada a necessidade em implementar balanços mássicos à escala industrial, que permitam dar cumprimento à obrigação de manutenção de registos da quantidade de REEE, respectivos componentes, materiais ou substâncias, que entrem (input) ou saiam (output) da instalação de tratamento e/ou que entrem (input) na instalação de valorização ou reciclagem, definidos no 1.º parágrafo do n.º3 do Artigo 7.º da Directiva 2002/96/CE, tornou-se fundamental definir um plano para o desenvolvimento de um procedimento para a execução destes balanços mássicos, aos quais se designaram testes de tratamento.

Com o objectivo definido, o plano para o desenvolvimento do procedimento para a execução de testes de tratamento integrou um *benchmarking* internacional e um teste piloto numa das unidades de tratamento da rede Amb3E. As próximas secções sintetizam a informação que se considerou importante figurar no procedimento de testes, de forma a transmitir de forma clara e precisa às unidades de tratamento, em que consiste um teste de tratamento, quais as tarefas que têm de desempenhar, quais as condições que deverão assegurar e quais os resultados que deverão ser obtidos.

3.2. Definição de teste de tratamento de REEE

O teste de tratamento de REEE refere-se à monitorização do tratamento de REEE efectuado em cada unidade de tratamento, através de uma das seguintes modalidades:

- tratamento de uma quantidade pré-seleccionada de REEE de um fluxo, ou
- tratamento de REEE de um fluxo, durante um período pré-definido.

Em qualquer dos casos, os REEE a serem tratados no teste deverão constituir uma amostra representativa e apresentar as características do material normalmente tratado na unidade de tratamento (por exemplo, composição e tipo de equipamentos). Do mesmo modo, é importante garantir que o ambiente de teste reproduza as normais condições e processos de tratamento e minimize os constrangimentos, alterações e tempos de paragem nas unidades de tratamento inerentes ao próprio teste.

3.3. Objectivos

O objectivo do teste de tratamento de REEE é determinar quantitativa e qualitativamente a totalidade das fracções que se obtêm de cada operação do tratamento do fluxo de REEE. Para o efeito, o teste deverá visar a colecção dos seguintes dados:

- Diagrama da linha de tratamento instalada na unidade de tratamento;
- Lista de fracções fim de linha;
- Destinos das fracções de fim de linha;
- Caracterização das fracções fim de linha;
- Balanço mássico ao material tratado, com a quantificação do peso do material de entrada no teste e de todas as fracções de fim de linha;
- Aferição do potencial de reutilização/reciclagem e valorização de REEE, da linha de tratamento testada.

Para a realização de um teste de tratamento de REEE sugerem-se as seguintes etapas: Planeamento prévio, Tratamento da amostra de REEE e Aferição de resultados.

3.4. Planeamento prévio

A realização de um teste de tratamento de REEE exige um planeamento prévio, sendo que o início do processo deverá ser desencadeado pela Amb3E. Nesta fase, está prevista a troca de informação entre a Amb3E e a unidade de tratamento, cuja articulação culminará com a definição do âmbito do teste e da data de realização do mesmo.

Nesta lógica, para a realização de cada teste, a Amb3E deverá informar previamente a unidade de tratamento sobre os pontos constantes da Tabela 6.

Tabela 6 – Variáveis a fornecer pela Amb3E para a realização do teste

N.º	Elementos
A1	Tipo de material de entrada para o teste (<i>ex. REEE do fluxo operacional A – Grandes Equipamentos</i>);
A2	Quantidade mínima de material de entrada a ser processada no teste (<i>ex. mínimo 10 toneladas</i>) ou período mínimo de actividade de tratamento de REEE do teste (<i>ex. mínimo 16 horas de actividade</i>)
A3	Data para o início da execução do teste (<i>ex. dia-mês-ano</i>)
A4	Data para o envio dos elementos provisórios para a realização do teste à Amb3E (<i>ex. dia-mês-ano</i>)

Após recepção e análise dos elementos presentes na Tabela 6, a unidade de tratamento deverá reunir a informação sintetizada na Tabela 7 e enviá-los à Amb3E num prazo que não deverá exceder os 15 dias úteis depois de solicitado pela mesma.

Tabela 7 – Elementos a fornecer à Amb3E no planeamento do teste

N.º	Elementos
B1	Data para o início do teste
B2	Data para o fim do teste
B3	Versão provisória do diagrama da linha de tratamento instalada na unidade de tratamento
B4	Versão provisória da lista de fracções de fim de linha a obter e as respectivas operações nos destinos externos

As versões provisórias do diagrama da linha de tratamento, bem como a lista de fracções fim de linha e respectivos destinos solicitados às unidades de tratamento, normalmente são actualizados no decorrer do teste, atendendo a que raramente as versões provisórias coincidem com as definitivas.

Seguidamente, a unidade de tratamento deve preparar-se para a realização do teste, considerando os aspectos referidos nos próximos pontos.

3.4.1. Elaboração de um documento de registo de pesagens

A unidade de tratamento deverá elaborar um documento para registo das pesagens a efectuar no teste. Este documento deve permitir o registo de todas as pesagens que forem efectuadas no âmbito do teste, nomeadamente, material de entrada, tara de recipientes e fracções obtidas.

3.4.2. Elaboração de um documento de registo de tempo de duração do teste

A preparação de um documento para registo dos períodos de actividade do tratamento de REEE durante o teste, por parte da unidade de tratamento, é igualmente determinante para a aferição da capacidade de tratamento das unidades de tratamento.

3.4.3. Selecção dos equipamentos de pesagem

A selecção dos equipamentos necessários para efectuar pesagens durante o teste, deverá ser adequada às quantidades e ao acondicionamento dos materiais de entrada e das fracções obtidas. Como exemplificações podem ser destacadas as seguintes opções:

- Balanças grandes (básculas ou pontes de pesagem), por exemplo para pesagem do total do material de entrada;
- Balanças médias, por exemplo para pesagem dos contentores/receptáculos com as fracções de saída, nomeadamente fracção plástica, ferrosa, etc;
- Balanças pequenas, por exemplo para pesagem de fracções de pequena monta, designadamente pilhas, cristais líquidos, etc.

Deverá ainda ser disponibilizada à Entidade Gestora, uma cópia dos documentos da última calibração de cada um dos equipamentos de pesagem a utilizar no teste.

3.4.4. Selecção do material de entrada

A unidade de tratamento deverá reservar espaço para armazenamento do material a ser tratado durante o teste⁴. O material de entrada para o teste terá de ser individualizado dos restantes REEE, devendo ser armazenado em separado e identificado como material para tratamento durante o teste.

A selecção do tipo de REEE deverá ser feita de acordo com as especificações definidas em A1 e A2.

Após reunida a totalidade da amostra, a unidade de tratamento deverá determinar o peso líquido do material de entrada seleccionado (sem material de acondicionamento) e registar o valor no documento de pesagens.

3.4.5. Preparação dos recipientes de armazenamento das fracções a obter no teste

A unidade de tratamento deverá eleger os recipientes necessários para armazenar cada uma das fracções que irão resultar do tratamento dos REEE durante teste, bem como, identificá-los correctamente, por exemplo, através de uma etiqueta com o código individual e a designação da fracção respectiva.

Devem ser seleccionados os recipientes – em número e capacidade – que permitam armazenar individualmente, cada uma das fracções a obter no tratamento dos REEE. Deverá ser considerada a necessidade de pesagem da totalidade das fracções obtidas, no final do tratamento do material de entrada e/ou através de pesagens múltiplas no decorrer do teste.

3.5. Tratamento da amostra de REEE

Findo o planeamento e a preparação interna para teste, encontram-se reunidas as condições para se dar início ao tratamento dos REEE e à sua monitorização por parte da Amb3E, tendo em atenção os pontos que se abordam de seguida.

⁴ O armazenamento do material de entrada para o teste deve ser efectuado nas condições previstas no Anexo III Decreto-Lei n.º 230/2004, de 10 de Dezembro

3.5.1. Caracterização do material de entrada

O material de entrada seleccionado para teste deve ser caracterizado, relativamente aos seguintes aspectos:

- Tipo de equipamentos presentes;
- Número de equipamentos de cada tipo presentes (necessário apenas para os fluxos A – Grandes Equipamentos, Fluxo B – Equipamentos de Arrefecimento e Refrigeração e E – Televisores e Monitores (CRT)).

Esta caracterização é importante, para que a interpretação dos resultados possa contemplar todos os elementos disponíveis, a título de exemplo um teste de tratamento ao fluxo C – Equipamentos Diversos, cujo material de entrada tenha uma elevada percentagem de equipamentos informáticos e de telecomunicações, resultará numa maior percentagem de placas de circuito impresso se o material de entrada fosse maioritariamente constituído por pequenos electrodomésticos. Do mesmo modo, se o material de entrada de um teste ao fluxo A – Grandes Equipamentos, apresentar como equipamento predominante a máquina de lavar terá uma maior percentagem em inertes.

A caracterização do material de entrada deve ser realizada imediatamente antes do tratamento dos REEE.

3.5.2. Tratamento

O tratamento dos REEE durante o teste, deverá reproduzir a normal actividade da unidade de tratamento, pelo que os processos implementados em cada instalação deverão ser mantidos na medida do possível.

Durante o teste, as fracções resultantes são armazenadas nos recipientes previamente seleccionados e identificados, sendo pesadas quando tal se justificar (durante ou após o tratamento dos REEE).

3.5.3. Registo dos períodos de actividade do tratamento de REEE e do número de operadores da linha de tratamento envolvidos

Deve ficar registado o tempo de cada período de actividade de tratamento de REEE durante o teste e o número de operadores da linha de tratamento. No final, o somatório do tempo dos períodos registados deve corresponder ao tempo total de tratamento de REEE, verificado no decurso do teste.

3.5.4. Pesagem das fracções obtidas em cada operação

É necessário efectuar a pesagem de todas as fracções obtidas no teste. Em consequência do número e da capacidade dos recipientes seleccionados, o processo de pesagem das referidas fracções pode ser realizado em dois momentos:

- Apenas no final do teste, depois de processada a amostra seleccionada ou findo o período de laboração pré-definido para o teste;
- Durante a realização do teste.

A unidade de tratamento deverá proceder à pesagem de cada uma das fracções obtidas e registá-las no documento de pesagem referido em 3.4.1.

No caso de resultar material estranho durante o tratamento isto é, material que não constitui REEE, REEE que não pertencem ao fluxo a ser tratado ou material de acondicionamento que tenha sido contabilizado no peso do material de entrada, este deverá ser pesado e registado igualmente no documento de pesagens, de forma a ser subtraído ao material testado.

É imperativo evitar duplas pesagens ou a não pesagem de alguma fracção, pelo que os recipientes já pesados deverão ser armazenados em locais distantes do seu local de utilização ou se possível, transferir o conteúdo dos recipientes já pesados para outros recipientes que não estejam a ser utilizados no teste.

No final, o erro associado a diferenças de peso entre o material de entrada e à soma do peso das fracções obtidas, não deverá ser superior a 5%, caso contrário o teste será considerado inválido e terá de ser repetido.

3.5.5. Caracterização das fracções fim de linha

Após o tratamento, cada uma das fracções fim de linha deve ser caracterizada em relação à sua composição material (percentagem de cada um dos materiais presentes em cada fracção).

A composição material de cada uma das fracções deverá ser realizada através de um balanço mássico. Quando tal não for possível, poderá recorrer-se a uma estimativa visual.

Cada uma das fracções obtidas deverá ser fotografada com identificação visível.

3.6. Aferição de resultados

Concluído o teste de tratamento e após colecção e tratamento dos dados a Entidade Gestora produz um relatório onde deverá constar toda a informação e resultados definidos no ponto 1.2 Objectivos.

4. Taxas de Reutilização/Reciclagem e Valorização - Potenciais vs. Efectivas

Foi referido no início desta análise, que o principal objectivo da implementação de testes de tratamento, visa o cumprimento da manutenção de registos de *input/output* nas unidades de tratamento pertencentes ao SIGREEE e a consequente determinação das taxas de reutilização/reciclagem e valorização.

Neste contexto, após a realização do teste é necessário fazer uma análise aos resultados obtidos, mais concretamente, reunir toda a informação que permita avaliar o potencial de reutilização/reciclagem e valorização, aferido em ambiente teste.

O cálculo da performance de reutilização e reciclagem no final da linha de tratamento é suportado pela informação recolhida em ambiente de teste de tratamento, relativamente às fracções resultantes e ao seu encaminhamento para outras unidades a jusante, mais especificamente em relação às operações de valorização ou eliminação realizadas na unidade de destino, de acordo com a Portaria n.º 209/2004, de 3 de Março. Desta forma, e atendendo a que só parte da cadeia de tratamento é retratada nesta análise, as taxas apuradas deverão ser interpretadas como um potencial de reutilização/reciclagem e valorização, o que por si só constituem indicadores relevantes para a avaliação da qualidade de tratamento efectuado numa unidade.

Na abordagem que integra a totalidade da cadeia de tratamento, as taxas de reutilização/reciclagem e valorização poderão ser já interpretadas como efectivas. Neste sentido, os resultados obtidos permitem uma avaliação de desempenho de toda a cadeia de tratamento, possibilitando avaliar não só a capacidade de recuperação de materiais das unidades de tratamento que pertencem ao SIGREEE, mas também se as escolhas que estas unidades fazem no encaminhamento das suas fracções, vão ou sentido de potenciar ou não, os objectivos de gestão.

O próximo ponto tem por objectivo apresentar o cálculo da taxa de reutilização/reciclagem e valorização no final da linha de tratamento, aferida em ambiente de teste, bem como a metodologia utilizada para estender a fronteira de cálculo do final da linha de tratamento para o final da cadeia de tratamento e assim determinar taxas de reutilização/reciclagem e valorização efectivas.

4.1. Evolução para taxas de reutilização/reciclagem e valorização efectivas

O principal objectivo dos testes de tratamento é a determinação das taxas de reutilização/reciclagem e valorização, atingidas por cada unidade de tratamento para cada fluxo operacional. Para o efeito, resulta como *output* do teste uma lista com a designação de fracções fim de linha, quantidades e respectivos destinos de acordo com a Portaria n.º 209/2004, de 3 de Março.

Relativamente ao encaminhamento das fracções fim de linha, mais concretamente às operações de valorização ou eliminação realizadas na unidade de destino, que mais se adequam à gestão de

REEE, de acordo com a Portaria n.º 209/2004, de 3 de Março, são as que se encontram sintetizadas na Tabela 8 e Tabela 9, respectivamente.

Tabela 8 - Operações de Valorização de Resíduos aplicadas aos REEE de acordo com a Portaria n.º 209/2004, de 3 de Março

Operações de Valorização de Resíduos aplicadas aos REEE
R1 - Utilização principal como combustível ou outros meios de produção de energia
R2 - Recuperação/regeneração de solventes
R3 - Reciclagem/recuperação de compostos orgânicos que não são utilizados como solventes (incluindo as operações de compostagem e outras transformações biológicas)
R4 - Reciclagem/recuperação de metais e de ligas
R5 - Reciclagem/recuperação de outras matérias inorgânicas
R9 - Refinação de óleos e outras reutilizações de óleos
R13 - Acumulação de resíduos destinados a uma das operações enumeradas de R1 a R12 (com exclusão do armazenamento temporário, antes da recolha, no local onde esta é efectuada)

Tabela 9 - Operações de Eliminação de Resíduos aplicadas aos REEE de acordo com a Portaria n.º 209/2004, de 3 de Março

Operações de Eliminação de Resíduos aplicadas aos REEE
D1 - Deposição sobre o solo ou no seu interior (por exemplo, aterro sanitário, etc.).
D10 - Incineração em terra
D15 - Armazenagem enquanto se aguarda a execução de uma das operações enumeradas de D1 a D14 (com exclusão do armazenamento temporário, antes da recolha, no local onde esta é efectuada)

Neste contexto, no final do teste de tratamento é possível aferir o potencial de reutilização/reciclagem e valorização no final da linha de tratamento. Por exemplo, para o potencial de valorização basta somar a percentagem em peso das fracções que são encaminhadas para as soluções de valorização listadas na Tabela 8.

O cálculo das taxas efectivas de reutilização/reciclagem e valorização de REEE, só é possível com a integração de toda a cadeia de tratamento no método de cálculo. Para o efeito, a análise à cadeia de tratamento dos REEE e aferição das respectivas taxas, é efectuada pela Entidade Gestora após o teste de tratamento com base nos seguintes dados:

- Caracterização das fracções fim de linha, efectuada durante o teste;
- Informação recolhida junto da unidade de tratamento, quanto às tecnologias a que as fracções fim de linha poderão ser submetidas a jusante da linha de tratamento;
- Pesquisa bibliográfica sobre as tecnologias normalmente aplicadas a determinadas fracções.

A título de exemplo, apresenta-se de seguida uma análise a uma fracção resultante de um teste de tratamento, 16 02 16 / 11-2 motores e transformadores – pequenos, de forma a evidenciar as diferenças nos resultados obtidos se se considerar a linha de tratamento como fronteira para aferição das metas, ou se pelo contrário se se integrar a totalidade da cadeia de tratamento no cálculo.

Analisando a Tabela 10, onde se verifica que segundo a informação fornecida pela unidade de tratamento a fracção motores e transformadores – pequenos, é enviada para uma unidade a jusante com uma operação R4, ou seja para uma operação de reciclagem/recuperação de metais e de ligas e considerando a fronteira no final da linha de tratamento, verifica-se que o potencial de reutilização/reciclagem e valorização, para a fracção em análise é de 100%.

Tabela 10 - Identificação da fracção motores e transformadores – pequenos

Código-Replis	Designação-Replis	Operação
16 02 16 / 11-2	motores e transformadores – pequenos	R4

Por outro lado, se se considerar a totalidade da cadeia de tratamento da fracção motores e transformadores – pequenos, através da caracterização da fracção aferindo a sua composição material tal como se encontra indicado Tabela 11.

Tabela 11 – Caracterização da fracção motores e transformadores – pequenos

Fracção	Fotografia	Caracterização										
16 02 16 / 11-2 motores e transformadores - pequenos		<table border="1"> <tbody> <tr> <td>Fe</td> <td>51,0%</td> </tr> <tr> <td>Cu</td> <td>28,7%</td> </tr> <tr> <td>Outros materiais</td> <td>12,1%</td> </tr> <tr> <td>Plástico</td> <td>8,2%</td> </tr> <tr> <td>Total</td> <td>100,0%</td> </tr> </tbody> </table>	Fe	51,0%	Cu	28,7%	Outros materiais	12,1%	Plástico	8,2%	Total	100,0%
Fe	51,0%											
Cu	28,7%											
Outros materiais	12,1%											
Plástico	8,2%											
Total	100,0%											

E ainda, a informação recolhida junto da unidade de tratamento, sobre as operações a que a fracção será submetida em unidades a jusante, contabilizando assim as perdas de material ocorridas ao longo da cadeia de tratamento da fracção em análise, tal como se encontram representadas na Figura 4. Desta forma, é possível aferir, que a taxa efectiva de reutilização/reciclagem e valorização dos motores e transformadores – pequenos é de 79,7% e não de 100,0% como a apurada na abordagem da fronteira no final da linha de tratamento.

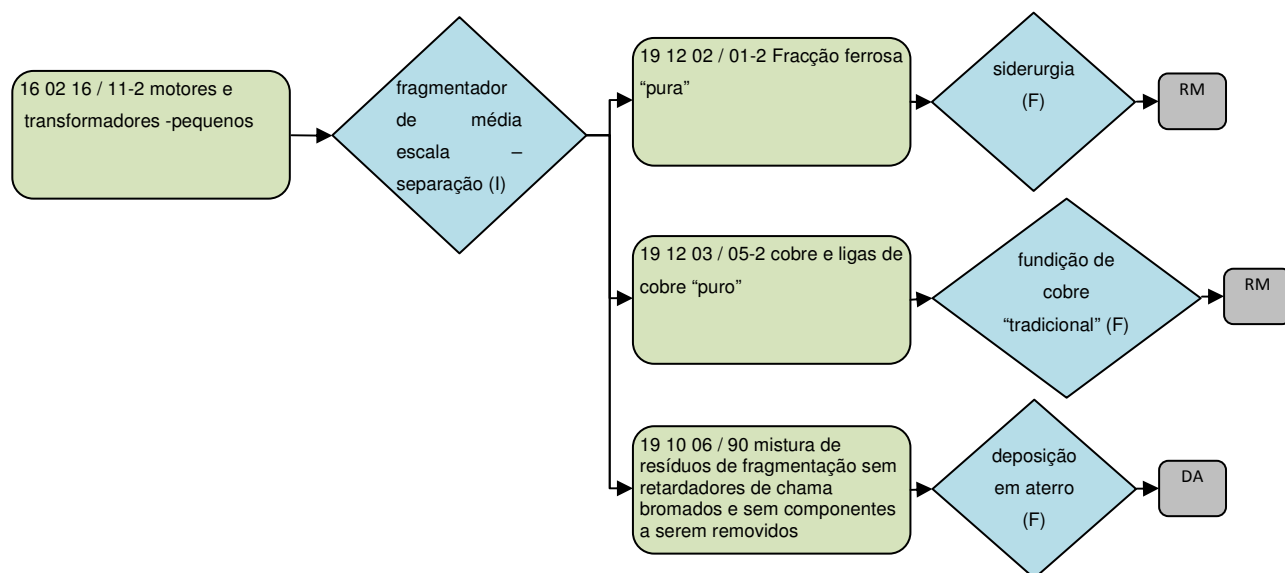


Figura 4 - Diagrama da cadeia de tratamento da fracção 16 02 16 / 11-2 motores e transformadores -pequenos

Os 79,7% de reutilização/reciclagem e valorização são apurados contabilizado a reciclagem da fracção ferrosa e de cobre e subtraindo a percentagem referente aos plásticos e outros materiais, uma vez que estes constituem as perdas de material no processo de fragmentação/separação a que a fracção de motores e transformadores – pequenos é sujeita, tendo como solução final a deposição em aterro.

Para que os resultados de gestão de REEE possam ser aferidos de forma transparente, assegurando a rastreabilidade de todas as fracções até serem encaminhadas para uma solução final e ainda para que o cálculo seja feito de forma harmonizada por todos os Estados Membros, foi desenvolvido pelo *Technical Working Group*⁵ do *WEEE Forum*, um sistema de reporte de resultados de tratamento que contempla:

- Uma lista de nomes comuns para entrada e saída de fracções - com base na Lista Europeia de Resíduos, Portaria n.º 209/2004, de 3 de Março de 2004;
- Uma lista comum de nomes para as tecnologias utilizadas de acordo com as diferentes soluções de tratamento adoptadas pelos membros do WEEE Forum;

⁵ Grupo de trabalho no âmbito do WEEE Forum constituído por membros das diferentes Entidades Gestoras associadas, com competências na área técnica, nomeadamente tratamento e logística e do qual a Amb3E faz parte integrante.

- Um modelo de classificação de Reutilização (R), Reciclagem de Material (RM), Valorização Energética (VE), Deposição em Aterro (DA) e Destruição Térmica (DT), para os diferentes "processos finais" (com recurso a consulta de decisões proferidas pelo Tribunal Europeu, em matéria de classificação de operações);
- Um modelo de cálculo para a determinação das percentagens atribuídas a soluções de reutilização de componentes, a reciclagem de materiais, a recuperação de energia, a deposição em aterro e a destruição térmica, que são a base de cálculo das taxas de reutilização/reciclagem e valorização.

Este sistema de reporte culminou com o desenvolvimento de um *software* denominado *Reptool*, que permite às unidades de tratamento introduzirem os seus resultados de tratamento e calcularem as suas taxas de reutilização/reciclagem e valorização, de forma harmonizada e que permite ainda às Entidades Gestoras calcularem os resultados globais da sua actividade para cada fluxo, isto é compilando os resultados obtidos por todas as unidades de tratamento da sua rede.

Desta forma, após a realização dos testes e recolhida toda a informação sobre as operações a que as fracções resultantes, são submetidas em unidades a jusante, estão reunidas as condições para a inserção de dados na *Reptool* e por conseguinte para o cálculo das taxas de reutilização/reciclagem e valorização, integrando toda a cadeia de tratamento.

De forma sucinta, o processo de inserção de dados na *Reptool* abrange as seguintes etapas:

- Selecção e descrição do material de entrada, normalmente fluxo e categorias que o integram;
- Selecção das tecnologias primárias e intermédias e das fracções primárias e intermédias que caracterizam o tratamento do fluxo em análise;
- Selecção das tecnologias finais e classificação do uso final, de acordo com a composição dos materiais encaminhados para solução final;
- Cálculo das taxas de reutilização/reciclagem e valorização.

Na Figura 5 apresenta-se um *layout* do *software Reptool*, onde é possível analisar a inserção das fracções primárias resultantes de um processo de despoluição ao fluxo A – Grandes Equipamentos.

Reporting tool for treatment partners						Login - Treatment part Demo
Treatment results	Sorting results	Tasks	Summaries	Packages	Download	Logout
Active report			large (household) appliances	Annual data 2006	Weight (kg)	10.000.000
First fractions		Overview		Final	Calculation	

Output fractions

EWC code	Name fraction	Internal name / Internal code	Weight (% / kg)	Delete
13 03 01*	(heat transmission) oils containing PCBs	oil from oil radiators	0,05 / 5000	
16 02 09* / 02-1	PCB (suspect) capacitors - small		0,03 / 3000	
16 02 14 / 01	large (household) appliances shredder input		99,3149 / 9931490	
16 02 15* / 01-2	mercury components - parts dismantled		0,0001 / 10	
16 02 15* / 07	gas discharge lamps (mix)		0,005 / 500	
16 02 16 / 10-1	power supply cables		0,6 / 60000	
Total:			100,0000 / 10000000	

Figura 5 - Layout do software Reptool correspondente à inserção das fracções primárias

Uma das características da *Reptool* é permitir ainda desenvolver uma base de dados com todas as unidades de tratamento, reciclagem, valorização e eliminação, que intervêm na cadeia de tratamento dos REEE geridos no âmbito de determinada Entidade Gestora, como é visível na Figura 6.

Reporting tool for treatment partners						Login - Treatment part Demo
Treatment results	Sorting results	Tasks	Summaries	Packages	Download	Logout
Active report			large (household) appliances	Annual data 2006	Weight (kg)	10.000.000
First fractions		Overview		Final	Calculation	

Edit acceptor/technology for output fraction

Fraction / Weight (kg) large (household) appliances shredder input / 9.931.490 kg

Trading steps

Acceptor: HWI 1
 other -> HWI 1
 Remarks: heavy media separation + further separation steps

Technology used: car shredder / separation
 other -> car shredder / separation

Weight: % - 100 kg - 9931490

Following output- or composition-data:

Source of data: Select Value

Date of data (dd-mm-yyyy):

Data provided by:

Figura 6 - Layout do software Reptool correspondente à inserção de unidades

Se forem ultrapassadas questões relacionadas com confidencialidade de dados e se for efectuado um esforço, no controlo rigoroso de todas estas unidades, nomeadamente através de auditorias por parte de Entidades Gestoras e fiscalizações por parte das autoridades competentes, esta base de dados poderá vir a representar uma ferramenta importante no combate à exportação ilegal de REEE no panorama Europeu.

No Anexo I, pode ainda ser analisado um relatório produzido no âmbito da *Reptool*, para o fluxo A – Grandes Equipamentos, onde constam as fracções resultantes, as unidades destino, as tecnologias utilizadas, as respectivas classificações de uso final e por fim a determinação das taxas de reutilização/reciclagem e valorização.

5. Resultados de Testes de Tratamento

A Amb3E determinou que os testes de tratamento às unidades que integram o SIGREEE, seriam a principal ferramenta para a monitorização e controlo dos fluxos de materiais resultantes do tratamento de REEE. Para o efeito, durante o ano de 2008, foram efectuados testes de tratamento a todos os fluxos operacionais para as unidades de tratamento mais representativas.

Foram realizados um total de 16 testes com base no procedimento apresentado no capítulo 3 e o presente capítulo, visa sintetizar os resultados obtidos num teste típico para cada um dos fluxos operacionais.

No capítulo 2 foi apresentada a argumentação que esclarece que um cálculo rigoroso das taxas de reutilização/reciclagem e valorização, deverá incorporar a totalidade da cadeia de tratamento e que muitas vezes, os resultados individuais entre unidades de tratamento ou mesmo resultados globais entre Entidades Gestoras, não são comparáveis, porque os cálculos integram fases de tratamento diferentes. Com o objectivo de evidenciar as diferenças nos resultados quando a fronteira de análise varia, entre o fim de linha da unidade de tratamento e a totalidade da cadeia de tratamento, serão ainda apresentados neste capítulo as taxas de reutilização/reciclagem e de valorização considerando ambas as fronteiras.

A incorporação de toda a cadeia de tratamento permite contabilizar todos as perdas/desperdícios de materiais resultantes do tratamento, pelo que as de taxas reutilização/reciclagem e de valorização calculadas através deste método e com recuso à ferramenta informática *Reptool*, são sempre inferiores às taxas calculadas no final da linha de tratamento. Neste capítulo serão ainda analisadas as fracções fim de linha que mais contribuem para a ocorrência de perdas na cadeia de tratamento, nomeadamente no que se refere à sua composição.

Por questões de confidencialidade de dados não será divulgado o nome da unidade de tratamento em que cada teste seleccionado foi efectuado, nem dados relativos a capacidade de produção.

5.1. Teste de Tratamento Fluxo A – Grandes Equipamentos

5.1.1. Caracterização do material de entrada – Fluxo A

O Fluxo A – Grandes Equipamentos, tal como o nome indica, caracteriza-se por ser constituído por REEE de grandes dimensões, com uma elevada composição metálica e com baixos índices de perigosidade.

A Tabela 12 apresenta as características da amostra seleccionada para o teste aqui apresentado. Esta amostra é representativa do conjunto de produtos que integram este fluxo e que habitualmente são recolhidos no âmbito do SIGREEE.

Tabela 12 – Material de entrada tratado no teste – Fluxo A

Fluxo A	% (em peso)	Peso médio unitário (kg/unidade)
Máquinas de lavar roupa	71,9%	61,0
Máquinas de lavar loiça	14,2%	55,0
Fogões eléctricos	13,4%	40,0
Fornos micro-ondas	0,5%	16,0
Total	100%	57,1

A Tabela 12 demonstra que as máquinas de lavar são o REEE mais determinante na composição do fluxo A.

5.1.2. Caracterização da linha de tratamento – Fluxo A

De acordo com os processos e tecnologias existentes, as linhas de tratamento de grandes equipamentos são normalmente compostas por dois níveis de tratamento, um desmantelamento manual e um fragmentador de grandes dimensões.

- O desmantelamento manual do equipamento visa a sua descontaminação (por exemplo, condensadores contendo PCB)⁶, bem como a recuperação de alguns materiais passíveis de serem reciclados, que se não forem recuperados nesta fase, não poderão ser reciclados depois de encaminhados para o fragmentador. De entre estes materiais, destaca-se o bloco de betão presente nas máquinas de lavar e que em alguns casos, dependendo composição da amostra do fluxo A, poderá representar 25% em peso das fracções resultantes do tratamento.
- Os fragmentadores de grande escala, habitualmente designados por fragmentadores de carros, constituem o segundo nível de tratamento do fluxo em análise e encontram-se vocacionados para a recuperação de metais ferrosos.

A tecnologia presente nestas instalações inclui uma fragmentação com separação da fracção leve, através de ciclones, da fracção pesada, essencialmente metálica. A fracção pesada é então sujeita a uma separação magnética onde é recuperada a fracção ferrosa. A fracção remanescente composta por metais não ferrosos, borracha, entre outros materiais, é decomposta por separação densimétrica, com conseqüente recuperação dos metais não ferrosos.

⁶ Normalmente presentes em máquinas de lavar com data de colocação no mercado anterior a 1986 (Eugster, 2008)

Os dois níveis de tratamento característicos da linha do fluxo A não são dedicados, uma vez que as estações de trabalho para desmantelamento manual, poderão ser também utilizadas para o desmantelamento do fluxo C – Equipamentos Diversos e os fragmentadores, normalmente são alimentados por uma mistura de vários tipos de sucata, nomeadamente veículos em fim de vida, REEE, entre outros.

Em Portugal como apenas existem três fragmentadores com as características acima referidas, a maioria das unidades de tratamento do fluxo A apenas procede ao desmantelamento manual.

5.1.3. Operações de tratamento e fracções obtidas – Fluxo A

O teste ao fluxo A seleccionado, foi efectuado numa linha de tratamento composta apenas por uma tecnologia primária.

Na Figura 7 encontra-se representado o diagrama da linha de tratamento de grandes equipamentos, bem como as tecnologias finais para aquelas fracções, cuja unidade de tratamento faz um envio directo para destino final. Para as restantes fracções, que são enviadas para unidades a jusante, para serem submetidas a mais processos de tratamento, é indicado o código da operação a que a fracção irá ser sujeita na unidade seguinte, sendo que a da cadeia de tratamento remanescente poderá ser analisada no Anexo II⁷.

⁷ A fracção é primeiramente identificada com o código de operação no destino ou seja, um código de valorização R ou um código de eliminação D. Seguidamente, é identificado o fluxo em análise através da letra correspondente, A, B, C, D ou E.

O primeiro número a seguir à letra corresponde ao nível de tratamento. Por fim, o segundo algarismo corresponde a um número sequencial que identifica a fracção por ordem de aparição no diagrama.

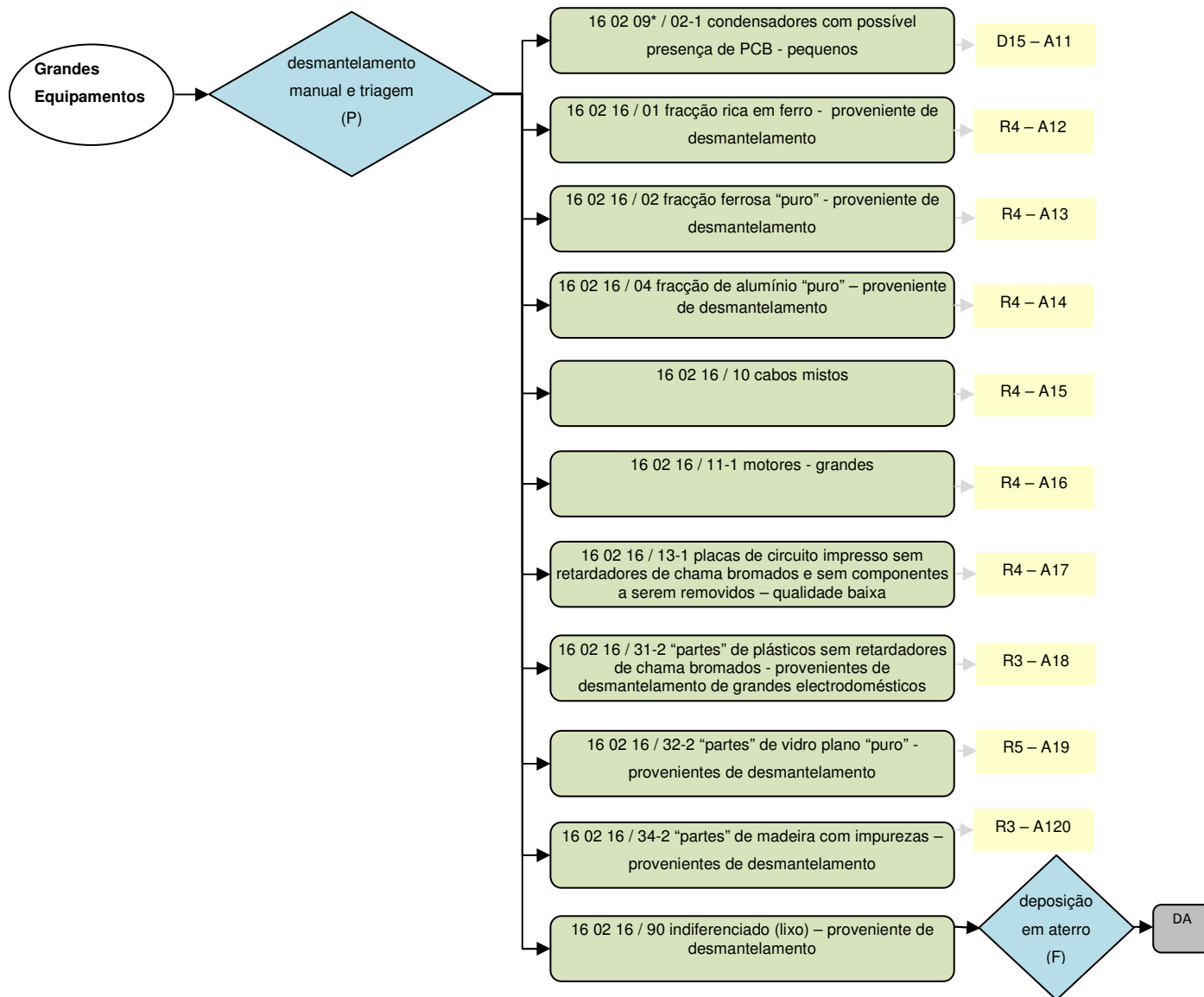


Figura 7 - Diagrama de linha de tratamento – Fluxo A

A Tabela 13 apresenta a lista completa de fracções de fim de linha obtidas no teste ao fluxo A, as respectivas percentagens em peso e destinos/operações de valorização ou eliminação, de acordo com a Portaria n.º 209/2004, de 3 de Março.

Tabela 13 – Peso e destino das fracções de fim de linha – Fluxo A

Código-Replis	Designação-Replis	% (peso)	Operação
16 02 16 / 01	fracção rica em ferro - proveniente de desmantelamento	86,46%	R4
16 02 16 / 11-1	motores - grandes	7,95%	R4
16 02 16 / 02	fracção ferrosa "puro" - proveniente de desmantelamento	2,64%	R4
16 02 16 / 31-2	"partes" de plásticos sem retardadores de chama bromados - provenientes de desmantelamento de grandes electrodomésticos	1,43%	R3
16 02 16 / 10	cabos mistos	0,78%	R4
16 02 16 / 34-2	"partes" de madeira com impurezas – provenientes de desmantelamento	0,38%	R3
16 02 09* / 02-1	condensadores com possível presença de PCB - pequenos	0,12%	D15
16 02 16 / 32-2	"partes" de vidro plano "puro" - provenientes de desmantelamento	0,08%	R5
16 02 16 / 04	fracção de alumínio "puro" – proveniente de desmantelamento	0,07%	R4
16 02 16 / 90	indiferenciado (lixo) – proveniente de desmantelamento	0,06%	D1
16 02 16 / 13-1	placas de circuito impresso sem retardadores de chama bromados e sem componentes a serem removidos – qualidade baixa	0,02%	R4

5.1.4. Taxas de Reutilização/Reciclagem e Valorização – Fluxo A

Na Figura 8 apresentam-se as taxas de reutilização/reciclagem apuradas no final da linha de tratamento e no final cadeia de tratamento. Da análise à figura e comparando as duas fronteiras verifica-se, que a taxa decresce 24,4% quando considerada toda a cadeia de tratamento.

Ambos os métodos de cálculo encontram-se acima da meta de reutilização/reciclagem. No entanto, a taxa de reutilização/reciclagem que integra toda a cadeia de tratamento é de 75,5%, apenas 0,5% acima da meta definida para o fluxo A.

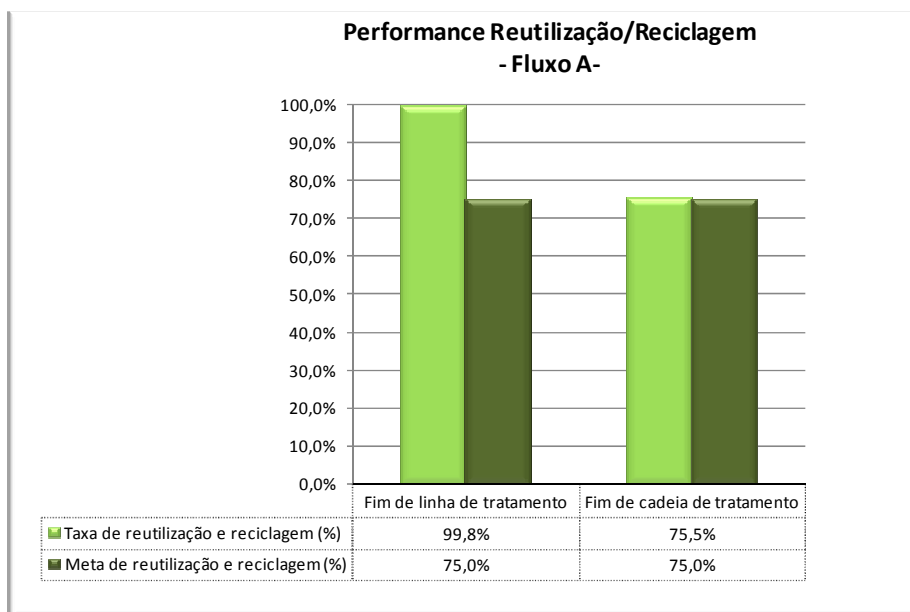


Figura 8 - Taxas de reutilização/reciclagem aferidas no final da linha de tratamento e no final da cadeia de tratamento - Fluxo A

No que concerne às taxas de valorização para as duas fronteiras em análise, verifica-se através da Figura 9 que estas são iguais às taxas de reutilização/reciclagem, uma vez que para o teste efectuado, não existem soluções de valorização energética para os materiais resultantes do tratamento.

Demonstra-se ainda, que a taxa de valorização aferida no final da linha de tratamento permite o cumprimento da meta. Porém, a taxa de valorização que integra toda a cadeia de tratamento não garante o cumprimento da meta de valorização, uma vez que o valor é 4,5% abaixo mesma.

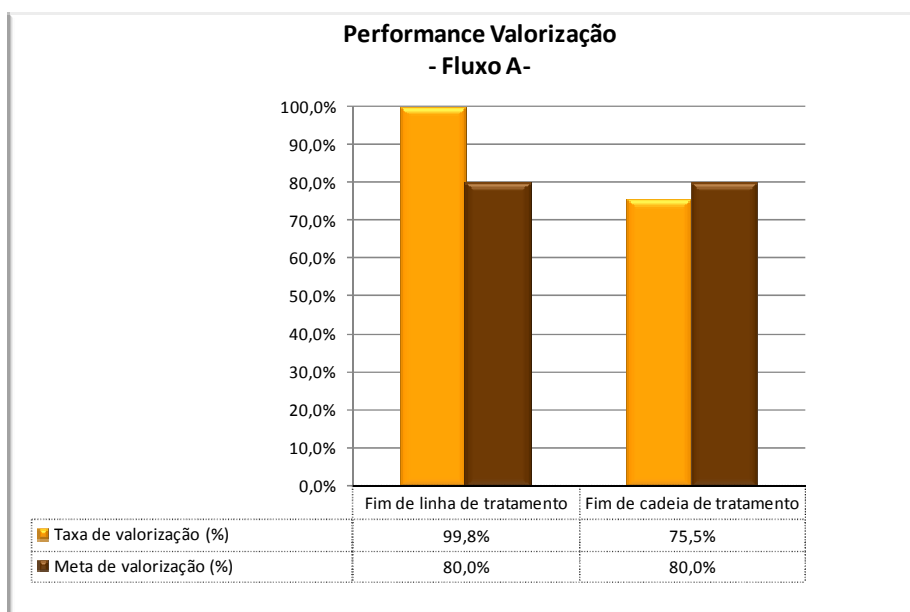


Figura 9 – Taxas de valorização aferidas no final da linha de tratamento e no final da cadeia de tratamento - Fluxo A

5.1.5. Caracterização das fracções de fim de linha - Fluxo A

Do ponto de vista mássico, a fracção rica em ferro - proveniente de desmantelamento é a mais representativa, constituindo mais de 85% do material de entrada como é possível verificar analisando a Tabela 13.

A fracção rica em ferro é também a que mais contribui para a diferença entre as taxas de reutilização e reciclagem, apuradas no final da linha de tratamento e no final da cadeia de tratamento. Esta situação deve-se ao facto, de a unidade de tratamento encaminhar a totalidade da fracção para um fragmentador de carros (grande escala), atribuindo como operação no destino um R4 - Reciclagem/recuperação de metais e de ligas, sendo considerada para efeitos de taxa toda a massa da fracção em análise.

Por outro lado, ao ser incorporada toda a cadeia de tratamento no cálculo da taxa e analisando a Tabela 14, onde se encontra sintetizada a composição da fracção rica em ferro verifica-se, que apenas o ferro e o cobre serão recuperados e por conseguinte contribuem efectivamente para a taxa de reutilização e reciclagem. Já o cimento que tem uma percentagem bastante significativa dentro da fracção rica em ferro, irá integrar a fracção leve do fragmentador de carros, que actualmente em Portugal está a ser encaminhada para aterro, pelo que para efeitos de taxa a sua massa deverá ser deduzida.

É na diferença de encaminhamento acima explanada, que reside a elevada diferença nas taxas apuradas para as duas fronteiras consideradas neste estudo.

No Anexo II é possível analisar a restante cadeia de tratamento da fracção rica em ferro, bem como das demais fracções identificadas na Figura 7.

Tabela 14 – Caracterização da fracção 16 02 16 / 01 fracção rica em ferro - proveniente de desmantelamento

Fracção	Fotografia	Caracterização										
<p>16 02 16 / 01 fracção rica em ferro - proveniente de desmantelamento</p>		<table border="1"> <tbody> <tr> <td>Fe</td> <td>70,0%</td> </tr> <tr> <td>Cimento</td> <td>25,0%</td> </tr> <tr> <td>Cu</td> <td>4,0%</td> </tr> <tr> <td>Outros materiais</td> <td>1,0%</td> </tr> <tr> <td>Total</td> <td>100,0%</td> </tr> </tbody> </table>	Fe	70,0%	Cimento	25,0%	Cu	4,0%	Outros materiais	1,0%	Total	100,0%
Fe	70,0%											
Cimento	25,0%											
Cu	4,0%											
Outros materiais	1,0%											
Total	100,0%											

No fluxo A – Grandes Equipamentos a fracção mais importante do ponto de vista de despoluição são os condensadores contendo PCB. Estima-se que estes componentes apenas se encontram presentes em máquinas de lavar fabricadas antes de 1986. No entanto, uma vez que operacionalmente nem sempre é fácil identificar o ano de fabrico dos equipamentos e existem estudos, que demonstram que apesar da proibição da colocação no mercado de matérias contendo PCB, datar de 1986, existem ainda transgressões à legislação em vigor.

Por este motivo, as unidades de tratamento têm indicações para remover todos os condensadores e classificá-los como resíduos perigosos.

Como poderá ser analisado no Anexo II, os condensadores deverão ser enviados para incineradoras de resíduos perigosos. Atendendo a que em Portugal, não existem incineradoras que recebam este tipo de resíduos e ao facto de estes, em termos mássicos, não representarem mais de 0,5% do material de entrada, os condensadores são normalmente encaminhados para agentes intermediários, com licenciamento para armazenagem e que procedem à exportação para países com incineradoras preparadas para o efeito.

Tabela 15 - Caracterização da fracção 16 02 09* / 02-1 Condensadores com possível presença de PCB - pequenos

Fracção	Fotografia	Caracterização				
16 02 09* / 02-1 Condensadores com possível presença de PCB - pequenos		<table border="1"> <tr> <td>Condensadores</td> <td>100,0%</td> </tr> <tr> <td>Total</td> <td>100,0%</td> </tr> </table>	Condensadores	100,0%	Total	100,0%
Condensadores	100,0%					
Total	100,0%					

5.2. Teste de Tratamento Fluxo B – Aparelhos de Arrefecimento e Refrigeração

5.2.1. Caracterização do material de entrada – Fluxo B

O fluxo B – Aparelhos de Arrefecimento e Refrigeração é composto por frigoríficos, combinados, arcas congeladoras e aparelhos de ar condicionado, em que o denominador comum entre estes equipamentos é a presença de um circuito de refrigeração.

A recolha, manuseamento e tratamento do fluxo B, constitui um dos maiores desafios do ponto de vista ambiental, no que concerne à gestão de REEE. Como foi já mencionado na Tabela 3 e de acordo com a Figura 10, alguns dos gases de refrigeração que integram, quer o circuito de refrigeração quer as espumas para isolamento (poliuretano), apresentam GWP elevados e/ou pertencem ao conjunto de substâncias que empobrecem a camada de ozono.

Gases	Exemplo	Fórmula	Alterações Climáticas (GWP)	Depleção da Camada de Ozono (ODP)
CFC	R11	CCl_3F	2400	1
H-CFC	R22	CHClF_2	1700	0,04-0,05
HFC	R134a	$\text{C}_2\text{H}_2\text{F}_4$	1300	0
HC	Ciclopentano	C_5H_{10}	11	0

Figura 10 – Índice de GWP das substâncias presentes no Fluxo B (adaptado de HC standard, 2006)

Em virtude dos avanços tecnológicos e da legislação publicada, nomeadamente do Regulamento da Comissão Europeia n.º 2037/2000, de 29 de Junho de 2000, relativo às substâncias que empobrecem a camada de ozono, actualmente os aparelhos de arrefecimento e refrigeração que são colocados no mercado, possuem como gás de refrigeração o ciclopentano, que de entre os gases possíveis para efeitos de refrigeração é o que produz menos efeitos do ponto de vista ambiental.

Relativamente à proporção em que os frigoríficos com ciclopentano estão a chegar ao fim de vida na Europa, actualmente estima-se estar compreendida entre os 10-30% (HC standard, 2006) e com o declínio dos CFC esta quota terá tendência a aumentar.

Para o teste de tratamento ao Fluxo B – Aparelhos de Arrefecimento e Refrigeração, foi seleccionada uma amostra de equipamentos representativa do que habitualmente dá entrada nas unidades de tratamento do SIGREEE da Amb3E e encontra-se indicada na Tabela 16.

Tabela 16 – Material de entrada tratado no teste – Fluxo B

Fluxo B	% (em peso)	Peso médio unitário (kg/unidade)
Frigoríficos ≤180l	2,2%	37,0
Combinados 180-350l	88,9%	49,0
Congeladores e arcas ≤500l	8,9%	45,0
Total	100%	48,4

5.2.2. Caracterização da linha de tratamento – Fluxo B

O tratamento de aparelhos de arrefecimento e refrigeração caracteriza-se essencialmente, pela exigência legal em extrair e tratar correctamente, os gases que empobrecem a camada de ozono ou tenham um GWP superior a 15, como os que se encontram nas espumas de poliuretano e nos circuitos de refrigeração destes equipamentos.

As tecnologias existentes no mercado para tratar os REEE do fluxo B são dedicadas e apresentam dois níveis de tratamento, o primeiro consiste num desmantelamento manual e o segundo num processo de fragmentação em ambiente controlado.

- O desmantelamento manual consiste na perfuração do circuito de refrigeração, com subsequente extracção do óleo e gás. São ainda removidos nesta fase fracções como compressores, cabos, prateleiras em vidro, plástico entre outras.
- A fragmentação da “carcaça” do frigorífico inclui tipicamente um fragmentador com câmara fechada inertizada com injeção de nitrogénio, para prevenir possíveis explosões⁸ e comprimir o CFC, um separador magnético para separar a fracção ferrosa, um ciclone para a

⁸ A concentração de nitrogénio na câmara de fragmentação está directamente relacionada com proporção de frigoríficos com ciclopentano.

recuperar a fracção leve (poliuretano) e um separador por correntes de Foucault, para separar os metais não ferrosos da fracção de plástico.

Para reforçar a libertação do CFC das espumas de poliuretano, após recolha, estas poderão ainda ser submetidas a uma compressão mecânica através de um *peletizador*, pelo que a fracção resultante das linhas que adoptam este tipo de tratamento são caracterizadas por um conjunto de pequenos *pelets*.

Os gases recolhidos quer durante a fase de desmantelamento quer no processo de fragmentação, são recolhidos em botijas preparadas para o acondicionamento destas substâncias e seguidamente enviadas para eliminação, habitualmente através de incineração⁹ a altas temperaturas, que promove a destruição das ligações de cloro para que não ocorram danos ambientais. Portugal não possui instalações com capacidade de destruir estas substâncias, pelo que os CFC são alvo de processos transfronteiriço de resíduos e enviados para destruição noutros Estados Membros, soluções em França e na Alemanha são as mais utilizadas.

Portugal tem neste momento 3 linhas de tratamento de aparelhos de arrefecimento e refrigeração

5.2.3. Operações de tratamento e fracções obtidas – Fluxo B

A Figura 11 representa o diagrama da linha de tratamento de aparelhos de arrefecimento e refrigeração seleccionada para integrar este estudo. A linha de tratamento aqui apresentada é constituída por dois níveis de tratamento, uma tecnologia primária e uma tecnologia intermédia.

A parte da cadeia de tratamento, a jusante da linha de tratamento, aqui representada poderá ser analisada no Anexo II.

⁹A destruição dos gases poderá também ocorrer através de processos químicos ou catalíticos (UNU, 2007)

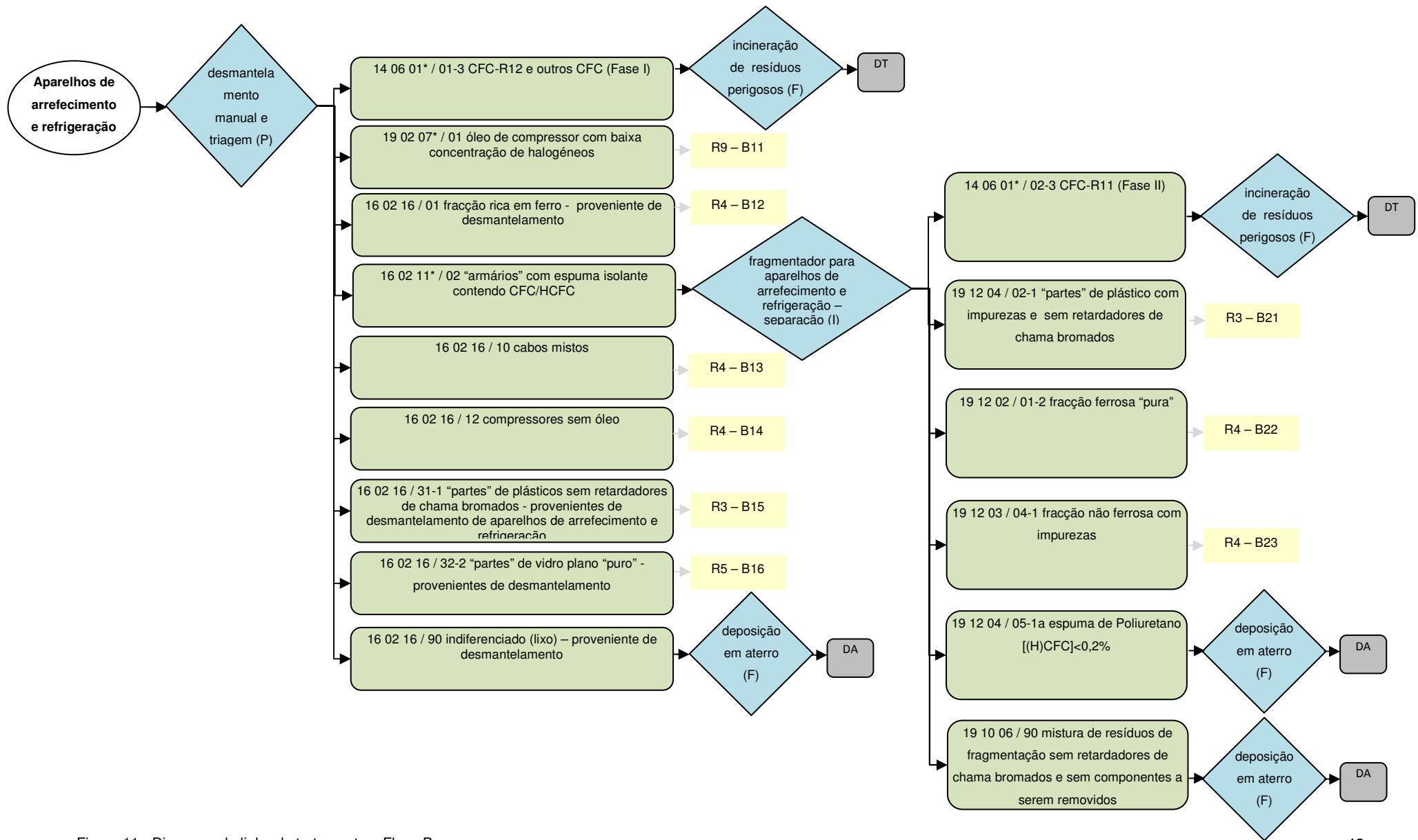


Figura 11 - Diagrama da linha de tratamento – Fluxo B

A Tabela 17 apresenta os resultados quantitativos do teste de tratamento ao fluxo B, onde estão igualmente sintetizadas as fracções de fim de linha obtidas no teste, as respectivas percentagens em peso e destinos/operações de valorização ou eliminação para onde são encaminhadas, de acordo com a Portaria n.º 209/2004, de 3 de Março.

Tabela 17 – Peso e destino das fracções de fim de linha obtidas no teste de tratamento – Fluxo B

Código-Replis	Designação-Replis	% (peso)	Operação
19 12 02 / 01-2	fracção ferrosa “pura”	35,12%	R4
19 12 04 / 05-1a	espuma de Poliuretano [(H)CFC]<0,2%	23,41%	D1
16 02 16 / 12	compressores sem óleo	19,29%	R4
19 10 06 / 04	mistura de plásticos e metais sem retardadores de chama bromados e/ou substâncias perigosas	7,94%	R3
19 12 03 / 04-1	fracção não ferrosa com impurezas	6,10%	R4
16 02 16 / 01	fracção rica em ferro - proveniente de desmantelamento	6,05%	R4
16 02 16 / 90	indiferenciado (lixo) – proveniente de desmantelamento	0,41%	D1
16 02 16 / 31-1	“partes” de plásticos sem retardadores de chama bromados - provenientes de desmantelamento de aparelhos de arrefecimento e refrigeração	0,37%	R3
16 02 16 / 32-2	“partes” de vidro plano “puro” - provenientes de desmantelamento	0,35%	R5
14 06 01* / 02-3	CFC-R11 (Fase II)	0,30%	D10
16 02 16 / 10	cabos mistos	0,23%	R4
19 10 06 / 90	mistura de resíduos de fragmentação sem retardadores de chama bromados e sem componentes a serem removidos	0,16%	R3
14 06 01* / 01-3	CFC-R12 e outros CFC (Fase I)	0,14%	D10
19 02 07* / 01	óleo de compressor com baixa concentração de halogéneos	0,13%	R9

5.2.4. Taxas de Reutilização/Reciclagem e Valorização – Fluxo B

Na Figura 12 encontram-se representadas as taxas de reutilização/reciclagem no final da linha de tratamento e para toda a cadeia de tratamento, apuradas para o teste ao fluxo B. Comparando as duas fronteiras verifica-se, que a taxa apenas decresce 3,1% quando considerada toda a cadeia de tratamento.

Da análise à Figura 12 verifica-se ainda que apenas a taxa apurada no final da linha de tratamento cumpre a meta e por apenas 0,7%. Já a taxa de reutilização/reciclagem determinada no final da cadeia de tratamento situa-se abaixo da meta em 2,4%.

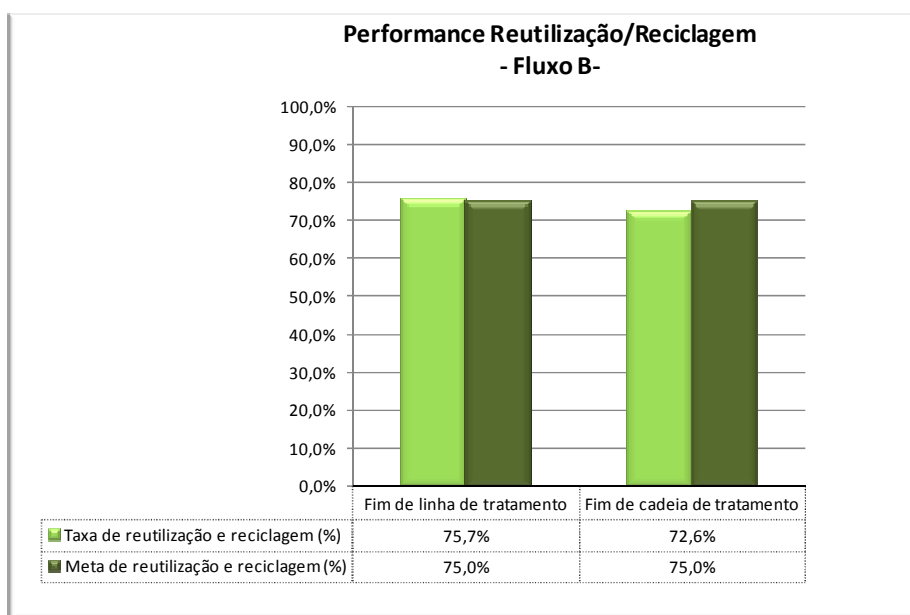


Figura 12 – Taxas reutilização/reciclagem aferidas no final da linha de tratamento e no final da cadeia de tratamento - Fluxo B

No que concerne à valorização, através da Figura 13 verifica-se que as taxas apuradas no final da linha de tratamento e no final da cadeia de tratamento, situam-se abaixo da meta definida para o fluxo B, 4,3% e 7,4% respectivamente.

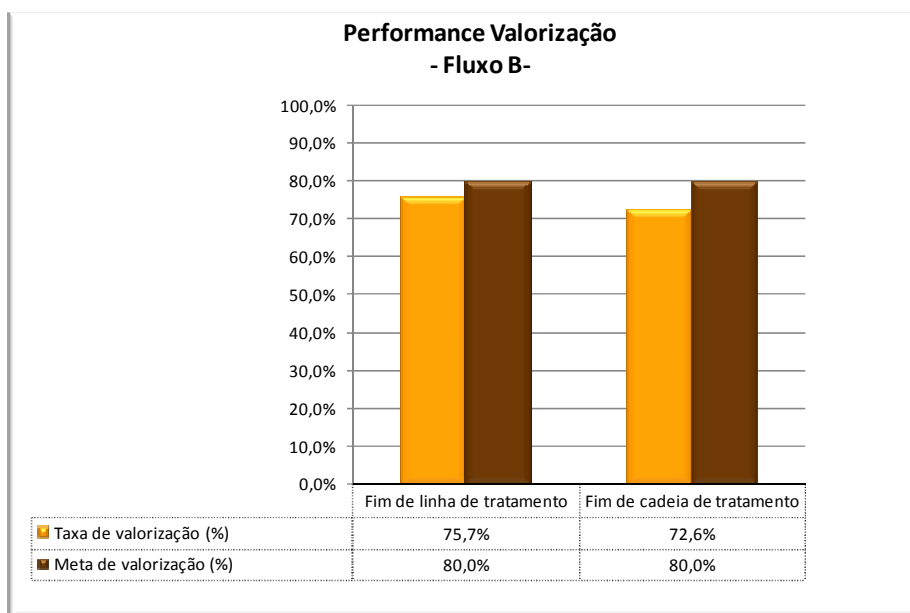


Figura 13 – Taxas de valorização aferidas no final da linha de tratamento e no final da cadeia de tratamento - Fluxo B

5.2.5. Caracterização das fracções fim de linha – Fluxo B

No fluxo B – Aparelhos de Arrefecimento e Refrigeração a componente ferrosa é a fracção mais representativa em termos mássicos, com cerca de 35% da massa, seguida da fracção das espumas de poliuretano que representa 23,41% da totalidade do material de entrada. Esta última, é uma das fracções mais importantes do fluxo em análise, cuja aplicação final influencia fortemente os resultados de gestão.

Por exemplo, a fracção de espumas de poliuretano obtida no teste seleccionado, apresentava uma concentração residual de CFC inferior 0,2%, apurada através de testes laboratoriais de cromatografia gasosa-espectrometria de massa, realizados no Laboratório de Análises do Instituto Superior Técnico. A concentração residual, situada abaixo do limite referido, permite que esta fracção de espumas seja considerada não perigosa e por conseguinte evitar que tenha de ser incinerada em incineradoras preparadas para o efeito, desta forma a fracção teria como destino preferencial uma solução de valorização energética. Contudo, a unidade de tratamento que realizou o teste em análise, apresentava para espumas uma solução de deposição em aterro, comprometendo assim o cumprimento da taxa de valorização.

Tabela 18 – Caracterização da fracção 19 12 04 / 05-1a espuma de Poliuretano [(H)CFC]<0,2%

Fracção	Fotografia	Caracterização				
19 12 04 / 05-1a espuma de Poliuretano [(H)CFC]<0,2%		<table border="1"><tr><td>Poliuretano</td><td>100,0%</td></tr><tr><td>Total</td><td>100,0%</td></tr></table>	Poliuretano	100,0%	Total	100,0%
Poliuretano	100,0%					
Total	100,0%					

Os compressores são também uma fracção que caracteriza o fluxo B – Aparelhos de Arrefecimento e Refrigeração, constituindo cerca de 20% do material de entrada. Esta fracção tem também algum peso nas perdas de material que ocorrem ao longo da cadeia de tratamento, uma vez que depois de removidos na unidade de tratamento, são enviados para unidades a jusante que procedem a processos de fragmentação de média escala, seguidos de processos de separação onde normalmente, só se recuperam a componente ferrosa e o cobre, pelo que 10% da massa dos compressores é subtraída às taxas de reutilização/reciclagem e valorização, apuradas no final da cadeia de tratamento.

Tabela 19 - Caracterização da fracção 16 02 16 / 12 compressores sem óleo

Fracção	Fotografia	Caracterização										
16 02 16 / 12 compressores sem óleo		<table border="1"> <tbody> <tr> <td>Fe</td> <td>50,0%</td> </tr> <tr> <td>Cu</td> <td>40,0%</td> </tr> <tr> <td>Plástico</td> <td>5,0%</td> </tr> <tr> <td>Outros materiais</td> <td>5,0%</td> </tr> <tr> <td>Total</td> <td>100,0%</td> </tr> </tbody> </table>	Fe	50,0%	Cu	40,0%	Plástico	5,0%	Outros materiais	5,0%	Total	100,0%
Fe	50,0%											
Cu	40,0%											
Plástico	5,0%											
Outros materiais	5,0%											
Total	100,0%											

É importante ainda salientar as fracções de CFC recolhidas na primeira fase do processo, ou seja o CFC R12 extraído do óleo dos compressores e o da segunda fase o CFC R11, extraído das espumas de poliuretano. Tal como foi referido no capítulo 2, estas substâncias são nocivas para o ambiente e por conseguinte a sua extracção, acondicionamento e envio para destruição térmica, são processos que requerem cuidados especiais.

Na Tabela 20 é possível visualizar as condições de armazenamento do CFC R11 da segunda fase do tratamento.

Tabela 20 - Caracterização da fracção 14 06 01* / 01-3 CFC-R11 (Fase II)

Fracção	Fotografia	Caracterização				
14 06 01* / 01-3 CFC-R11 (Fase II)		<table border="1"> <tbody> <tr> <td>CFC</td> <td>100,0%</td> </tr> <tr> <td>Total</td> <td>100,0%</td> </tr> </tbody> </table>	CFC	100,0%	Total	100,0%
CFC	100,0%					
Total	100,0%					

5.3. Teste de Tratamento Fluxo C – Equipamentos Diversos

5.3.1. Caracterização do material de entrada – Fluxo C

O fluxo C – Equipamentos Diversos, tal como o nome indica, é constituído por uma panóplia de equipamentos, pertencentes a todas as categorias legais à excepção da Categoria 1 - Grandes Electrodomésticos. Este fluxo caracteriza-se pela maioria dos seus REEE serem de pequenas dimensões e apresentarem baixos níveis de perigosidade.

Para o teste ao fluxo C aqui apresentado, foi solicitado à unidade de tratamento que seleccionasse uma amostra que fosse representativa da mistura de produtos que normalmente dá entrada nas suas instalações. As características da amostra seleccionada para o fluxo C encontram-se sintetizadas na Tabela 21.

Tabela 21 – Material de entrada tratado no teste – Fluxo C

Fluxo C	% (em peso)	Peso médio unitário (kg/unidade)
Categoria 2	33,0%	2,2
Categoria 3	50,7%	3,1
Categoria 4	12,0%	2,0
Categoria 5	1,6%	1,5
Categoria 6	1,5%	2,8
Categoria 7	0,3%	1,2
Categoria 8	0,3%	1,5
Categoria 9	0,2%	2,4
Categoria 10	0,5%	3,3
Total	100%	2,6

5.3.2. Caracterização da linha de tratamento – Fluxo C

O tratamento do fluxo C normalmente é efectuado através de um dos seguintes métodos:

- Desmantelamento manual dos equipamentos com o objectivo de cumprir os requisitos de despoluição definidos no Anexo II do Decreto-Lei n.º230/2004, removendo, nomeadamente, condensadores, placas de circuito impresso, toners, pilhas e baterias. Este processo manual permite ainda recuperar componentes e materiais recicláveis, sendo o processo tanto mais intensivo quanto mais valiosos forem os materiais. Por exemplo os equipamentos informáticos possuem metais preciosos, pelo que em alguns países justifica uma mão-de-obra intensiva.

- Fragmentador de dimensões médias seguido de uma separação mecânica composta por separadores magnéticos e correntes de Foucault, podendo ainda ser complementado por separação óptica, densimétrica ou processos de flotação. Os processos mais eficientes possuem uma primeira fragmentação grosseira, seguida de um tapete de triagem, onde operadores recuperam alguns componentes/materiais, bem como aqueles necessários para o cumprimento dos requisitos de despoluição.
- Combinação entre desmantelamento manual e fragmentação.

Actualmente em Portugal, o primeiro nível de tratamento é sempre o desmantelamento manual, sendo que os processos de fragmentação apenas se encontram implementados para alguns componentes, nomeadamente cabos e alguns equipamentos que não necessitem ser descontaminados e não possuam componentes que possam por em causa o bom funcionamento do fragmentador, tais como motores ou transformadores.

Com a consolidação do SIGREEE e com o aumento da recolha de REEE em Portugal, nomeadamente para o fluxo C, incrementados por circuitos de recolha como o Ponto Electrão da Amb3E, é esperado que, a médio prazo, sejam implementadas soluções de fragmentação mecânica, tecnologicamente avançadas e dedicadas a este fluxo de REEE.

5.3.3. Operações de tratamento e fracções obtidas – Fluxo C

O diagrama da linha de tratamento de equipamentos diversos seleccionada para integrar este estudo encontra-se representado na Figura 14. A linha de tratamento aqui apresentada é apenas constituída por um nível de tratamento ou seja uma tecnologia primária.

Mais uma vez, a linha de tratamento aqui apresentada não representa a totalidade da cadeia de tratamento, pelo que no Anexo II poderá ser completada a análise à restante parte da cadeia.

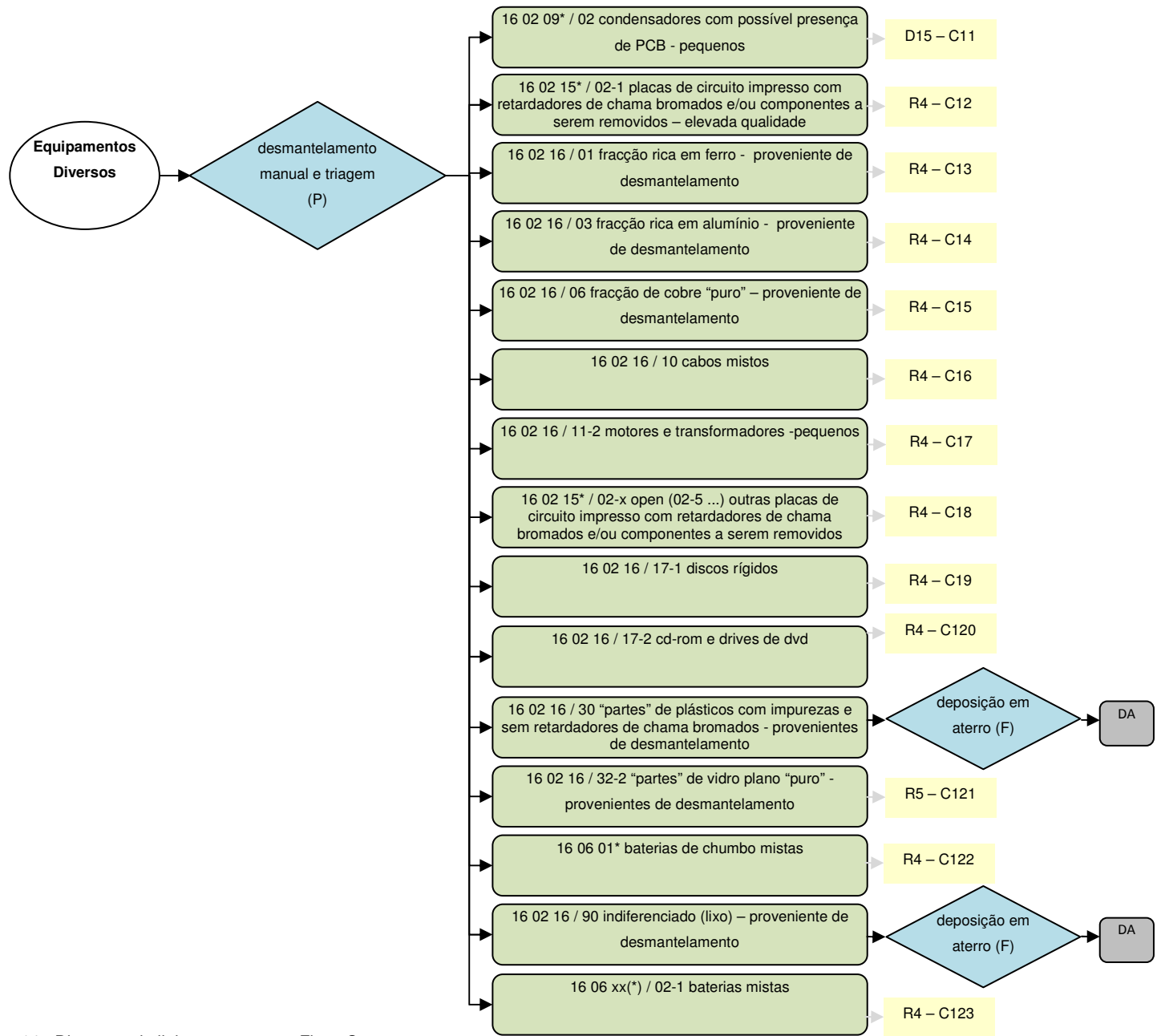


Figura 14 - Diagrama de linha tratamento – Fluxo C

A Tabela 22 apresenta a lista completa de fracções de fim de linha obtidas no teste de tratamento ao fluxo C, as respectivas percentagens em peso e destinos/operações de valorização ou eliminação, de acordo com a Portaria n.º 209/2004, de 3 de Março.

Tabela 22 – Peso e destino das fracções de fim de linha obtidas no teste de tratamento – Fluxo C

Código-Replis	Designação-Replis	% (peso)	Operação
16 02 16 / 01	fracção rica em ferro - proveniente de desmantelamento	50,33%	R4
16 02 16 / 90	indiferenciado (lixo) – proveniente de desmantelamento	14,94%	D1
16 02 16 / 11-2	motores e transformadores -pequenos	11,21%	R4
16 02 16 / 03	fracção rica em alumínio - proveniente de desmantelamento	9,95%	R4
16 02 16 / 30	“partes” de plásticos com impurezas e sem retardadores de chama bromados - provenientes de desmantelamento	4,48%	D1
16 02 16 / 10	cabos mistos	4,47%	R4
16 02 16 / 32-2	“partes” de vidro plano “puro” - provenientes de desmantelamento	1,97%	R5
16 02 16 / 17-1	discos rígidos	0,97%	R4
16 02 15* / 02-1	placas de circuito impresso com retardadores de chama bromados e/ou componentes a serem removidos – elevada qualidade	0,57%	R4
16 02 15* / 02-x open (02-5 ...)	outras placas de circuito impresso com retardadores de chama bromados e/ou componentes a serem removidos	0,36%	R4
16 02 09* / 02-1	condensadores com possível presença de PCB - pequenos	0,25%	D15
16 06 01*	baterias de chumbo mistas	0,21%	R4
16 02 16 / 06	fracção de cobre “puro” – proveniente de desmantelamento	0,10%	R4
16 02 16 / 17-2	cd-rom e drives de dvd	0,09%	R4
16 06 xx(*) / 02-1	baterias mistas	0,09%	R4

5.3.4. Taxas de Reutilização/Reciclagem e Valorização – Fluxo C

As taxas de reutilização/reciclagem apuradas no final da linha de tratamento e da cadeia de tratamento, estão representadas na Figura 15.

Da análise à Figura 15, constata-se que as taxas de reutilização/reciclagem calculadas para as duas fronteiras, são manifestamente superiores à meta definida para este fluxo C e que o resultado dos dois métodos difere em 7,6%.

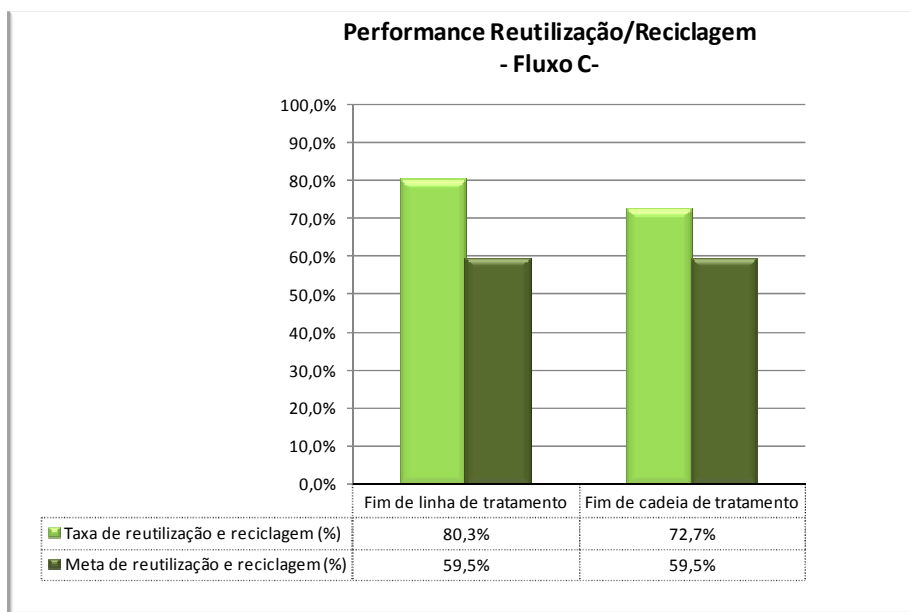


Figura 15 - Taxas reutilização/reciclagem aferidas no final da linha de tratamento e no final da cadeia de tratamento - Fluxo C

Relativamente às taxas de valorização para as duas fronteiras em análise, verifica-se através da Figura 16, que estas são iguais às taxas de reutilização/reciclagem uma vez que, para o teste efectuado, não existem soluções de valorização energética para os materiais resultantes do tratamento.

Verifica-se ainda, que a taxa de valorização calculada no final da linha de tratamento garante o cumprimento da meta. No entanto, a taxa aferida no final da cadeia de tratamento já fica aquém da meta.

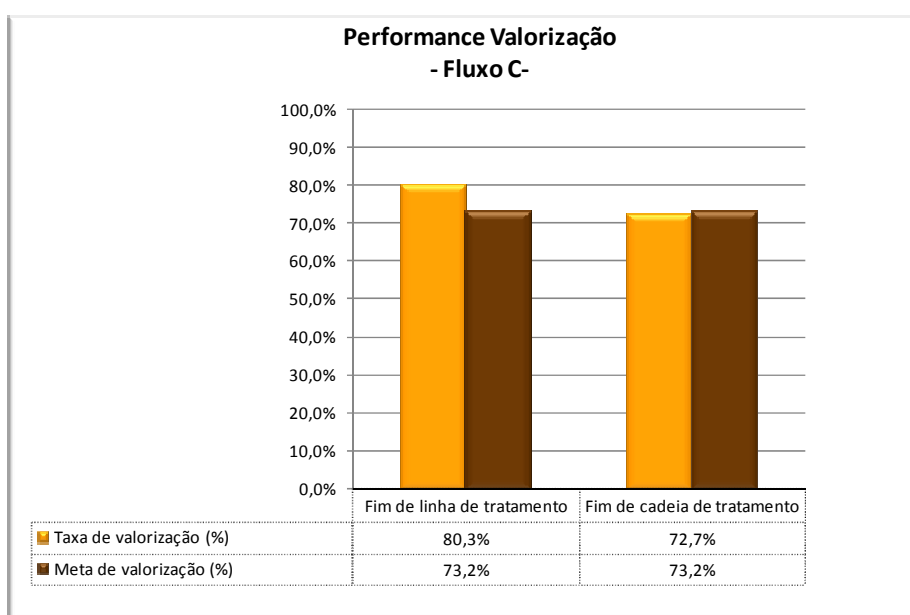


Figura 16 - Taxas de valorização aferidas no final da linha de tratamento e no final da cadeia de tratamento - Fluxo C


5.3.5. Caracterização das fracções de fim de linha – Fluxo C

Tal como os fluxos A e B, também o fluxo C – Equipamentos diversos apresenta a componente ferrosa, como fracção predominante (50,33%). Esta fracção rica em ferro, contém ainda cerca de 10% de plástico que após ser sujeita a todos os processos da cadeia de tratamento, acaba por constituir resíduo resultante de processos de separação (ver Anexo II) e por conseguinte contribuir para o agravamento da taxa de reutilização/reciclagem, quando aferida no final da cadeia de tratamento.

Outra das características da linha de desmantelamento manual deste fluxo, é a de gerar uma percentagem significativa de desperdício, cerca de 15%. Analisando a caracterização da fracção 16 02 16 / 90 indiferenciado (lixo) – proveniente de desmantelamento, presente na Figura 17, verifica-se que pela composição da fracção, esta poderia ainda ser submetida a processos de separação que permitissem aumentar a taxa de reciclagem, ou mesmo ser equacionada uma solução de valorização energética.

Atendendo a que a fracção é encaminhada directamente para aterro, a linha de tratamento do fluxo C, apresenta logo à partida um elevado índice de perdas, sem mesmo ser integrada a totalidade da cadeia de tratamento.

Figura 17 - Caracterização da fracção 16 02 16 / 90 indiferenciado (lixo) – proveniente de desmantelamento


Fracção	Fotografia	Caracterização												
16 02 16 / 90 indiferenciado (lixo) – proveniente de desmantelamento		<table border="1"><tbody><tr><td>Plástico</td><td>70,0%</td></tr><tr><td>Metais</td><td>10,0%</td></tr><tr><td>Borracha</td><td>10,0%</td></tr><tr><td>Papel e cartão</td><td>5,0%</td></tr><tr><td>Vidro</td><td>5,0%</td></tr><tr><td>Total</td><td>100,0%</td></tr></tbody></table>	Plástico	70,0%	Metais	10,0%	Borracha	10,0%	Papel e cartão	5,0%	Vidro	5,0%	Total	100,0%
Plástico	70,0%													
Metais	10,0%													
Borracha	10,0%													
Papel e cartão	5,0%													
Vidro	5,0%													
Total	100,0%													

Uma fracção característica de todos os fluxos operacionais, com a excepção do fluxo D – Lâmpadas fluorescentes e de descarga, são os cabos eléctricos. Como já foi referido no capítulo 2, estes componentes têm de ser removidos de acordo com o Anexo II do Decreto-Lei n.º 230/2004 e os processos térmicos que possam estar associados ao seu tratamento devidamente controlados.

No caso particular do fluxo C – Equipamentos diversos, os cabos representam uma percentagem em relação ao material de entrada para teste, mais elevada do que a dos restantes fluxos, uma vez que os equipamentos do fluxo C apresentam pesos médios mais reduzidos, sendo que o peso médio dos cabos não decresce em relação aos demais fluxos na mesma proporção. Desta forma, esta fracção representa 4,47% da amostra seleccionada para o teste em análise.

Os cabos seguem habitualmente para um fragmentado de pequena escala, seguido de um processo de separação por mesas densimétricas, onde o cobre é separado dos demais componentes. Em Portugal, o plástico resultante da cadeia de tratamento dos cabos, normalmente não tem uma solução de reciclagem o que agrava a taxa de reutilização/reciclagem e valorização, apurada no final da cadeia de tratamento. Na Tabela 23 encontra-se indicada a composição dos cabos removidos no âmbito do teste ao fluxo C e no Anexo II poderá ser analisada cadeia de tratamento correspondente a esta fracção.

Tabela 23 – Caracterização da fracção 16 02 16 / 10 cabos mistos

Fracção	Fotografia	Caracterização								
16 02 16 / 10 cabos mistos		<table border="1"> <tbody> <tr> <td>Cu</td> <td>68,7%</td> </tr> <tr> <td>Plástico</td> <td>29,3%</td> </tr> <tr> <td>Outros materiais</td> <td>1,0%</td> </tr> <tr> <td>Total</td> <td>100,0%</td> </tr> </tbody> </table>	Cu	68,7%	Plástico	29,3%	Outros materiais	1,0%	Total	100,0%
Cu	68,7%									
Plástico	29,3%									
Outros materiais	1,0%									
Total	100,0%									

O fluxo C – equipamentos diversos para além dos cabos, apresenta muitos componentes que ao abrigo do Decreto-Lei n.º230/2004, devem ser removidos e tratados selectivamente. Neste teste em particular, destacam-se ainda as placas de circuito impresso, as pilhas e baterias e os condensadores.

Na Tabela 24 consta a caracterização das fracções 16 06 xx(*) / 02-1 baterias mistas e 16 02 15* / 02-1 placas de circuito impresso com retardadores de chama bromados e/ou componentes a serem removidos – elevada qualidade. As placas de circuito impresso são encaminhadas para fundições especializadas na recuperação de cobre, zinco, níquel, prata, ouro entre outros, pelo que esta fracção é também encaminhada para tratamento noutros Estados Membros.

As pilhas e baterias são um caso particular, uma vez que este componente de REEE constitui ele próprio um fluxo específico de resíduos, sendo por isso encaminhadas pelas unidades de tratamento do SIGREEE Amb3E, para a única Entidade Gestora de pilhas licenciada até ao momento para gerir este fluxo, a Ecopilhas. Esta Entidade procede ao envio das pilhas para tratamento noutros Estados Membros, uma vez que Portugal não possui unidades para o efeito.

No Anexo II é possível analisar a cadeia de tratamento das pilhas e das placas de circuito impresso.

Tabela 24 - Caracterização das fracções 16 06 xx(*) / 02-1 baterias mistas e 16 02 15* / 02-1 placas de circuito impresso com retardadores de chama bromados e/ou componentes a serem removidos – elevada qualidade

Fracção	Fotografia	Caracterização				
16 06 xx(*) / 02-1 baterias mistas		<table border="1"> <tr> <td>Pilhas e baterias</td> <td>100,0%</td> </tr> <tr> <td>Total</td> <td>100,0%</td> </tr> </table>	Pilhas e baterias	100,0%	Total	100,0%
Pilhas e baterias	100,0%					
Total	100,0%					
16 02 15* / 02-1 placas de circuito impresso com retardadores de chama bromados e/ou componentes a serem removidos – elevada qualidade		<table border="1"> <tr> <td>PCI</td> <td>100,0%</td> </tr> <tr> <td>Total</td> <td>100,0%</td> </tr> </table>	PCI	100,0%	Total	100,0%
PCI	100,0%					
Total	100,0%					

5.4. Teste de Tratamento Fluxo D – Lâmpadas Fluorescentes e de Descarga

5.4.1. Caracterização do material de entrada – Fluxo D

Este fluxo é composto essencialmente por lâmpadas fluorescentes tubulares, lâmpadas fluorescentes compactas, lâmpadas de descarga de alta intensidade e lâmpadas de sódio de baixa pressão.

As lâmpadas fluorescentes tubulares representam cerca de 75% das lâmpadas colocadas anualmente em mercado Nacional, de entre o conjunto de lâmpadas que pertencem ao âmbito do Decreto-Lei n.º230/2004, de 10 de Dezembro (Amb3E, 2009). Este motivo, associado ao facto de estas lâmpadas serem tratadas por uma tecnologia dedicada, levou a que se apresentasse neste estudo, um teste cujo material de entrada era integralmente constituído por lâmpadas fluorescentes tubulares.

A Tabela 25 sintetiza as características da amostra seleccionada para teste.

Tabela 25 – Material de entrada tratado no teste – Fluxo D

Fluxo D	% (em peso)	Peso médio unitário (kg/unidade)
Lâmpadas fluorescentes tubulares - 120 cm	93,5%	0,197
Lâmpadas fluorescentes tubulares - 60 cm	6,5%	0,160
Total	100,0%	0,195

5.4.2. Caracterização da linha de tratamento – Fluxo D

As linhas de tratamento de lâmpadas fluorescentes tubulares são dedicadas e caracterizam-se pela extracção do pó de fósforo que contem o mercúrio e subsequente destilação desta fracção para recuperação do mercúrio. De acordo com a tecnologia existente, a extracção do pó de fósforo contendo mercúrio, pode ser efectuada segundo dois métodos alternativos:

1. Sistema de corte das extremidades das lâmpadas fluorescentes tubulares, recuperando os terminais de contacto, o vidro e o pó de fósforo com mercúrio;
2. Fragmentação das lâmpadas fluorescentes tubulares com separação mecânica das diferentes fracções, incluindo a recuperação do pó de fósforo com mercúrio. Os sistemas de separação de fracções, normalmente integram separadores magnéticos para a fracção ferrosa, separadores por correntes de Foucault para metais não ferrosos e ciclones para o pó de fósforo com mercúrio.

Para ambos os sistemas é fundamental que não ocorra libertação de mercúrio, pelo que as linhas de tratamento encontram-se equipadas com filtros de mangas e de carvão activado.

Após um dos dois métodos acima descritos, segue-se o processo de destilação do mercúrio, em que a fracção de pó de fósforo contaminado com mercúrio é colocada numa câmara de vácuo, onde se dá a conversão do mercúrio em vapor, através do calor. Segue-se a oxidação das partículas orgânicas, que são transportadas pelos gases de mercúrio, numa câmara de combustão (temperaturas acima do ponto de ebulição do mercúrio, 357 °C), na qual o mercúrio sofre uma fase de condensação para o estado líquido. O mercúrio recolhido apresenta taxas de recuperação de 99% (MRT, 2008). Em Portugal apenas existe a tecnologia de recuperação do pó de fósforo com mercúrio descrita no ponto 2., possuindo igualmente capacidade instalada para o processo de destilação.

5.4.3. Operações de tratamento e fracções obtidas – Fluxo D

A linha de tratamento de fluxo D testada, apresenta dois níveis de tratamento sendo composta por uma tecnologia primária e uma tecnologia intermédia. A Figura 18 representa o diagrama da linha de tratamento de lâmpadas fluorescentes tubulares, seleccionada para integrar este estudo e no Anexo II poderá ser analisada a cadeia de tratamento das fracções, que são encaminhadas para unidades a jusante da unidade de tratamento pertencente ao SIGREEE.

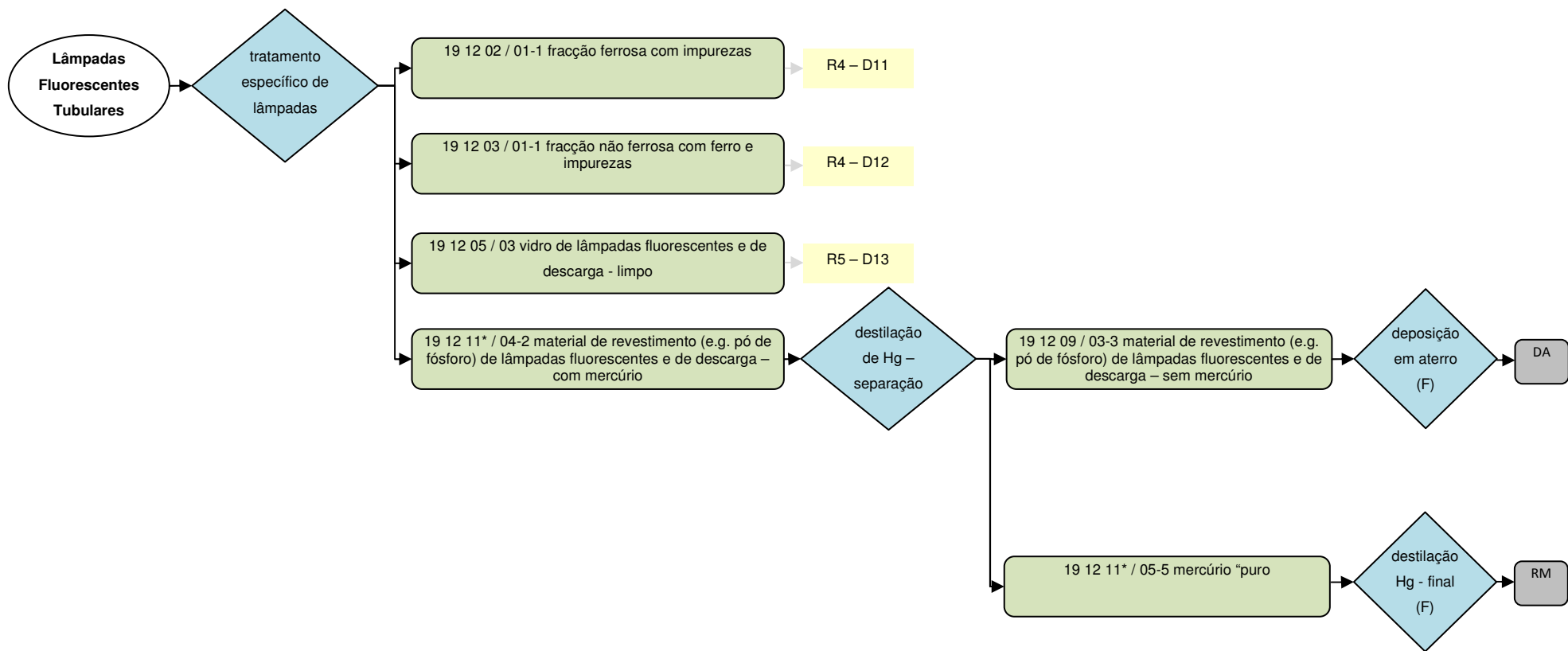


Figura 18 - Diagrama de linha de tratamento – Fluxo D

Na Tabela 26, poderão ser analisadas a lista completa de fracções de fim de linha obtidas no teste de tratamento ao fluxo D, as respectivas percentagens em peso e destinos/operações de valorização ou eliminação, de acordo com a Portaria n.º 209/2004, de 3 de Março.

Tabela 26 – Peso e destino das fracções de fim de linha obtidas no teste de tratamento – Fluxo D

Código-Replis	Designação-Replis	% (peso)	Operação
19 12 05 / 03	vidro de lâmpadas fluorescentes e de descarga - limpo	90,96%	R5
19 12 09 / 03-3	material de revestimento (e.g. pó de fósforo) de lâmpadas fluorescentes e de descarga – sem mercúrio	5,97%	D1
19 12 03 / 01-1	fracção não ferrosa com ferro e impurezas	1,82%	R4
19 12 02 / 01-1	fracção ferrosa com impurezas	1,25%	R4
19 12 11* / 05-5	mercúrio "puro"	0,00013%	R4

5.4.4. Taxas de Reutilização/Reciclagem e Valorização – Fluxo D

As taxas de reutilização/reciclagem obtidas no final da linha de tratamento e para toda a cadeia de tratamento estão representadas na Figura 19.

Da observação ao Figura 19, verifica-se que as taxas de reutilização/reciclagem calculadas para as duas fronteiras, são superiores à meta definida para este fluxo. Verifica-se ainda, que a taxa decresce apenas 1,7%, quando a fronteira varia do fim da linha de tratamento para toda a cadeia de tratamento.

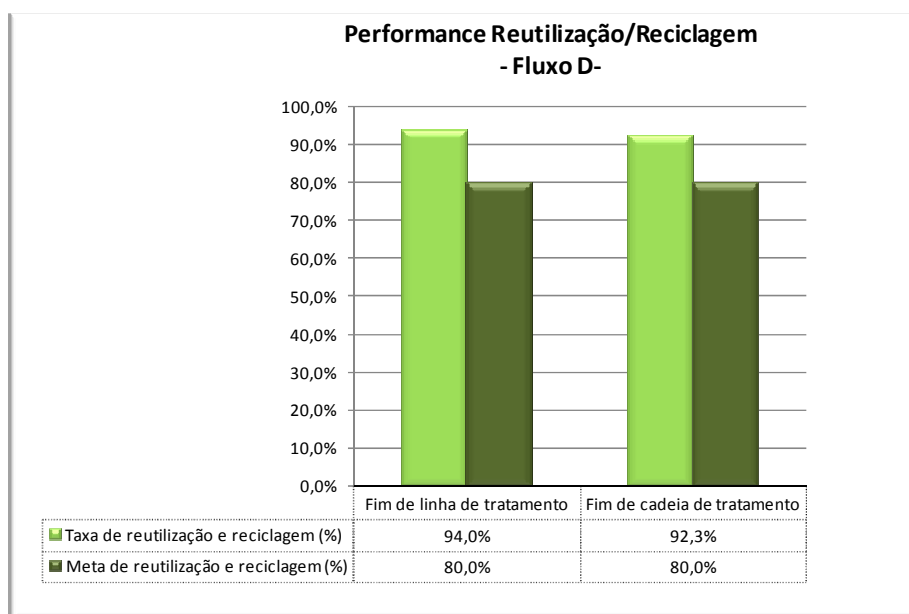


Figura 19 – Taxas de reutilização/reciclagem aferidas no final da linha de tratamento e no final da cadeia de tratamento - Fluxo D

O Decreto-Lei n.º230/2004, de 10 de Dezembro não estabelece meta de valorização para as lâmpadas fluorescentes de descarga, pelo que essa análise não será incluída neste estudo.

5.4.5. Caracterização das fracções fim de linha – Fluxo D

Para o Fluxo D – Lâmpadas Fluorescentes Tubulares e de Descarga a fracção maioritária é o vidro, representando aproximadamente 90% da composição deste fluxo operacional. A fracção 19 12 05 / 03 vidro de lâmpadas fluorescentes e de descarga – limpo, resultante do primeiro nível de tratamento mecânico da linha de tratamento das lâmpadas, apresenta um nível de pureza bastante elevado de 98,4%, como se pode verificar pela análise à Tabela 27.

Esta fracção de vidro pode ter várias aplicações na industria, nomeadamente na produção de novos produtos de e/ou com vidro, bem como integrados na industria cerâmica. A baquelite poderá ser integrada em algumas das soluções, pelo que também poderá contribuir para a performance de reciclagem.

Tabela 27 – Caracterização da fracção 19 12 05 / 03 vidro de lâmpadas fluorescentes e de descarga - limpo

Fracção	Fotografia	Caracterização						
19 12 05 / 03 vidro de lâmpadas fluorescentes e de descarga - limpo		<table border="1"> <tbody> <tr> <td>Vidro</td> <td>98,4%</td> </tr> <tr> <td>Baquelite</td> <td>1,6%</td> </tr> <tr> <td>Total</td> <td>100,0%</td> </tr> </tbody> </table>	Vidro	98,4%	Baquelite	1,6%	Total	100,0%
Vidro	98,4%							
Baquelite	1,6%							
Total	100,0%							

Como foi já referido, a diferença entre as taxas de reutilização/reciclagem e valorização no final da linha e da cadeia de tratamento é bastante diminuta, o que significa que não ocorrem muitas perdas ao longo do processo de tratamento das lâmpadas. Não obstante, uma das fracções que contribui para as perdas é a fracção 19 12 03 / 01-1 fracção não ferrosa com ferro e impurezas, que nas unidades a jusante à unidade de tratamento é submetida a processos de separação, sendo que a baquelite nestes casos, normalmente não é sujeita a uma solução de valorização, pelo que 16% da massa da fracção não ferrosa constituem perdas.

A Tabela 28 faz a caracterização da fracção 19 12 03 / 01-1 fracção não ferrosa com ferro e impurezas e no Anexo II pode ser analisada a cadeia de tratamento desta fracção.

Tabela 28 – Caracterização da fracção 19 12 03 / 01-1 fracção não ferrosa com ferro e impurezas

Fracção	Fotografia	Caracterização										
19 12 03 / 01-1 fracção não ferrosa com ferro e impurezas		<table border="1"> <tbody> <tr> <td>Fe</td> <td>17,1%</td> </tr> <tr> <td>nFe</td> <td>50,6%</td> </tr> <tr> <td>Vidro</td> <td>16,3%</td> </tr> <tr> <td>Baquelite</td> <td>16,0%</td> </tr> <tr> <td>Total</td> <td>100,0%</td> </tr> </tbody> </table>	Fe	17,1%	nFe	50,6%	Vidro	16,3%	Baquelite	16,0%	Total	100,0%
Fe	17,1%											
nFe	50,6%											
Vidro	16,3%											
Baquelite	16,0%											
Total	100,0%											

No processo de tratamento das lâmpadas, a fracção mais delicada é o mercúrio que tem de ser correctamente extraído para que as restantes fracções e o ambiente circundante não sejam contaminados com este metal altamente nocivo.


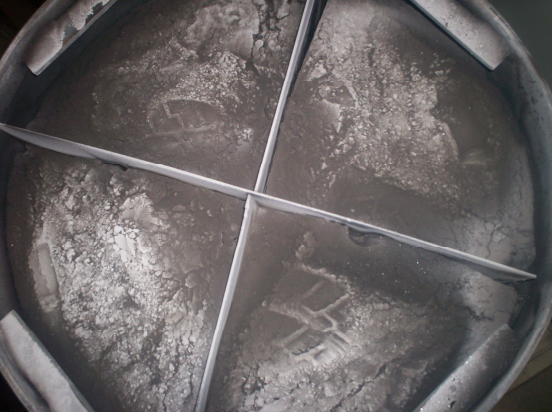
A quantidade de mercúrio quantificada para efeitos de teste, foi determinada com base nos dados anuais da instalação, uma vez que a quantidade de lâmpadas processadas em ambiente de teste, não permite que a quantidade de mercúrio produzida seja pesada. A instalação mantém igualmente registos de análises à concentração de mercúrio no pó de fósforo, antes e depois da destilação, através espectrofotometria de absorção atómica e cujas diferenças de concentração confirmam a ordem de grandeza da percentagem de mercúrio atribuída ao teste.

A concentração do mercúrio no pó de fósforo após destilação, apurada através das análises químicas é sempre <1mg/kg, nestas circunstâncias esta fracção pode ser reciclada, por exemplo, para a fabricação de produtos para aplicação não alimentar. No entanto, a quantidade de pó de fósforo gerada no tratamento das lâmpadas é insuficiente para despertar o interesse da indústria, para que seja testada em aplicações que possam constituir soluções de reciclagem. Existem algumas indicações de que esta fracção possa ser integrada em soluções da indústria cerâmica e construção civil.

O mercúrio recuperado poderá ser reintroduzido na indústria química e por exemplo, voltar a ser utilizado na fabricação de novas lâmpadas fluorescentes e de descarga.

A Tabela 29 apresenta a caracterização da fracção de pó de fósforo, antes e depois de ser submetida ao processo de destilação, com conseqüente recuperação do mercúrio.

Tabela 29 - Caracterização das fracções de pó de fósforo

Fracção	Fotografia	Caracterização						
<p>19 12 11* / 04-2 material de revestimento (e.g. pó de fósforo) de lâmpadas fluorescentes e de descarga – com mercúrio</p>		<table border="1"> <tr> <td>Pó de fósforo</td> <td>100,0%</td> </tr> <tr> <td>Hg</td> <td>vestígios</td> </tr> <tr> <td>Total</td> <td>100,0%</td> </tr> </table>	Pó de fósforo	100,0%	Hg	vestígios	Total	100,0%
Pó de fósforo	100,0%							
Hg	vestígios							
Total	100,0%							
<p>19 12 09 / 03-3 material de revestimento (e.g. pó de fósforo) de lâmpadas fluorescentes e de descarga – sem mercúrio</p>		<table border="1"> <tr> <td>Pó de fósforo</td> <td>100,0%</td> </tr> <tr> <td>Total</td> <td>100,0%</td> </tr> </table>	Pó de fósforo	100,0%	Total	100,0%		
Pó de fósforo	100,0%							
Total	100,0%							

5.5. Teste de Tratamento Fluxo E – Televisores e Monitores (CRT)

5.5.1. Caracterização do material de entrada – Fluxo E

Integram o fluxo E apenas dois tipos de REEE, os monitores e os aparelhos de televisão contendo CRT. A Tabela 30 sintetiza as características da amostra seleccionada para teste.

Tabela 30 – Material de entrada tratado no teste - Fluxo E

Fluxo E	% (em peso)	Peso médio unitário (kg/unidade)
Monitores (CRT)	69,1%	14,6
Televisores (CRT)	30,9%	18,5
Total	100,0%	15,8

5.5.2. Caracterização da linha de tratamento – Fluxo E

As linhas de tratamento de monitores e televisores CRT são dedicadas e caracterizam-se por duas operações essenciais, a remoção do CRT e a aspiração da camada fluorescente, requisitos técnicos exigidos pela legislação em vigor. De acordo com a tecnologia existente, estas operações poderão ser executadas através de dois processos:

1. Desmantelamento manual do equipamento com remoção do CRT do televisor ou monitor, seguido da separação do vidro de ecrã do vidro do tubo, recorrendo a um dos seis métodos disponíveis: aquecimento de fio de NiCr, choque térmico, laser, fio de diamante, serra de diamante ou jacto de água. Por fim, aspiração da camada fluorescente presente no vidro de ecrã;
2. Desmantelamento manual do equipamento com remoção do CRT do televisor ou monitor, seguido de uma fragmentação do CRT e separação mecânica dos diferentes materiais resultantes, incluindo da camada fluorescente.

As unidades de tratamento em Portugal apenas possuem o 1.º dos processos de tratamento, sendo que a técnica para a separação do vidro de ecrã do vidro do tubo mais utilizada, é a que recorre ao aquecimento de um fio de NiCr.

5.5.3. Operações de tratamento e fracções obtidas – Fluxo E

A linha de tratamento de fluxo E testada apresenta três níveis de tratamento, sendo composta por uma tecnologia primária e duas tecnologias intermédias. A Figura 20 representa o diagrama da linha de tratamento do Fluxo E seleccionada para integrar este estudo.

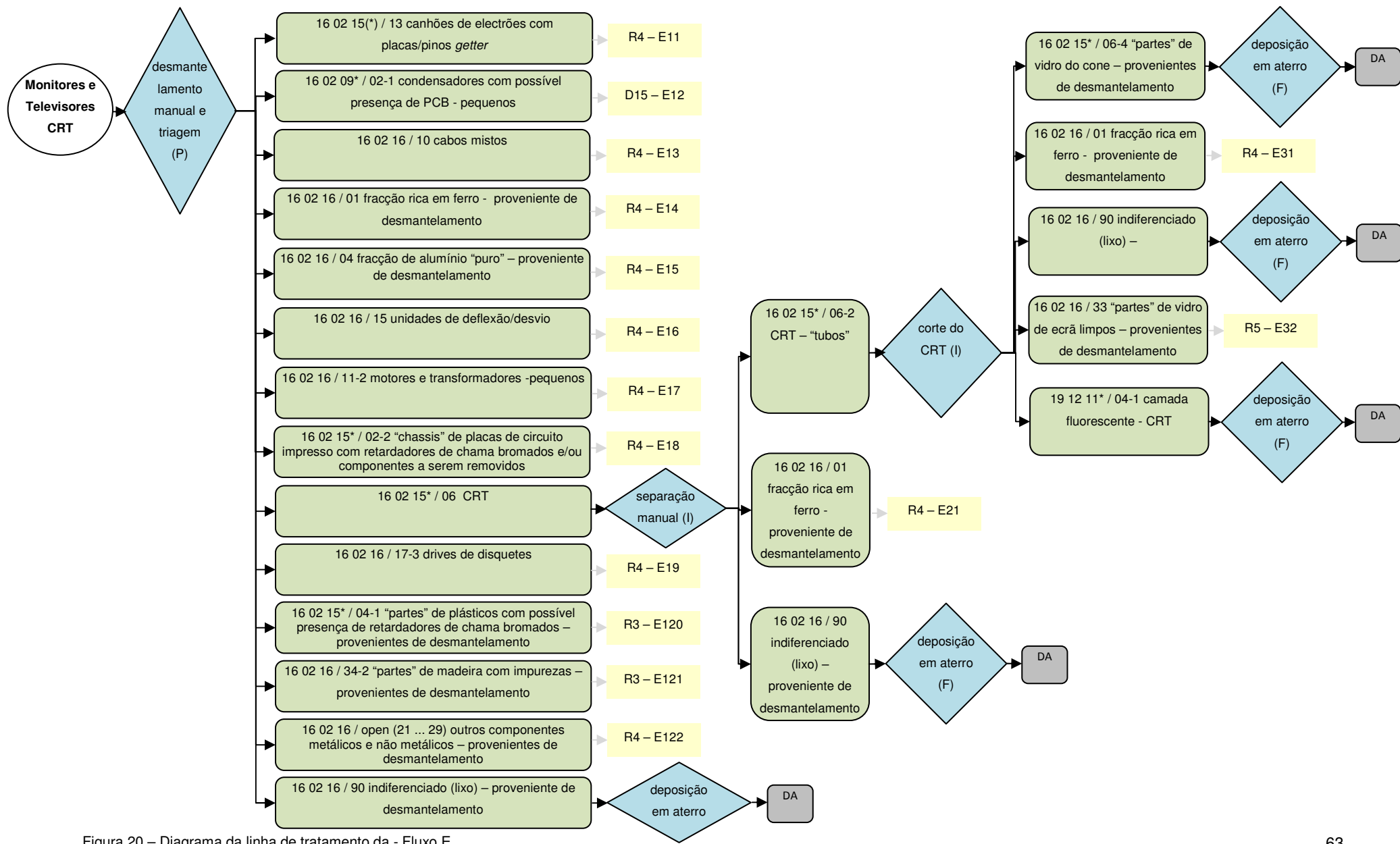


Figura 20 – Diagrama da linha de tratamento da - Fluxo E

A Tabela 31 apresenta os resultados quantitativos do teste de tratamento ao fluxo E, onde poderão ser analisadas a lista completa de fracções de fim de linha obtidas no teste, as respectivas percentagens em peso e destinos/operações de valorização ou eliminação para onde são encaminhadas, de acordo com a Portaria n.º 209/2004, de 3 de Março.

Tabela 31 – Peso e destino das fracções de fim de linha obtidas no teste de tratamento – Fluxo E

Código-Replis	Designação-Replis	% (peso)	Operação
16 02 16 / 33	“partes” de vidro de ecrã limpos – provenientes de desmantelamento	29,00%	R5
16 02 15* / 06-4	“partes” de vidro do cone – provenientes de desmantelamento	20,97%	D1
16 02 15* / 04-1	“partes” de plásticos com possível presença de retardadores de chama bromados – provenientes de desmantelamento	17,19%	R3
16 02 16 / 01	fracção rica em ferro – proveniente de desmantelamento	13,34%	R4
16 02 15* / 02-2	“chassis” de placas de circuito impresso com retardadores de chama bromados e/ou componentes a serem removidos	8,19%	R4
16 02 16 / 15	unidades de deflexão/desvio	4,02%	R4
16 02 16 / 10	cabos mistos	3,61%	R4
16 02 16 / 34-2	“partes” de madeira com impurezas – provenientes de desmantelamento	1,46%	R3
16 02 16 / 90	indiferenciado (lixo) – proveniente de desmantelamento	1,08%	D1
16 02 16 / 04	fracção de alumínio “puro” – proveniente de desmantelamento	0,66%	R4
16 02 15(*) / 13	canhões de electrões com placas/pinos getter	0,27%	R4
16 02 16 / 11-2	motores e transformadores -pequenos	0,13%	R4
16 02 16 / 17-3	drives de disquetes	0,05%	R4
16 02 09* / 02-1	condensadores com possível presença de PCB - pequenos	0,01%	D15
19 12 11* / 04-1	camada fluorescente - CRT	0,01%	D15
16 02 16 / open (21 ... 29)	outros componentes metálicos e não metálicos – provenientes de desmantelamento	0,01%	R4

5.5.4. Taxas de Reutilização/Reciclagem e Valorização – Fluxo E

Na Figura 21 encontram-se representadas as taxas de reutilização/reciclagem no final da linha de tratamento e para toda a cadeia de tratamento.

Da análise da Figura 21 verifica-se que a taxa decresce 5,5%, quando considerada toda a cadeia de tratamento. No entanto, ambos os métodos de cálculo encontram-se acima da meta de reutilização/reciclagem definida para o fluxo E.

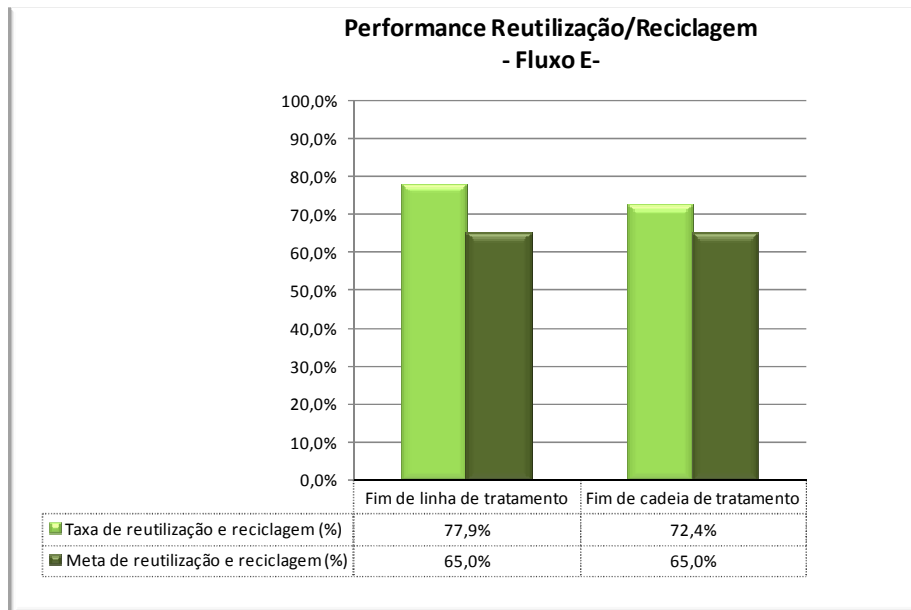


Figura 21 – Taxas de reutilização e reciclagem aferidas no final da linha de tratamento e no final da cadeia de tratamento - Fluxo E

Analisando a Figura 22 onde se apresentam as taxas de valorização para as duas fronteiras em análise, constata-se que estas, são iguais às taxas de reutilização/reciclagem uma vez que, para o teste efectuado, não existem soluções de valorização energética para os materiais resultantes do tratamento.

Verifica-se ainda que a taxa de valorização apurada no final da linha de tratamento, permite o cumprimento da meta. Contudo, a taxa de valorização que abrange toda a cadeia de tratamento já não permite o cumprimento da meta de valorização, situando-se 2,6% abaixo mesma.

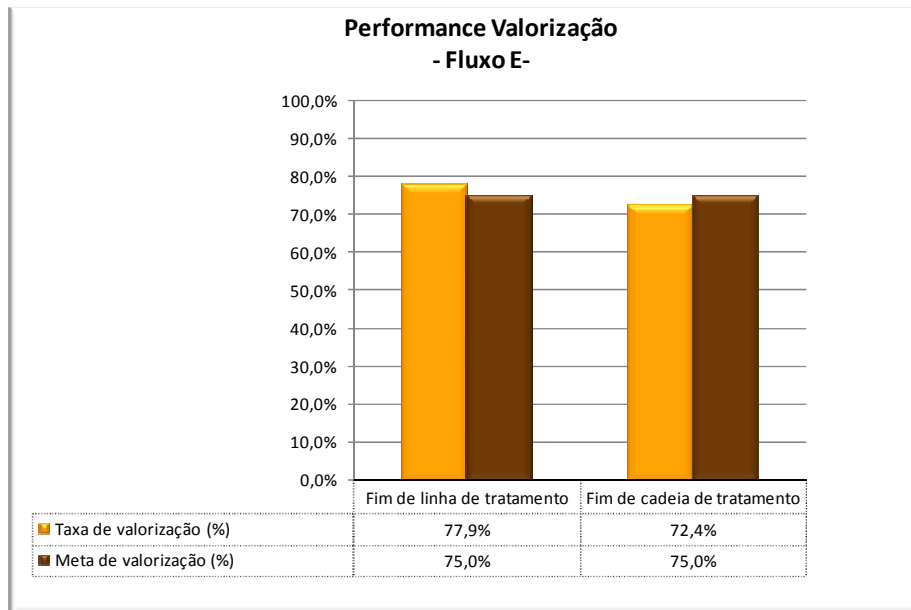


Figura 22 – Taxas de valorização aferidas no final da linha de tratamento e no final da cadeia de tratamento - Fluxo E

5.5.5. Caracterização das fracções fim de linha – Fluxo E

O fluxo E – Televisores e monitores (CRT) é claramente caracterizado pelas suas fracções de vidro de ecrã e vidro de cone, sendo que de acordo com o teste em análise representam aproximadamente 50% do material de entrada.

Durante muitos anos estas fracções eram reintroduzidas directamente na produção de novos CRT, perpetuando uma lógica de ciclo fechado. A partir de 2002, ano em que se registaram as primeiras vendas de plasmas em Portugal (AGEFE, 2004), teve início o declínio na colocação de aparelhos CRT no mercado, esta tendência tem sido tão acentuada que hoje em dia mais de 95% dos aparelhos de televisão e monitores colocados no mercado nacional, apresentam um tipo de tecnologia que não a de CRT, nomeadamente, plasmas, LCD, e mais recentemente a tecnologia LED (Amb3E, 2009).

Importa ainda referir que, desde o ano 2004, fecharam 9 fábricas de produção de novos CRT em território Europeu, o que equivale a dizer que os aceitadores primordiais de vidro de CRT extinguiram-se, estando a reciclagem desta fracção fortemente comprometida. Neste momento, a produção de equipamentos de CRT ainda se encontra activa na Ásia, mas com tendência para decrescer.

Neste momento, o escoamento de vidro CRT é um problema à escala global, uma vez que o mercado Asiático de produção de novos CRT não tem capacidade de absorver todo o vidro gerado. A geração de resíduos de monitores e televisores CRT ainda prevalecerá durante vários anos, uma vez que se estima que o pico de produção destes resíduos seja atingido no ano 2012.

Com as metas de reutilização/reciclagem e valorização do fluxo E a 65% e 75%, respectivamente e o vidro do CRT representando cerca 50% do peso total do fluxo, tem existido uma pressão muito forte sobre a indústria, no sentido de encontrar soluções de reciclagem para estes materiais.

No caso no vidro de ecrã, após ter sido devidamente aspirada a camada fluorescente esta fracção já não constitui uma fracção perigosa, pelo que tem sido mais facilitada a sua reintrodução na indústria, nomeadamente em soluções associadas à construção civil e indústria cerâmica. Estes processos de reciclagem da fracção 16 02 16 / 33 “partes” de vidro de ecrã limpos – provenientes de desmantelamento, têm sido fundamentais para manter a taxa de reutilização/reciclagem do fluxo E acima da meta, uma vez que esta constitui a fracção mais representativa do fluxo E, com cerca de 30% da massa.

Na Tabela 32 encontra-se sintetizada a caracterização da fracção 16 02 16 / 33 “partes” de vidro de ecrã limpos – provenientes de desmantelamento.

Tabela 32 – Caracterização da fracção 16 02 16 / 33 “partes” de vidro de ecrã limpos – provenientes de desmantelamento

Fracção	Fotografia	Caracterização				
16 02 16 / 33 “partes” de vidro de ecrã limpos – provenientes de desmantelamento		<table border="1"> <tr> <td data-bbox="1098 831 1161 853">Vidro</td> <td data-bbox="1321 831 1401 853">100,0%</td> </tr> <tr> <td data-bbox="1098 869 1161 891">Total</td> <td data-bbox="1321 869 1401 891">100,0%</td> </tr> </table>	Vidro	100,0%	Total	100,0%
Vidro	100,0%					
Total	100,0%					

Relativamente ao vidro do cone, o escoamento, por outra via que não a de produção de novos CRT, está bastante dificultado, dado que este tipo de vidro encontra-se contaminado com chumbo. Actualmente existem vários projectos a decorrer com o objectivo de determinar uma solução industrial para este tipo de vidro, nomeadamente associados a técnicas de encapsulamento e estabilização do chumbo no vidro e posterior utilização em soluções, mais uma vez de cerâmica e construção civil.

Apesar da aparente viabilidade da implementação de alguns destes projectos, permanece a controvérsia na utilização de substâncias perigosas em aplicações do quotidiano, que apesar de estabilizadas se não forem correctamente geridas, poderão vir a causar problemas de saúde pública no futuro. Por exemplo, equacionar a utilização destes materiais em construção civil, do ponto de vista de utilização numa estrutura poderia não acarretar qualquer risco, mas no final de vida da estrutura, um processo de demolição, não prevendo as medidas necessárias de contenção de possíveis contaminações, poderia originar consequências negativas.


Face ao exposto, é necessário que subjacente ao desenvolvimento de novas soluções para o vidro de ecrã, esteja bem presente o *Princípio da Precaução*.

No que se refere à fracção 16 02 15* / 06-4 “partes” de vidro do cone – provenientes de desmantelamento, resultante do teste seleccionado teve como solução final a deposição em aterro,

sendo por isso esta a fracção que mais contribui para o agravamento das taxas de reutilização/reciclagem e valorização, com cerca de 20% da massa do fluxo E.

Na Tabela 33 encontra-se a caracterização da fracção de vidro de ecrã.

Tabela 33 – Caracterização da fracção 16 02 15* / 06-4 “partes” de vidro do cone – provenientes de desmantelamento

Fracção	Fotografia	Caracterização				
16 02 15* / 06-4 “partes” de vidro do cone – provenientes de desmantelamento		<table border="1"> <tr> <td>Vidro c/Pb</td> <td>100,0%</td> </tr> <tr> <td>Total</td> <td>100,0%</td> </tr> </table>	Vidro c/Pb	100,0%	Total	100,0%
Vidro c/Pb	100,0%					
Total	100,0%					

Os plásticos têm um peso significativo na composição dos EEE e tem-se verificado um aumento da percentagem de plásticos, à medida que estes vão substituindo algumas aplicações que anteriormente eram feitas em metal. Na Europa, a percentagem de plásticos nos EEE era de 14% em 1980, de 18% em 1992 e dados de 2005 revelam um aumento para aproximadamente 22% (EMPA, 2009).

Como consequência, o peso médio dos EEE que vão sendo colocados no mercado tem vindo a decrescer, tornando-se na maioria dos casos menos resistentes e contribuindo assim para um aumento do ritmo de substituição de equipamentos.

A fracção de plásticos para além de apresentar níveis de crescimento consideráveis, dentro da composição dos REEE, é também uma fracção que merece especial atenção, uma vez que alguns plásticos contêm substâncias perigosas. Os plásticos contendo retardadores de chama figuram na lista de componentes a serem removidos e tratados selectivamente, definida pelo Anexo II do Decreto-Lei n.º230/2004, sendo igualmente destacados no Artigo 6.º do mesmo diploma, referente a substâncias proibidas em novos EEE¹⁰ os retardadores de chama polibromobifenilo (PBB) e o éter de difenilo polibromado (PBDE).

Para além dos retardadores de chama, as restantes substâncias proibidas pelo Artigo 6.º do Decreto-Lei n.º230/2004, encontram-se igualmente presentes em alguns plásticos, nomeadamente chumbo, mercúrio, cádmio e crómio. Como evidencia a Figura 23.

¹⁰ Transpõe a Directiva RoHS.

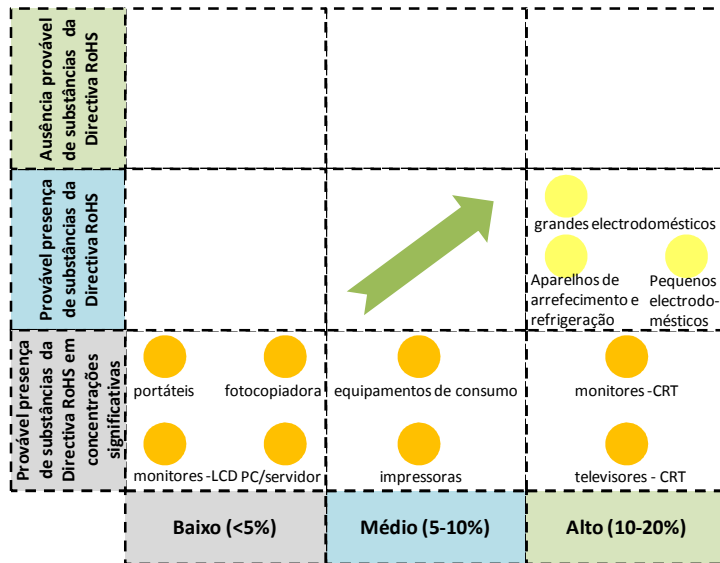


Figura 23 - Presença de substâncias regulamentadas pela Directiva RoHS em alguns REEE (adaptado de EMPA, 2009).

Apesar das restrições, a indústria de reciclagem, as Entidades Gestoras e as próprias Autoridades com competências na área do ambiente, não têm uma posição concertada de como se deve actuar, do ponto de vista prático, na gestão dos resíduos de plástico que possam conter este tipo de contaminantes.

Desta forma e até desenvolvimento de um standard que determine quais os procedimentos a considerar na gestão de plásticos contendo substâncias perigosas, bem como um método expedito de despistagem de quais os REEE passíveis de conterem estas substâncias. Apenas os plásticos resultantes do tratamento dos monitores e televisores (CRT), estão a ser catalogados com a possível presença de retardadores de chama e outras substâncias perigosas.

Em alguns casos, como o processo de tratamento deste fluxo tem uma componente forte de desmantelamento manual, é por vezes possível através da marcação dos plásticos separar aqueles que vêm claramente identificados como contendo retardadores de chama. No entanto, este tipo de triagem é falível porque existem muitos plásticos que não se encontram marcados.

Relativamente à fracção de plásticos, obtida no decorrer do teste ao fluxo E – Monitores e televisores (CRT) seleccionado para integrar este estudo, representa 17,19% da massa total da amostra e foi catalogada com a seguinte designação 16 02 15* / 04-1 “partes” de plásticos com possível presença de retardadores de chama bromados – provenientes de desmantelamento.

A Tabela 34 apresenta a caracterização da fracção de plásticos do teste ao Fluxo E, sendo que a cadeia de tratamento desta fracção pode ser analisada no Anexo II.

Tabela 34 – Caracterização da fracção 16 02 15* / 04-1 “partes” de plásticos com possível presença de retardadores de chama bromados – provenientes de desmantelamento

Fracção	Fotografia	Caracterização								
<p>16 02 15* / 04-1 “partes” de plásticos com possível presença de retardadores de chama bromados – provenientes de desmantelamento</p>		<table border="1"> <tbody> <tr> <td>PS/ABS</td> <td>95,0%</td> </tr> <tr> <td>Fe</td> <td>5,0%</td> </tr> <tr> <td>Outros materiais</td> <td>5,0%</td> </tr> <tr> <td>Total</td> <td>100,0%</td> </tr> </tbody> </table>	PS/ABS	95,0%	Fe	5,0%	Outros materiais	5,0%	Total	100,0%
PS/ABS	95,0%									
Fe	5,0%									
Outros materiais	5,0%									
Total	100,0%									

6. Resultados Globais Amb3E – 2008

O ano de 2008 foi o primeiro ano de actividade da Amb3E, para o qual a monitorização e controlo dos fluxos de materiais resultantes do tratamento de REEE, bem como o cálculo das taxas de reutilização/reciclagem e valorização, foram efectuados de acordo com a metodologia apresentada no âmbito deste estudo.

Para o cálculo dos resultados globais de gestão da Amb3E, para o ano 2008, foram contabilizados os dados de testes de tratamento, assim como os dados anuais das fracções resultantes do tratamento para todos os fluxos de REEE e para as 12 unidades de tratamento que integram o SIGREEE. No total as 12 unidades de tratamento integram:

- 10 linhas de tratamento do fluxo A – Grandes equipamentos;
- 3 linhas de tratamento do fluxo B – Aparelhos de arrefecimento e refrigeração;
- 10 linhas de tratamento do fluxo C – Equipamentos diversos;
- 2 linhas de tratamento do fluxo D – Lâmpadas Fluorescentes e de Descarga;
- 4 linhas de tratamento do fluxo E – Monitores e Televisores (CRT)

À semelhança dos resultados dos testes de tratamento apresentados no Capítulo 5, também para os resultados de gestão da Amb3E, para o ano de 2008, foram apuradas as taxas de reutilização/reciclagem e valorização para o final da linha de tratamento e para toda a cadeia de tratamento.

Na Figura 24, encontram-se representadas as taxas de reutilização/reciclagem obtidas pelo SIGREEE Amb3E, para o ano 2008. Da análise da figura constata-se que as taxas apuradas no final das diferentes linhas de tratamento, se encontram acima das metas definidas para os 5 fluxos operacionais.

Quando na análise de resultados globais se estende a fronteira para o final da cadeia de tratamento, verifica-se que para o fluxo A – Grandes Equipamentos a taxa obtida fica 4,6% aquém da meta. Esta situação deve-se essencialmente ao facto de parte dos inertes presentes nas máquinas de lavar, ser de difícil remoção nas linhas de desmontagem manual e conseqüentemente seguirem para um fragmentador de grande escala onde esta fracção já não é recuperada.

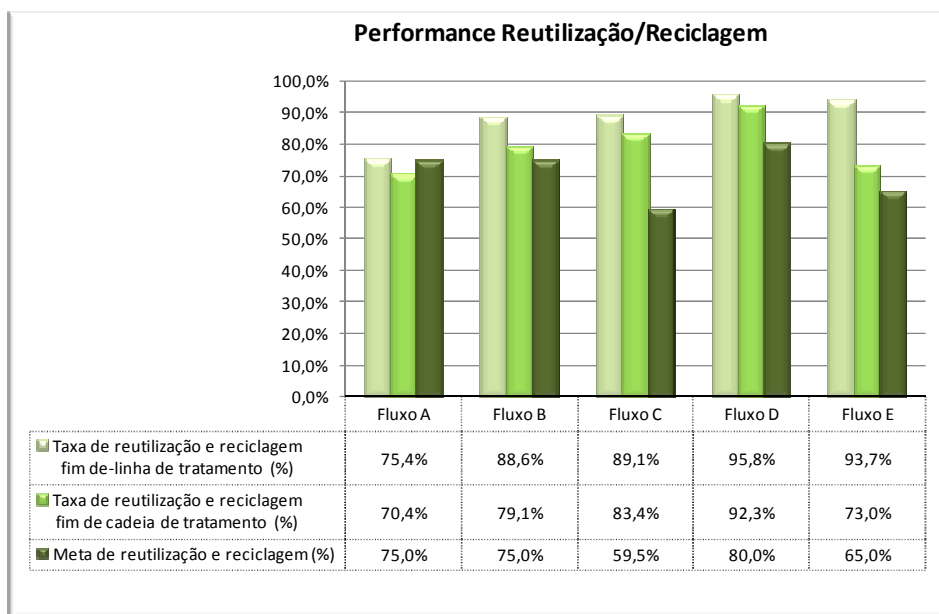


Figura 24 - Taxas de reutilização e reciclagem aferidas no final da linha de tratamento e no final da cadeia de tratamento – Rede Amb3E

Relativamente à performance de valorização do SIGREEE Amb3E, representada na Figura 25, verifica-se que para todos os fluxos é semelhante à performance de reutilização/reciclagem, atendendo a que em Portugal não existem soluções viáveis para valorização energética, com excepção das espumas de poliuretano dos frigoríficos, pelo que o fluxo B – Aparelhos de arrefecimento e refrigeração é o único fluxo cuja performance de valorização é manifestamente superior à de reciclagem.

Neste contexto, os Fluxos B e C apresentam taxas de valorização acima da meta de valorização quer para a fronteira no final das respectivas linhas de tratamento quer no final das cadeias de tratamento. No caso do fluxo D - Lâmpadas fluorescentes e de descarga apresentam-se as taxas de valorização, apesar da legislação em vigor apenas definir meta para a reutilização/reciclagem.

Para o caso concreto do fluxo A – Grandes equipamentos, para além da necessidade em incrementar a recuperação do bloco de cimento das máquinas de lavar, para aumentar a taxas de reutilização/reciclagem e conseqüentemente a taxa de valorização, era igualmente importante equacionar o envio da fracção leve dos fragmentadores de carros para valorização energética, dado esta apresentar um alto teor em carbonos.

No que concerne ao Fluxo E – Monitores e Televisores (CRT), enquanto não existir uma solução viável de recuperação para o vidro do cone, o cumprimento da taxa de valorização deste fluxo está altamente comprometido, uma vez que esta fracção representa cerca de 20% da massa do fluxo E. Esta ordem de grandeza implicaria que as perdas ao longo da cadeia de tratamento das restantes fracções fossem inferiores a 5%, o que é manifestamente difícil.

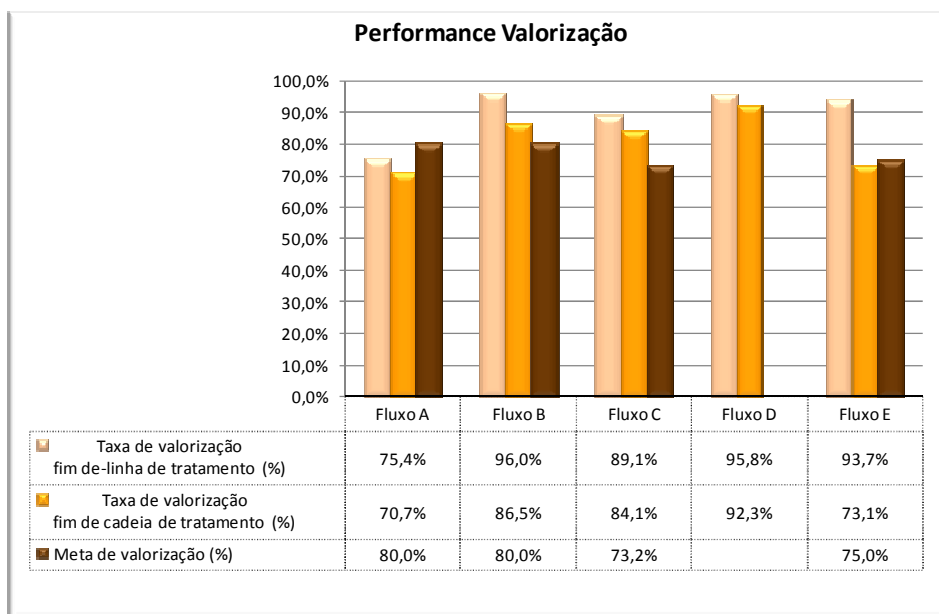


Figura 25 - Taxas de valorização aferidas no final da linha de tratamento e no final da cadeia de tratamento – Rede Amb3E

Foi já referido no capítulo 1.3 que no 2.º parágrafo do n.º 3 do Artigo 7.º da Directiva 2002/96/CE, estava prevista, por parte da Comissão, a definição de regras para a monitorização do tratamento dos REEE, incluindo especificações para materiais, até 13 de Agosto de 2004. Foi no entanto apenas publicada a 3 de Maio de 2005, a Decisão da Comissão 2005/369/CE, referente à definição de regras para o controlo do cumprimento pelos Estados Membros, relativa à gestão de REEE.

No que respeita ao tratamento dos REEE e aferição das respectivas taxas de reutilização/reciclagem e valorização, a Comissão Europeia apenas se centrou na definição de uma estrutura harmonizada para a apresentação dos resultados, não definindo uma metodologia harmonizada para o cálculo dos mesmos. Na Figura 26 apresenta-se a estrutura de reporte definida pela Decisão da Comissão, relativamente ao tratamento de REEE em cada Estado Membro.

Quadro 2
Objectivos de valorização, reciclagem e reutilização (n.º 2 do artigo 7.º da Directiva 2002/96/CE)

Número da coluna	1	2	3	4	5
Categorias de produtos	Valorização	Taxa de valorização	Reutilização e reciclagem	Taxa de reutilização e reciclagem	REEE reutilizados como aparelho completo
	Peso total (†) toneladas	%	Peso total toneladas	%	Peso total toneladas
1. Grandes electrodomésticos					
2. Pequenos electrodomésticos					
3. Equipamentos informáticos e de telecomunicações					
4. Equipamentos de consumo					
5. Equipamentos de iluminação					
5a. Lâmpadas de descarga de gás	N.A.	N.A.			
6. Ferramentas eléctricas e electrónicas					
7. Brinquedos e equipamentos de desporto e lazer					
8. Aparelhos médicos					
9. Instrumentos de monitorização e controlo					
10. Distribuidores automáticos					

Notas: As casas a cinzento indicam que os dados apenas precisam de ser comunicados a título voluntário.
(†) Se tal não for possível, em número.

Figura 26 - Objectivos de valorização, reciclagem e reutilização (n.º 2 do artigo 7.º da Directiva 2002/96/CE)

A Comissão Europeia solicita aos diferentes Estados Membros, dados relativos a reutilização/reciclagem e valorização por categoria legal, sendo que a argumentação apresentada no âmbito deste estudo esclarece que a uma escala industrial, não é viável quer operacional quer financeiramente, implementar balanços mássicos que permitam dar cumprimento à obrigação de registos da quantidade de REEE, respectivos componentes, materiais ou substâncias, que entrem (input) ou saiam (output) da instalação de tratamento e/ou que entrem (input) na instalação de valorização ou reciclagem.

Face ao exposto, a metodologia de monitorização e controlo dos fluxos de materiais resultantes do tratamento de REEE e respectivo cálculo das taxas de reutilização/reciclagem e valorização de REEE, proposta neste estudo, não permite dar resposta à estrutura de apresentação de resultados definida pela Decisão da Comissão 2005/369/CE.

Com o objectivo de fornecer às Autoridades Nacionais com competências na área do ambiente, dados que permitam a Portugal dar cumprimento à obrigação para a comunicação de dados exigidos pela Comissão Europeia, a Amb3E consubstanciada apenas em informação fornecida pelas unidades de tratamento que integram o SIGREEE, determina taxas de reutilização/reciclagem e valorização por categoria legal.

A Figura 27 e a Figura 28 apresentam as taxas de reutilização/reciclagem e de valorização para o ano de 2008, por categoria legal.

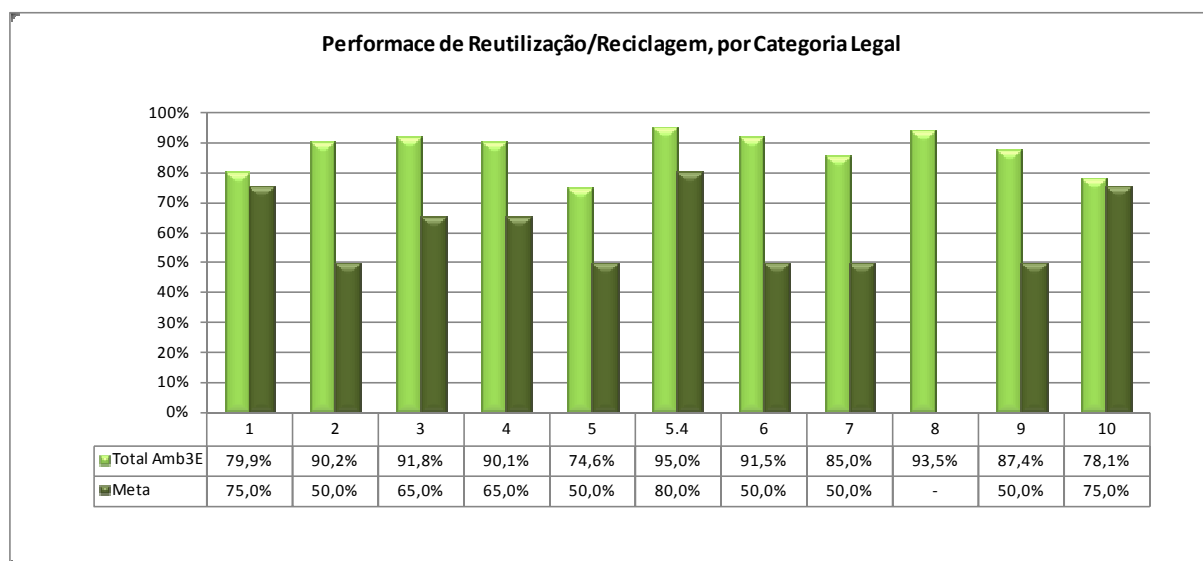


Figura 27 - Taxas de reutilização e reciclagem por categoria – Rede Amb3E

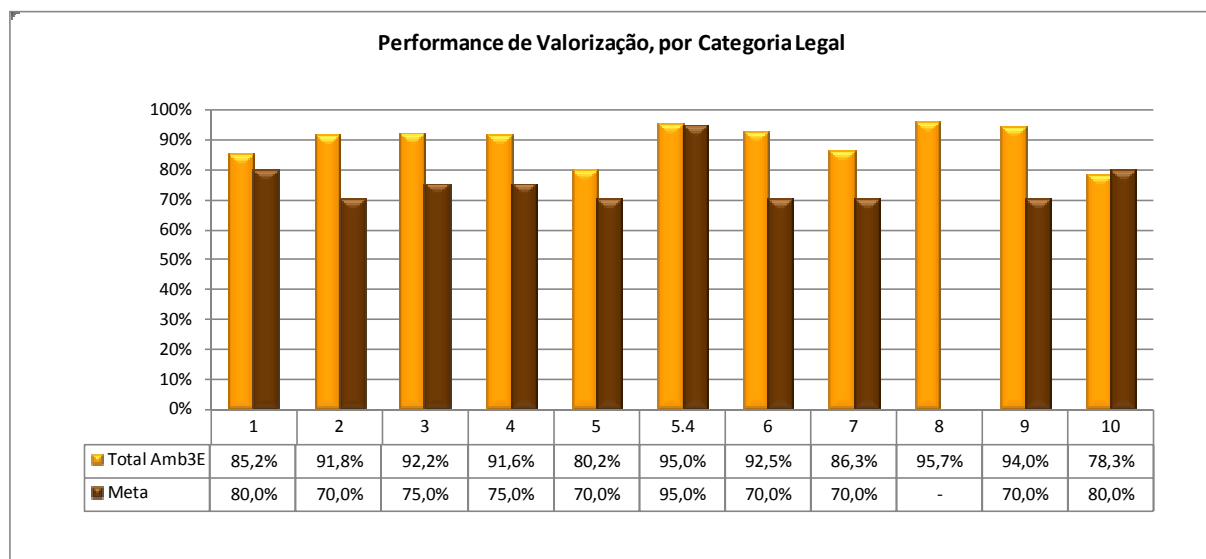


Figura 28 - Taxas de valorização por categoria – Rede Amb3E

Atendendo a que os resultados de gestão por categoria legal são obtidos com base em dados estimados pelas unidades de tratamento que integram o SIGREEE da Amb3E, foram detectados os problemas já anteriormente enumerados, nomeadamente, diferenças significativas de resultados em instalações com processos de desmantelamento e/ou tecnologias semelhantes, motivadas por diferentes interpretações de operações de valorização e eliminação, diferentes unidades funcionais de balanço mássico, diferentes níveis de tratamento contemplados no cálculo e principalmente porque não é operacionalmente viável manter registos de entrada e saída de materiais por categoria legal.

Verifica-se pela análise das figuras que apenas a categoria 10 – Distribuidores Automáticos não cumpre as metas de gestão e que genericamente os resultados estão inflacionados, quando comparados com os resultados por fluxo operacional. Esta situação deve-se essencialmente ao facto, de as unidades de tratamento terem conhecimento de que esta informação não é passível de ser auditada, pelo que provavelmente algumas unidades de tratamento inflacionam as suas performances de valorização.

É também para evitar situações como a referida anteriormente, que a se defende a adopção de uma metodologia de aferição de taxas de reutilização/reciclagem e valorização, que seja representativa dos processos e tecnologias instaladas nas unidades de tratamento, seja sustentada por terminologias de fracções e tecnologias comuns a todas as instalações, possibilite o rastreio de todas as fracções até serem encaminhadas para uma solução final e por conseguinte permita a comparação de resultados de tratamento entre unidades de tratamento ou resultados globais entre Entidades Gestoras.

7. Conclusão

Em relação ao principal objectivo desta dissertação, que consistia em desenvolver e aplicar uma metodologia de aferição das taxas de reutilização/reciclagem e valorização de REEE, assente numa lógica de balanços mássicos à escala industrial, nas unidades de tratamento da rede Amb3E, representativa dos processos e tecnologias instalados e que permitisse atingir resultados comparáveis e transparentes, integrando toda a cadeia de tratamento dos REEE, é possível afirmar que o objectivo foi atingido.

Neste sentido, o procedimento de testes desenvolvido no âmbito deste estudo, foi reiteradamente validado durante a execução de 16 testes de tratamento, efectuados na rede de unidades de tratamento da Amb3E. Adicionalmente, os resultados dos testes de tratamento, conjugados com a informação anual das fracções resultantes do tratamento, fornecidos numa estrutura de reporte harmonizada, permitiram que para o ano 2008, as taxas de reutilização/reciclagem e valorização da rede Amb3E deixassem de ser calculadas unicamente através dos dados fornecidos pelas unidades de tratamento pertencentes ao SIGREEE.

Desta forma, foi possível evoluir de um modelo de reporte organizado em 10 categorias legais, mais as lâmpadas fluorescentes e de descarga, sustentado unicamente na funcionalidade dos equipamentos durante a sua vida útil, não contemplando as características que determinam a sua gestão quando estes atingem o fim de vida, para um modelo cuja unidade funcional é o fluxo operacional, ou seja sob a forma com que efectivamente os REEE dão entrada nas linhas de tratamento e para os quais se podem realizar testes de tratamento, que reproduzam de forma representativa o normal funcionamento das unidades de tratamento do SIGREEE Amb3E.

Com esta transição constatou-se, que as taxas de reutilização/reciclagem e valorização aferidas por categoria legal, para além de integrarem diferentes níveis de tratamento, consoante a avaliação de cada unidade e não possuírem uma classificação harmonizada passível de ser comparada, são genericamente mais elevadas do que as apuradas por fluxo operacional. Esta situação evidencia que quando os dados são reportados de acordo com o modelo que não é possível testar operacionalmente ou mesmo auditar, as unidades de tratamento tendem a sobrestimar o seu rendimento.

Com base na metodologia implementada no âmbito deste estudo foi possível, para o ano de 2008, determinar as taxas de reutilização/reciclagem e valorização atingidas pelo SIGREEE Amb3E, para os diferentes fluxos operacionais de REEE. Sendo as principais conclusões as seguintes:

- O Fluxo A – Grandes Equipamentos apresenta uma taxa de reutilização/reciclagem no final da cadeia de tratamento de 70,4% sendo a meta de 75,0%. Do mesmo modo, para a taxa de valorização o fluxo A fica aquém da meta, já que a taxa obtida é de 70,7% e a meta de 80,0%. Esta situação fica a dever-se essencialmente aos níveis insuficientes de recuperação de inertes e ainda porque em Portugal, actualmente ainda não existem soluções de valorização energética para a fracção leve dos fragmentadores de carros;

- O Fluxo B – Aparelhos de Arrefecimento e Refrigeração, atinge as metas de reutilização/reciclagem definidas em 75,0% e 80,0%, atendendo a que as taxas aferidas são de 79,1% e 86,5%, respectivamente;
- O Fluxo C – Equipamentos Diversos, apesar das linhas de tratamento deste fluxo apresentarem níveis de desperdício significativos, as taxas de reutilização/reciclagem e valorização apuradas são de 83,4% e 84,1%, são manifestamente superiores às metas aferidas para o ano de 2008, de 59,5% e 73,2%;
- Para o Fluxo D – Lâmpadas Fluorescentes e de Descarga a meta de reutilização e reciclagem de 80% é ultrapassada em 12,3%;
- Finalmente para o Fluxo E – Monitores e Televisores (CRT) a meta de reutilização/reciclagem fixada em 65,0% é cumprida, sendo a taxa calculada de 73,0%. No entanto, a taxa de valorização aferida em 73,1% é inferior à meta definida em 75,0%, ficando este resultado a dever-se sobretudo à falta de soluções de recuperação do vidro do cone.

Como resultado do desenvolvimento e implementação da metodologia apresentada no âmbito deste estudo, a Amb3E detém hoje em dia, um conhecimento rigoroso das tecnologias e processos efectivamente instalados nas unidades de tratamento, que pertencem ao seu SIGREEE, bem como das fracções que resultam do tratamento de cada fluxo operacional.

A classificação das tecnologias e das fracções resultantes do tratamento, através de um sistema harmonizado de reporte, designadamente através das bases de dados da ferramenta informática *Reptool*, constituíram uma ferramenta igualmente importante na prossecução de resultados comparáveis.

Actualmente, a Amb3E consegue, por exemplo, facilmente identificar os diferentes níveis de tratamento presentes numa linha de tratamento, bem como se a linha prevê a remoção dos materiais e componentes perigosos listados no Anexo II do Decreto-Lei, n.º 230/2004, de 10 Dezembro. Com este tipo de informação, a Amb3E encontra-se fundamentada, para poder aplicar penalizações às unidades que não cumprirem os requisitos de tratamento definidos pela legislação em vigor.

Importa ainda referir que a implementação da metodologia aqui proposta, nomeadamente os testes de tratamento, apesar de espelharem o normal funcionamento das unidades de tratamento do SIGREEE Amb3E, exigem um esforço de preparação por parte das unidades, e principalmente implicam uma paragem forçada da linha de tratamento a testar, para efeitos de limpeza com o objectivo de não existirem contaminações por parte de materiais que não componham a amostra seleccionada para o teste. É igualmente necessário seleccionar uma amostra que represente o normal afluxo dos REEE tratados na unidade de tratamento testada, o que nem sempre se afigura uma tarefa fácil.

Conclui-se que a metodologia proposta minimiza os constrangimentos operacionais. No entanto, os REEE constituem um fluxo de resíduos multimaterial com um elevado nível de complexidade, sendo que o seu tratamento e valorização, ao longo de toda a cadeia de tratamento, traduzem-se de forma igualmente complexa. Por este motivo, para que controlo e monitorização dos materiais resultantes

do tratamento deste fluxo específico de resíduos, seja eficiente e exigente, como o seu índice de perigosidade assim o obriga, será sempre necessário existir um esforço operacional e financeiro, que sem a existência da figura da Entidade Gestora, poderia estar altamente comprometido.

7.1. Sugestões de melhoria e trabalho futuro

Como foi já referido, com a implementação da metodologia proposta neste estudo, a Amb3E actualmente, consegue comparar de forma transparente as tecnologias, processos instalados e resultado obtidos pelas unidades de tratamento que integram o seu SIGREEE. No entanto, no que concerne a uma comparação de resultados globais com as suas homólogas Europeias pertencentes ao WEEE Forum, essa comparação ainda não é possível, uma vez que para 2008 apenas 6 Entidades Gestoras, incluído a Amb3E, reuniram as condições necessárias para fornecer os seus dados de tratamento, através da ferramenta informática *Reptool*.

A comparação de resultados não foi possível por ter sido considerado um número insuficiente de relatórios, comprometendo a confidencialidade dos dados e por alguns dos relatórios ainda produzirem informação inconsistente, motivada por testes de tratamento inválidos ou falta de rastreabilidade das fracções. É desejável que no futuro, os relatórios produzidos possam ser melhorados e que mais Entidades Gestoras possam contribuir para a comparação de resultados ao nível Europeu.

A componente da metodologia proposta neste estudo que carece de melhorias significativas, diz respeito à rastreabilidade das fracções que resultam de níveis de tratamento, em que as unidades pertencentes ao SIGREEE já não possuem qualquer relação contratual. Para essas fracções, a metodologia assenta na pesquisa bibliográfica, sobre as tecnologias normalmente aplicadas a determinadas fracções, cujo nível de fiabilidade da informação é incerto. Desta forma, deverá ser empregue um maior esforço na recolha de informação referente à rastreabilidade das fracções.

Para aumentar o nível de rastreabilidade, está a ser desenvolvido pelo WEEE Forum um projecto designado WEEELABEX, de quatro anos co-financiado pelo programa da Comissão Europeia Life +, que visa estabelecer um conjunto de standards europeus de forma a harmonizar as operações de recolha, tratamento, valorização de REEE e ainda desenvolver mecanismos de rastreabilidade de fracções com o objectivo de impedir a exportação de REEE ou componentes para países subdesenvolvidos. Para os operadores que cumpram os requisitos definidos ser-lhes-á atribuído um símbolo de excelência.

Importa ainda fazer referência à revisão da Directiva 2002/96/CE, relativa à gestão de REEE, prevista até 31 de Dezembro de 2008, mas que até ao momento ainda foi só publicada a proposta de revisão da Directiva, cujas principais alterações à Directiva em vigor são apresentadas de seguida:

- Clarificação do âmbito da Directiva. Actualmente, existem divergências entre Estados Membros sobre os equipamentos que se encontram no âmbito da Directiva 2002/96/CE. Por exemplo em Portugal encontram-se dentro do âmbito do Decreto Lei-n.º230/2004 todos

aparelhos de ar condicionado (portáteis e fixos) com potência <7Kw/h, em Espanha apenas os aparelhos de ar condicionado portáteis se encontram ao abrigo do Real Decreto 208/2005;

- Responsabilidade do produtor – harmonização no registo e no esquema de financiamento. As obrigações de registo dos produtores nas Entidades de Registo¹¹ de cada Estado Membro não se encontram harmonizadas, o que provoca distorções no mercado. Por exemplo em alguns países é a casa mãe que assume as responsabilidades de registo noutros são os diferentes importadores. No que concerne ao financiamento, também existem distorções, por exemplo Portugal todos os EEE colocados no mercado são alvo de aplicação de Ecovalor, pelo que as Entidades Gestoras deverão financiar o seu fim-de-vida quer a proveniência do REEE seja particular ou não particular, já em Espanha e na Bélgica os REEE de proveniência não particular, têm esquemas de financiamento específicos;
- Metas de recolha. A passagem da meta de recolha de 4kg/habitante/ano, para 65% da média do peso total de EEE colocados no mercado nos dois anos anteriores;
- Inclusão da reutilização de equipamentos completos nos objectivos de gestão com consequente aumento das taxas de reutilização/reciclagem e valorização em 5%. Definição de metas para a categoria 8 - Aparelhos Médicos;
- Incremento nas acções de inspecção e monitorização a realizar pelos Estados Membros, pelo menos no que se refere a exportação de REEE, reforçando as acções de controlo dos processos transfronteiriços de resíduos.

Da análise das principais alterações que possam vir a ter influência na actividade de monitorização e controlo dos fluxos de materiais resultantes do tratamento dos REEE, destaca-se o aumento da meta de recolha de REEE, que no caso Português, a ser aplicada significaria um aumento de cerca de 53%, o que irá originar uma maior pressão sobre a infra-estrutura de tratamento.

Destaca-se ainda, o aumento das taxas de reutilização/reciclagem e valorização por inclusão da reutilização de equipamentos completos, uma vez que como se pode concluir pelos resultados deste estudo, as soluções de reutilização são diminutas e muitos dos produtores de EEE, que integram as Entidades Gestoras, opõem-se a estas práticas, o que poderá significar que o cumprimento das novas metas tenha de ser atingido à custa de melhores performances de reciclagem e valorização, o que de acordo com os resultados atingidos em 2008 será muito difícil.

Uma nota final para o reforço das acções de inspecção e monitorização pelos Estados Membros, o que poderá significar que a unidade funcional para aferição de resultados e controlo de materiais resultantes do tratamento possa ser alterada para o fluxo operacional, uma vez que de outra forma, uma monitorização efectiva da gestão de REEE, pode estar comprometida.

¹¹ Entidade com responsabilidades no controlo das quantidades de EEE que cada produtor coloca no mercado anualmente.

Bibliografia

(AEA Technology, 2004). *WEEE & Hazardous Waste – Part I*. A Report produced for the Department of Environment, Food and Rural Affairs (DEFRA). AEA Technology. 2004.

(AEA Technology, 2006). *WEEE & Hazardous Waste – Part II*. A Report produced for the Department of Environment, Food and Rural Affairs (DEFRA). AEA Technology. 2004.

(AGEFE, 2004). *Base de dados de vendas de material eléctrico e electrónico em Portugal 1994-2004*. Associação Portuguesa dos Grossistas e Importadores de Material Eléctrico, Electrónico, Electrodoméstico, Fotográfico e de Relojoaria (AGEFE). 2005.

(Amb3E, 2009). Relatório Contas Amb3E 2008. Amb3E. 2009.

(BAN, 2002). Puckett, J.; Byster, L.; Westervelt, S.; Gutierrez, R.; Davis, S.; Hussain, A. *Exporting Harm The High Tech Trashing of Asia*. The Basel Action Network and Silicon Valley Toxics Coalition. 2002.

(BAN, 2005). Puckett, J.; Westervelt, S.; Gutierrez, R.; e Takamiya, Y. *The Digital Dump Exporting Reuse and Abuse to Africa*. The Basel Action Network. 2005.

CE (2000b). *Proposal for a Directive of the European Parliament and of the council on WEEE & a Proposal for a Directive of the European Parliament and of the council on the restriction of use certain hazardous substances in EEE*. Comissão Europeia: COM 347. 2008.

(CFC standard, 2007), *Requirements for the Collection, Transportation, Storage, Handling and Treatment of Household Cooling and Freezing Appliances containing CFC, HCFC or HFC*. WEEE Forum, EERA e CECED. 2007.

Cui, J. and E. Forsberg. *Mechanical Recycling of Waste Electric and Electronic Equipment: a Review*. Journal of Hazardous Materials B99 pp.243–263. 2004.

Decisão da Comissão 2005/369/CE, de 3 de Maio de 2005, que define regras para o controlo do cumprimento pelos Estados Membros da Directiva 2002/96/CE, relativa aos REEE, e estabelece os formatos para a comunicação dos dados exigidos. Jornal Oficial da União Europeia, L 119, 13-16. 2005.

Decreto-Lei n.º 230/2004, de 10 de Dezembro, estabelece o regime jurídico a que fica sujeita a gestão de resíduos de equipamentos eléctricos e electrónicos (REEE). Diário da República, I SÉRIE-A, 288, 7050-7062.2004.

(DEFRA, 2006). *Guidance on Best Available Treatment Recovery and Recycling Techniques (BATRR) and treatment of Waste Electrical and Electronic Equipment (WEEE)*. Department of Environment, Food and Rural Affairs (DEFRA). 2006.

Directiva n.º 2002/95/CE, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 27 de Janeiro de 2003, relativa à restrição do uso de determinadas substâncias perigosas em equipamentos eléctricos e electrónicos. Jornal Oficial da União Europeia, L37, 19-23. 2003.

Directiva nº 2002/96/CE, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 27 de Janeiro de 2003, relativa aos resíduos de equipamentos eléctricos e electrónicos (REEE). Jornal Oficial da União Europeia, L37, 24-39. 2003.

Directiva nº 2003/108/CE, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 8 de Dezembro de 2003, que altera a Directiva 2002/96/CE relativa aos resíduos de equipamentos eléctricos e electrónicos (REEE). Jornal Oficial da União Europeia, L345, 106. 2003.

Directiva nº 2006/12/CE, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 5 de Abril de 2006, Directiva Quadro em matéria de gestão de resíduos. Jornal Oficial da União Europeia, L114, 9-21. 2006.

(EMPA, 2009) Schlupe, M.; Wäger, P. *Recovery of Plastics from Waste Electrical and Electronic Equipment (WEEE)*. EMPA, 2009.

(Eugster, 2008) Eugster, M.; Chappot, A.; Kasser, U. *PCB's in Small Capacitors from Waste Electrical and Electronic Equipments*. 2008.

(E-waste, 2009). *Hazardous Substances in e-Waste. Swiss e-waste guide*. Obtido em Setembro de 2009, de http://ewasteguide.info/hazardous_substances. 2009.

(Ferrão, P., Luízio, M., 2005). *Gestão de Resíduos de Equipamentos Eléctricos e Electrónicos: do contexto europeu à realidade nacional*, Revista "Indústria e Ambiente" n.º38. 2005.

Hagelüken C. *Recycling of Electronic Scrap at Umicore's Integrated Metals Smelter and Refinery, World of Metallurgy*. ERZMETALL. 2006.

(HC standard, 2006), *Requirements for the Collection, Transportation, Storage and Treatment of Cooling and Freezing Appliances containing Hydrocarbons (HC)*. WEEE Forum, EERA e CECED, 2006.

(MRT, 2008). *Mercury Recovery Technology Catalogue*. 2008.

Portaria n.º 209/2004, de 3 de Março de 2004, referente à Lista Europeia de Resíduos e às operações de valorização e de eliminação de resíduos. Diário da Republica I SÉRIE-B, 53, 1188-1206. 2004.

Regulamento (CE) n.º 2037/2000, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 29 de Junho de 2000, relativo às substâncias que empobrecem a camada de ozono. Jornal Oficial da União Europeia, L 244, 1-24. 2000.

R. Gabriel; *Checklist for running batches and documentation of batches with WEEE appliances or WEEE fractions*. WEEE Forum. 2006.

R. Gabriel; *Guideline for running batches and documentation of batches with WEEE appliances or WEEE fractions*. WEEE Forum. 2006.

(UNU, 2007) *2008 Review of Directive 2002/96 on Waste and Electrical and Electronic Equipment (WEEE)*. United Nations University. 2007.

(WEEE Forum, 2009). *Key figures 2008 - Key figures on quantities of electrical and electronic equipment put on the market, quantities of WEEE collected, and costs related to WEEE management.* WEEE Forum. 2009.

Anexo I – Relatório Reptool de teste típico ao Fluxo A

Treatment partner A - large (household) appliances 2006

15-09-2009

Company	Treatment partner A	WEEE-system	DEMO system
Input fraction (sorting result)	large (household) appliances (LHHA - country data)	Weight	10.000.000 kg
Input remarks	DEMO DATA - report ready / 100 % dismantling / car shredder+internal further separation / some external further separation difference WF=model<->national classification higher (ER-MWI)	Period	2006
Kind of data	Annual data	Status	done
First technology used	car shredder / separation		

Legend: RU ... reuse, MR ... material recycling, ER ... energy recycling, TD ... thermal disposal, LD ... landfill disposal

Calculation - National classification

EWC code	Name fraction	Internal name	Acceptor	Technology used	Recycling		Disposal				check total	
					Reuse	Recovery	TD	LD	D (TD+LD)	???		
					RU	MR						ER
13 03 01*	(heat transmission) oils containing PCBs	oil from oil radiators	HWI 1	hazardous waste incineration				5.000		5.000		5.000
16 02 09* / 02-1	PCB (suspect) capacitors - small		HWI 1	hazardous waste incineration				3.000		3.000		3.000
16 02 15* / 01-2	mercury components - 'parts' dismantled		HW landfill 1	special landfill					10	10		10
19 12 02 / 01-2	iron fraction - 'pure'		world market	steel mill		900						900
19 12 02 / 01-2	iron fraction - 'pure'		world market	steel mill		5.058.894						5.058.894
19 12 02 / 02-2	stainless steel - 'pure'		SS works 1	stainless steel works		148.973						148.973
19 12 03 / 01-2	non-ferrous metals with iron - 'pure'		Cu smelter 1	Cu smelter 'traditional'		11.592		1.008		1.008		12.600
19 12 03 / 01-2	non-ferrous metals with iron - 'pure'		Cu smelter 1	Cu smelter 'traditional'		6.356						6.356
19 12 03 / 03-2	aluminium fraction - 'pure'		Al smelter 1	Al smelter		50						50
19 12 03 / 03-2	aluminium fraction - 'pure'		Al smelter 1	Al smelter		4.986						4.986
19 12 03 / 03-2	aluminium fraction - 'pure'		Al smelter 1	Al smelter		194.657						194.657
19 12 03 / 03-2	aluminium fraction - 'pure'		Al smelter 1	Al smelter		2.979						2.979
19 12 03 / 03-3	aluminium+iron fraction - 'pure'	Al + Fe	Al smelter 2	Al smelter		4.986						4.986
19 12 03 / 04-2	heavy non-ferrous metals fraction - 'pure'		Cu smelter 1	Cu smelter 'traditional'		29.795						29.795
19 12 03 / 05-2	copper and copper alloys - 'pure'		Cu smelter 1	Cu smelter 'traditional'		5.400						5.400
19 12 03 / 05-2	copper and copper alloys - 'pure'	red copper	Cu smelter 2	Cu smelter 'special'		38.733						38.733
19 12 03 / 05-2	copper and copper alloys - 'pure'	yellow copper	Cu smelter 2	Cu smelter 'special'		44.692						44.692
19 12 03 / 06-2	non-ferrous metals 'grey' - 'pure'		smelters x	other metal smelters		56.610						56.610

19 12 03 / 07-2	lead - 'pure'		Pb smelter x	Pb smelter	8.938					8.938			
19 12 03 / 08-2	cable fraction	Cu bundels	Cu smelter 1	Cu smelter 'traditional'	4.966	4.966	4.966			9.931			
19 12 03 / 08-3	circuit board fraction		Cu smelter 2	Cu smelter 'special'	3.933	40	40			3.973			
19 12 04 / 02-2	mix' of hard plastics - 'pure'		plastic rec./market	plastics recycling	317.808					317.808			
19 12 05 / 03	glass from gas discharge lamps cleaned		glass smelter1	glass production	360					360			
19 12 09 / 02-2	concrete 'sand' - 'pure'		landfill x	road construction	357.534					357.534			
19 12 09 / 02-2	concrete 'sand' - 'pure'		landfill X	road construction	778.629					778.629			
19 12 10 / 01	mixture of combustible wastes (cond.)	fraction xxx	incinerator1	business incineration - with ER		188.668				188.668			
19 12 11* / 03-5	glass from gas discharge lamps - 'uncleaned'		HWI 2	hazardous waste incineration - special use	50					50			
19 12 11* / 04-2	coating material - gas discharge lamps (with mercury)		HWI1	hazardous waste incineration		5	5			5			
19 12 12 / 01	residues from separation		spec.landfill1	special landfill		45	45			45			
19 12 12 / 01	residues from separation		landfill X	landfill		14.700	14.700			14.700			
19 12 12 / 01	residues from separation		MWI 2	municipal waste incineration	14.700					14.700			
19 12 12 / 01	residues from separation		landfill X	landfill		11.700	11.700			11.700			
19 12 12 / 01	residues from separation		landfill X	landfill		104.281	104.281			104.281			
19 12 12 / 01	residues from separation		landfill A	landfill		145.993	145.993			145.993			
19 12 12 / 01	residues from separation		landfill X	landfill		79.452	79.452			79.452			
19 12 12 / 01	residues from separation		landfill X	landfill		9.534	9.534			9.534			
19 12 12 / 01	residues from separation	difference - waste fraction, filter material etc.	MWI 1	municipal waste incineration	1.435.100					1.435.100			
					Weight total (kg):	7.981.771	1.638.498	14.018	385.715	379.733	10.000.002		
						RU	MR	ER	TD	LD	D (TD+LD)	???	check total
					% of total input:	0,0000	79,8177	16,3850	0,1402	3,6572	3,7973	0,0000	100,0000
					Recycling:	79,8177 %							
					-> target:	73,7000 %							
					Recovery:	96,2027 %							
					-> target:	79,4500 %							
					Non-Disposal:	96,2027 %							
					Disposal:	3,7973 %							

Anexo II – Cadeias de tratamento dos testes seleccionados

