



# **A Gestão da Logística Inversa na Reciclagem de Equipamentos Elétricos e Eletrónicos**

Nuno Miguel Vieira Santos Pereira

Dissertação apresentada ao Instituto Politécnico do Porto para obtenção do  
Grau de Mestre em Logística

**Orientador:** Professor Doutor Luís Barreto (ESCE-IPVC)

**Co-Orientador:** Professor Doutor Tiago Pinho (ESCE-IPS)

Porto, agosto 2016





## **A Gestão da Logística Inversa na Reciclagem de Equipamentos Elétricos e Eletrónicos**

Nuno Miguel Vieira Santos Pereira

**Orientador:** Professor Doutor Luís Barreto

**Co-Orientador:** Professor Doutor Tiago Pinho

Porto, agosto 2016



## RESUMO

Atualmente as organizações procuram maximizar os proveitos, nomeadamente no que concerne às matérias-primas reutilizáveis, adotando novas estratégias face às constantes mudanças dos vários cenários emergentes. A Gestão Logística é certamente uma ferramenta importante na obtenção dessa mesma vantagem competitiva, servindo de elo de ligação entre o mercado e as várias áreas de uma organização. É responsável pela gestão de fluxos físicos e organizacionais, intra e interorganizações. A logística inversa adquiriu atualmente um maior relevo nos processos devido aos ganhos na maximização dos proveitos e na minimização dos tempos.

A gestão da logística inversa dos resíduos é uma das áreas mais complexas nas empresas, quer pelo esforço financeiro na separação e movimentação de todos os resíduos, quer pelos recursos humanos afetos a estes processos. A complexidade da armazenagem é efetivamente um dos maiores desafios, mesmo que por períodos curtos.

Com a melhoria do nível de vida, sobretudo nos países industrializados, tem-se verificado um aumento cada vez maior dos resíduos, em número e em quantidade. No passado recente, os resíduos eram eliminados, normalmente, através da deposição em aterro. Com os aterros sobrelotados e com a escassez de incineradoras (em número e em capacidade), têm sido envidados esforços no sentido de reintegrar os resíduos nos processos produtivos originais tendo em vista a minimização das substâncias a depor em aterro bem como a redução do consumo de recursos naturais. A reintegração dos resíduos nos processos produtivos permite um desenvolvimento sustentável, evitando riscos para as gerações futuras. A Gestão da Logística Inversa na Reciclagem de Equipamentos Elétricos e Eletrónicos (REEE) é fundamental em toda a cadeia de abastecimento tendo cada interveniente um papel fulcral na maximização desta matéria-prima.

**Palavras-chave:** Gestão da Cadeia de Abastecimento, Logística Inversa, Logística Verde, Valorização/Reciclagem



## **ABSTRACT**

Nowadays organizations search to maximize their returns, particularly with regard to recyclable materials, making new strategies to changing several emerging scenarios. Logistics Management is certainly an important tool in achieving those goals, serving as a link between the market and the various areas of an organization. It is responsible for managing physical and organizational flows, intra and inter-organizations; reverse logistics currently acquired a higher level profile in the process due to gains on maximizing profits and minimizing times.

The Reverse Logistics Management of waste is one of the most complex areas in organizations, due the financial effort in separation and management of all waste, and due to the human resources allocated to these processes. The complexity of storage is actually a big challenge, even for short periods.

With the improvement of living standards, particularly in industrialized countries, there has been a growing increase in waste, in number and quantity. In the recent past, the waste was eliminated, usually, through landfill. With overcrowded landfills and the shortage of incinerators (in number and capacity) efforts have been made to reintegrate waste in the original production processes with a view to minimize the substances in landfills and reduce consume of natural resources. The re-incorporated waste in production processes allows a more sustainable development, preventing risks for future generations. The Management of Reverse Logistics in Recycling of Electrical and Electronic Equipment (REEE) is critical for all supply chain, having each player an essential role in maximizing this raw material.

**Keywords:** Supply Chain Management, Reverse Logistics, Green Logistics, Value/Recycling



## RESUMEN

En la actualidad, las organizaciones buscan maximizar los beneficios, sobre todo en lo que concierne a las materias primas reutilizables, adoptando nuevas estrategias frente a los constantes cambios de los varios escenarios emergentes. La Gestión Logística es, seguramente, una herramienta importante en la obtención de esa misma ventaja competitiva, sirviendo de conexión entre el mercado y las varias áreas de una organización. Es responsable por la gestión de flujos físicos y organizacionales, intra e inter organizaciones. La logística inversa ha adquirido actualmente una gran importancia en los procesos debido a las ganancias en la maximización de los beneficios y a la minimización de los tiempos.

La gestión de la logística inversa de los residuos es una de las áreas más complejas en las empresas, tanto por el esfuerzo financiero en la separación y los movimientos de todos los residuos, como por los recursos humanos afectos a estos procesos. La complejidad del almacenaje es, efectivamente, uno de los principales desafíos, aunque por cortos periodos.

Con el incremento del nivel de vida, principalmente en los países industrializados, se ha verificado un aumento creciente de los residuos, en número y en cantidad. En un pasado reciente, los residuos se eliminaban, normalmente, a través de su deposición en vertederos. Con los vertederos llenos al límite de su capacidad y con la escasez de incineradoras (en número y en capacidad), se han creado esfuerzos para reintegrar los residuos en los procesos productivos originales con vistas a la minimización de las sustancias a depositar en vertedero, así como la reducción del consumo de recursos naturales. La reintegración de los residuos en los procesos productivos permite un desarrollo sostenible, evitando riesgos para las futuras generaciones. La Gestión de la Logística Inversa en el Reciclaje de Equipamientos Eléctricos y Electrónicos (REEE) es fundamental en toda la cadena de suministro teniendo cada agente un papel clave en la maximización de esta materia prima.

**Palabras llave:** Gestión de la Cadena de Suministro, Logística Inversa, Logística Verde, Valorización/Reciclaje



## AGRADECIMENTOS

Num trabalho deste género onde as horas de isolamento são imensas, é, de certo modo, normal surgirem adversidades que, por vezes, me levaram a pensar que o fim era inalcançável!!! Por vezes esse pensamento ecoou de forma reiterada, mas com a ajuda de algumas pessoas, tudo foi ultrapassado e penso que os objetivos deste trabalho foram concretizados.

Em primeiro lugar, não posso deixar de agradecer aos meus pais, sem os quais não estaria aqui, e por me terem fornecido condições para me tornar o Homem que sou. Ao meu filho, pela paciência encontrada para mitigar as minhas ausências, e pelo incentivo e amor. É com orgulho que estou ao lado de uma pessoa única e tão especial. Obrigado pelo facto de existires e seres parte da minha vida.

Não podia também deixar de expressar ao Professor Doutor Luis Barreto, uma palavra de amizade e de profundo agradecimento pelo seu apoio contínuo e incansável ao longo dos últimos anos. Quero também dirigir uma palavra de apreço ao Professor Doutor Tiago Pinho cujas orientações e conselhos prestados, contribuíram de forma fundamental para o meu crescimento no âmbito da Logística.

Gostaria, por este facto, de mostrar toda a minha gratidão e reconhecimento a todos aqueles que, direta ou indiretamente, contribuíram para que esta tarefa se tornasse uma realidade. A todos quero manifestar os meus sinceros agradecimentos.

*"Every person who pass in our life, pass alone, because each person is unique and nobody can replace the other. Each person who pass through our life alone, every time give us something, because it leaves you a little and takes a bit of us. This is the most beautiful responsibility of the life and the proof that people don't know each other by chance."*

Charles Chaplin



## LISTA DE ACRÓNIMOS

ABC: Activity Based Costing

AIDC: Automatic Identification and Data Capture

AIS: Automatic Identification Systems

AMB3E: Associação Portuguesa De Gestão De Resíduos

ANREEE: Associação Nacional de Registo de Equipamentos Elétricos e Eletrónicos

APA: Agência Portuguesa do Ambiente

APICS: American Production and Inventory Control Society

BEP: Break-even Point

CE: Comunidade Europeia

CIM: Computer Integrated Manufacturing

CSCMP: Council of Supply Chain Management Professionals (Professionals, 2013)

CRM: Customer Relationship Management

CR: Continuous Replenishment

DRP: Distribution Resource Planning

EMAS: EcoGestão e Auditoria

EDI: Electronic Data Interchange

EPC: Electronic Product Code

ERP: Enterprise Resource Planning

ERP: European Recycling Platform

FEFO: First Expire - First Out

FIFO: First In - First Out

LIFO: Last In - First Out

HD: Hard Drive

IPQ: Instituto Português da Qualidade

ISO: International Organization for Standardization

JIC: Just-in-Case

JIT: Just in Time

MRP: Materials Requirements Planning

NP: Normas Portuguesas

PCI: Placas de Circuito Impresso

REEE: Resíduos de Equipamentos Elétricos e Eletrónicos

RFID: Radio Frequency Identification

QR: Quick Response

SKU: Stock Keeping Unit

SC: Supply Chain

SCM: Supply Chain Management

UE: União Europeia

VMI: Vendor Managed Inventory

WMS: Warehouse Management System

## ÍNDICE GERAL

<b>CAPÍTULO I</b> .....	1
<b>Introdução</b> .....	1
<b>CAPÍTULO II</b> .....	2
<b>Enquadramento Teórico</b> .....	2
1. <b>Logística</b> .....	6
2. <b>Gestão da Cadeia de Abastecimento</b> .....	8
2.1 Gestão da Cadeia de Abastecimento na Globalização.....	9
3. <b>Gestão de Armazém</b> .....	10
3.1 Classificação de Armazéns .....	11
3.1.1 Armazéns de Produção: .....	11
3.1.2 Armazém de Material Auxiliar: .....	11
3.1.3 Armazém de Distribuição: .....	12
3.2 Tipologia de Armazenagem .....	12
3.2.1 Dimensionamento.....	12
3.2.2 Metodologia ABC VS <i>Layout</i> .....	13
3.2.3 Estanterias.....	15
3.3 Operações em Armazém .....	18
3.3.1 Otimizar Informação em Armazém.....	19
4. <b>Gestão de Stocks</b> .....	19
4.1 Definição de <i>Stocks</i> .....	20
4.2 Codificação do <i>Stock Keeping Unit</i> (SKU) .....	20
4.3 Tipos de <i>Stock</i> .....	21
4.4 As Funções dos <i>Stocks</i> .....	22
5. <b>Sistemas de Informação na Logística</b> .....	23
5.1 VMI – <i>Vendor Managed Inventory</i> .....	24
5.2 ERP – <i>Enterprise Resource Planning</i> .....	24
5.3 MRP – <i>Manufacturing Resource Planning</i> .....	25
5.4 JIT – <i>Just in Time</i> .....	26
5.5 QR – <i>Quick Response</i> .....	26
5.6 CR – <i>Continuous Replenishment</i> .....	26
5.7 DRP – <i>Distribution Resource Planning</i> .....	26
5.8 CRM – <i>Customer Relationship Management</i> .....	27
5.9 AIS – <i>Automatic Identification Systems</i> .....	27
5.10 WMS – <i>Warehouse Management System</i> .....	28
6. <b>Gestão de Transportes</b> .....	28
7. <b>Logística Inversa</b> .....	31

8. <b>Logística Verde</b> .....	33
<b>CAPÍTULO III</b> .....	35
<b>Metodologia</b> .....	35
1. <b>Introdução</b> .....	36
2. <b>Enquadramento e Descrição na Valorização de Resíduos</b> .....	36
2.1 Caracterização na Gestão de Resíduos e Valorização .....	38
2.2 Valorização por Tipo de Resíduos .....	38
2.3 Conceito de Resíduos de Equipamentos Elétricos e Eletrónicos .....	39
3. <b>Processo e Estruturação do Estudo de Caso</b> .....	42
3.1 Enquadramento e Aspetos Essenciais.....	43
3.2 O Impacto no Ambiente.....	44
4. <b>Estudo para Implementação Prática</b> .....	46
4.1 Métodos de Localização.....	46
5. <b>Estudo de Caso</b> .....	47
5.1 Estudo de Localização .....	47
5.2 Aplicação Prática ao Método do Centro de Gravidade .....	47
6. <b>Processos de Valorização dos Resíduos de EEE</b> .....	49
7. <b>Definição da Estratégia e Processo para a Gestão da Logística Inversa na REEE</b> 51	
7.1 Fluxograma.....	54
7.2 Processo Produtivo .....	56
7.3 Casos Práticos de Reciclagem dos Materiais.....	59
8. <b>Gestão de Resíduos e Valorização em Portugal</b> .....	60
8.1 Fluxos de REEE .....	60
8.2 Custo na Valorização dos REEE.....	62
8.3 Objetivos da Valorização e REEE .....	64
<b>CAPÍTULO IV</b> .....	67
<b>Conclusão &amp; Sugestões Futuras</b> .....	67
1. <b>Conclusão</b> .....	68
2. <b>Sugestões Futuras</b> .....	71
<b>Bibliografia</b> .....	75

## Índice de Figuras

Figura 1: Trilogia da Arte da Guerra .....	6
Figura 2: Dimensões Centrais da Logística .....	7
Figura 3: Processos da Cadeia de Abastecimento .....	8
Figura 4: Operações Básicas em Armazenagem .....	11
Figura 5: Metodologia de Dimensionamento de um Armazém com Fluxo Contínuo .....	13

Figura 6: Armazém Ideal .....	14
Figura 7: Curva de Classificação ABC .....	15
Figura 8: Gestão Económica de <i>Stocks</i> .....	23
Figura 9: Descrição do <i>Pipeline</i> .....	25
Figura 10: Representação Esquemática dos Processos Logísticos Direto e Inverso .....	31
Figura 11: Cadeia de Recuperação de Resíduos .....	33
Figura 12: Tabela Periódica dos Elementos .....	37
Figura 13: Gestão do Fluxo Direto e Inverso na Cadeia de Valor .....	43
Figura 14: Principais Normas da Série ISO 14000 .....	44
Figura 15: Ciclo na Gestão da Logística Inversa na REEE .....	46
Figura 16: Mapa de clientes .....	48
Figura 17: Localização Ideal para a Estação REEE .....	48
Figura 18: Diagrama Geral dos Processos de Tratamento de Resíduos .....	50
Figura 19: Processo de Inceneração de Resíduos .....	51
Figura 20: Organigrama – Gestão da Logística Inversa na REEE .....	54
Figura 21: Fluxograma da Estação e Cadeia de Valor .....	55
Figura 22: Fases do Processo Produtivo .....	56
Figura 23: Elevador de Alcatruzes .....	57
Figura 24: Esquema Simplificado do Processo Produtivo .....	58
Figura 25: Fluxos em Toneladas de REEE .....	61
Figura 26: Fluxos Específicos de Resíduos Recolhidos e Valorizados em % .....	61
Figura 27: Exploração de matérias-primas (metálicas) em Portugal .....	62
Figura 28: Custo Médio por Tonelada de Resíduos Valorizados .....	63
Figura 29: Gestão de Resíduos por Atividade .....	63
Figura 30: Colocação de EEE no Mercado .....	64
Figura 31: Recolha de REEE (ton) .....	65
Figura 32: Gestão de REEE em 2014 .....	66

## Índice de Tabelas

Tabela 1: Descrição dos Sistemas de Armazenagem .....	18
Tabela 2: Gestão Económica de <i>Stocks</i> .....	20
Tabela 3: Análise dos Pontos Fortes/Fracos nos Meios de Transporte .....	29
Tabela 4: Legislação Referente às Substâncias Perigosas dos EEE .....	42
Tabela 5: Substâncias que Podem ser Encontradas nos Equipamentos .....	45
Tabela 6: Localização dos Clientes .....	48
Tabela 7: Estratégias e Ações .....	53
Tabela 8: Estrutura de Colaboradores .....	54
Tabela 9: Descrição da Cadeia de Valor .....	56
Tabela 10: Reciclagem e Valorização .....	60
Tabela 11: Fluxos Específicos de Resíduos Gerados, Recolhidos e Valorizados .....	61
Tabela 12: Objetivos de Valorização de EEE .....	64

## Índice de Equações

Equação 1: O Método do Centro de Gravidade .....	47
--	----



# **CAPÍTULO I**

## **Introdução**

## Introdução

A presente dissertação enquadra-se no âmbito do Mestrado em Logística, tendo como questão basilar a importância da Logística Inversa na *Supply Chain Management*<sup>1</sup>(SCM). Após a era da revolução industrial constatamos nas últimas décadas uma evolução económica acentuada, emergindo benefícios na qualidade de vida das populações. Esta reflete um aparecimento progressivo e exponencial de novos produtos no mercado e contiguamente um desenvolvimento nas inovações tecnológicas, traduzindo-se em ciclos de vida dos produtos cada vez mais curtos. A revolução na produção a que assistimos tem provocado um dos maiores dilemas da sociedade atual: como enfrentar a dicotomia entre o consumo em massa e a sustentabilidade ambiental.

O paradigma atual leva a um aumento de produtos descartáveis e consequentemente a um desequilíbrio entre as quantidades descartadas e as reaproveitadas o que vai gerar enormes volumes de produtos e de Resíduos de Equipamentos Elétricos e Eletrónicos (REEE) de pós-consumo. Estrategicamente as organizações perceberam que a Logística Inversa deve ser parte integrante das ações empresariais, não só devido ao reaproveitamento de produtos (pós-consumo), mas também porque lhes confere um destino adequado. Desta forma geram-se novas receitas e uma posição competitiva para todos os *stakeholders*<sup>2</sup>, mas, e sobretudo, dá-se prioridade às políticas de retorno e de proteção do meio ambiente. Note-se que esta prática é consequência direta e/ou indireta da existência de alterações legislativas no âmbito da política de sustentabilidade ambiental relativas à valorização de equipamentos em fim de vida, que se refletem mundialmente e em particular na União Europeia (UE), levando a um aumento muito significativo do fluxo inverso, com impactos financeiros relevantes nas organizações.

Esta dissertação tem como objetivo fazer uma análise sobre o impacto da logística inversa nas organizações, nomeadamente no reaproveitamento e valorização de ativos. O elevado crescimento económico verificado nas últimas décadas possibilitou uma melhoria da qualidade de vida das populações. Assistiu-se à homogeneização dos centros urbanos e à revolução tecnológica centrada nas eletrónica e/ou nas comunicações. A reorganização geopolítica do mundo conhecida como globalização, eleva-nos para um movimento irreversível e incontornável, tendo provocado uma progressiva unificação dos mercados e agregação da oferta, obrigando as organizações a repensar a sua estratégia de procura de matérias-primas, produção e distribuição dos seus produtos. No entanto, este crescimento económico gerou também a deterioração permanente de ecossistemas, desastres ecológicos, aquecimento global e a diminuição dos recursos naturais disponíveis.

---

<sup>1</sup> *Supply Chain Management* - Gestão da Cadeia de Abastecimento

<sup>2</sup> *Stakeholders* - São todos Intervenientes no processo, sendo parte direta ou indireta

Preocupados com este cenário, e atentos aos problemas do planeta, consumidores e entidades não-governamentais aumentaram a pressão imposta aos grupos económicos e governos para adotarem medidas drásticas na prevenção de problemas ambientais e na redução do consumo dos recursos naturais de forma a garantir a sua sustentabilidade. Atualmente, verifica-se um aumento dos resíduos, sobretudo nos países industrializados.

No início do século XXI, os resíduos eram eliminados, normalmente, através da deposição em aterro. Com os aterros subdimensionados, têm-se criado sinergias no sentido de reintegrar os resíduos nos processos produtivos originais com vista à minimização das substâncias a depor em aterro, bem como à redução do consumo de recursos naturais. A reintegração dos resíduos nos processos produtivos permite uma evolução mais sustentável, salvaguardando as futuras gerações.

A preocupação quanto ao estado atual do ambiente e da tendência de degradação está patente em Diretivas Comunitárias (Europeia, 2012) e na Legislação Portuguesa (Diário da República, 2014), através de princípios e normas aplicáveis aos sistemas de gestão de resíduos. O cumprimento dos objetivos estabelecidos nas Diretivas Comunitárias, que visam principalmente a redução do consumo de recursos através da reintegração/aproveitamento dos resíduos, pode passar por alterações ao nível das filosofias de produção e da gestão dos fluxos de material bem como de informação. A reintegração dos resíduos recuperados na *Supply Chain* (SC), implicará um fluxo de material e de informação adicional, em sentido inverso ao tradicional, o que permite fechar o circuito.

Assim, a SC em circuito fechado, terá de englobar não só as atividades logísticas tradicionais, que incluem: abastecimento, produção, distribuição e consumo, como também, as atividades associadas à logística inversa, de recolha, inspeção/separação, reprocessamento, deposição e redistribuição de resíduos recuperados. A título de exemplo, as questões que mais preocupam os cidadãos da UE estão relacionadas com o ambiente e com a segurança energética.

Desde logo, a reciclagem terá um peso considerável na componente financeira das famílias, devido às novas diretivas da UE neste âmbito, contudo a relevância recai sobre as alterações climáticas que tem emergido de forma acentuada nos últimos anos, não deixando ninguém indiferente. É neste sentido que a valorização da REEE associada à gestão da logística inversa é parte integrante de todo este processo em busca da melhoria contínua na salvaguarda dos nossos recursos naturais e do nosso planeta.

## **Caraterização**

A presente dissertação pretende apresentar e analisar propostas de melhoria nas operações no âmbito da valorização e Reciclagem de Equipamentos Elétricos e Eletrónicos através do conceito da Gestão da Logística Inversa no seu sentido mais lato. As propostas a serem apresentadas visam o aumento da eficácia, eficiência na organização das operações no âmbito da coleta e (re)processamento de materiais ferrosos e não ferrosos.

Assim, o desenvolvimento desta dissertação assume:

**Capítulo I – Introdução:** Considerações sobre o estado da arte e o impacto da Logística Inversa na atualidade, despertando-nos para uma nova realidade ao nível dos paradigmas e das filosofias aumentadas;

**Capítulo II – Enquadramento e Revisão Bibliográfica:** Revisão de alguma literatura existente sobre os temas que sustentam, em termos teóricos, a dissertação – Logística, Gestão da Cadeia de Abastecimento, Gestão de Armazém, Gestão de Stocks, Sistemas de Informação, Gestão de Transportes, Logística Inversa e Logística Verde;

**Capítulo III – Metodologia:** Neste capítulo, pretende-se fazer uma descrição de todo o processo operacional, desde a matéria-prima ao produto adquirido pelo consumidor final. Esta abordagem incidirá sobre a descrição do(s) processo(s) de valorização estratégica dos REEE em Portugal alcançados através da gestão da logística inversa. Será ainda abordado o processo e estruturação do estudo de caso, sua implementação prática incidindo este no processo produtivo de uma unidade fabril, que reflete a Logística Inversa no seu conceito mais lato.

**Capítulo IV – Conclusão & Sugestões Futuras:** Neste capítulo apresentam-se as conclusões retratadas do estudo feito relativamente à congruência da proposta apresentada e as principais contribuições e implicações para a gestão da logística inversa. Abordaremos também as limitações do estudo e apresentam-se as sugestões para futuros estudos.

## **CAPÍTULO II**

### **Enquadramento Teórico**

## 1. Logística

Antes de evoluirmos para qualquer um dos temas adjacentes a esta dissertação, nomeadamente a Logística, a Gestão da Cadeia de Abastecimento, a Gestão de Armazém, a Gestão de Stocks, os Sistemas de Informação, a Gestão de Transportes, a Logística Inversa e a Logística Verde, entre outros, é relevante abordar o que é de facto a logística. Assim, podemos definir a logística como sendo a união das atividades que planeia, implementa e controla de forma eficaz e eficiente o fluxo de bens, armazenamento, os serviços e informação, do ponto de origem ao ponto de consumo, com o propósito de atender às necessidades dos clientes (Carvalho, 2010). Já na opinião do *Council of Supply Chain Management Professionals* (CSCMP) define a logística como “O processo de planeamento, implementação e controlo de procedimentos para o transporte eficiente e eficaz e armazenamento de mercadorias, incluindo os serviços e informações relacionadas desde o ponto de origem até o ponto de consumo para fins de conformidade com os requisitos do cliente” (Professionals, 2013). O termo logístico, de acordo com o dicionário Aurélio, vem do francês “*Logistique*” e tem como uma de suas definições a “*parte da arte da guerra que trata do planeamento e realização de transporte, armazenamento, distribuição, manutenção, etc*” (Carvalho, 2004). Na opinião de outros autores (Ballou & Christopher, 2004), os mesmos defendem que a palavra logística vem do antigo grego “*logos*”, que significa razão, cálculo, pensar e analisar. Como se sabe, na arte da Guerra, sendo “uma ciência”, as batalhas vencem-se com o querer, inteligência e poder, ou seja, com recursos humanos e tropas motivadas e empenhadas em ganhar (querer), com informação e capacidade de decisão e de liderança (estratégia e sistemas de informação) e com capacidade de resposta e de “fazer acontecer as coisas” (logística), (Carvalho, 2004). A atividade empresarial desenvolveu as suas estruturas basilares apoiadas nestes princípios, ou seja, fazer o sistema tender para esses fins (Figura 1).

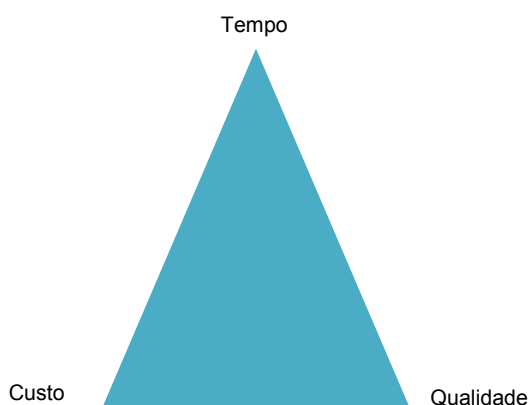


**Figura 1:** Trilogia da Arte da Guerra  
 Fonte: Adaptado (Carvalho, 2004 – p.18)

A atividade logística é importante tanto para o setor industrializado como para o militarizado. Quanto a esta afirmação não haverá qualquer dúvida.

Ao longo da história, muitas guerras têm sido ganhas, e outras perdidas, por via da capacidade ou incapacidade de fazer acontecer; no que se refere à logística empresarial, na opinião de (Carvalho, 2004), esta “associa o estudo e administração dos fluxos de bens e serviços e da informação que os põe em movimento”, ou seja, engloba tanto o fornecimento físico ou a administração de materiais como a distribuição física. A este conceito, alguns autores (Carvalho, 2010) chamam de “Gestão de Cadeia de Abastecimento” ou “*Supply Chain Management*”. Conceção que é relevante para a gestão empresarial estratégica, no campo dos negócios em geral.

O Mundo está a tornar-se cada vez mais um mercado global. As fronteiras físicas estão a desaparecer e espera-se que as organizações estejam mais preparadas e habilitadas para enfrentar as realidades deste novo desafio, só possível através do desenvolvimento de novas estratégias, criando novos produtos para um mercado global, maximizando os recursos ao produzi-los e minimizando os custos. O mercado exige que as organizações atuem com velocidade e flexibilidade *Just in Time*<sup>3</sup> (JIT) (Dias, 2005), com oferta de produtos e serviços a preços reduzidos e com níveis de qualidade elevados (Figura 2).



**Figura 2:** Dimensões Centrais da Logística  
Fonte: Adaptado (Carvalho, 2010 - p. 29)

Assim, podemos dizer que a Logística é “*Assegurar a disponibilidade do produto certo, na quantidade certa, em condições adequadas, no local certo, no momento certo, com o preço certo e para o cliente certo*” (Ballou, 1987). Desta forma, fica evidente que a Gestão Logística é a conjugação de várias variáveis impelindo-nos sempre para um ou mais *trade-offs*<sup>4</sup>.

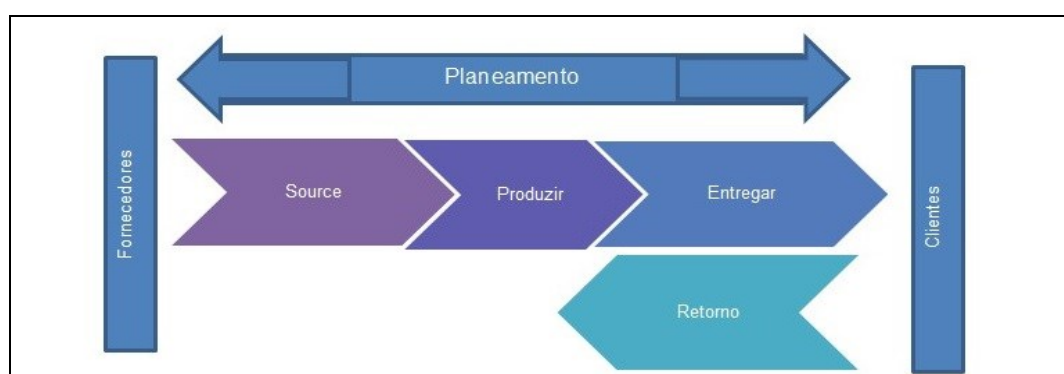
<sup>3</sup> JIT - É um conceito associado à gestão de *stocks* que caracteriza uma política de *stocks* nula, ou seja, apenas o necessário para manter a produção em movimento sem interrupções. Este é também conhecido pela capacidade de responder a eventuais necessidades, em tempo real.

<sup>4</sup> *Trade-off* - É uma expressão que define uma situação em que existe um conflito na escolha. Este caracteriza-se numa ação económica que visa à resolução de um problema mas acarreta outro, obrigando a uma escolha. Ocorre quando se abre mão de algum bem ou serviço distinto, em detrimento de outro bem ou serviço distinto.

Concluimos então que, a Gestão Logística engloba uma panóplia de atividades da gestão no sentido lato. Recorre a diversas metodologias para suportar as decisões de forma a obter assertividade, tendo em consideração as dimensões centrais – tempo, qualidade e custo. Esta contribui para mitigar os custos e obter uma maximização dos proveitos para a organização, mas, sobretudo satisfazer sempre as necessidades e desejos do cliente. Esta, particularmente, reveste-se de uma relevância no alavancar das actividades ligadas aos Resíduos de Equipamentos Elétricos e Eletrónicos (REEE), sendo fulcral na obtenção da competitividade.

## 2. Gestão da Cadeia de Abastecimento

Podemos definir a Gestão da Cadeia de Abastecimento ou *Supply Chain Management* (SCM) de muitas formas, contudo os especialistas em logística definem como o planeamento e a gestão de todas as atividades de *sourcing*<sup>5</sup> e *procurement*<sup>6</sup>, ou seja, transformação de todas as atividades Logísticas, contudo segundo a CSCMP diz-nos que a “*gestão da cadeia de abastecimento engloba o planeamento e gestão de todas as atividades envolvidas no fornecimento e aquisição, conversão, e todas as atividades de gestão de logística*” (Professionals, 2013). É importante referir que a SCM envolve a coordenação e a procura da colaboração entre parceiros da cadeia ou do canal, sejam eles fornecedores, intermediários, clientes, entre outros. A essência da SCM integra as componentes de abastecimento e procura dentro e entre as empresas. Desde meados dos anos 90, tem-se tornado evidente, para aquelas organizações já com graus de maturidade elevados em Logística, que para continuarem a obter ganhos em termos de qualidade, tempo, custo e utilização dos ativos, é necessário olhar para a *Supply Chain* como um todo (Figura 3), ao invés de se manter uma visão focalizada internamente. Assim, passa a ser imperioso um acordo com os parceiros de negócio envolvidos na SCM (clientes, fornecedores, prestadores de serviços logísticos, entre outros) e uma maior capacidade de integração da informação e planeamento.



**Figura 3:** Processos da Cadeia de Abastecimento  
 Fonte: Adaptado (Carvalho, 2004 - p.170)

<sup>5</sup> *Sourcing* - A classe de Riscos Operacionais considera os riscos relacionados com *sourcing*, *supply chain*, transportes, quebras de existências, obsolescência, ruturas, níveis de serviço, satisfação dos clientes, preço, recolha de fundos, investimentos, salvaguarda de ativos, eficiência, interrupção (Dias, 2005).

<sup>6</sup> *Procurement* – Custos relativos à aquisição de produtos para a manutenção de um nível de *stock* pré-definido, incluindo os diversos fatores associados à ordem de encomenda (Dias, 2005).

## 2.1 Gestão da Cadeia de Abastecimento na Globalização

É importante referir que atualmente a globalização tem tido um papel relevante ao nível SCM. Podemos assim comprovar que existe uma grande influência desta em todos os intervenientes das cadeias globais, uma vez que levantam diversas questões relevantes para as organizações que planeiam uma expansibilidade de nível nacional para internacional. Uma das principais preocupações é a redução de custos, assim como, reduzir os riscos associados às atividades da mesma. No entanto, quando se aplica na prática à cadeia global de abastecimento as organizações devem considerar uma visão a nível mundial e não apenas a um nível local ou nacional.

A crescente importância da SCM no mundo global leva-nos a uma estratégia do negócio na captação e retenção de clientes. Desta forma, a eficiência da gestão nas operações e na rentabilidade das organizações, resulta em grande parte, da conjugação de alguns fatores que têm vindo a tornar a competitividade das organizações muito mais exigente e complexo. De entre os fatores de mudança, com impacto na SCM, destacam-se:

- A globalização da economia, que se caracteriza, por um lado, pelo aumento de “exportações” e “importações”, quer nas organizações Europeias quer nas Portuguesas, o que aumenta a competitividade e a pressão sobre os custos, e por outro lado, pelo facilitar de uma política de compras à escala global;
- Os movimentos de internacionalização das empresas e de deslocalização de unidades produtivas e logísticas, bem como a tendência para a especialização da produção;
- As rápidas oscilações dos mercados e segmentos de mercado;
- O número crescente de casos em que a diferenciação dos produtos e serviços é conseguida pela componente do serviço aos clientes;
- O aumento do número de produtos e serviços, devido à crescente aposta na diferenciação, ou mesmo na personalização dos mesmos;
- As exigências crescentes por parte dos clientes, levando as organizações a ter de proporcionar uma panóplia de produtos e serviços de maior valor acrescentado;
- As pressões para simultaneamente melhorar os níveis de serviço ao cliente e para reduzir os custos, devido, entre outros, à pressão dos *stakeholders*, à utilização de apenas uma moeda, a europeia, e à *Internet*.

Podemos constatar, entre outros aspetos, que as distâncias percorridas pelas mercadorias a montante e a jusante de uma organização, são cada vez maiores tal como a complexidade dos fluxos (série, personalização, entre outros), existindo uma necessidade de rastreabilidade dos

produtos devido aos fluxos mais tensos e com maior risco de rutura. Este número crescente de situações em que a competição é baseada no factor tempo, em que as encomendas e/ou reposições são mais pequenas e mais frequentes, em que os prazos de entrega são cada vez mais curtos e a fiabilidade dos sistemas de previsão é muito menor, quer no risco de posse (inventários, quer nas vendas. É também importante referir que o ciclo de vida dos produtos é cada vez mais curto e que portanto a redução das margens é muito significativa, devendo ainda considerar os custos inerentes as operações de REEE.

Conclui-se então, que existe uma interdependência clara entre a Globalização e a crescente Gestão da Cadeia de Abastecimento, ou seja, quando mais globalizado for o Planeta mais tensa será a cadeia de abastecimento, assumindo uma relevância, e em particular a gestão da informação devendo esta ser eficiente e eficaz.

### 3. Gestão de Armazém

É comum nos dias de hoje ouvir falar em armazenagem e em logística, sem que, de um modo geral, estas expressões despertem especial atenção. A maioria das pessoas especulam sobre este tema, no entanto, não se detêm para refletir sobre o mesmo, apesar deste ser cada vez mais atual. A Gestão de Armazém tem vindo a revelar-se um fator de diferenciação e preponderante na sociedade de hoje. Atualmente, no nosso quotidiano nada se faz sem recorrer à armazenagem, pois constitui um dos aspetos centrais da logística, não só devido à sua real importância, mas pelo facto de se considerar longe de uma racionalização adequada face às necessidades empresariais mais urgentes. A relevância desta centra-se na disponibilidade e no esforço financeiro para a sustentabilidade dos ativos (*stocks*) evitando comprometer a liquidez de uma organização que criaria ciclos de endividamento. A *Supply Chain* tem como objetivo concreto a criação de valor. Para que isso aconteça é necessário desenvolver um conjunto de atividades de forma a agilizar e a disponibilizar ao cliente o produto certo, no tempo certo, no local certo, na quantidade certa e ao menor custo possível (Carvalho, 2010). É importante dizer-se que as atividades de armazenamento não trazem qualquer valor acrescentado ao produto, até pelo contrário, a movimentação de cargas/produtos que origina quebras, a obsolescência, pode levar à deterioração do produto, entre outros. Contudo, devemos considerar o todo, ou seja, o conjunto de atividades logísticas agregadas, nomeadamente a gestão de informação, o transporte, a armazenagem, entre outros. Desta forma, é possível cumprir com a proposta de valor ao cliente. Note-se que a armazenagem poderia não ser considerada na *Supply Chain*, desde que existisse uma coordenação perfeita (sincronização) entre a produção e o consumo, sem existência de variabilidade, e se fossem utilizados frequentemente meios de transporte rápidos para fazer chegar pequenas cargas ao cliente.

Porém, este cenário não é exequível. Assim, devemos questionar-nos, sobre a realidade do armazenamento, quais as operações de suporte e de como poder otimizá-las. Note-se, é também nesta área que se faz a regulação entre a procura e a oferta gerindo, desta forma, o

fluxo de mercadorias. A forma de funcionamento desta infra-estrutura começa pela receção da mercadoria, conferência, arrumação, conservação e realização da função *picking*<sup>7</sup> e preparação, até que seja expedida (Figura 4). Frequentemente a paragem da mercadoria (que pode ser um *buffer*<sup>8</sup>), é aproveitada de modo a ser incorporado valor. Tal é feito através da personalização do produto, de acabamentos finais, como embalagem e rotulagem, entre outras operações.



Figura 4: Operações Básicas em Armazenagem  
 Fonte: Adaptado (Carvalho, 2010 - p.306)

### 3.1 Classificação de Armazéns

Entende-se por armazém, um espaço provisional com a finalidade de alocar e armazenar bens, nomeadamente as matérias-primas, produtos semi-acabados ou acabados. Aqui aguardam pela transferência para o seguinte ciclo da *supply chain*. Atualmente é estratégico para as organizações a gestão dos locais onde acondicionam os *stocks* (Armazéns ou Centros de Distribuição). Esta é uma das atividades empresariais mais exigentes, visto o foco ser a otimização dos recursos e melhorar a eficiência e eficácia do seu funcionamento. Estes espaços têm de ter recursos adequados para realizar as operações de armazenagem, classificação, controlo de qualidade, etiquetagem, preparação de encomendas, controlo administrativo, gestão de encomendas, gestão de *stocks* e, por vezes, a gestão de produção ou do controlo aduaneiro. Estas instalações constituem oportunidades para o aumento de eficiência e de vantagens concorrenciais que desafiam quotidianamente os seus profissionais. Relativamente à sua função, classificam-se em:

#### 3.1.1 Armazéns de Produção:

- Armazém de matérias-primas;
- Armazém de receção (aqui encontram-se essencialmente peças compradas no exterior);
- Armazém de peças semi-acabadas;
- Armazém intermédio;
- Armazém de abastecimento;
- Armazém final (armazém de produtos acabados);
- Armazém de sobresselentes, reservas e abastecimento diário (Dias, 2005).

#### 3.1.2 Armazém de Material Auxiliar:

- Armazém de matérias subsidiárias (óleos, detergentes, tintas, entre outros);

<sup>7</sup> *Picking* - É a atividade, na qual um pequeno número de produtos, é extraído de um sistema de armazenagem, para satisfazer um certo número de pedidos de clientes independentes (Carvalho, 2010).

<sup>8</sup> *Buffer* - É o stock que têm a função de amortecer as consequências das incertezas e também poder ser o regulador do fluxo logístico (Christopher, 2004).

- Armazém de ferramentas, instrumentos e dispositivos;
- Armazém de madeiras;
- Armazém de mercadorias;
- Armazém de bens sem investimento próprio;
- Armazém de expedição e de material antigo;
- Armazém em silos (líquidos/estilha/cereais) (Dias, 2005).

### 3.1.3 Armazém de Distribuição:

- Armazém de produtos de grande volume e em grandes quantidades;
- Armazém de retalhos (efetua-se uma divisão consoante o artigo e uma numeração rigorosa dos produtos);
- Armazém de sobresselentes para reparações (Dias, 2005).

## 3.2 Tipologia de Armazenagem

Será efetuada, de forma sucinta, uma breve abordagem da literatura que abarca alguns conceitos no âmbito das tipologias de armazenagem, nomeadamente a metodologia ABC, *layouts*, estanterias, entre outros. Neste ponto é também relevante abordar os conceitos de localização dos armazéns através de metodologias, como é o centro de gravidade, entre outras. Este tema será mais aprofundado, durante o capítulo III.

### 3.2.1 Dimensionamento

O dimensionamento do armazém representa uma importante e complexa decisão estratégica. A sua complexidade centra-se nas variáveis a utilizar, nomeadamente nos dados previsionais. Atualmente as decisões estratégicas possuem um horizonte temporal muito curto, que nunca ultrapassa os 5 anos. Desta forma é necessário realizar a previsão da atividade para o mesmo horizonte temporal (Carvalho, 2010). O dimensionamento do armazém torna-se menos complexo se as previsões apresentarem um comportamento linear. Na Figura 5 está representado um modelo linear considerando a estabilidade do fluxo de informação/procura.



Figura 5: Metodologia de Dimensionamento de um Armazém com Fluxo Contínuo  
 Fonte: Adaptado (Carvalho, 2010 - p. 236)

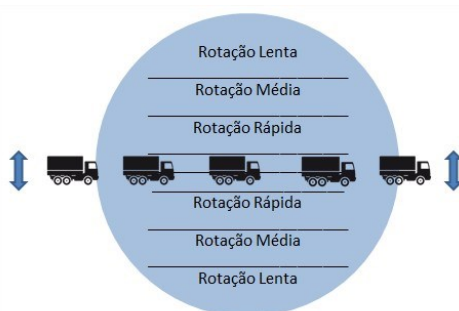
Refletindo no esquema da figura 5 constatamos que para o dimensionamento baseado no nível de *stock* é imprescindível possuir informação sobre a previsão de vendas e a política de gestão a utilizar. Devemos também considerar as características do *layout* (movimentação de materiais e cubagem disponível).

### 3.2.2 Metodologia ABC VS Layout

O *Activity Based Costing* (ABC) (Reis, 2005) é uma metodologia de custeio que procura identificar os recursos disponíveis numa organização tais como o investimento em novos *stocks*, gestão do espaço e sua alocação dentro do armazém, exploração de novos tipos de *layouts* e formas de expansão destes, tendências no armazenamento, localização de futuras instalações de armazenamento, entre outras. O objetivo principal do sistema ABC é a alocação racional dos gastos *cost-drivers*<sup>9</sup> dos bens e serviços, produzidos, quer sejam diretos ou indiretos, fixos ou variáveis. Este sistema permite por isso um controlo mais eficiente dos gastos da organização e por isso um melhor suporte ao nível das decisões administrativas. Deve procurar seguir-se uma abordagem própria, sabendo que, cada armazém é um caso particular (sub-sistema do sistema logístico), e que fazendo face à inexistência de soluções ótimas. Desta forma deve-se adotar uma política de gestão bem delineada, devendo-se dotar o armazém de equipamento e espaços dedicados e apropriados aos materiais e/ou produtos que nele são manuseados e armazenados, existindo zonas automatizadas, semi-automatizadas, zonas com *racks* que comportem armazenamento paletizado que permitam o armazenamento anual (sempre que seja caso disso), e adaptar cada um dos equipamentos e zonas a produtos de elevada, média e baixa utilização.

<sup>9</sup> *Cost-Drivers* – É o factor que pode criar a existência de uma mudança no custo de uma atividade. Estes são os determinantes estruturais do custo de uma atividade, refletindo quaisquer ligações ou inter-relações que o afetam.

Deve-se pensar no armazém como uma unidade que poderá, em qualquer altura, ter necessidade de ser aumentado (*layout*) em área e volume. Reorganizar o armazém em termos de um melhor aproveitamento do espaço e da racionalização de fluxos de materiais e/ou produtos, levando-o a uma racionalização que conduz à diminuição dos *stocks* de segurança, e antever espaços extra, torna-se uma prática não aconselhável, visto potenciar práticas de *just in case*<sup>10</sup>. Nesse sentido, deve-se avaliar as potencialidades de um armazém pelo facto deste ter sido projetado e pensado no desenvolvimento da sua atividade interna/externa. A escolha da movimentação de produtos/materiais é fundamental para o sucesso da organização. A dificuldade recai na escolha de fluxo direcionado (*straight-through*) ou de fluxo em U, pois ambos apresentam vantagens e desvantagens, tornando-a complexa. A decisão depende dos materiais/produtos com que se perspetiva trabalhar. Contudo, em logística os paradigmas estão em mutação contínua, no sentido de obter o armazém ideal. Desta forma, pretende-se a diminuição das distâncias percorridas no interior do armazém e de fácil acesso a veículos nas zonas próprias para materiais/produtos de maior uso. No caso da metodologia ABC, o armazém circular, combinando um fluxo direcionado de veículos com um sistema de movimentação aligeirado em U, permite uma eficácia máxima, como se pode constatar na Figura 6.



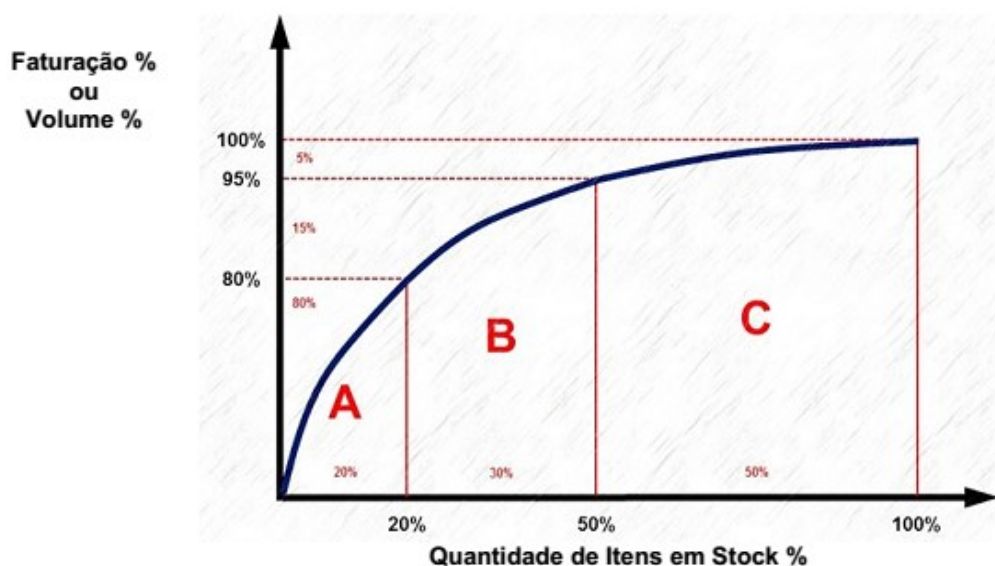
**Figura 6:** Armazém Ideal

Fonte: Adaptado (Roy Harmon, *Reinventing the Warehouse*, The Free Press, New York, 1993 - p. 95)

Após uma análise profunda dos armazéns ditos mais “convencionais”, deparamo-nos com uma série de falhas. Dispor as estanterias pela metodologia ABC é uma das soluções possíveis na melhoria do serviço do armazém sem que seja necessário disponibilizar qualquer montante para esse fim. O desafio é alcançar a máxima eficiência sem custos/gastos adicionais.

A curva ABC é um método de classificação de informações, para que se separem os itens de maior importância ou impacto, os quais são normalmente em menor número. Trata-se de classificação estatística de materiais, baseada no princípio de Pareto, considerando a importância dos materiais baseada nas quantidades utilizadas e no seu valor como se pode verificar na Figura 7.

<sup>10</sup> *Just in Case* – É a média de *stock* de segurança que permitirá evitar perdas no caso de eventuais variações na produção.



**Figura 7:** Curva de Classificação ABC  
 Fonte: Adaptado (Carvalho, 1996 - p. 231)

A divisão pode ser realizada por Valor/Armazenamento:

#### Valor

- CLASSE A: 20 % dos produtos correspondem a 80 % da faturação;
- CLASSE B: 30 % dos produtos correspondem a 15 % da faturação;
- CLASSE C: 50 % dos produtos correspondem a 5 % da faturação.

#### Armazenamento

- CLASSE A: 20% dos materiais/produtos contribuem para aproximadamente 80% do volume cúbico manuseado e armazenado num determinado período de tempo;
- CLASSE B: 30% dos materiais/produtos contribuem para aproximadamente 15% do volume cúbico manuseado e armazenado num determinado período de tempo;
- CLASSE C: 50% dos materiais/produtos contribuem para aproximadamente 5% do volume cúbico manuseado e armazenado num determinado período de tempo.

#### 3.2.3 Estanterias


O armazenamento é uma das áreas mais tradicionais da logística e tem passado por profundas transformações nos últimos anos. Estas mudanças refletem-se na adoção de novos sistemas de informação aplicados à gestão do armazenamento, em sistemas automáticos de movimentação e separação dos artigos ou na revisão do conceito de armazém como uma instalação cujo objetivo principal é o depósito de produtos/artigos.

Um dos aspetos cruciais para o sucesso de uma organização é a qualidade da gestão de *stocks* praticada.

Embora a criação de *stocks* possibilite aumentar a segurança contra os eventuais atrasos nas entregas dos fornecedores e/ou nos pedidos por parte dos clientes, permita beneficiar de descontos no custo de aquisição dos artigos, bem como manter a independência entre operações e potenciar a flexibilidade, maximizando assim o nível de serviço prestado aos clientes. Os *stocks* também são responsáveis por um investimento significativo em quase todos os ramos da atividade económica. Estes investimentos implicam, naturalmente, uma retenção de capital que pode afetar significativamente a rentabilidade de uma organização. Desta forma, para além de ser necessário gerir de forma eficaz e eficiente os *stocks* de uma organização e, conseqüentemente, distingui-los no tipo de controlo a adotar através das suas características, é imperativo manter um olhar atento e crítico sobre as operações inerentes à gestão do armazenamento, tais como, a receção, a arrumação e expedição de mercadoria e o *picking*. Esta atividade é responsável por uma parte significativa dos custos associados à armazenagem e, por isso, é fundamental reforçar o controlo apertado sobre as etapas desta, tais como, a caracterização da procura, recolha dos artigos, documentação, contagem e movimentação. Prática que, cada vez mais, tem um papel crucial na gestão da cadeia de abastecimento, visto esta envolver um trabalho intensivo com impacto profundo nos custos globais de uma organização e tendo como barómetro, a eficiência e eficácia o nível do serviço prestado ao cliente. A Tabela 1 aborda algumas das estanterias que suporta esta atividade.

<b>Sistemas de Armazenagem</b>	<b>Descrição</b>	<b>Figura</b>
Convencional	Armazenagem de produtos paletizados com uma grande variedade de referências. Possibilita o acesso direto e unitário a todas as referências. Facilita o controlo de <i>stock</i> .	
Cantilever	Estas estão especialmente concebidas para a armazenagem de unidades de carga de grande comprimento ou com medidas variadas como, por exemplo, perfis metálicos, tubos, molduras, tabuleiros de madeira, pranchas metálicas ou de material plástico, etc. A manipulação da carga pode fazer-se manualmente quando ela é pouco pesada ou com empilhadores e meios de elevação apropriados no caso de cargas mais pesadas.	
Bases Móveis	Estas são estruturas com rodas acionadas por motores integrados, deslocando-se sobre carris. Aumentam a capacidade do espaço disponível, sendo alternativa às cantilever.	

<p>Autoportantes</p>	<p>Tem na sua genesis a mitigação do custo com o espaço físico, existindo uma necessidade de a deslocar. Esta estrutura armazena todos os bens e suporta o edifício.</p>	
<p>Automático ou Transelevador</p>	<p>Emerge da necessidade de aproveitamento máximo da superfície disponível nos armazéns. Os transelevadores são máquinas concebidas para trabalhar em corredores mais estreitos e com alturas superiores a 30 metros. A sua velocidade de deslocação, tanto na horizontal como na vertical, permitem triplicar a capacidade de manipulação e extração das paletes.</p>	
<p>Radio-Shuttle</p>	<p>Este sistema opera a partir de um carrinho elétrico que facilita a carga e descarga com muita precisão. Acumula diferentes referências por nível. Ideal para armazém de baixa temperatura.</p>	
<p>Estantes Dinâmicas</p>	<p>Concebidas para a armazenagem de produtos em paletes, são estruturas compactas que incorporam caminhos de rolos, colocados com uma ligeira inclinação, que permite o deslizamento das paletes por gravidade. As paletes introduzem-se pela parte mais elevada dos caminhos, e deslocam-se a uma velocidade controlada, até à extremidade contrária, ficando prontas para a sua expedição.</p>	
<p>Compacta</p>	<p>O sistema de paletização compacta foi desenhado para a armazenagem de produtos homogéneos, com uma grande quantidade de paletes por referência. Este permite a maximização da utilização do espaço disponível, tanto em superfície como em altura. É composta por um conjunto de estantes, que formam corredores interiores de carga, com carris de apoio para as paletes. Os empilhadores penetram nos referidos corredores interiores com a carga elevada acima do nível em que será depositada.</p>	

<p>Bloco</p>	<p>Nesta área os produtos são colocados uns em cima dos outros e armazenados no pavimento, em filas. É um processo fácil de implementar e bastante flexível, pois não é necessário investir em estantes, nem em nenhum tipo de armação ou suporte para armazenar os produtos. As filas de armazenagem têm geralmente uma profundidade de 2 a 10 unidades de carga. Em termos de altura, o limite é definido pela segurança.</p>	
--------------	---	--

**Tabela 1:** Descrição dos Sistemas de Armazenagem  
 Fonte: Adaptado (Carvalho, 2010 – p. 232)

### 3.3 Operações em Armazém

O processo de armazenagem engloba várias atividades, operações e metodologias desde a entrada dos produtos no armazém até à sua saída. Abaixo são descritas algumas:

#### Atividades:

- **Receção:** área delimitada nos armazéns, que serve para identificar todos os produtos e referencias, quantidade, etiquetagem e/ou fichas técnicas dos mesmos.
- **Conferência:** Nesta área efetua-se a confirmação de todos os produtos recepcionados e posteriormente efetua-se a catalogação das mercadorias e o respetivo armazenamento.
- **Armazenamento:** é actividade principal do armazém, pois trata-se de manter os produtos em armazém até que sejam necessários, os métodos de armazenagem dependem do tamanho, quantidade dos materiais e das características de movimentação. Sua importância reside no fato de ser um sistema de abastecimento em relação ao fluxo logístico, que serve de base para sua uniformidade e continuidade, assegurando um adequado nível de serviço e agregando valor ao produto.
- **Picking:** também conhecido por *Order Picking* (separação e preparação de pedidos), consiste na recolha em armazém de certos produtos (podendo ser diferentes em categoria e quantidade), para fazer face ao pedido do cliente, de forma a satisfazer o mesmo (Carvalho, 2010).
- **Expedição:** área demarcada nos armazéns, próxima das rampas/plataformas de carregamento, onde os materiais que serão embarcados/carregados são pré-separados e conferidos, a fim de aumentar a rapidez da operação de carregamento
- **Cross Docking:** é uma operação de rápida movimentação de produtos acabados para expedição, entre fornecedores e clientes. Entra e sai (não é feito o seu armazenamento).

#### Operações:

- **Docas ou Docks:** é o local onde as mercadorias ficam entre a expedição e os transportes/descarregamento e armazenamento, a fim de facilitar e agilizar a operação de carregamento e descarregamento.
- **Embalagem ou Package:** filme/cartão/espuma apropriado, aplicado diretamente no produto para sua proteção e preservação até o consumo/utilização final.

- **Cubicagem:** volume cúbico disponível para armazenar (*stock*) ou transportar. Calcula-se o metro cúbico multiplicando-se o comprimento pela largura e pela altura.

#### Metodologias:

- **FEFO** (*First-Expire - First-Out*): esta filosofia centra-se no primeiro que expira é o primeiro que sai. Serve para gerir a arrumação e expedição das mercadorias e do *stock* de acordo com o prazo de validade.
- **FIFO** (*First-In - First-Out*): esta filosofia centra-se no primeiro que entra é o primeiro que sai. Serve para regular o *stock* de acordo com os prazos de entrega/validade ao cliente.
- **LIFO** (*Last In - First Out*): esta filosofia diz que o último a entrar é o primeiro a sair. Serve para regular o valor do *stock* de acordo com o tipo de cliente.

#### 3.3.1 Otimizar Informação em Armazém

Atualmente existem variadíssimos *software* de gestão que mitigam uma série de impactos no sistema de armazenamento, contudo é relevante mencionar e lembrar os conceitos mais importantes para esse sucesso agregado, sendo os indicadores de desempenho *Key Performance Indicator* (KPI). Estes são métricas quantitativas que refletem a performance de uma organização na realização de seus objetivos e estratégias. Segundo a metodologia do *Kaizen* (melhoria contínua dos processos) (Ferraz, 2011), um dos princípios basilares da gestão centra-se na medição dos processos, visto que somente o que é medido pode ser gerido, por outras palavras, aquilo que não é medido, merece pouca ou nenhuma atenção. Os KPI permitem medir o desempenho de uma organização, assim como a sua transversalidade a todos os indivíduos, em todos os níveis hierárquicos, caminhando em direção aos mesmos objetivos e estratégias. Concretamente nos espaços que apelidamos de armazéns, uma das formas de os medir e controlar é através *Warehouse Management System* (WMS), pois é um *software* que controla e otimiza os seguintes indicadores: receção, movimentação e arrumação, armazenamento, *picking*, expedição, gestão da informação, entre outros. Esta ferramenta dá uma resposta objetiva aos problemas diários enfrentados na área da armazenagem. As exigências da economia global obrigam a que, atualmente, as empresas adotem um nível elevado de flexibilidade, nomeadamente no *layout* dos espaços físicos, de forma a responder rapidamente às exigências de mercado. A flexibilidade de uma unidade industrial envolve a relação do cumprimento dos requisitos de produção com a gestão de recursos limitados. Esta gestão de recursos, sejam eles físicos ou humanos, revelam uma elevada importância na performance da organização, podendo tornar-se uma vantagem competitiva quando otimizados.

#### 4. Gestão de Stocks

Um dos pontos fulcrais nas organizações é a gestão de *stocks* e a criação de valor para o cliente. É com esse propósito que são desenvolvidas um conjunto de atividades de forma a disponibilizar ao cliente o produto certo, no local e tempo certo, e nas quantidades corretas ao custo mínimo. Seguidamente abordaremos este conceito de forma sucinta.

#### 4.1 Definição de Stocks

O conceito de *stocks* pode ser abordado por vários prismas, e definido de várias formas. A gestão dos *stocks* é o conjunto de unidades de cada artigo que constitui determinada reserva aguardando satisfazer uma necessidade futura de consumo (tome-se como exemplo: 100 televisores, 2500 caixas de transformadores, 3000 toneladas de placas EE, entre outros).

O conjunto de todos os artigos constitui o *stock* global da empresa. Por sua vez, o consumo refere-se à saída de unidades de um artigo de armazém ou à sua utilização final. Assim, para a gestão dos *stocks*, o consumo verifica-se quando algumas ou todas as unidades de um artigo saem do armazém, contudo para um cliente de uma siderurgia o artigo será a utilização da matéria-prima que comprou. Neste âmbito devemos também considerar a gestão administrativa, uma vez que detém os suportes documentais para o controlo administrativo (inventário permanente) e contabilístico dos *stocks*. Já a gestão física (material), aborda as questões relacionadas com a localização e implantação dos armazéns, assim como os princípios e métodos de armazenagem, tendo em vista uma movimentação fácil, segura e económica dos *stocks*. Pela importância que assume em relação às gestões administrativa e física, é vulgarmente citada como gestão dos *stocks*. Este é um recurso limitado, o *stock* pode representar a maior parcela de preocupação para uma organização, já que parado representa custos elevados para uma organização. Assim, a gestão dos *stocks* define-se como um conjunto de operações que permite, após conhecer a evolução destes na organização, formular previsões (da evolução dos *stocks*) e tomar decisões sobre quanto e quando encomendar com a finalidade de obter a melhor qualidade de serviço ao menor custo. A Tabela 2 retrata a definição de forma simplificada:

Após	Conhecer	Evolução dos Stocks	
Procura	Formular	Previsões dos Consumos	
Para	Tomar Decisões	Quando Quanto	Encomendar
E	Conseguir	Melhor Qualidade de Serviço Menor Custo	

**Tabela 2:** Gestão Económica de Stocks  
 Fonte: Adaptado (Lopes, 2005 - p.15)

#### 4.2 Codificação do *Stock Keeping Unit* (SKU)

Para uma melhor codificação do tipo de *stock* que pode existir em armazém, será adequado fazer a identificação dos artigos existentes, ou seja, conhecer um por um os artigos de que se dispõe em armazém. Para tal utiliza-se o *Universal Product Code* (UPC), que é um código que identifica inequivocamente um produto em todo o mundo. As várias tecnologias utilizadas nos armazéns para identificar os produtos nas operações ao longo da cadeia de abastecimento são conhecidos por códigos de barras numéricos (1D) e alfanuméricos (2D - *QRCode*) e mais recentemente, com a realidade aumentada (3D) (Professionals, 2013). Estes são os identificadores dos artigos, designando-se por código de barras, *qr code*, *Radio Frequency*

*Identification* (RFID), entre outros, ou seja, é um conjunto de ferramentas para definir com precisão os artigos consumidos pela organização, convenientemente registados e ordenados segundo os parâmetros e/ou critérios mais adequados. A designação de cada artigo SKU, sendo este um identificador único para cada produto permite uma grande rastreabilidade, que torna possível pesquisar e identificar exatamente qual o produto que foi vendido, entregue ou trocado, associando uma descrição convencionada nesse âmbito. Essa descrição deve ser desenvolvida a partir do geral para o particular, isto é, começando pela caracterização mais global para a mais específica – tome-se como exemplo: um parafuso de aço de cabeça sextavada de 10 mm. Neste caso designa-se um parafuso que é de aço, que tem a cabeça sextavada e que é de 10 mm de diâmetro. O código constitui uma simplificação complementar da designação e tem por finalidade, através de símbolos (alfanumérico ou outros), identificar de forma abreviada cada artigo. A simbologia também pode ser uma alternativa na identificação, assim, um primeiro conjunto de símbolos pode estabelecer a família que designa-se por classe e a sua articulação constitui a primeira fase da codificação, que toma o nome de classificação. Com a classificação pretende-se aproximar os artigos semelhantes e separar os distintos, de tal modo que as analogias ou as diferenças sejam em função dos pontos de vista ou critérios escolhidos. Desta forma, obtém-se um ganho nas perdas de material, assim como na gestão da informação ficando esta acessível em tempo real para consulta.

#### 4.3 Tipos de Stock

Com o mercado em constante mutação nos REEE é necessário salvaguardar esta variabilidade na procura. A melhor forma de satisfazer esta pretensão é deter o número exato de *stock* em função dessas necessidades. Assim, podemos deter vários tipos de *stock*:

**Stock Global** — toda a existência física de determinado artigo num dado momento, que é igual à soma dos *stocks* normal, de segurança e afetado (Carvalho, 2010);

**Stock Normal** — agrupa todos os artigos consumidos de modo mais ou menos regular. Este divide-se em *stock* ativo e de reserva (Carvalho, 2010);

- **Stock ativo:** artigos que no armazém ocupam o espaço dos equipamentos de arrumação (estantes, caixas, entre outros.), de onde são retirados para satisfação imediata das necessidades correntes dos utilizadores;
- **Stock de reserva:** constitui as existências do *stock* normal que não têm espaço no local destinado ao *stock* ativo;

**Stock de Segurança** — parte do *stock* global destinado a tentar prevenir ruturas de material, provenientes de eventuais excessos de consumos em relação aos previstos, rejeições de material na sua receção, faltas de material por deterioração, roubos, ampliações dos prazos de entrega em relação aos que tinham sido acordados, entre outros. Este tem de ser objeto de maior atenção ao abordar-se a gestão económica dos *stocks* (Carvalho, 2010);

**Stock Afetado** — parte do *stock* global que se encontra destinado a fins específicos. Quando um artigo é fundamental, embora constitua consumo de vários serviços, reserva-se parte do seu quantitativo retirando-o do *stock* normal onde fisicamente se encontra. Este tipo de *stock* tem normalmente uma existência efémera (Carvalho, 2010);

**Stock Máximo** — valor máximo atingido pelo *stock* normal;

**Stock Mínimo** — valor mínimo atingido pelo *stock* normal. Este *stock* é, por vezes, calculado para determinados materiais que se destinam a garantir a existência de uma quantidade mínima;

**Stock em Trânsito** — aquele que entra no armazém por um período de tempo muito limitado;

**Stock de Recuperados** — constituído por artigos que foram devolvidos ao armazém, por não se encontrarem em boas condições de utilização e, entretanto, tornados aptos para aquela utilização (Carvalho, 2010).

**Stock Processo Produtivo:**

- Produtos de comercialização — produtos adquiridos aos fornecedores e destinados à venda;
- Produtos de consumo — produtos adquiridos aos fornecedores para consumo interno da organização;
- Matérias-primas e componentes — artigos que se incorporam fisicamente no produto final;
- Materiais auxiliares — materiais que se destinam ao fabrico mas que não se incorporam na produção;
- Materiais de conservação - peças e acessórios;
- Ferramentas;
- Embalagens;
- Produtos finais.

**4.4 As Funções dos Stocks**

Neste ponto será retratado de forma simplista qual a função do *stock* numa organização de reciclagem de componentes Elétricos e Eletrónico (EE). Para facilitar a compreensão explicar-se-á recorrendo a um exemplo, nomeadamente as placas de circuito impresso que “alimentam a nossa linha de produção”. Considere-se um depósito de placas que alimenta a linha de produção e um colaborador encarregue de enchê-lo.

Por sua vez o fornecedor (ERP (Portugal, 2015)/AMB3E (Resíduos, 2015), entre outros) tem de abastecer esta organização para alimentar a siderurgia (utilizador). Se o consumo fosse constante, o responsável pelo funcionamento do depósito, o gestor, não teria mais do que dar

ordem ao fornecedor para que procedesse a um abastecimento de uma certa quantidade de equipamentos com uma cadência igual à do consumo, ou seja, para um consumo de 5500 toneladas/semana, ele forneceria todas as semanas 5500 toneladas/semana (Figura 8).



**Figura 8:** Gestão Económica de Stocks  
 Fonte: Adaptado (Lopes, 2005 - p. 20)

Deve ter-se em consideração que os consumos raramente são regulares. Nesse sentido, o gestor é obrigado a estudar, em função do consumo, ou seja, qual o nível de *stock* de placas de circuito impresso mais ajustado que se deve manter, que quantidades de matéria-prima deve enviar o fornecedor e em que períodos de tempo. Desta forma previne o excedente que levaria ao desperdício (sobredimensionamento do *stock*), mas também este não poderá estar em falta (rutura do *stock*). Assim, no que diz respeito aos recursos limitados, o *stock* representa uma preocupação para uma organização, devido ao custo elevado dos bens e/ou operação. Em suma, as mudanças refletem-se na adoção de novos sistemas de informação aplicados à gestão de *stocks* de forma a obter um *Break-Even Point*<sup>11</sup>, ou seja, tornar as organizações mais eficazes e eficientes na gestão de recursos limitados.

## 5. Sistemas de Informação na Logística

A evolução da tecnologia contribuiu para uma melhor gestão da informação tornando-a mais eficiente e clara. A relevância que a informação possui na gestão de uma organização é sem dúvida a mais-valia no suporte da tomada de decisões, que se assume como um recurso indispensável e estratégico para os gestores. É uma fonte de vantagem e diferenciação competitiva. Os sistemas de informação eficientes apenas são possíveis através da utilização de tecnologias de informação pois estas suportam os fluxos informacionais, sejam eles intra e/ou interempresas, favorecendo assim uma integração entre atividades na SCM, despoletando os fluxos físicos e facilitando também a troca de informação através de *Enterprise Resource Planning* (ERP) entre fornecedores e clientes. As tecnologias de informação contribuíram em

<sup>11</sup> *Break-Even Point* - Representa a quantidade de bens e serviços que uma empresa tem de vender, de forma a que o valor total dos proveitos obtidos com as vendas iguala o total de custos (incluindo os custos fixos e os custos variáveis) em que a empresa incorre para produzir e comercializar essa, mesma quantidade (James, 2008 – p. 1025)

larga escala para a redução ou total eliminação de cargas administrativas tradicionalmente suportadas em papel, sobretudo em atividades com pouco valor acrescentado. Desta forma foi possível reduzir a probabilidade de ocorrência de erros. Melhorando o sistema informacional e comunicativo estamos a contribuir para a redução de *lead-times*<sup>12</sup> e do tempo de ciclo total (Carvalho, 2010). As tecnologias tiveram impacto direto nos custos, assim como na eficiência e eficácia das operações, maximizando-as ao longo de toda *Supply Chain*. Existem várias tecnologias de informação que introduziram melhorias significativas. Foi o caso do *Electronic Data Interchange* (EDI), que permite uma transferência de mensagens formatadas segundo normas *standard* ou pré-acordadas, intra ou interempresas, tendo como objetivo principal a eliminação da introdução manual de dados, reduzindo desta forma o tempo utilizado na troca de informações, mitigando o custo que daí provem e sobretudo pela eliminação do erro na troca de informações. Consegue assim obter-se uma economia de escala através da gestão colaborativa entre organizações.

Enumeram-se seguidamente, alguns dos sistemas mais eficientes utilizados na SCM:

#### 5.1 VMI – *Vendor Managed Inventory*

Este sistema é o fornecedor que assume o risco pela gestão de *stocks*, com base na informação recebida pelo cliente sobre os movimentos de *stocks* e eventos extraordinários, monitoriza os níveis de *stock* dos seus artigos no cliente e assume a responsabilidade pela reposição dos *stocks* de forma a garantir os níveis mínimos (Carvalho, 2010), a implementação deste sistema é uma mais-valia quando se trabalha numa ótica de confiança, nomeadamente no fluxo intensivo de informação.

#### 5.2 ERP – *Enterprise Resource Planning*

Os sistemas *Enterprise Resource Planning* (ERP) disponibilizam informação sobre a globalidade das atividades nas organizações, ou seja, visam o auxílio na gestão integrada dos processos subjacentes ao universo interno dos vários departamentos, assim como de toda a área funcional da empresa o que permite a tomada de decisões adequadas e atempadas nos diversos níveis da gestão, superando limitações das aplicações tradicionais, cada um com *software* e base de dados próprios, por vezes incompatíveis (Dias, 2005). Na prática, o ERP tem como principal objetivo a eliminação da redundância nas operações de cargas administrativas e burocráticas, mediante a automatização de processos, permitindo um maior conhecimento da informação. Como tal, o ERP possui como principal vantagem o facto de integrar num único sistema a informação de diversas áreas funcionais, facilitando a obtenção de economias de escala ao eliminar tarefas redundantes, diminuir erros, contribuir para a redução de *lead-times*, partilhar informação comum, com maior velocidade de processamento, reduzindo custos e melhorando a produtividade (Carvalho, 2010).

---

<sup>12</sup> *Lead-Time* - É o período entre o início de uma atividade, produtiva ou não, e o seu término e/ou é o tempo entre o momento de entrada do material até à sua saída do inventário.

### 5.3 MRP – Manufacturing Resource Planning

Com um mercado mais flexível é necessário cada vez mais produzir de maneira correta para atender o cliente no momento certo e de forma eficaz, dado que assim não ocorrem desperdícios e perdas na produção. Para que isto ocorra de maneira eficaz, as organizações passaram a utilizar o *Materials Requirements Planning* (MRP), que teve a sua origem nos anos 60 e que permite calcular as quantidades necessárias de matérias-primas para produzir os seus produtos, permitindo assim reduzir a quantidade de *stock* disponível. Para a perfeita utilização desta ferramenta, existe um Plano Mestre de Produção que é responsável por informar quais serão os produtos finais, para que datas devem ser produzidos e respetivas quantidades.

Com o evoluir das necessidades nas organizações, foi necessário uma rápida evolução do MRP até ao atual MRP II que no dicionário *American Production and Inventory Control Society* (APICS) (Control, 2016) é definido como uma metodologia para o planeamento efetivo de todos os recursos de uma organização no âmbito fabril (Carvalho, 2010). O MRP II, apoia-se num *software* para o cálculo das necessidades de materiais e de outros recursos, garantindo a sua disponibilidade no exato momento em que são necessários, pretendendo-se com a sua utilização melhorar a eficiência da gestão, designadamente na gestão de *stocks*, na atribuição de prioridades para as operações e na administração dos recursos de capacidades. Os novos recursos tecnológicos facilitaram o controlo da informação, que passou a ser um elemento nuclear em todo o processo logístico, funcionando como catalisador na integração das funções deste, facilitando a conexão de múltiplas tarefas na gestão e controlo, reduzindo custos e tempos de operação.

Para Moura (2006) foram esses recursos tecnológicos que viabilizaram o desenvolvimento e a aplicação dos sistemas MRP, *Distribution Requirements Planning* (DRP) e *Computer Integrated Manufacturing* (CIM) e outros que facilitaram a gestão integrada de todos os fluxos de uma empresa, desde o abastecimento de *inputs*, passando pelas operações de produção até à distribuição dos produtos acabados pelos clientes. Segundo (Farmer & Amstel, 1991) existem três segmentos distintos no *pipeline* conforme se pode verificar na (Figura 9) (Carvalho, 2004).



**Figura 9:** Descrição do *Pipeline*  
 Fonte: Adaptado (Carvalho, 2004 - p. 46)

#### 5.4 JIT – *Just in Time*

O *Just in Time* (JIT) é uma das filosofias mais relevantes na logística e na gestão de *stocks*. Esta caracteriza-se pela eficiência dos baixos fluxos de *stock* nas organizações, contudo o suficiente para a produção laborar sem interrupções. A gestão de *stocks* exige uma forte interdependência (troca de informação) com os fornecedores, uma vez que têm de responder às necessidades em tempo real, eliminando o desperdício, de forma a respeitar a entrega de materiais, componentes ou matérias-primas nas áreas de produção e nas quantidades necessárias, no momento exato, evitando a constituição de *stocks* e/ou possíveis, obsoletos (Dias, 2005).

#### 5.5 QR – *Quick Response*

A *Quick Response* (QR) consiste na metodologia de interdependência entre os fornecedores que rececionam os dados recolhidos pelo cliente e posteriormente os utilizam para sincronizar as operações de produção e efetuar um controlo dos seus *stocks* em função das vendas reais.

Este sistema permite aos fornecedores responder continuamente às alterações das necessidades de um mercado competitivo, de modo a dar resposta à procura do cliente, encorajando os parceiros de negócio, pela utilização eficiente dos recursos e reduzindo o ciclo da cadeia, desde as matérias-primas até ao consumidor (Dias, 2005).

#### 5.6 CR – *Continuous Replenishment*

O *Continuous Replenishment* (CR) baseia-se no VMI, em que a frequência de reposição é mais elevada e baseada nos dados de consumo/vendas ao cliente. Este partilha continuamente o fluxo informacional sobre vendas, permitindo a gestão e envio de *stocks* aos restantes elementos da cadeia em tempo útil. A reposição dos artigos é da responsabilidade do fornecedor, e é efetuada automaticamente com uma frequência fixa para repor os níveis de *stocks* pré-estabelecidos. Neste sistema o cliente passa informação *on-line* ao fornecedor (Dias, 2005)

#### 5.7 DRP – *Distribution Resource Planning*

O *Distribution Resource Planning* (DRP) é um sistema que se certifica de que a organização tem o produto certo, na quantidade certa, disponível no lugar certo, quando necessário, à semelhança do MRP II. Tem início com o planeamento das necessidades para o último nível do sistema de distribuição passando depois para os sucessivos níveis até à fase da produção, assegurando-se que todas as mudanças a partir de jusante cheguem até montante, permitindo uma ligação ao sistema MRP (Moura, 2006).

### 5.8 CRM – *Customer Relationship Management*

O *Customer Relationship Management* (CRM) disponibiliza informação sobre os clientes, desde as suas características, comportamentos, e hábitos até às suas necessidades, permitindo a formulação de estratégias adequadas de marketing. O CRM consolida um modelo de relacionamento que utiliza várias tecnologias, em particular a Internet e que permite contactos em tempo real entre empresas e clientes (Moura, 2006).

### 5.9 AIS – *Automatic Identification Systems*

Os *Automatic Identification Systems* (AIS) têm como objetivo a recolha de informação com a maior exatidão possível de forma a minimizar o erro, mas sobretudo de forma a aloca-la nos sistemas informacionais rapidamente em qualquer circunstância. Estes sistemas foram sem dúvida uma revolução para as organizações conduzindo a acréscimos de produtividade, eficiência e eficácia. Este permite a disponibilização da informação em tempo real uma vez que é recolhida com recurso a um leitor de código de barras ou QR - 2D e/ou *Radio Frequency Identification* (RFID), ou qualquer outro sistema de identificação. O denominador comum é a informação ficar disponível para consulta imediata no sistema. O código de barras ou QR-2D representa um dos sistemas de identificação mais utilizado. A informação é codificada, utilizando tecnologia de impressão adequada, de forma a poder ser lida automaticamente por um equipamento de leitura e comunicada a um computador. Os dados são introduzidos no sistema por um *scanner* ou um leitor ótico, equipamento utilizado na área logística nas mais variadas circunstâncias e situações, nomeadamente para a receção, armazenamento, *picking*, *packing*, *re-packing*, *cross-docking*, expedição, entre outros. A alternativa a estes dois sistemas foi o código eletrónico de produto, *Electronic Product Code* (EPC) também conhecido como a “etiqueta inteligente” ou Tag constituídas por um *microchip*, que através da tecnologia RFID, identifica e monitoriza os produtos ao longo do *Pipeline* Logístico<sup>13</sup>. Ambos os sistemas de identificação têm como objetivo a identificação automática dos produtos. O código de barras identifica os artigos mas não é capaz de distinguir um artigo de outros, dentro de uma mesma palete, com o EPC cada artigo da mesma SKU tem um número único, além disso, através da utilização simultânea da tecnologia RFID e da Internet, o sistema EPC na *Global Network* assegura a comunicação, em tempo real, com a etiqueta afixada em objetos individuais, de qualquer organização, à medida que se movimentam no *pipeline* logístico é, disponibilizada a informação a todos os *players*, e desta forma obter uma maior visibilidade da *Supply chain*, em tempo real, assim como de todo o *pipeline* logístico. A mais-valia da Tag é que não necessita de se encontrar à vista para ser lida, permitido pela tecnologia RFID. A Tag pode ainda incluir números de ativos, reter uma série de códigos numéricos, localizações, entre outros.

---

<sup>13</sup> *Pipeline Logístico* - É uma analogia do fluxo de serviços/produtos ocorrendo desde a matéria-prima até ao produto final. Este monitoriza as operações realizadas pelas organizações ao longo da *supply chain*.

Contudo esta contém algo negativo, desde logo a impossibilidade de leitura em produtos metálicos, a sua aplicabilidade é inviável em todos os produtos na SC, além disso temos o factor custo, dependendo do tamanho da etiqueta, do seu alcance e da frequência que opera, pois esta pode ser regulável, ou não (Carvalho, 2010); (Professionals, 2013).

#### 5.10 WMS – Warehouse Management System

O *Warehouse Management System* (WMS) é um sistema de gestão que tem como principal objetivo a melhoria contínua das operações realizadas num armazém através da gestão eficiente de informação. Uma das funções passa pela gestão dos fluxos físicos que derivam da receção, do armazenamento, da separação e da expedição dos materiais, definindo ainda as suas localizações no armazém através da utilização de tecnologia de *Automatic Identification and Data Capture* (AIDC). Atua através da captura do código de barras, RFID, *smart card*, biometria, reconhecimento da voz, dispositivos móveis e redes locais sem fio para monitorizar fluxo de produtos no WMS. Após a recolha de todos os dados, o WMS faz uma sincronização com a base de dados através de transmissão das redes sem fios em tempo real (Dias, 2005).

A base de dados além de permitir obter informação sobre a quantidade total dos materiais existentes em *stock*, determina ainda com exatidão a sua localização no armazém e a gestão de todos os movimentos em tempo real, pode ainda fornecer relatórios uteis sobre o estado das mercadorias no armazém. Muitos sistemas WMS estão sincronizados com outros sistemas permitindo receber automaticamente inventários, processar pedidos e lidar com devoluções. O WMS contribui simultaneamente para a redução dos custos que é obtida através da melhoria da eficiência da mão-de-obra e para a melhoria do serviço ao cliente (Carvalho, 2010).

Em resumo, desde a invenção da roda, o Homem teve a necessidade de fazer chegar até si bens e serviços de forma segura e em tempo útil. Por esta razão, os Sistemas de Informação sempre desempenharam um papel de grande relevo. Atualmente, vivendo num mundo em constante mutação, estes têm um papel cada vez mais importante. A par do progresso e a modernização, a implementação de recursos tecnológicos tem sido uma realidade até nos processos mais simples. Foram inumerados acima alguns dos muitos sistemas que apoiam os Gestores e/ou profissionais da Logística no sentido lato da palavra. Os sistemas de informação são atualmente um factor de diferenciação e crescimento para as organizações que pretendem estar na linha da frente. Organizações que não façam as mudanças necessárias estão literalmente condenadas a perder o comboio do progresso.

#### 6. Gestão de Transportes

A Gestão de Transportes tem vindo a revelar-se um factor muito relevante nas sociedades atuais. É necessário ter a percepção de que no nosso dia-a-dia, nomeadamente nas organizações (gerindo e administrando os recursos, criando ambientes de trabalho saudáveis e construindo organizações que geram valor para os seus acionistas e colaboradores), nada se faz sem uma gestão eficiente.

Esta área em particular constitui um dos aspetos centrais da logística. Uma Gestão de Transportes inadequada poderá trazer acumulação de passivos, comprometer a liquidez de uma organização e conseqüentemente gerar ciclos de endividamento. É neste sentido que a Gestão de Transportes tem vindo a ganhar relevância no campo da logística, principalmente nas últimas décadas.

Os transportes constituem um conjunto de atividades técnicas, económicas e organizativas orientadas para levar de um lugar para outro pessoas e bens. São parte fundamental das atividades produtivas pois permitem a colocação de matéria-prima e equipamentos nos locais certos e posterior distribuição dos produtos acabados. O transporte pode ser dividido em ferroviário, rodoviário, aéreo, marítimo/fluvial e *pipeline*. Todos eles possuem vantagens e desvantagens. A Tabela 3 elucida um pouco mais sobre este tema.

Meio de Transporte	Vantagens	Desvantagens	Melhorias Possíveis
Rodoviário	<ul style="list-style-type: none"> <li>Flexibilidade do Serviço</li> <li>Grande cobertura geográfica</li> <li>Manusear pequenos lotes</li> <li>Competitivo para distâncias curtas e médias</li> <li>Adaptabilidade elevada</li> <li>Baixo investimento para o operador</li> <li>Serviço ponto a ponto</li> <li>Manuseamento mais fácil</li> <li>Menores custos de embalagem</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Unidades de carga limitadas</li> <li>Muito dependente das condições climatéricas</li> <li>Dependente do trânsito</li> <li>Dependente das infra-estruturas</li> <li>Dependente da regulamentação (quanto à circulação, horários, etc.)</li> <li>Mais caro em grandes distâncias (mais de 500 Km)</li> <li>Meio de transporte muito poluidor</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Sistema de comunicação vários</li> <li>Melhoria de carregamento/classificação nos terminais</li> <li>Incremento no uso <i>standard</i></li> <li>Aumento e melhoria dos sistemas semi/automáticos de carga/descarga dos veículos</li> </ul>
Ferrovário	<ul style="list-style-type: none"> <li>Baixo custo para grandes distâncias</li> <li>Adequado para produtos de baixo valor e alta densidade</li> <li>Baixa dependência de condições climatéricas e tráfego</li> <li>Adequado para grandes quantidades</li> <li>Meio de transporte pouco poluente</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Pouco competitivo para cargas pequenas</li> <li>Pouco competitivo para pequenas distâncias (sobretudo abaixo dos 500 Km)</li> <li>Pouco flexível (trabalha terminal a terminal, nem sempre com as paragens desejáveis)</li> <li>Custos de manuseamento elevados</li> <li>Horários e serviço pouco flexíveis</li> <li>Elevada dependência de outros meios de transporte (geralmente rodoviário)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Comboios mais frequentes e mais pequenos</li> <li>Melhoria dos terminais</li> <li>Aumento da velocidade no trajeto</li> <li>Melhoria dos sistemas de informação</li> </ul>
Aéreo	<ul style="list-style-type: none"> <li>Velocidade de transporte</li> <li>Boa fiabilidade e frequência entre as principais cidades</li> <li>Bom para produtos de elevado valor a longas distâncias</li> <li>Bom para situações de emergência a larga distância</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Menos rápido que o rodoviário para pequenas distâncias (menos de 500 Km)</li> <li>Pouco flexível (trabalha terminal a terminal e não ponto a ponto)</li> <li>Meio de transporte muito poluidor</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Melhoria de carga/descarga em terminais</li> <li>Incremento/melhoria ao multimodal</li> <li>Sistemas de informação melhorados para a gestão de capacidades</li> </ul>
Marítimo/Fluvial	<ul style="list-style-type: none"> <li>Competitivo para produtos com muito baixo custo por tonelada (químicos industriais, ferro, cimento, petróleo, minerais)</li> <li>Meio de transporte pouco poluente</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Baixa velocidade</li> <li>Limitado a mercados com orla marítima ou rios navegáveis</li> <li>Muito pouco flexível</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Sistemas de movimentação nos terminais</li> <li>Funcionamento melhorado nas plataformas multimodais</li> <li>Melhorias de sistemas de armazenamento em terminal (<i>Cross-docking</i>)</li> <li>Incremento de tráfego marítimo para curta distância</li> </ul>
<i>Pipeline</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Opera ponto a ponto para líquidos ou gases (Exemplos: gás natural, crude, químicos, etc.)</li> <li>Rapidez</li> <li>Reduzida mão-de-obra</li> <li>Baixa manutenção</li> <li>Grande vida útil</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Investimento elevado</li> <li>Pouco flexível a vários tipos de produtos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Melhoramento nos sistemas de informação de controlo e observação de avarias</li> <li>Sistemas de construção modulares e mais rápidos</li> <li>Evolução para transportes de matérias sólidas</li> </ul>

**Tabela 3:** Análise dos Pontos Fortes/Fracos nos Meios de Transporte  
 Fonte: Adaptado (Machado, 2006 - p. 75)

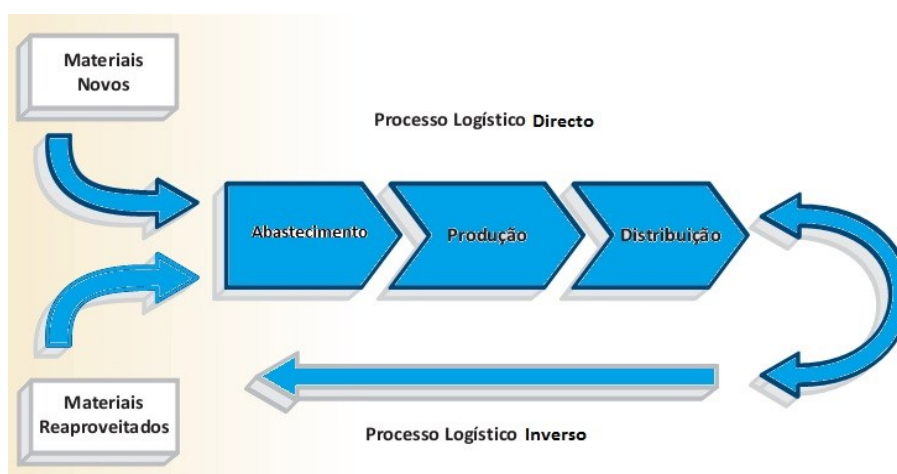
O sector dos transportes é essencial, não só para as organizações como também para as economias nacionais, sendo este um fator extremamente relevante e decisivo na economia. Os transportes desempenham também um papel crucial na qualidade de vida dos cidadãos pela possibilidade de mobilidade que oferecem.

O transporte deve ser eficiente, seguro e flexível, sem nunca deixar de ter em consideração os princípios do desenvolvimento sustentável, ou seja, proporcionar não só o bem-estar material como o bem-estar social. Inevitavelmente, quando se fala do conceito de logística, associa-se sempre a gestão do transporte, pois os custos deste representam um dos elementos mais importantes na composição dos custos logísticos de uma organização. De acordo com (Ballou, 2004), o transporte é capaz de absorver entre 33,3% e 66,6% dos custos logísticos totais numa organização. Assim, ao representar uma parte essencial do sistema logístico, o sistema de transporte desempenha um papel crucial no atingir do objetivo logístico: levar o produto para o sítio certo, na hora certa, na quantidade indicada ao custo mínimo (Carvalho, 2004). Os transportes são essenciais no acréscimo de valor aos produtos, pois os clientes dão um maior valor a um produto que se encontra ao alcance das necessidades. Para além do valor acrescentado pela proximidade, existe o acréscimo de valor do produto, muitas vezes designado por utilidade de tempo, já que possibilita a disponibilização dos produtos quando são necessários. Dias (2005) afirma que *“um sistema de transporte eficiente permite que os produtos sejam enviados de forma célere para os locais onde estão a ser procurados, aumentando a sua disponibilidade para os clientes, e permitindo diminuir as vendas perdidas e/ou níveis de existências necessários para assegurar o mesmo nível de serviço”*. O transporte de mercadorias e produtos pode ser realizado de diferentes modos de transporte, ou através da conjugação destes *third-party logistics provider (3PL)*. Importa realçar que um planeamento correto e adequado da entrega representa o ponto alto da gestão logística. O sistema de transporte eficiente, diminui a distância entre os mercados e os locais de produção, permitindo aumentar a competitividade, tendo um acesso mais rápido e menos dispendioso a mercados mais distantes e cria a possibilidade de uma abordagem a novos mercados.

Resumidamente, a Gestão de Transportes é hoje uma realidade que pode alavancar as organizações, trazendo-lhes grandes benefícios desde que estas se preparem ao nível dos seus recursos humanos e físicos, por forma a poder competir no mercado global. As organizações sabem que atualmente para expandir o negócio e aumentar as oportunidades de colocar os seus produtos noutras regiões, é necessário não só desenvolver relações comerciais com outros países, mas também, melhorar a sua atividade e os seus processos internos, devendo por isso desenvolver uma rede logística moderna e apropriada. Na atualidade, a concorrência não existe só entre empresas, mas também, e principalmente, entre redes e cadeias de abastecimento. Assim, podemos afirmar que as organizações que não possuam uma rede logística adequada ficarão estagnadas, sem condições de crescimento e de participação ativa nos mercados atuais.

## 7. Logística Inversa

A Logística Inversa tem sido reconhecida como a área da logística empresarial que planeia, implementa e controla o fluxo e as informações logísticas correspondentes ao retorno de bens ao seu ciclo produtivo original (Carvalho, 2010). Os produtos regressam numa forma próxima da original, como o retorno pós-vendas, ou na forma de resíduos ou refugos, como o retorno pós-consumo. O retorno pós-vendas é devido, principalmente, a problemas de qualidade, tais como defeitos de fabrico ou erros de projeto, e a problemas comerciais, tais como erros de expedição, consignações não requisitadas, sobras de promoções, obsolescência tecnológica ou de moda e perda de validade. O retorno pós-consumo dá-se, principalmente, pela incapacidade do consumidor do bem, dar um destino adequado às partes resultantes do consumo ou aos resíduos (Figura 10).



**Figura 10:** Representação Esquemática dos Processos Logísticos Direto e Inverso

Fonte: Adaptado (Dias, 2005 - p. 85-90)

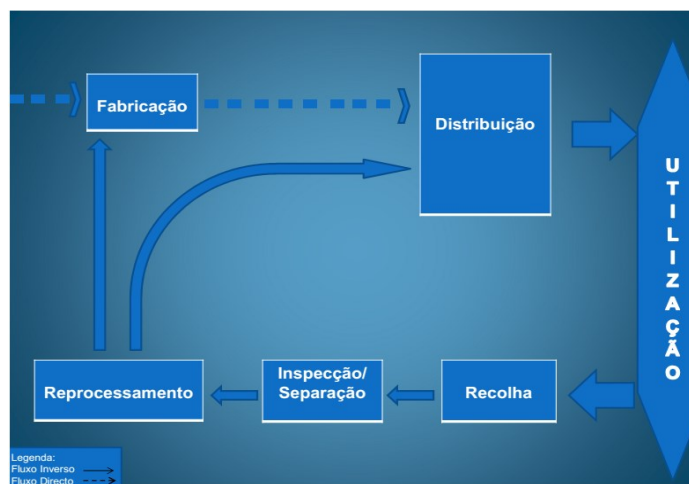
Na última década, foram diversos os fatores de índole económica, legislativa e de cidadania, que contribuíram para o desenvolvimento de teorias, casos de estudo e modelação quantitativa relativamente à SCM no sentido inverso ao tradicional, ou seja, logística inversa. De facto, existe quem invista na área da logística inversa porque se sente socialmente motivado para o fazer, ou para tentar antecipar-se às legislações, designadamente ao DL nº 230/2004, de 10 de Dezembro e às Diretivas da EU 2002/96/CE e 2003/108/CE, aproveitando assim as oportunidades financeiras oferecidas pelo mercado, ou mesmo para obter uma imagem "verde". Atualmente em Portugal, verifica-se um acréscimo da legislação ambiental que obriga as organizações a repensar em novas estratégias de valorização dos vários resíduos, potenciando novos investimentos na logística inversa, nomeadamente no que diz respeito ao estabelecimento de quotas mínimas de reciclagem e valorização. A crescente consciencialização das pessoas e instituições para os problemas de índole ambiental e económica, a preocupante escassez de matérias-primas a nível mundial, o aumento da procura de produtos "amigos" do ambiente, surge a necessidade de gerir um fluxo logístico inverso ao tradicional (entre o ponto de consumo final e o ponto de origem), que deu origem ao conceito

de logística inversa (Carvalho, 2010). A missão da logística inversa é, por conseguinte, planear, implementar e controlar, de um modo eficiente e eficaz a recuperação de resíduos, preconizando a redução do consumo de matérias-primas, recorrendo a meios como a reciclagem, a substituição e a reutilização de materiais, a deposição e a reparação e re-fabrico de produtos, fechando o circuito da cadeia de abastecimento. Alguns autores (Ballou, 1987; Carvalho, 2004; Christopher, 2004) atribuem a designação de inverso apenas quando os sentidos dos fluxos inverso e tradicional partilham o mesmo canal de distribuição, no entanto existem outros autores que são menos restritivos admitindo na fase de recuperação dos resíduos a utilização de diferentes canais de distribuição. Para Dias (2006), a logística inversa, no sentido mais lato, significa todas as operações relacionadas com a reutilização de produtos e materiais. *“A responsabilidade estendida refere-se a um conjunto de valores e princípios que impulsionam a organização no envolvimento responsável com a logística inversa, pensando o produto em todo seu ciclo de vida”* (Dias, 2006). Já Reis (2008), considera que, atualmente, a logística inversa é um factor de competitividade e ocupa uma posição estratégica dentro das organizações, pois a sociedade está cada vez mais preocupada com o volume de resíduos e lixo industrial e, nesse contexto, a logística inversa através dos seus vários canais tem ganho uma grande expressão na SCM.

Em qualquer fluxo inverso, um dos objetivos cruciais é a recuperação do maior valor possível dos produtos. Para o atingir, devem ser realizadas, sequencialmente, as seguintes etapas: recolha, inspeção/separação, reprocessamento, deposição e/ou redistribuição:

1. **A recolha:** compreende todas as tarefas que envolvem a recolha propriamente dita dos resíduos e a sua movimentação física para tratamento (aquisição, transporte e armazenagem);
2. **A inspeção/separação:** inclui as operações que dividem o fluxo de resíduos de acordo com as diferentes opções de recuperação e deposição (desmontagem/desmantelamento, prensagem, teste e armazenagem);
3. **A transformação:** é o reprocessamento de um resíduo noutro produto, componente ou material novamente utilizável. Nesta atividade está incluída a reciclagem, a reparação e o re-fabrico podendo estar também envolvidas as operações de limpeza, substituição e remontagem;
4. **A deposição:** é a atividade adequada para os resíduos que por razões técnicas ou económicas não são recuperados (pode incluir transporte, deposição em aterro e inceneração);
5. **A redistribuição:** refere-se à colocação no mercado de produtos recuperados podendo incluir atividades de venda, transporte e armazenagem.

Assim, quando em presença de um fluxo inverso, deve ser decidido o que fazer com cada produto. Deve começar-se pela identificação do produto, avaliar o seu estado, decidir qual o modo de recuperação mais adequado e, após a recuperação, re-introduzi-lo na cadeia de abastecimento. Os produtos, peças ou materiais recuperados, não têm necessariamente de entrar na mesma cadeia de abastecimento de onde foram originários. Na Figura 11 encontram-se representadas as etapas intervenientes na cadeia de recuperação de resíduos.



**Figura 11:** Cadeia de Recuperação de Resíduos

Fonte: Adaptado (Barroso & Machado, 2005 - p.185)

## 8. Logística verde

Hoje em dia, muitos equipamentos são concebidos numa ótica de tornar o nosso dia-a-dia mais fácil, mas por vezes têm uma duração muito curta e acabam entre os resíduos sólidos urbanos. Tais produtos incluem: telemóveis, computadores, televisores, entre muitos outros. Deve ter-se presente que a grande maioria destes produtos ficam tecnologicamente obsoletos num curto prazo de tempo. Em certos casos, a reparação, que é inviável pelo elevado custo ou devido a inexistência de peças. A colocação destes produtos em aterros não controlados dá origem a um importante impacto ambiental (contaminação de solos e de águas subterrâneas). Segundo um Relatório de Estudos apresentados ao Parlamento Europeu, em 1998, foram produzidos nos países da União Europeia (UE) cerca de 6 milhões de toneladas de resíduos de EEE, quantidade que tem vindo a aumentar (mais de 8 milhões em 2010) devido em parte à criação de novos modelos com funções mais atrativas e ciclos de vida mais curtos, para manter o nível de vendas, e pela chegada aos mercados, de milhares de novos consumidores oriundos de países com economias emergentes, como é o caso da China, a Índia, o Brasil, entre outros (United Nations, 2015). As estatísticas mundiais mostram que os resíduos provenientes de EEE continuam a crescer (foram colocados no mercado cerca de 120 mil toneladas de equipamentos novos em 2014).

Só em Portugal aumentaram 6,8 % em 2014 comparativamente com 2013, de acordo com os dados divulgados pela Associação Nacional de Registo de Equipamentos Elétricos e Eletrónicos (ANREEE). Segundo dados da UE, até 2020 deverão ser gerados 12,3 milhões de toneladas de REEE. Por isso, foram reforçadas as metas nacionais e europeias para a recolha, reutilização e reciclagem destes objetos. Estes REEE contêm na sua maioria, substâncias perigosas que podem ser problemáticas para o meio ambiente (*United Nations*, 2016).

É possível encontrar numa tonelada de REEE, cem vezes mais metais preciosos que na fonte primária de matérias-primas, nomeadamente, o ouro, a prata, o alumínio, a platina e de base como o cobre, entre outros.

Em média, a reciclagem permite a recuperação de: 50% de metais; 30% de plástico; 10% de vidro e 10% de outros materiais. Os aterros podem ser considerados minas de ouro para as organizações de reciclagem. Segundo os especialistas, a quantidade de alumínio que se encontra nos aterros da América do Norte excede o volume de minérios existentes na Terra. Pode então concluir-se que é necessário “mover montanhas” para extrair o minério. Neste sentido tem de se mudar os paradigmas, visto poder extrair-se muito mais se explorássemos um aterro do que a fonte primária (mina) (*United Nations*, 2016).

# **CAPÍTULO III**

## **Metodologia**

## 1. Introdução

A presente Dissertação de Mestrado consiste num Estudo de Caso e a sua aplicabilidade prática, ou seja, conceitos e filosofias para se ajustarem numa nova organização. Incidindo sobre um tema pouco aprofundado, a Gestão da Logística Inversa na Reciclagem de Equipamentos Elétricos e Eletrónicos, compreende uma pesquisa exploratória. A abordagem a este tema centra-se numa carência de artigos científicos desenvolvidos neste âmbito. Desta forma, pretendeu-se criar uma visão geral, o mais aproximada possível acerca das tecnologias de suporte à gestão da logística inversa no setor da reciclagem e tendo como foco a valorização e separação dos materiais e o seu reprocessamento de forma a maximizar os proveitos reintroduzindo-os na cadeia de valor. Pretende-se assim, alavancar o estudo de forma a otimizar este processo estando este condicionado por restrições legais impostas pelas diretivas da UE e Portuguesas. As ferramentas logísticas elencadas na bibliografia, tanto de forma implícita, como explícita, serão o elo para uma otimização dos processos de forma a maximizar os proveitos e minimizar os desperdícios no seu sentido mais lato.

## 2. Enquadramento e Descrição na Valorização de Resíduos

Nas últimas décadas, a indústria eletrónica tem revolucionado o mundo com produtos elétricos e eletrónicos, que se tornaram omnipresentes no nosso dia-a-dia. A quantidade de produtos lançados no mercado aumenta de ano para ano tanto nos países industrializados, como nos países em processo de industrialização. A “vida” nos países industrializados já não seria possível sem muitos desses produtos, que servem áreas tão distintas como a medicina, a mobilidade, a educação, a comunicação, a segurança, a proteção ambiental, a cultura, a construção, entre outras. Aqui, se incluem os aparelhos domésticos nomeadamente: frigoríficos, máquinas de lavar, telefones móveis, computadores, impressoras, televisões, brinquedos, entre outros. Estes equipamentos em fim de vida constituem um problema para as sociedades modernas. Atualmente, os dados disponíveis sobre o lixo eletrónico são relativamente escassos, sendo necessário recorrer a estimativas para chegar a algumas conclusões de nível regional ou global. As estimativas da Universidade das Nações Unidas indicam que atualmente os resíduos eletrónicos provenientes dos vinte e oito membros da UE se situam nos 12 milhões de toneladas por ano (Programme, 2013). A quantidade de lixo eletrónico a nível mundial é estimada em cerca de 41,8 milhões de toneladas por ano, podendo atingir em 2018 cerca de 50 milhões (Balde, 2015). Embora a informação disponível sobre a capacidade de tratamento de lixo eletrónico nos estados-membros da UE seja muito limitada, estima-se que em 2007, com apenas 15 estados-membros, houvesse já capacidade suficiente para tratamento deste tipo de resíduos (Huisman, 2008). O lixo eletrónico é geralmente considerado como problema, podendo causar danos ao meio ambiente se não for tratado de forma adequada. No entanto, os recursos presentes nos EEE são amplamente ignorados possuindo estes um enorme impacto na SCM.



Tome-mos como exemplo, um telefone móvel, pode conter vários elementos da tabela periódica (Figura 12), incluindo metais básicos como o cobre (Cu) e estanho (Sn). Inclui também metais muito significativos, tais como cobalto (Co), índio (In) e antimónio (Sb), e metais preciosos, incluindo prata (Ag), ouro (Au) e paládio (Pd). Tendo em consideração as taxas de desenvolvimento altamente dinâmicas dos dispositivos eletrónicos, como monitores de cristal líquido (LCD) - Televisões e monitores, leitores de MP3, brinquedos eletrónicos e câmaras digitais, torna-se claro que os EEE desempenham um papel importante na evolução da procura e dos preços de um grande número de metais. Os recursos de metal usados na construção dos EEE serão adicionados aos recursos de metais existentes nos dispositivos em uso na sociedade. Esses recursos, tornam-se disponíveis novamente no fim de vida dos dispositivos, sendo redirecionados através da logística inversa para as cadeias produtivas. Como mencionado anteriormente, estes representam um potencial de cerca de 41,8 milhões de toneladas de recursos por ano. Uma reciclagem eficiente e eficaz dos metais e materiais é fundamental para mantê-los disponíveis para o fabrico de novos produtos, sejam eletrónicos, aplicações de energia renováveis ou novas aplicações. Desta forma, os recursos energéticos de metal primário podem ser salvaguardados para as próximas gerações.

### **2.1 Caracterização na Gestão de Resíduos e Valorização**

O conceito de gestão da logística de resíduos centra-se na operação de recolha, transporte, armazenagem, tratamento, valorização e eliminação de resíduos, incluindo a monitorização dos locais de descarga após o encerramento das instalações, bem como o planeamento dessas operações. Esta visa preferencialmente, a prevenção ou redução da produção ou nocividade dos resíduos, nomeadamente através da reutilização e da alteração dos processos produtivos, por via da adoção de tecnologias mais limpas, bem como da sensibilização dos agentes económicos e dos consumidores. Desta forma contribuir para a redução e preservação dos recursos naturais, refletindo a importância deste sector nas várias vertentes, nomeadamente ambiental. Este sector de atividade é muito relevante para a economia (micro/macro), inclusive um dos desafios que se coloca aos responsáveis pela execução das políticas e a todos os intervenientes na cadeia de gestão, desde a administração pública à privada, passando pelos operadores económicos até aos cidadãos, em geral, enquanto produtores de resíduos e agentes indispensáveis na continuação destas políticas. Devemos continuar a reforçar a prevenção na produção de resíduos EEE e fomentar a sua reutilização e reciclagem, promovendo um pleno aproveitamento para um novo mercado de resíduos, como forma de consolidar a sua valorização e estimular o aproveitamento de resíduos específicos com elevado potencial. Neste momento em Portugal, prevê-se a aprovação de programas de prevenção e estabelecem-se metas de preparação para reutilização, reciclagem e outras formas de valorização dos REEE a executar até 2020 (Executive, 2015).

### **2.2 Valorização por Tipo de Resíduos**

Trata-se de qualquer operação logística cujo resultado principal seja:

- A transformação dos resíduos de modo a servirem um fim útil, substituindo outros materiais que, caso contrário, seriam utilizados para um fim específico;
- A preparação dos resíduos para determinado fim, na instalação ou no conjunto da economia de forma alavancar a SC.

Atualmente existem algumas entidades, nomeadamente ERP, AMB3E, ANREEE, entre outras, que são responsáveis pela gestão e organização de sistemas orientados para a recuperação seletiva e reciclagem de fluxos específicos:

- Resíduos de equipamentos elétricos e eletrónicos;
- Óleos lubrificantes usados;
- Pilhas e acumuladores usados;
- Veículos em fim de vida;
- Resíduos de embalagens de fitofarmacêuticos;
- Resíduos de embalagens;
- Medicamentos fora de uso;
- Pneus usados.

### **2.3 Conceito de Resíduos de Equipamentos Elétricos e Eletrónicos**

Com o mundo globalizado verifica-se um aumento do consumo de bens e serviços, e em particular dos equipamentos de índole elétrica e eletrónica. O conceito de Resíduos de Equipamentos Elétricos e Eletrónicos (REEE) engloba todos os resíduos, na aceção da alínea u) do artigo 3º do decreto-Lei n.º 178/2006, de 5 de Setembro, incluindo todos os componentes, subconjuntos e consumíveis que fazem parte integrante dos EEE no momento em que estes são rejeitados. Entende-se por este tipo de equipamentos, todos aqueles que estão dependentes de correntes elétricas ou campos eletromagnéticos para funcionar corretamente, bem como os equipamentos para geração, transferência e medição dessas correntes e campos. De acordo com a Lista Europeia de Resíduos no decreto-Lei n.º 67/2014, de 7 de maio, os REEE encontram-se classificados com o código 16, referente a resíduos não especificados noutros capítulos desta lista, nomeadamente com o código 16 02 resíduos EEE. A gestão de REEE encontra-se regulamentada pelo decreto-Lei n.º 230/2004, de 10 de dezembro (e posteriores alterações através do decreto-Lei n.º 174/2005, de 25 de outubro, do decreto-Lei n.º 132/2010, de 17 de dezembro e do decreto-Lei n.º 67/2014, de 7 de maio) que transpõe as diretivas 2002/95/CE do Parlamento Europeu e do Conselho, de 27 de janeiro de 2003, e 2002/96/CE do Parlamento Europeu e do Conselho, de 27 de janeiro de 2003, alterada pela diretiva 2003/108/CE do Parlamento Europeu e do Conselho, de 8 de dezembro de 2003 e tendo como última alteração a diretiva 2012/19/EU, de 4 de Julho. Neste diploma, são reiterados os princípios fundamentais da gestão, que passam pela prevenção da produção de REEE, pela promoção da reutilização, da reciclagem e de outras formas de valorização, por forma a reduzir-se a sua quantidade e nocividade.

Contribuindo assim para a melhoria do comportamento ambiental de todos os operadores envolvidos no ciclo de vida destes equipamentos.

No anexo I do decreto-Lei n.º 67/2014, de 7 de maio, são definidas as seguintes categorias de EEE:

1. Grandes Eletrodomésticos;
2. Pequenos Eletrodomésticos;
3. Equipamentos Informáticos e de Telecomunicações;
4. Equipamentos de Consumo;
5. Equipamentos de Iluminação;
6. Ferramentas Elétricas e Eletrónicas (com exceção de ferramentas industriais fixas e de grandes dimensões);
7. Brinquedos e Equipamento de Desporto e Lazer;
8. Aparelhos Médicos (com exceção de todos os produtos implantados e infetados);
9. Instrumentos de Monitorização e Controlo;
10. Distribuidores Automáticos.

Para além das categorias de EEE, o anexo lista todos os produtos e funções considerados em cada categoria para efeitos do diploma. Na legislação fica estabelecido que a responsabilidade da gestão dos REEE cabe a todos os intervenientes no ciclo de vida do EEE e que os municípios, sendo responsáveis, nos termos da legislação em vigor, pela recolha dos resíduos urbanos, devem beneficiar das contrapartidas financeiras necessárias para assegurar a recolha seletiva dos REEE abrangidos pela definição de resíduos urbanos. Os grandes objetivos preconizados no diploma legislativo que regula a gestão do fluxo dos EEE e dos seus REEE, consistem fundamentalmente em:

- Promover a aplicação de medidas preventivas;
- Promover a reutilização, reciclagem e outras formas de valorização de REEE;
- Incentivar a participação dos cidadãos;
- Envolver os operadores económicos associados ao "ciclo vida dos EEE" através da aplicação do princípio de responsabilidade do produtor.

Assim, todos os produtores são obrigados a proceder a um registo tendo sido criada uma entidade para o efeito, a Associação Nacional para o Registo de Equipamentos Elétricos e Eletrónicos (ANREE)<sup>15</sup>. Desta forma, torna-se possível acompanhar e fiscalizar o cumprimento

---

<sup>15</sup> ANREE - É uma Associação privada sem fins lucrativos, que iniciou a sua atividade de registo de EEE em julho de 2005 e foi licenciada pela Agência Portuguesa do Ambiente, I.P, em 23 de março de 2006. Posteriormente, obteve o licenciamento para as atividades de registo de P&A, em 17 de dezembro de 2009, pelo mesmo organismo público.

das suas responsabilidades que, segundo o decreto-Lei 230/2004, diz-nos que essa responsabilidade pode ser assumida por outras entidades.

A aplicação das medidas e ações instituídas na legislação nacional que regula a gestão do fluxo dos REEE concretizou-se através do licenciamento das seguintes entidades gestoras:

- **Amb3E** – Associação Portuguesa de Gestão de Resíduos – licenciada desde 1 de janeiro de 2006, através do despacho n.º 354/2006, de 27 de abril, para a gestão de um sistema integrado do fluxo de resíduos de equipamentos elétricos e eletrónicos;
- **ERP Portugal** – Associação Gestora de Resíduos – licenciada desde 1 de janeiro de 2006, através do despacho n.º 353/2006, de 27 de abril, para a gestão de um sistema integrado do fluxo de resíduos de equipamentos elétricos e eletrónicos.

As entidades gestoras encontram-se licenciadas desde 2006, pelo Ministro do Ambiente, do Ordenamento do Território e do Desenvolvimento Regional, e pelo Ministro da Economia e da Inovação, de acordo com o previsto no decreto-Lei n.º 230/2004, de 10 de dezembro, com posteriores alterações através do decreto-Lei n.º 67/2014, de 7 de maio, enfatizando os termos das respetivas licenças a 31 de dezembro de 2011 (com possibilidade de prorrogação por períodos de 5 anos). No âmbito do sistema integrado de gestão de REEE, as entidades encontram-se sujeitas aos princípios e objetivos de gestão estabelecidos neste decreto-Lei, nomeadamente a recolha de REEE numa proporção de, pelo menos, 4 kg por habitante e por ano, e o cumprimento de taxas de valorização e de percentagens de reutilização e reciclagem de componentes, materiais e substâncias, compreendidas entre 50 e 80%, conforme as categorias de EEE. Os produtores de EEE, de acordo com o n.º 26 do decreto-Lei n.º 230/2004, de 10 de dezembro, na sua redação atual, à obrigação de registo de forma a tornar possível o acompanhamento e a fiscalização do cumprimento das suas obrigações estipuladas neste normativo. Foi ainda constituída uma entidade e licenciada pela Agência Portuguesa do Ambiente<sup>16</sup>, com a função de assegurar, organizar e manter o registo obrigatório de produtores de EEE, bem como de executar todas as atividades conexas, designadamente a classificação de EEE, a verificação das respetivas quantidades, a prestação de informação às entidades públicas e a informação ao público. Os produtores de EEE devem comunicar a esta entidade, o tipo e a quantidade de EEE colocados no mercado, bem como o sistema de gestão de resíduo a que aderiu. Salienta-se que, de acordo com o n.º 5 do art. 26º deste diploma, o não cumprimento da obrigação de registo implica a proibição de colocação de EEE no mercado nacional.

#### **Principal legislação de EEE:**

- Decreto-Lei n.º 79/2013, de 11 de junho

<sup>16</sup> APA - Propor, desenvolver e acompanhar a gestão integrada e participada das políticas de ambiente e de desenvolvimento sustentável, de forma articulada com outras políticas sectoriais e em colaboração com entidades públicas e privadas que concorram para o mesmo fim, tendo em vista um elevado nível de proteção e de valorização do ambiente e a prestação de serviços de elevada qualidade aos cidadãos (Ambiente, 2016).

Estabelece regras relativas à restrição da utilização de determinadas substâncias perigosas em EEE, com o objetivo de contribuir para a proteção da saúde humana e do ambiente, incluindo uma valorização e eliminação, ecologicamente corretas, dos resíduos de EEE. Este ainda transpõe para a ordem jurídica interna a diretiva n.º 2011/65/UE, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 8 de junho de 2011, relativa à restrição do uso de determinadas substâncias perigosas em EEE, alterada pelas diretivas delegadas n.º 2012/50/UE e n.º 2012/51/UE, ambas da Comissão, de 10 de outubro de 2012 (Tabela 4).

Diretiva n.º 2011/65/UE do Parlamento Europeu e do Conselho de 8 de junho de 2011	Relativa à restrição do uso de determinadas substâncias perigosas em equipamentos elétricos e eletrónicos.
Diretiva n.º 2012/50/UE da Comissão de 10 de outubro de 2012	Altera, para efeitos de adaptação ao progresso técnico, o anexo III da diretiva 2011/65/UE do Parlamento Europeu e do Conselho no que respeita a uma isenção para aplicações com chumbo.
Diretiva n.º 2012/51/UE da Comissão de 10 de outubro de 2012	Altera, para efeitos de adaptação ao progresso técnico, o anexo III da diretiva 2011/65/UE do Parlamento Europeu e do Conselho no que respeita a uma isenção para aplicações com cádmio.

**Tabela 4:** Legislação Referente às Substâncias Perigosas dos EEE

Todavia, o decreto-Lei n.º 79/2013, de 11 de junho, foi alvo da sua primeira alteração pelo decreto-lei n.º 119/2014, de 6 de agosto, transpondo as diretivas delegadas - 2014/1/UE, 2014/2/UE, 2014/3/UE, 2014/4/UE, 2014/5/UE, 2014/6/UE, 2014/7/UE, 2014/8/UE, 2014/9/UE, 2014/10/UE, 2014/11/UE, 2014/12/UE, 2014/13/UE, 2014/14/UE, 2014/15/UE e 2014/16/UE, todas da comissão, de 18 de outubro de 2013, e as diretivas delegadas nos 2014/69/UE, 2014/70/UE, 2014/71/UE, 2014/72/UE, 2014/73/UE, 2014/74/UE, 2014/75/UE e 2014/76/UE, todas da comissão, de 13 de março de 2014.

### 3. Processo e Estruturação do Estudo de Caso

Alguns estudos sugerem que as estratégias logísticas sustentáveis tais como a redução do consumo, reciclagem e reutilização de materiais e em particular os EEE podem trazer grandes benefícios. As organizações devem ser capazes de criar medidas e estratégias no sentido de atingir objetivos de sustentabilidade económica, ambiental e social. Note-se que os problemas ambientais afetam numerosas decisões logísticas em cada “elo” da cadeia de valor. Devido ao mercado ser cada vez mais volátil, os clientes serem cada vez mais exigentes, a minimização de erros e de desperdício deve ser constante. Com a existência de um mercado tão mutável torna-se imperioso reciclar e valorizar os EEE de forma a reintroduzir as matérias-primas na cadeia de valor.

A ideia subjacente a este Estudo de Caso foi gerada a partir da reflexão e de aspetos fundamentais da gestão do fluxo direto e inverso na cadeia de valor, que se encontram representados na Figura 13.

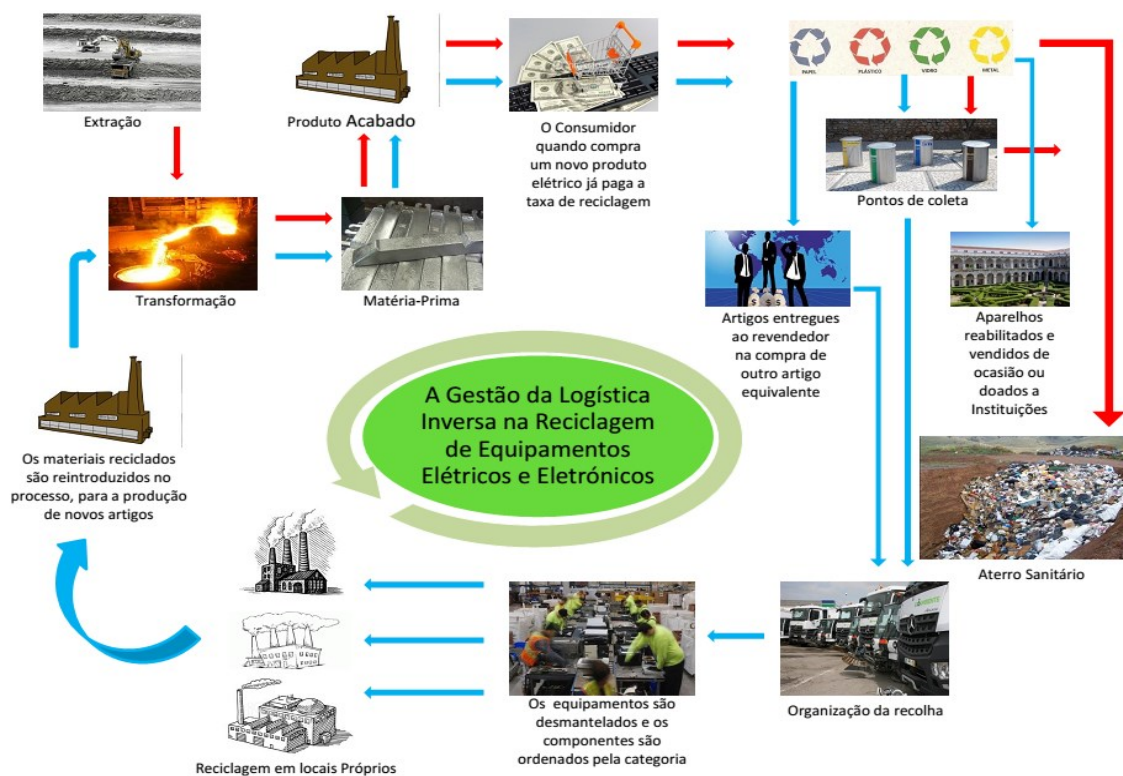


Figura 13: Gestão do Fluxo Direto e Inverso na Cadeia de Valor  
(Fonte: Elaboração Própria)

### 3.1 Enquadramento e Aspetos Essenciais

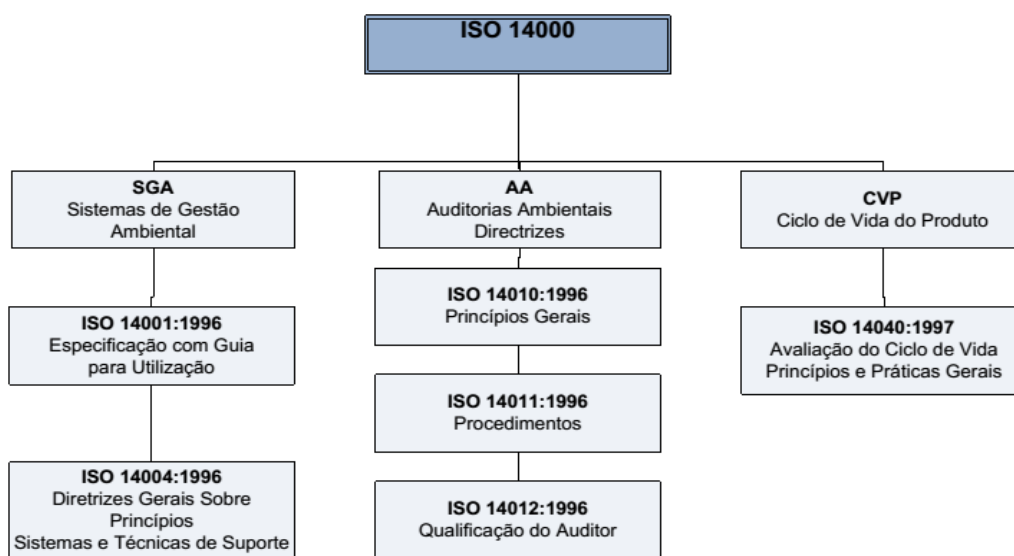
A reciclagem de vários materiais com ênfase nos ferrosos e não ferrosos é atualmente uma necessidade e uma obrigação à escala mundial, tanto na perspetiva da sustentabilidade dos recursos como na perspetiva económica e financeira. A reintegração dos resíduos nos processos produtivos permite um desenvolvimento sustentável para as organizações e mitiga o risco para as gerações futuras. A preocupação quanto ao estado atual do ambiente e a tendência de degradação está patente em Diretivas Mundiais, visando principalmente a redução do consumo de recursos através da reintegração e aproveitamento dos resíduos, alterando assim, as filosofias de produção e de gestão dos fluxos de material bem como de informação (logística direta e inversa). Embora se tenha vindo a evoluir de forma notória na atividade da reciclagem, é unânime que há ainda um largo caminho a percorrer, nomeadamente em algumas áreas específicas da reciclagem, como a de metais. Por outro lado, o comportamento dos mercados de metais (preciosos e não preciosos) a nível mundial justifica a identificação e a avaliação económica de fontes alternativas às tradicionais, como a exploração mineira. É neste contexto que surge a ideia base para este Estudo de Caso: recolher, reciclar e valorizar EEE, compostos em larga medida por metais e plásticos, e integrar os materiais recolhidos em novos processos produtivos, nomeadamente nas indústrias metalomecânica e eletrónica, entre outras. Refira-se que parte significativa dos materiais em causa são metais preciosos (ouro, prata, platina, entre outros), cuja valorização monetária potencial é particularmente elevada e tendencialmente crescente a médio e longo prazo.

Embora já existam em Portugal algumas entidades empresariais que desenvolvem atividade de reciclagem de metais, os processos que utilizam são diferentes dos previstos nesta metodologia e os níveis de eficiência e eficácia obtidos são mais baixos, traduzidos essencialmente em:

- Baixos níveis de aproveitamento dos materiais;
- Baixos níveis de produtividade.

### 3.2 O Impacto no Ambiente

O impacto no ambiente e a sua preservação, é sem dúvida a principal razão de inquietude. A certificação ou validação de sistemas de gestão ambiental consiste no reconhecimento por parte de entidades independentes, da conformidade entre os sistemas voluntariamente implementados pelas empresas e os requisitos definidos por normas e regulamentos. A primeira norma a ser publicada para Sistemas de Gestão Ambiental foi a norma nacional britânica BS 7750, em 1992, a que sucederam o Sistema Comunitário de EcoGestão e Auditoria (EMAS) em 1993, e a NP EN ISO 14001 – Sistemas de Gestão Ambiental. Especificações e linhas de orientação para a sua utilização, cuja versão final foi publicada em 1996, e que integra a série 14000. Para além norma ISO 14001:1996 - especificação com guia de utilização – e da norma ISO 14004:1996, que diz respeito às diretrizes gerais sobre princípios e aos Sistemas e técnicas de suporte, a série ISO 14000 inclui ainda outras, conforme a Figura 14.



**Figura 14:** Principais Normas da Série ISO 14000  
 Fonte: Adaptado (Environmental Management Systems, 1996)

A certificação do sistema de gestão ambiental de uma organização implementado de acordo com as especificações da norma ISO 14001, deve ser atribuída por um organismo externo devidamente creditado para o efeito. Este processo oferece diversas vantagens, como o reconhecimento da qualidade ambiental dos processos tecnológicos da organização, a

melhoria da imagem desta e o reforço da competitividade. Em Portugal, a norma ISO 14001 foi adoptada em 1999 pela NP EN ISO 14001, tendo, em março de 2005, sido publicada pelo IPQ a revisão da norma ISO 14001:2004. Desta forma, é imperativo ter em consideração estes princípios visto que a Gestão da Logística Inversa na Reciclagem de Equipamentos Elétricos e Eletrónicos é fundamental para mitigar o impacto no ambiente, desde logo pela redução da produção primária (mineração) que desempenha um papel relevante no fornecimento de metais para aplicações em EEE. Os metais secundários (conseguidos através da reciclagem) só estão atualmente disponíveis em quantidades limitadas. O impacto ambiental na produção de metal primário é significativo, especialmente para os metais preciosos e especiais que são extraídos a partir de minérios em que a sua concentração de metais preciosos e especiais é baixa. A recuperação de metais recorrendo a processos de reciclagem gera apenas uma fração dessas emissões de CO<sub>2</sub> e também tem vantagens significativas em relação à mineração em termos de uso da terra e emissões perigosas.

No seguinte quadro são apresentadas informações sobre algumas das substâncias (de maior impacto) que podem ser encontradas nos EEE e sua perigosidade para o ser Humano, extraídas do relatório de estudos de apresentação das propostas das diretivas 2002/96/CE e 2002/95/CE pela Comissão das Comunidades Europeias em 13/06/2000 ao Parlamento Europeu (Europeias, 2000).

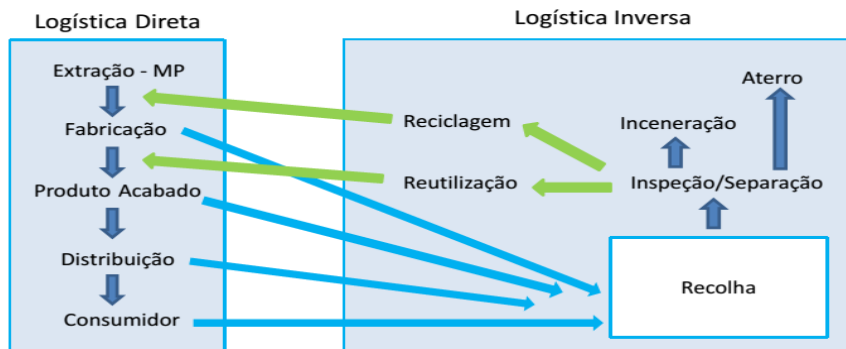
Substância	Aplicações	Impacto nos Seres Vivos
<b>Chumbo</b>	Solda das placas de circuitos impressos ( <i>motherboard</i> ); no vidro dos tubos de raios catódicos; na solda e no vidro das lâmpadas elétricas e fluorescentes, etc.	Danos no sistema nervoso central dos seres humanos. Foram também observados efeitos no sistema endócrino. Para além disso, o chumbo pode ter efeitos negativos no sistema circulatório e nos rins.
<b>Mercúrio</b>	Termostatos, sensores, relés e interruptores (exemplo: placas de circuitos impressos, em equipamentos de medição e lâmpadas de descarga), equipamentos médicos, transmissão de dados, telecomunicações e telemóveis.	O mercúrio inorgânico disperso na água é transformado em metilmercúrio nos sedimentos depositados no fundo. O metilmercúrio acumula-se facilmente nos organismos vivos e concentra-se através da cadeia alimentar pela ingestão de peixes. O metilmercúrio provoca efeitos crónicos e causa danos no cérebro.
<b>Cádmio</b>	Em placas de circuitos impressos, o cádmio está presente em determinados componentes, como chips <i>surface-mount device</i> (SMD), semicondutores e detetores de infravermelhos. Os tubos de raios catódicos mais antigos contêm cádmio. Além disso, o cádmio tem sido utilizado como estabilizador em PVC.	Os compostos de cádmio são classificados como tóxicos e com risco de efeitos irreversíveis para a saúde humana. O cádmio e os compostos de cádmio acumulam-se no corpo humano, especialmente nos rins, podendo vir a deteriorá-los, com o tempo. O cádmio é absorvido por meio da respiração, mas também pode ser ingerido nos alimentos. Em caso de exposição prolongada, o cloreto de cádmio pode causar cancro e apresenta um risco de efeitos cumulativos no ambiente devido à sua toxicidade aguda e crónica.

**Tabela 5:** Substâncias que Podem ser Encontradas nos Equipamentos

Fonte: Adaptado (Ângela Cassia Rodrigues, 2003) - REEE

#### 4. Estudo para Implementação Prática

Mundialmente são ainda poucas as unidades produtivas capazes de reciclar metais utilizando processos com elevada eficiência e eficácia. Assim, verifica-se uma oportunidade evidente para acrescentar valor através da Gestão da Logística Inversa na Reciclagem de Equipamentos Elétricos e Eletrônicos. Este estudo segue uma orientação para a implementação prática de uma unidade de reciclagem de equipamentos elétricos e eletrônicos que utilize processos e tecnologia “*state of the art*”, capazes de potenciar níveis mais elevados de eficiência e eficácia, não só ao nível produtivo, mas também ambiental. A reintegração dos resíduos recuperados na cadeia de abastecimento, implicará um fluxo de material e de informação adicional, em sentido inverso ao tradicional, o que permite fechar o circuito logístico. Assim, a cadeia de abastecimento em circuito fechado (Figura 15) terá de englobar não só as atividades logísticas tradicionais, de abastecimento, produção, distribuição e consumo, como também, as atividades associadas a logística inversa, de recolha, inspeção e separação, reprocessamento, deposição e redistribuição de resíduos recuperados.



**Figura 15:** Ciclo na Gestão da Logística Inversa na Reciclagem de Equipamentos Elétricos e Eletrônicos  
 Fonte: Elaboração Própria

Após análise da Figura 15 podemos afirmar que a principal missão é desenvolver de forma eficiente, inovadora, cooperante e responsável socialmente, atividades de reciclagem e de valorização de metais, entre outros, tendo por base os resíduos elétricos e eletrônicos, gerando uma oferta de produtos de qualidade e garantindo de forma plena e permanente a integral satisfação das organizações e populações. Desta forma, a cadeia de valor da reciclagem complementa a cadeia de valor tradicional. A existência da necessidade de encaminhamento ou tratamento de resíduos produzidos em todos os elos da cadeia, como vinculada às atividades pós consumo ao possibilitar o retorno de materiais ao ciclo produtivo, como as matérias-primas.

##### 4.1 Métodos de Localização

A localização das instalações de uma organização não pode estar dependente de princípios de *marketing*, mas sim, de formulações aritméticas que impliquem maior centralidade em relação aos pontos de venda e/ou clientes. É considerado estratégico para uma organização a sua localização geográfica e esta assume-se como um pilar basilar na decisão da sua localização,

considerando-se aquando da sua implementação dois factores relevantes, construir e/ou alugar. Existem outros indicadores que devem e têm de ser considerados contudo, um dos principais, senão o mais importante, é a sua localização. Acontece que, sobretudo por desconhecimento ou restrições financeiras, nem sempre a localização é a mais adequada. Para que a instalação seja um sucesso torna-se necessário desenvolver estudos. Existem diversos métodos na determinação da localização, quer para a indústria, quer para outras atividades. O Método do Centro de Gravidade (Carvalho, 2004), vulgarmente conhecido por Modelo Gravítico, conjuga as coordenadas dos clientes da empresa com os respetivos volumes a transportar, a fim de determinar a melhor localização, para o centro de tratamento e distribuição.

Essa relação é feita com as seguintes expressões:

$$C_x = \frac{\sum d_{ix} \cdot v_i}{\sum v_i}$$
$$C_y = \frac{\sum d_{iy} \cdot v_i}{\sum v_i}$$

Cx: coordenada horizontal do centro gravítico  
Cy: coordenada vertical do centro gravítico  
dix: coordenada horizontal do armazém i  
diy: coordenada vertical do armazém i  
vi: volume a transportar para o armazém i

**Equação 1:** O Método do Centro de Gravidade  
Fonte: Adaptado (Carvalho, 2004 - p. 244)

## 5. Estudo de Caso

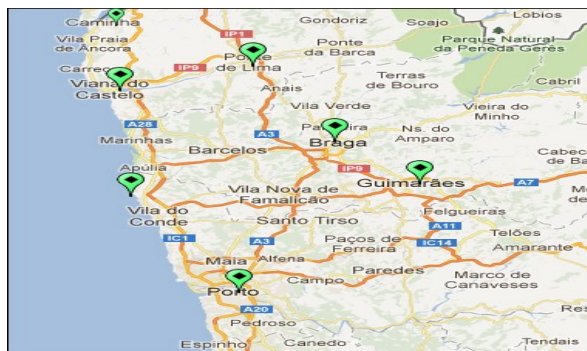
O projeto tem como objetivo a criação de uma estação de gestão e tratamento de resíduos de equipamentos elétricos e eletrónicos. Como tal, seguir-se-ão as etapas essenciais à sua criação.

### 5.1 Estudo de Localização

A primeira dessas etapas é o estudo de localização que visa encontrar o melhor local para situar a estação. O método a ser utilizado é o do centro de gravidade.

### 5.2 Aplicação Prática ao Método do Centro de Gravidade

Suponha-se que o centro trabalhará com clientes em Caminha, Viana do Castelo, Ponte de Lima, Braga, Póvoa do Varzim, Porto e Guimarães (Tabela 6). Assim, pretende-se localizá-la de forma a permitir melhores tempos de resposta face às encomendas recebidas, tornando-a mais eficiente e eficaz, note-se que os valores utilizados na rubrica valores (Ton/ano) a transportar são meramente exemplificativos.

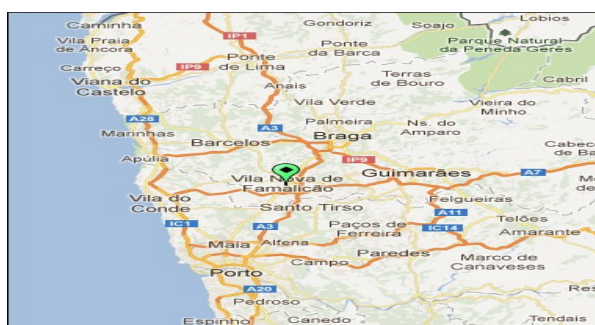


**Figura 16:** Mapa de clientes  
 Fonte: Adaptado (Google Maps)

Localização	Coordenadas		Volume a Transportar (Tn/Ano)
	X	Y	
Viana do Castelo	-8,69	41,336	9
Porto	-8,55	41,071	11
Braga	-8,388	41,523	10
Póvoa do Varzim	-8,748	41,381	7
Ponte de Lima	-8,542	41,755	3
Caminha	-8,828	41,864	4
Guimarães	-8,212	41,416	7

**Tabela 6:** Localização dos Clientes<sup>17</sup>  
 Fonte: Elaboração Própria

A partir da análise efetuada aos dados, com o Modelo Gravítico, a localização ideal para a estação seria em Vila Nova de Famalicão (41.399,-8.545). Esta localização tem como mais-valia a existência de fábricas abandonadas podendo-se incorporar novamente estes espaços e tendo esta vias dedicadas ferrovia e rodoviário, reduzindo os custos e alavancando o projeto. Devendo também ter em consideração alguns cenários, nomeadamente as atuais perdas de EEE que se aproxima das 80 mil toneladas de matéria-prima que deveria ser valorizada e incorporada nos processos produtivos. Desta forma serão criadas as condições para abarcar estes EEE de forma a maximizar os proveitos.



**Figura 17:** Localização Ideal para a Estação REEE  
 Fonte: Adaptado (Google Maps)

<sup>17</sup> Localização de Clientes – Considerando-se proporcional à população residente (valores obtidos através do calculando o PIB per capita). O PIB per capita é um indicador muito utilizado na macroeconomia/microeconomia, e tem como objetivo calcular a economia de um país, estado, ou região. Esses indicadores dizem-nos os consumos e gastos efetuados pelas populações.

## 6. Processos de Valorização dos Resíduos de EEE

Este estudo consiste no desenvolvimento de um processo de valorização de resíduos de equipamentos elétricos eletrônicos (REEE) em fim-de-vida, tendo como objetivo principal recuperar os metais ferrosos e não ferrosos, em particular, nas placas de circuito impresso (PCI). As PCI são componentes importantes dos REEE devido não só ao valor dos materiais que as compõem, mas também, à toxicidade de alguns dos seus constituintes. A reciclagem deste resíduo possibilita a recuperação dos materiais aí contidos nomeadamente os da fração metálica, com os benefícios económicos subjacentes, evitando os problemas e custos associados à deposição em aterro e contribuindo para a preservação dos recursos naturais. O processo de tratamento das PCI, entre outros resíduos, consistiu na aplicação de tecnologias de natureza física e química, envolvendo várias etapas e processos:

- **Processo de Reciclagem Mecânica** que visa a separação física dos componentes, podendo ser realizada através da redução de tamanho (moagem), separação granulométrica, separação densitária, separação eletrostática e separação magnética (reciclagem mecânica é comumente aplicada como um pré-tratamento visando concentrar os metais para posterior recuperação). A redução de tamanho é usada para libertar os metais de outros componentes, expondo-os para aumentar as taxas de extração dos processos de recuperação subsequentes (Lee, Chang, Fan, & Chang, 2004); (Kasteren, Schijndel, & Ron, 2000); (Feldmann & Scheller, 1994); (Stevens, Thomas, & Fotea, 2005); (Touzé, Save, Menad, Lucion, & Hubaux, 2008).
- **Processo Pirometalúrgico** é baseado na separação térmica dos materiais. O processamento pirometalúrgico (incineração, fundição em forno elétrico a arco, escorificação, sintetização e reações em fase gasosa a altas temperaturas) tem sido o método tradicional para recuperar metais não-ferrosos e metais preciosos dos resíduos de equipamentos eletroeletrônicos e eletrônicos, em especial das PCI, nas últimas duas décadas. A recuperação de metais a partir de REEE através de processamento pirometalúrgico, de forma geral, envolve a redução direta dos óxidos metálicos a temperaturas acima de 1000 °C, formando como subprodutos, a escória (contendo óxidos de ferro e alumínio) (Guo, Guo, & Xu, 2009); (Zhang, Zuo, Kers, Peetsalu, & Goljandin, 2008).
- **Processo Hidrometalúrgico** que pode ser definido como o processo que se realiza entre a interface de uma fase sólida com uma fase líquida, com a temperatura podendo variar de 10°C a 300°C. Comparado com os processos pirometalúrgicos, os processos hidrometalúrgicos têm menor custo, reduzem o impacto ambiental (visto que não há geração de gases tóxicos), taxa de recuperação de metais (99%), além de serem aplicáveis para escalas menores. As principais etapas do processamento hidrometalúrgico consistem numa série de lixiviações ácidas ou cáusticas do material sólido (Kamberović, Korać, Ivšić, Nikolić, & Ranitović, 2009).

- **Processamento Biometalúrgico** que se define pela recuperação de metais de resíduos de material eletrónico através da biotecnologia. Tem sido um dos processos mais promissores. Apesar deste método estar bastante desenvolvido no que respeita ao processamento de minérios, a sua aplicação à reciclagem de resíduos está ainda pouco estudada e documentada na literatura (Oh & Lee, 2003).
- **Processamento Físico** que envolve a fragmentação dos resíduos e em particular das PCI e posterior separação dos materiais constituintes com base nas suas propriedades físicas, nomeadamente propriedades magnéticas, eletrostáticas, tamanho de partículas e densidade, utilizando-se variados métodos de separação como por exemplo separação magnética, separação eletrostática, separação por densidade, separação por correntes de Foucault (Williams, 2006); (Kirchner, Timmel, & Schubert, 1999); (Rem, Leest, & Akker, 1997); (Dalmijn, 1990).

A figura abaixo descreve o processo de valorização de REEE, com forte incidência na reciclagem das PCI.

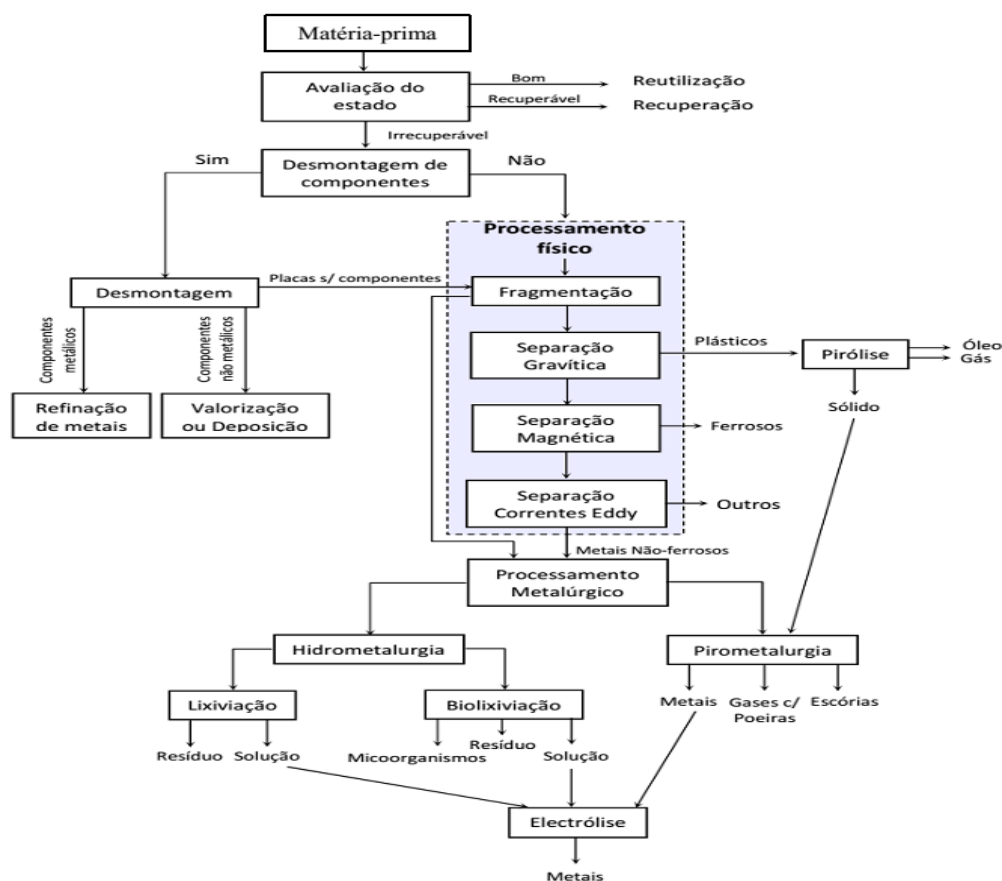


Figura 18: Diagrama Geral dos Processos de Tratamento de Resíduos  
Fonte: Adaptado (J. Cui, L. Zhang, 2008)

**O Processo de Incineração** (Figura 19) consiste na queima de resíduos, realizado sob alta temperatura, entre os 900 e os 1 250°C, com tempo controlado.

Neste ocorre a decomposição térmica via oxidação a alta temperatura da parcela orgânica dos resíduos transformando-os numa fase gasosa e a outra sólida, reduzindo o volume, o peso e as características de perigosidade dos resíduos. Esta permite uma redução do volume inicial até cerca de 90 %. Deste processo resultam como produtos finais a energia calorífica (que é transformada em energia elétrica ou vapor), águas residuais, gases, cinzas e escórias. A correta gestão dos resíduos, pressupõe uma adequada triagem a montante do processo, de modo a garantir que são encaminhados para incineração apenas resíduos indiferenciados, não sujeitos a separação seletiva. Apresenta como principais vantagens a valorização energética dos resíduos, a monitorização *on-line* contínua de todo o processo e o controlo das emissões atmosféricas, permitindo ainda flexibilidade na forma de receção dos resíduos (tambores, caixas, fardos, sacos e *big-bags*) (Menad, Bjorkman, & Allain, 1998); (Schippers, 2007).

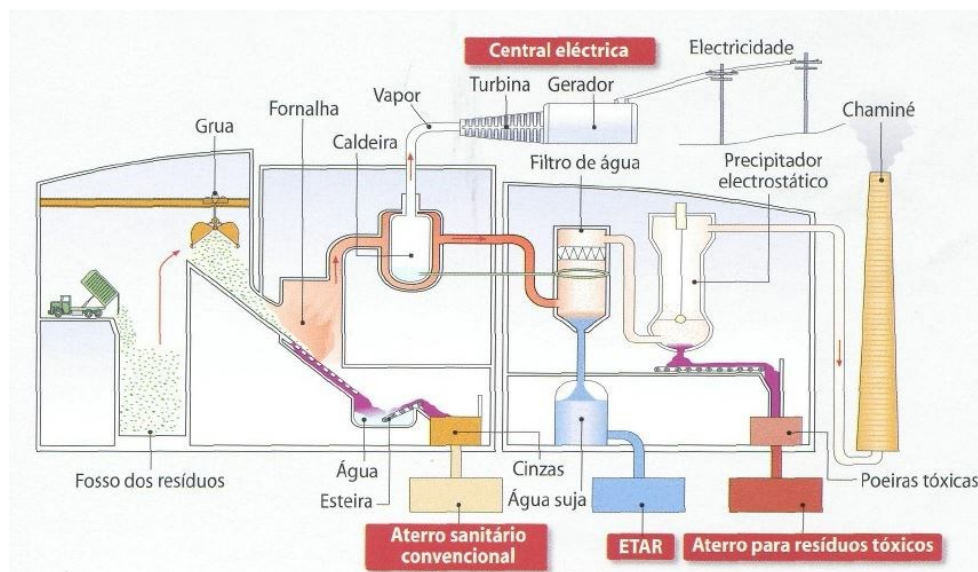


Figura 19: Processo de Incineração de Resíduos  
 Fonte: Adaptado (Nuno Correia, 2008 - p. 25)

## 7. Definição da Estratégia e do Processo para a Gestão da Logística Inversa na REEE

Atualmente, associado à crescente consciencialização das pessoas e instituições para os problemas de índole ambiental e económica, à preocupante escassez de matérias-primas a nível mundial e ao elevado aumento da procura de produtos "amigos" do ambiente (logística verde), surgiu a necessidade de gerir um fluxo logístico inverso ao tradicional (entre o ponto de consumo final e o de ponto de origem), criando-se o conceito de logística inversa. Como já descrito anteriormente, a missão da logística inversa é, planejar, implementar e controlar de um modo eficiente e eficaz a recuperação de resíduos preconizando a redução do consumo de matérias-primas, recorrendo a meios como a reciclagem, a substituição e a reutilização de materiais, a deposição e a reparação e o re-fabrico de produtos, fechando o circuito da cadeia de abastecimento. Alguns autores (Ballou, 1987); (Carvalho, 2004); (Dias, 2005) atribuem a designação de inverso apenas quando os sentidos dos fluxos partilham o mesmo canal de

distribuição. No entanto, admite-se que na fase de recuperação dos resíduos se utilize diferentes canais de distribuição. Os produtos a recuperar devem ser introduzidos no fluxo inverso por diversas razões: devoluções ao nível do fabricante, devoluções comerciais (B2B<sup>18</sup>, B2C<sup>19</sup> e B2G<sup>20</sup>), retornos do produto dentro da garantia, produtos em fim de utilização e produtos em fim-de-vida útil. Dependendo do estado do produto, das obrigações contratuais com o vendedor e da procura, as empresas podem ter várias opções quanto ao modo de os recuperar. Em qualquer fluxo inverso, um dos objetivos cruciais é recuperar o maior valor possível dos produtos. Para atingir este objetivo, devem ser realizadas, sequencialmente, as seguintes etapas: recolha, inspeção e separação, reprocessamento, deposição e/ou redistribuição.

Torna-se assim, necessário desenvolver instalações de processamento e armazenagem de resíduos, bem como sistemas de transporte que liguem de modo eficaz, os pontos onde os resíduos são recolhidos às instalações onde serão sujeitos à(s) operação(ões) de tratamento, reprocessamento e/ou deposição. Contudo, devemos considerar que existe um conjunto de paradigmas que podem ser identificados num sistema de logística inversa. O mais relevante está associado à centralização e descentralização do sistema de gestão (Carvalho, 2004). Num sistema descentralizado, todas as decisões relativas ao destino a dar ao resíduo são tomadas ao nível do retalhista. Embora sejam evitados alguns custos de transporte, uma vez que os resíduos não são todos encaminhados para um centro de processamento central, o custo total de transporte dos produtos aumenta, uma vez que todos os produtos provenientes de mercados secundários estão dispersos na rede de pontos de venda da organização e, direta ou indiretamente, o retalhista tem de pagar o custo de recolha destes. A centralização da recolha dos resíduos é mais eficiente do que se for realizada por centros de distribuição. Centralizar o fluxo inverso cria volumes maiores, o que promove não só a constituição de massa crítica para a aquisição de equipamento especializado, como também focaliza as atividades na logística inversa. Esta, no passado, tem sido considerada um módulo independente da cadeia de abastecimento tradicional. Focaliza-se essencialmente na gestão dos processos que ocorrem no sentido inverso na cadeia de abastecimento. A otimização dos processos que lhe estão afectos é realizada localmente. Se for integrada na cadeia de abastecimento pode contribuir para uma maior redução tanto dos custos globais de toda a cadeia de abastecimento como do impacto ambiental, apesar da sua complexidade aumentar. Com a integração da logística inversa na cadeia de abastecimento, verifica-se que:

- O planeamento da rede de transportes é mais complexo;
- Os prazos de entrega/aprovisionamento são maiores, uma vez que passa a ser necessário incluir o tempo associado à recolha dos produtos;

---

<sup>18</sup> B2B – *Business to Business*

<sup>19</sup> B2C – *Business to Commerce*

<sup>20</sup> B2G – *Business to Government*

- É necessário maior espaço de armazenagem, uma vez que os produtos a recuperar têm de ser armazenados;
- São necessários sistemas de informação mais complexos pois têm de incluir o "seguimento/acompanhamento" dos produtos em recuperação;
- É necessário mais formação, dado que é preciso formar os trabalhadores para a realização das atividades associadas a gestão dos resíduos.

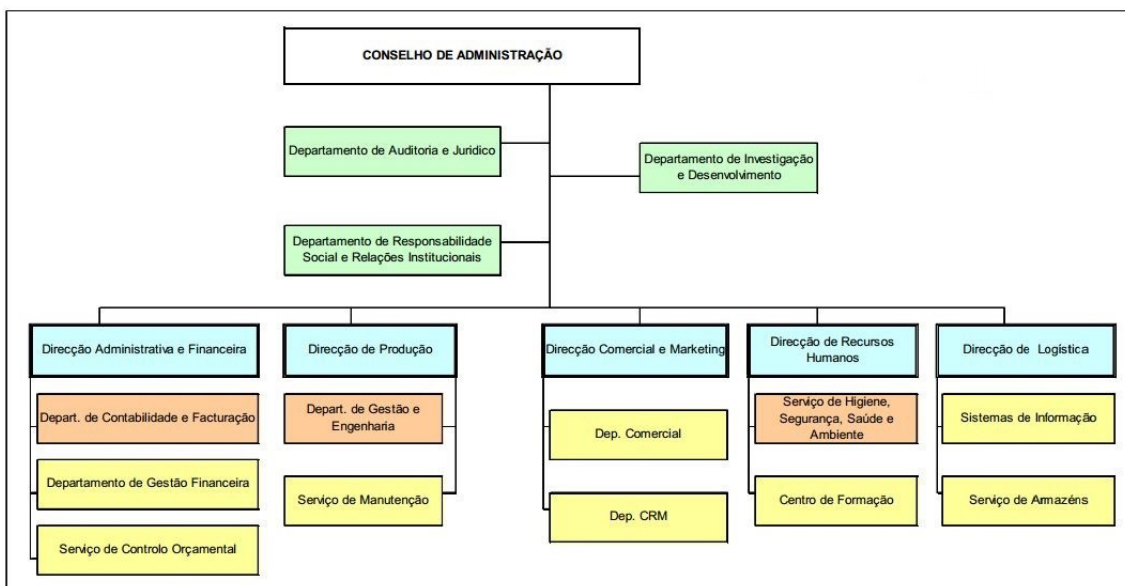
A visão deste estudo traduz, de uma forma abrangente, um conjunto de intenções e aspirações para o futuro. É imperativo uma estratégia através da qual se obtenha e mantenha o bom desempenho da organização. Assim, devemos ter em consideração os seguintes pontos:

<b>Parcerias Estratégicas</b>	Identificação de Necessidades Específicas e Definição de Objetivos Identificação de Parceiros Potenciais Definição Conjunta de Manual da Parceria Implementação Monitorização e Avaliação
<b>Estratégia de Inovação, Investigação e Desenvolvimento</b>	Identificação de Áreas Específicas de IDI Identificação de Necessidades Estruturação de Parcerias Estratégicas Aquisição dos Meios Necessários Implementação Monitorização e Avaliação
<b>Internacionalização</b>	Identificação e Avaliação de Mercados Alvo Elaboração de Plano Operacional de Abordagem aos Mercados - Seleccionados (Objetivos, Ações, Meios Necessários, etc) Implementação das Ações do Plano Monitorização e Avaliação
<b>Responsabilidade Social</b>	Definição e Divulgação da Política de Responsabilidade Social Elaboração de Plano de Ações de Responsabilidade Social Implementação das Ações do Plano Monitorização e Avaliação

**Tabela 7:** Estratégias e Ações  
Fonte: (Carvalho, 2010)

A estrutura orgânica e a forma como a empresa organiza os seus recursos humanos, tendo em vista a realização dos seus objetivos. Torna-se assim necessário, em cada momento, fixa-la, no sentido de melhor ser compreendida. A estrutura orgânica é representada pelo organigrama geral - conselho de administração e órgãos dele diretamente dependentes, assim como os organigramas detalhados de cada um destes órgãos, com a descrição das suas Finalidades e Atribuições.

Assim, para se obter um serviço sustentável será necessário ter uma estrutura bem definida, ao nível de conhecimento técnico e/ou científico. Assim, a estrutura organizacional proposta para alavancar este estudo da gestão da logística inversa na REEE, define-se pelo seu organigrama e estrutura de colaboradores representados na Figura 20 e na Tabela 8. Sendo que na estrutura de colaboradores esta reflete uma simbiose perfeita entre o *know-how* tecnológico e a investigação técnica e/ou científica.



**Figura 20:** Organograma – Gestão da Logística Inversa na REEE  
 Fonte: Elaboração Própria

Área	Descrição da Equipa
Administração	3 Membros
Auditoria e Jurídico	1 Auditor 1 Jurista
Investigação e Desenvolvimento	2 Engenheiros de Materiais 1 Engenheiro Químico 1 Engenheiro em Física
Produção e Logística	2 Gestores Logísticos 1 Engenheiro de Produção 1 Engenheiro Eletrotécnico 4 Motoristas 4 Fiéis de Armazém 2 Técnicos de Equipamentos 6 Técnicos de Separação 1 Controlo de Qualidade
Administrativa & Financeira	1 Gestor Administrativo-Financeiro 2 Técnicos Administrativos-Financeiros
Comercial & Marketing	1 Responsável de Marketing 4 Comercial
Qualidade, Ambiente e Segurança	1 Engenheiro do Ambiente 2 Técnicos
Outros	2 Seguranças

**Tabela 8:** Estrutura de Colaboradores  
 Fonte: Elaboração Própria

### 7.1 Fluxograma

Atualmente, é possível encontrar numa tonelada de REEE, cem vezes mais metais preciosos do que na fonte primária de matérias-primas. Em média a reciclagem permite a recuperação de: 50% de metais; 30% de plástico; 10% de vidro e 10% de outros materiais. A gestão da logística inversa na REEE é a pedra angular para obtenção do sucesso na criação deste projeto e nesse

sentido apresenta-se o fluxograma com os processos que irão compor as operações da estação de gestão e tratamento de REEE. Após enumerar no ponto imediatamente anterior (Processos de Valorização dos Resíduos de EEE) alguns dos processos possíveis de tratamento dos REEE é primordial referir o processo escolhido para obter a maximização na gestão da logística Inversa na valorização dos REEE.

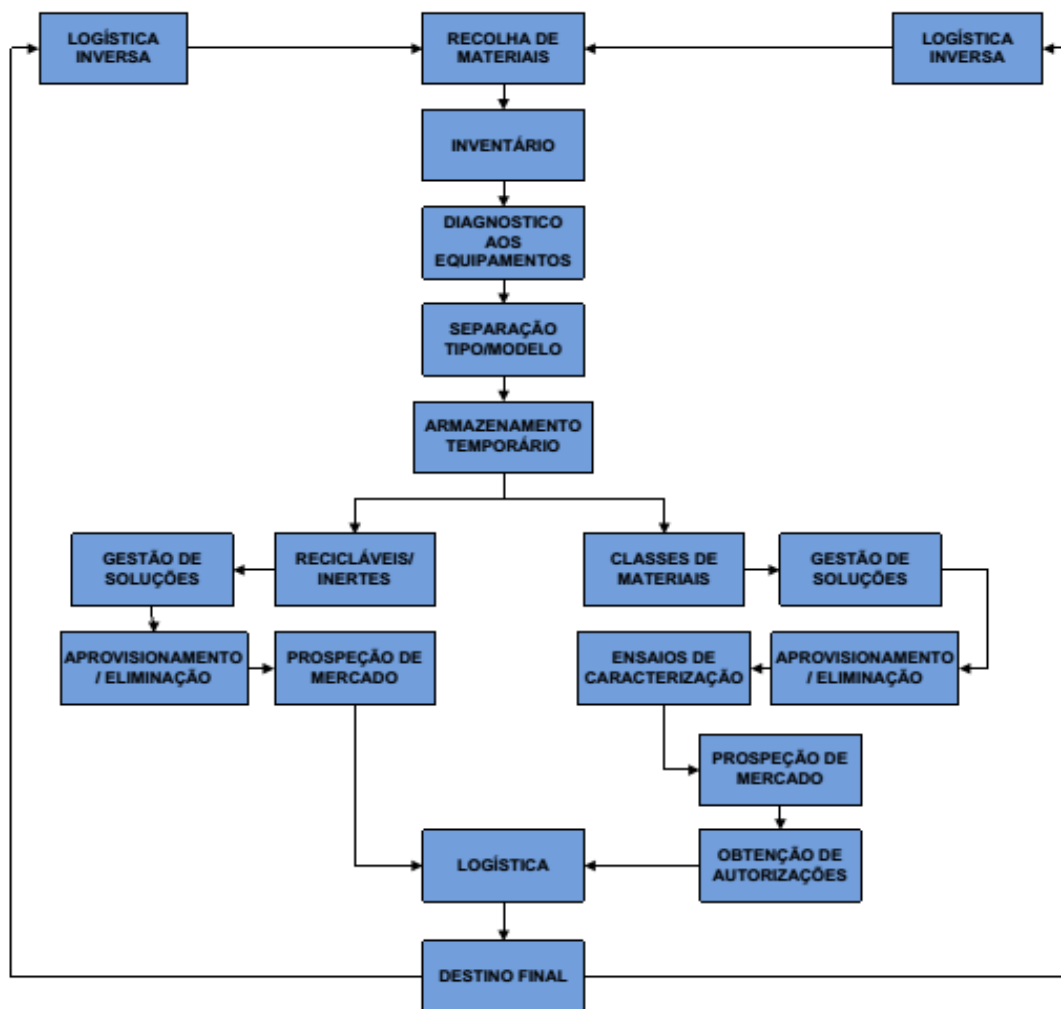


Figura 21: Fluxograma da Estação e Cadeia de Valor  
Fonte: Elaboração Própria

Conjugando todos os fatores referidos neste trabalho, nomeadamente as questões legais, os processos físicos e químicos, entre outros. O processo escolhido (Figura 18) é a conjugação entre o processo de reciclagem mecânica e a separação seletiva das matérias-primas através de uma linha de desmontagem em série. Normalmente, para cada uma das etapas existem operadores especializados. A eficiência de toda a cadeia de reciclagem depende da eficácia em cada etapa e da forma como os interfaces<sup>21</sup> são geridos, sendo um processo com uma elevada interdependência.

<sup>21</sup> Interfaces - “O conceito de Interface é amplo, pode expressar-se pela presença de ferramentas para o uso e movimentação de qualquer sistema de informações, seja ele material, seja ele virtual. O dicionário define interface como o conjunto de meios de planeamento sejam eles físicos ou lógicos com vista a fazer a adaptação entre dois

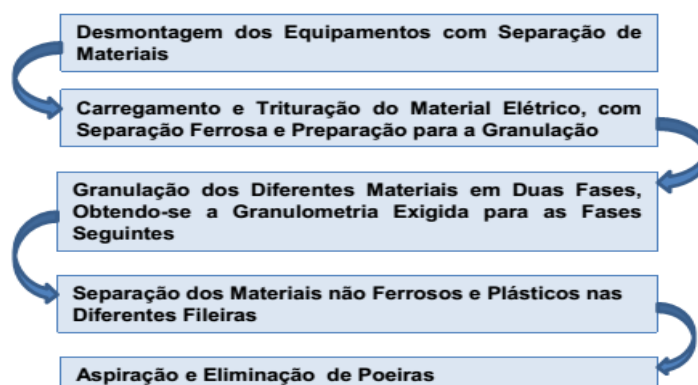
Se por um lado os investimentos e os requisitos tecnológicos são pouco expressivos na fase de recolha, por outro, a desmontagem, o pré-processamento mecânico e, especialmente a recuperação metalúrgica de metais, exigem investimentos consideráveis em tecnologias avançadas para lidar com os materiais heterogêneos e complexos. Esta separação de materiais, plásticos, vidros, metais ferrosos e não ferrosos, entre outros, é efetuada por classes e alocada em *big-bags*, que são posteriormente enviados para as respetivas instâncias (Figura 13). Desta forma, atuamos na parte inicial do problema onde se concentra o maior desperdício. A Tabela 9 elucida melhor o processo.

<b>Recolha de Materiais</b>	Recolha de materiais nos contentores e ecopontos
<b>Inventário</b>	Inventário de todo o material recolhido
<b>Diagnóstico aos Equipamentos</b>	Verificar o estado dos equipamentos recolhidos e a sua “aptidão” para a reciclagem
<b>Separação por Tipo &amp; Modelo</b>	Separação do material recolhido consoante a sua tipologia
<b>Armazenamento Temporário</b>	Armazenamento temporário do material antes de entrar no processo de reciclagem
<b>Recicláveis/Inertes</b>	Separação do que é reciclável e do que é para incinerar/aterro
<b>Classes de Materiais</b>	Separação de materiais pela sua origem (ouro, cobre, platina, aço, ferro, plástico, vidro, LCD, etc)
<b>Gestão de Soluções</b>	Análise e tomada de decisão sobre o futuro dos materiais
<b>Aproveitamento/Eliminação</b>	Após reciclados, separar o que se vai aproveitar do que se vai eliminar
<b>Ensaio de Caracterização</b>	Ver a qualidade dos materiais e o seu tipo
<b>Prospecção de Mercado</b>	Ver o que o mercado necessita e os possíveis clientes
<b>Obtenção de Autorizações</b>	Para o transporte de ouro, cobre, platina, produtos tóxicos, etc
<b>Logística</b>	Recolha de materiais, expedição e distribuição
<b>Destino Final</b>	Colocar os produtos obtidos no mercado
<b>Logística Inversa</b>	Aproveitar os <i>timings</i> de entrega para fazer a recolha de matéria-prima

**Tabela 9:** Descrição da Cadeia de Valor  
 Fonte: Elaboração Própria

## 7.2 Processo Produtivo

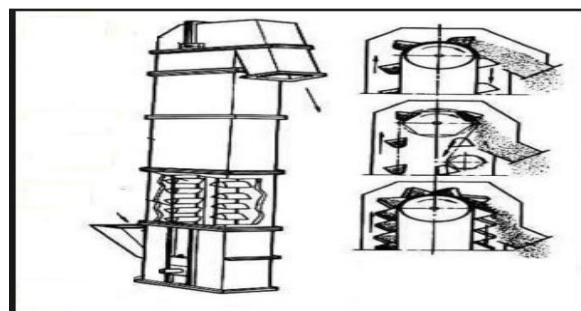
Todas as fases do processo de reciclagem são monitorizadas laboratorialmente, garantindo a correta separação dos materiais e a qualidade dos granulados finais, procedendo-se ainda à avaliação dos produtos nocivos que necessitam de tratamento posterior. O processo produtivo da REEE é constituído pelas seguintes fases como mostra a Figura 22.



**Figura 22:** Fases do Processo Produtivo  
 Fonte: Elaboração Própria

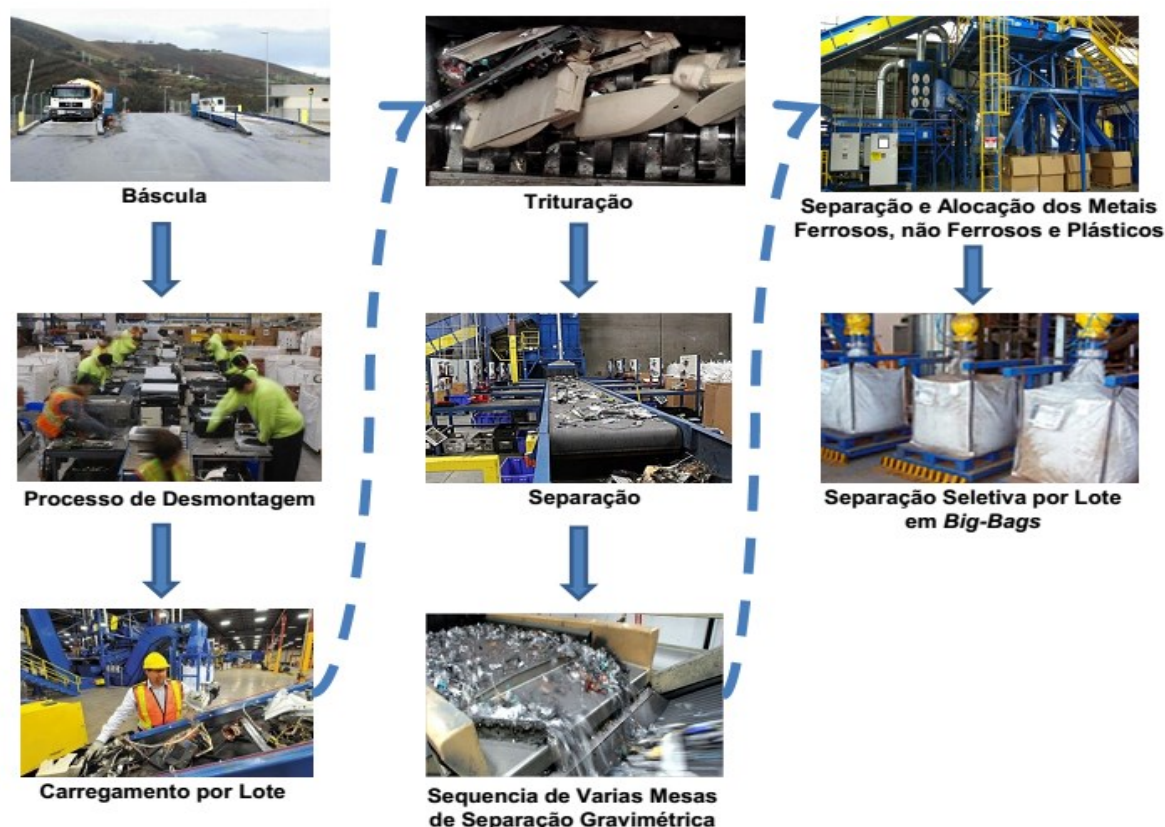
sistemas para se obter um certo fim cujo resultado possui partes comuns aos dois sistemas, ou seja, o objeto final possui características dos dois sistemas” Fonte: (Aurélio, 2004).

Genericamente, o processo de reciclagem inicia-se com a pesagem, numa báscula ou balança, dos EEE. É verificada a proveniência da carga e o tipo de equipamentos que a compõe, seguindo-se o preenchimento de um documento de acompanhamento dos resíduos. O local onde o material é armazenado deverá estar equipado com sistemas de proteção e de segurança e ambientais, como é o caso das águas pluviais. A fase seguinte compreende o processo de desmontagem. Os diferentes materiais que dão entrada na unidade são separados, de acordo com as suas diferentes categorias, sendo posteriormente desmontados de modo exaustivo em mesas apropriadas para o efeito. É então, efetuada a separação dos diferentes componentes, como motores, metais (pré-separação - ferrosos e não ferrosos), vidros, plásticos, borrachas e outros, assim como de componentes perigosos, como condensadores, termostatos, entre muitos outros. Os componentes tóxicos são separados no início do processo, com a finalidade de não comprometer o funcionamento correto da linha de reciclagem e por inerência, o seu tratamento adequado junto de outras entidades. Os materiais pré separados são armazenados em contentores e caixas apropriadas, para posterior valorização, tratamento ou eliminação. O carregamento, trituração e separação da componente ferrosa constituem operações realizadas na fase seguinte. Os diversos elementos são conduzidos seletivamente para o triturador por meio de um transportador de rolos, regulando-se a alimentação em contínuo. Após a passagem no triturador obtém-se uma mistura de materiais de reduzidas dimensões. Esta é obtida através das definições inseridas numa grelha que condiciona a dimensão do *output*. O interior do triturador é revestido por placas especiais para reforço, que são periodicamente substituídas. O material triturado é então transportado através de um tapete rolante equipado com um separador magnético que tem como função a remoção dos fragmentos ferrosos existentes no fluxo dos elementos. Estes seguem um fluxo continuado de modo a permitir a alimentação dos granuladores finais e contiguamente o material é conduzido por um sistema dinâmico até um acumulador intermédio. Posteriormente, o material é enviado pelo tapete rolante para o primeiro granulador. A sua função consiste em reduzir a dimensão das partículas para valores na ordem dos 5 a 7 mm, de modo a permitir uma separação correta entre os metais não ferrosos, plásticos e outros. Desta forma, um elevador de alcatruzes (Figura 23) alimenta o segundo granulador, para uma nova redução da dimensão dos materiais, para valores na ordem dos 2.5 a 4 mm. A fase seguinte consiste em novo processo de separação dos materiais não ferrosos e plásticos.



**Figura 23:** Elevador de Alcatruzes  
Fonte: <http://www.dima-equipamentos.pt>

Os elementos provenientes do segundo granulador são transportados para as mesas de separação gravimétrica/tamisadores, onde se dá a separação entre as partículas de densidade elevada e baixa, ou seja, materiais ferrosos e não ferrosos, entre outros. Na primeira mesa é retirado essencialmente o cobre fino (completamente separado). Na segunda mesa gravimétrica, ocorre sobretudo a separação dos metais ferrosos e não ferrosos dos plásticos. Os diferentes materiais não ferrosos obtidos nas mesas de separação são armazenados em pequenos contentores e posteriormente em *big-bags*<sup>22</sup>, enquanto os plásticos granulados são colocados e separados diretamente em *big-bags*. Na fase seguinte é acionado o sistema de aspiração para eliminação de poeiras. Todos os equipamentos possuem sistemas de sucção para minimização das partículas no meio envolvente, respeitando a legislação e contribuindo deste modo para melhorar as condições ambientais dos operadores. Note-se que, sempre que ocorre a libertação de partículas em áreas indevidas, existe um outro sistema de retenção destas. Os granuladores e mesas gravimétricas, onde a quantidade de poeiras é mais elevada, ficam ligados a ciclones onde se processa uma separação com retorno de alguns materiais. O ar proveniente dos ciclones é conduzido aos filtros para a separação de poeiras, que serão posteriormente descarregadas para *big-bags* e reencaminhadas para os respetivos sítios. O esquema abaixo demonstra o Processo Produtivo.



**Figura 24:** Esquema Simplificado do Processo Produtivo  
 Fonte: Elaboração Própria

<sup>22</sup> *Big-Bag* - É um equipamento de fácil manuseio, tanto para carga quanto para descarga, reduzindo a necessidade de mão-de-obra, custos em fretes, tempo de carga e descarga. Este é utilizado para vários fins, nomeadamente para a gestão de granulados, ou seja, resíduos verdes.

### 7.3 Casos Práticos de Reciclagem dos Materiais

Seguidamente apresentam-se alguns materiais que poderão ser extraídos dos componentes de alguns equipamentos elétricos e eletrónicos. No caso concreto exemplificar-se-á com um computador portátil e com um telemóvel (Tabela 10).

Computador Portátil		Descrição
Monitores		O monitor tem materiais com valor significativo para reciclagem, como o vidro e o plástico, contudo as organizações não-governamentais geralmente precisam de pagar para se desfazer deles. Muitos contêm lâmpadas contaminadas com mercúrio.
Baterias		Atualmente, as baterias são de lítio, metal menos tóxico que as ligas de níquel-cádmio. O baixo volume enviado para reciclagem dificulta a viabilidade do processo, que em Portugal é feito junto com o tratamento de resíduos industriais.
Carcaças		A carcaça é de alumínio e plástico. O alumínio é rentável para reciclar, mas a parte plástica é um pouco mais complicada. Há até seis tipos diferentes de plásticos na carcaça, 3% dos quais está contaminado por compostos tóxicos.
Teclados		Os teclados contêm plástico e metal que podem ser extraídos.
Memórias RAM		Segundo alguns estudos, o fabrico de um chip de memória consome 1.7 kg de combustíveis fósseis e produtos químicos, o que representa 400 vezes o seu peso.
Processadores		Existem metais nobres nos processadores, no entanto, a sua reciclagem é prejudicial à saúde e só deve ser feita por empresas especializadas.
Disco Rígidos		O <i>hard drive</i> (HD), como outras peças, rende pouco se estiver montado. Inteiro, 1 kg vale mais ou menos 10 euros. Quando está desmontado, o valor aumenta. Um kg de placas de HD pode ascender a 40 €.
Motherboards		Nas placas encontram-se 2300 peças, que contêm 16 metais nobres. Mas as placas também têm elementos tóxicos como mercúrio, chumbo e estanho, perigosos para o solo e para a água.
Drives DVD		O <i>drive</i> de DVD é a peça que mais contém ouro no <i>laptop</i> . O metal está no <i>flat</i> que lê o sinal de áudio nos discos.
Parafusos		Os parafusos dificultam a desmontagem. Em média num portátil há 91, 50 deles para fixar as peças. Se elas fossem encaixadas, como nos <i>laptops</i> ecológicos, poderia haver só 9.

Telemóveis	Descrição	
Baterias		As baterias dos telemóveis contêm cobalto, níquel, cobre, entre outros. Podem assim, ser aproveitadas para novas baterias, aço inoxidável, alto-falantes, entre outros.
Carcaças		As carcaças dos telemóveis contêm ouro, paládio, cobre, etc. Podem ser aproveitadas para jóias, componentes eletrónicos, aplicações médicas, entre outras.
Capas		As capas dos telemóveis são feitas de plástico. Podem assim ser aproveitadas para cones de trânsito e outros.
Embalagens		As embalagens dos telemóveis são feitas de cartão. Podem assim ser aproveitadas para jornais, caixas, embalagens de ovos, etc.

Tabela 10: Reciclagem e Valorização

Fonte: (Executive, 2015)

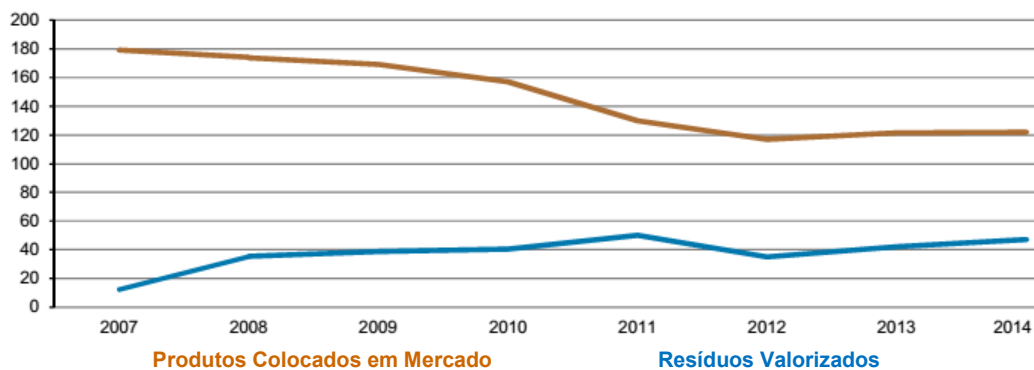
## 8. Gestão de Resíduos e Valorização em Portugal

O atual reconhecimento pelas várias instituições e agentes económicos da relevância da questão da sustentabilidade dos recursos naturais e das questões ambientais nas atividades industriais, advém dos significativos impactos gerados pelos EEE. Atualmente, a premência e o aprofundamento das novas abordagens aos processos de conceção e desenvolvimento dos produtos criará uma simbiose perfeita com a gestão da logística inversa de resíduos. Esta é caracterizada pela adopção de novas estratégias fazendo face à rápida obsolescência dos equipamentos e a conseqüente geração de vastas quantidades de produtos usados. Seguidamente são apresentados alguns dados referentes ao processo da Gestão de Resíduos e Valorização em Portugal <sup>23</sup>.

### 8.1 Fluxos de REEE

Atualmente a vida útil dos EEE é relativamente longa (normalmente superior a 1 ano) implicando um controlo eficiente no que concerne à produção e venda, considerando o espaço temporal entre a entrada no mercado e o final da sua vida útil, momento em que se torna resíduo. A Figura 25 retrata os produtos colocados em mercado e os REEE valorizados durante os anos de 2007 a 2014. Existe uma acentuada divergência entre os anos de 2007 a 2010. Este facto prende-se com a criação das entidades responsáveis pela gestão do fluxo de REEE. As entidades foram criadas, uma em 2002 e outra em 2005.

<sup>23</sup> Os dados apresentados relativos à recolha e tratamento de REEE correspondem exclusivamente ao universo das Entidades Gestoras



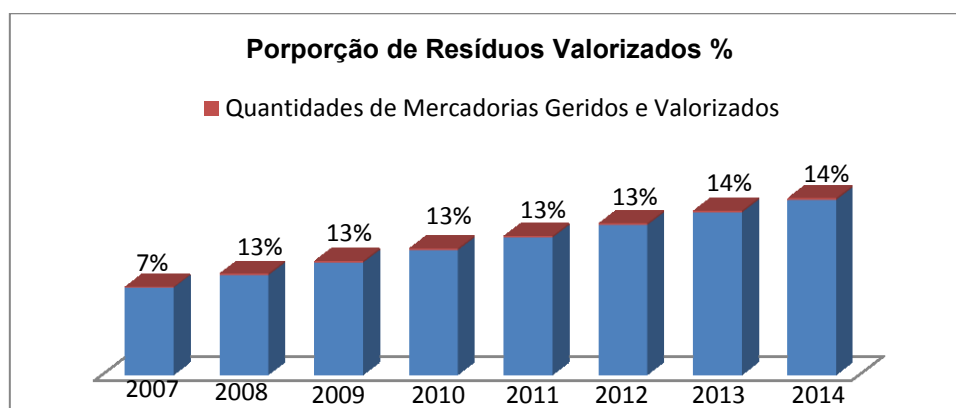
**Figura 25:** Fluxos em Toneladas de REEE  
Fonte: Adaptado (APA)

Após o ano de 2010 verificamos uma maior convergência entre as curvas relativas aos novos produtos colocados no mercado e aos REEE, o que reflete a maturidade das entidades. Em 2014, as curvas apresentam uma tendência crescente, a quantidade de produtos colocados no mercado evoluiu em termos relativos, apenas 0,3%, em comparação com as quantidades de REEE, registrando um acréscimo de 13%.

Fluxo Específico de REEE	Quantidades de Materiais Geridos e Valorizados							
	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Total Colocado em Mercado (t)	179089	173812	169049	157065	129732	117001	121582	121944,35
Total Recolhido (t)	25851,2	41231,4	45190	46660	55779	39808	44499,25	50255
Total Valorizado (t)	12556,8	35463,2	38733	40549	50140	35088	42076	47019
Proporção de Resíduos Valorizados* (%)	48,57	86,01	85,71	86,90	89,89	88,14	94,55	93,56

\* Proporção de resíduos valorizados relativamente ao total de resíduos recolhidos.

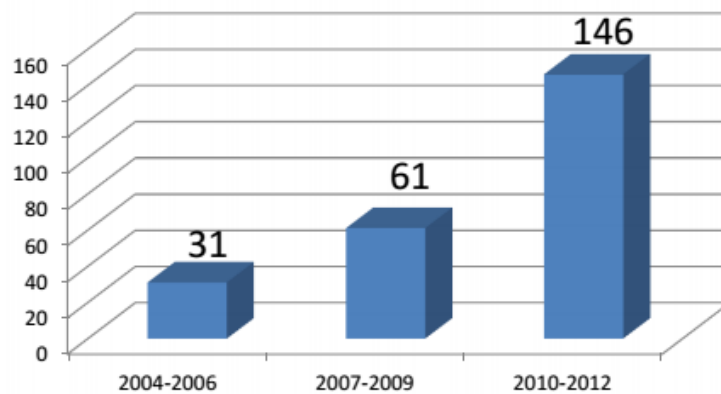
**Tabela 11:** Fluxos Específicos de Resíduos Gerados, Recolhidos e Valorizados  
Fonte: Adaptado (EResíduos, 2014 quadro 5 – INE)



**Figura 26:** Fluxos Específicos de Resíduos Geridos e Valorizados em %  
Fonte: Adaptado (EResíduos, 2014 quadro 5 - INE)

De acordo com a tabela 11, num espaço de 8 anos, entre 2007 e 2014, verifica-se segundo o indicador do total de EEE colocados no mercado, uma diminuição clara destes equipamentos, e em especial durante o período de 2007 a 2011.

Nos anos imediatamente a seguir podemos aferir uma estabilização do mercado. Esta quebra no aumento de EEE prende-se de forma direta com a crise económica dos últimos anos. Ainda assim, constatamos um aumento de 2007 a 2014 na colecta dos EEE, fruto de uma melhor gestão. Verificamos também, um incremento na valorização e reciclagem dos EEE. Podemos assim aferir que a taxa de valorização dos REEE em função da colecta se situa nos 93,6% em 2014. Contudo, é importante refletir-se que não existe uma diminuição clara na compra de matérias-primas nobres, como se observa na Figura 27, em particular no período de 2010 a 2012 em que é notório o impacto na exploração de metais, ou seja, é extremamente relevante o trabalho já desenvolvido na área do REEE, nomeadamente a valorização e reintrodução das matérias-primas nas cadeias produtivas, mas estas ainda têm um impacto pouco expressivo na indústria. O próximo passo deverá ser uma reciclagem de excelência, sendo esta mais eficiente e eficaz. Nesse sentido, seguramente, é uma mais-valia a gestão da logística inversa na REEE, contribuindo para a sua melhoria e para a otimização dos processos.



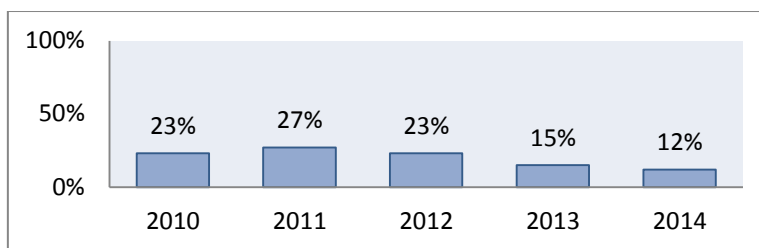
**Figura 27:** Exploração de matérias-primas (metálicas) em Portugal  
Fonte: Adaptado (Comunidade Portuguesa das Matérias-Primas Mineraiis)

## 8.2 Custo na Valorização dos REEE

Atualmente os objetivos nas políticas ambientais na UE são, em particular, a preservação, a proteção e melhoria da qualidade do ambiente, e tendo como foco principal a utilização prudente e racional dos recursos naturais. Esta política baseia-se no princípio da sustentabilidade e nos princípios da ação preventiva, evoluindo para o poluidor-pagador. Esta mudança de paradigmas leva-nos também a fazer uma análise profunda dos custos na valorização dos REEE em Portugal nos últimos anos. Seguidamente será abordado a evolução do custo na valorização dos REEE.

### Equipamentos Elétricos e Eletrônicos

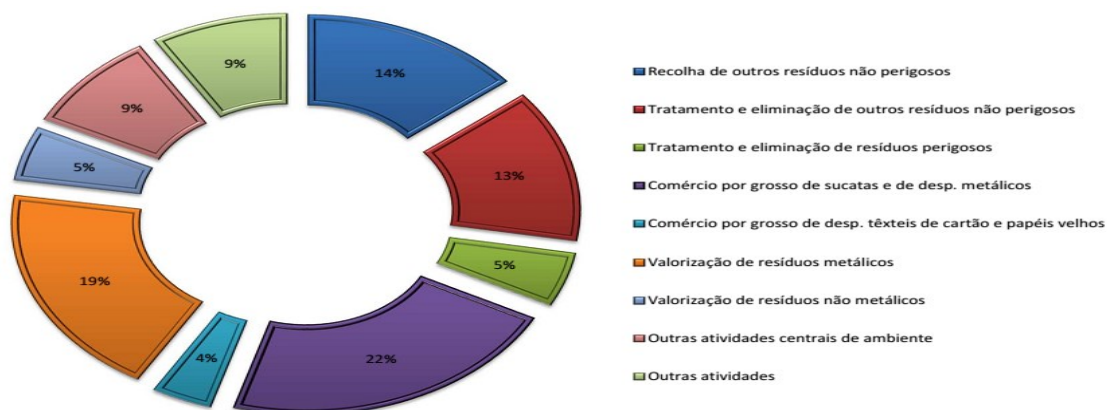
2010	2011	2012	2013	2014
442 €/t	536 €/t	448 €/t	295 €/t	232 €/t



**Figura 28:** Custo Médio por Tonelada de Resíduos Valorizados  
 Fonte: Adaptado (EResíduos, 2014 - quadro 6 – INE)

Na Figura 28, percebeu-se o custo médio por tonelada valorizada referente aos anos entre 2010 a 2014, sabendo que neste último foram recolhidas aproximadamente 50 mil toneladas de REEE, cuja a maioria (93%) foi valorizada. Em 2012, verificamos um decréscimo no custo médio por tonelada de resíduos valorizados quando comparado com o ano imediatamente anterior e consolidado nos anos de 2013 e 2014, verificando-se a inflexão da tendência referente aos anos de 2010, 2011 e 2012. Desta forma verificamos uma diminuição dos gastos (11.6%) na taxa de variação média anual entre o período de 2010 a 2014.

### Volumes Transacionáveis Referente à Gestão de Resíduos por Atividade (2014)



**Figura 29:** Gestão de Resíduos por Atividade  
 Fonte: Adaptado (EResíduos, 2014 - INE)

No gráfico acima, apresentam-se os dados de todos os fluxos específicos das entidades produtoras de bens e serviços (do ambiente) por atividade em 2014, salientando-se a valorização de resíduos relativamente ao total de resíduos produzidos e recolhidos. Contudo, existem duas atividades que se destacam, a valorização de resíduos metálicos e o comércio por grosso de sucatas e de desperdícios metálicos. Estas foram as atividades económicas que geraram o maior volume de negócios com a gestão de resíduos, em 2014, respetivamente, 21,9% e 19,0% do total. A valorização e REEE contribuíram claramente para esta meta, no entanto, a reintrodução dos metais nas cadeias produtivas ainda apresenta valores pouco significativos.

### 8.3 Objetivos da Valorização e REEE

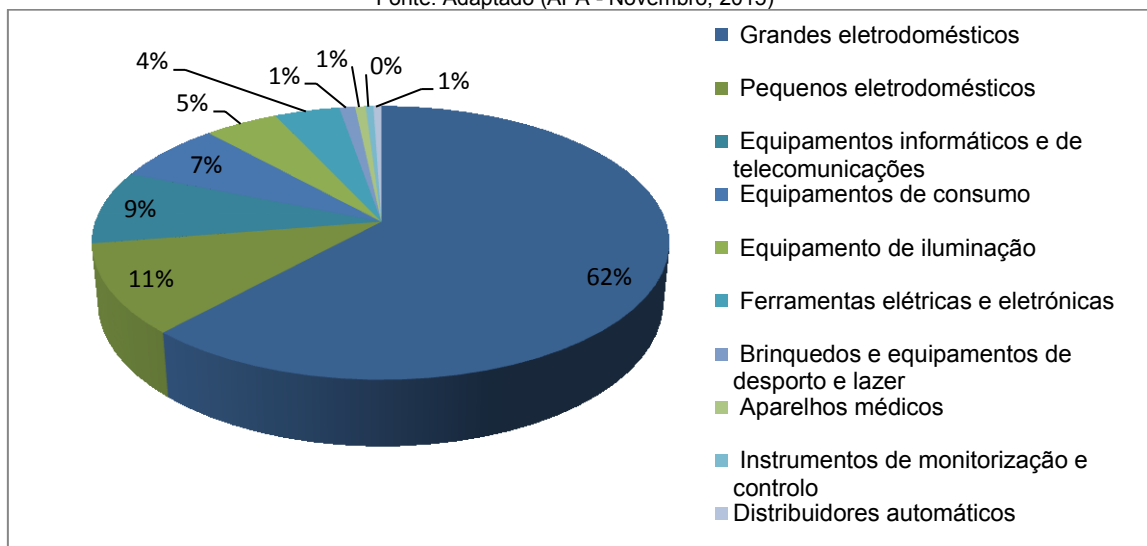
A Tabela 12 descreve os objetivos mínimos, referente ao ano de 2014 na valorização e REEE em Portugal continental. Verificamos que a taxa de valorização em média ficou nos 94%, enquanto a reciclagem se situou em média nos 86% do total global das 121.944 toneladas colocadas no mercado como podemos verificar na Figura 30. Constatamos que grande parte dos EEE colocados no mercado pertencem aos equipamentos informáticos (incidência nos computadores) e telecomunicações (incidência nos telemóveis), assim como nos pequenos e grandes eletrodomésticos com maior relevância neste último.

Categorias de Produtos	Taxa de Valorização		Reutilização e Reciclagem	
	Taxa	Objetivo	Taxa	Objetivo
Grandes eletrodomésticos	96%	80%	83%	75%
Pequenos eletrodomésticos	93%	70%	86%	50%
Equipamentos informáticos e de telecomunicações	91%	75%	84%	65%
Equipamentos de consumo	88%	75%	84%	65%
Equipamento de iluminação	89%	70%	87%	50%
Ferramentas elétricas e eletrónicas	94%	70%	87%	50%
Brinquedos e equipamentos de desporto e lazer	94%	70%	86%	50%
Aparelhos médicos	93%	--	86%	--
Instrumentos de monitorização e controlo	94%	70%	86%	50%
Distribuidores automáticos	94%	80%	86%	75%

% peso médio por REEE

**Tabela 12:** Objetivos de Valorização de EEE

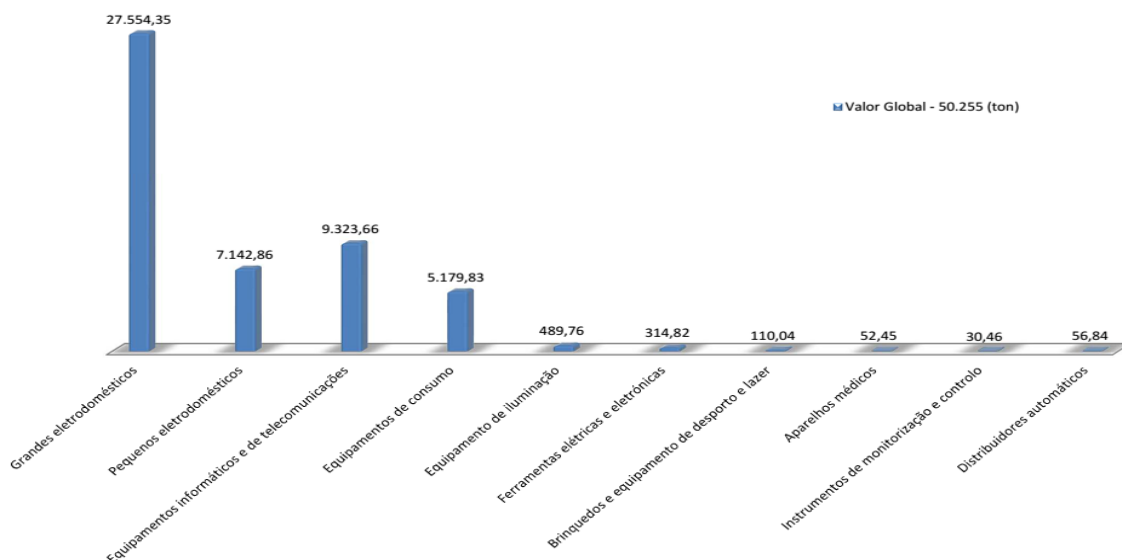
Fonte: Adaptado (APA - Novembro, 2015)



**Figura 30:** Colocação de EEE no Mercado

Fonte: Adaptado (APA – Novembro, 2015)

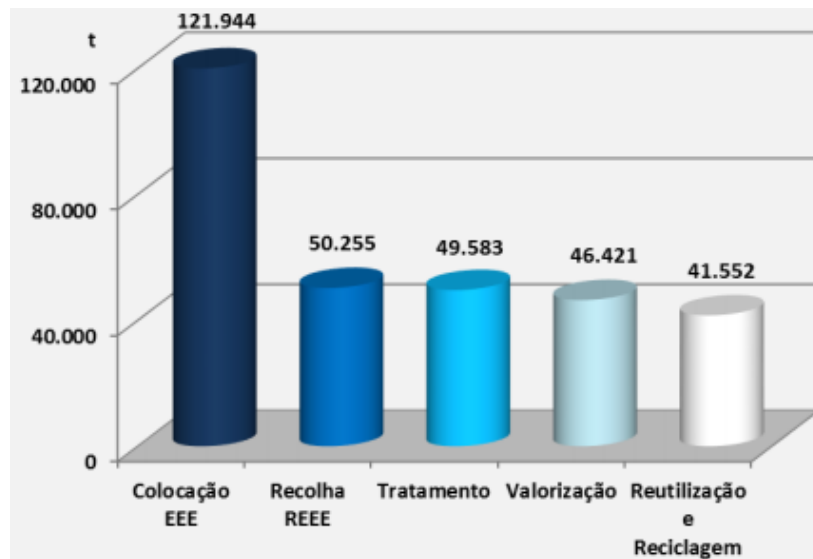
É importante referir que a recolha de REEE nos particulares se situou, no ano de 2014, em 49918 toneladas, 4,8 kg por habitante, ficando ligeiramente acima 0.8 kg por Habitante do valor mínimo.



**Figura 31:** Recolha de REEE (ton)  
 Fonte: Adaptado (APA – Novembro, 2015)

Analisando a Figura 30 e a Figura 31 constatamos que existe um diferencial significativo entre a colocação de EEE no mercado e a recolha, que se justifica, em parte, pelo tempo de vida útil destes produtos, sendo um fluxo em que não se observa uma variação linear, entre o que é colocado no mercado e os resíduos produzidos. O valor global recolhido no ano de 2014 ficou nas 50255 toneladas de EEE. De salientar que existe uma maior incidência na recolha em quatro grandes grupos, com especial relevância nos grandes eletrodomésticos, equipamentos informáticos e telecomunicações, pequenos eletrodomésticos e equipamentos de consumo, não existindo grande expressão nos restantes.

A Figura 32 retrata claramente o trabalho desenvolvido no âmbito da gestão dos REEE em Portugal referente ao ano 2014, refletindo uma enorme discrepância entre o que é colocado no mercado e o que é efetivamente reutilizado nos processos produtivos, ou seja, existe uma perda aproximada de 80382 toneladas de matéria-prima que deveria ser incorporada no nosso “tecido” produtivo. Note-se que existe uma percentagem muito expressiva no mercado paralelo do qual não existem dados.



**Figura 32:** Gestão de REEE em 2014  
 Fonte: Adaptado (APA – Novembro, 2015)

Em suma, a ideia da Gestão da Logística Inversa na REEE pretende alavancar a incorporação dos metais reciclados nas cadeias de valor. Contudo, é fundamental mudar paradigmas de forma a promover um sistema de controlo e recolha mais eficaz e eficiente nos países industrializados e em subdesenvolvimento. Nesse sentido é necessária a implementação de uma rede logística alargada que possibilite a recolha e redistribuição de EEE. Atualmente, os custos associados às operações logísticas, no sentido lato da expressão, representam aproximadamente 70% do valor total dos que respeitam à reciclagem, facto que demonstra a importância que a logística assume na implementação de uma política sustentável na reciclagem (Hansen, 2004).

Devemos também considerar estrategicamente uma implementação de incentivos para aumentar gradualmente a entrega voluntária por parte dos consumidores, nomeadamente na atribuição de prémios. As entidades gestoras neste âmbito devem através das suas áreas comerciais efetuar uma prospeção de mercado de forma a conseguir alavancar o aumento da taxa de recolha. A utilização dos diversos sistemas de recolha de resíduos de EEE, que variam de acordo com o tipo de equipamento, e cuja estrutura é determinada por questões de ordem “eco-política”, pelas leis da concorrência e também por razões que se relacionam com os custos, tem sido alvo de discussão (Hauser & Hohaus, 2004). Estes sistemas apresentam vantagens e desvantagens, que se manifestam de acordo com a natureza das diferentes abordagens nas áreas da recolha, logística, tratamento e financiamento.

## **CAPÍTULO IV**

### **Conclusão & Sugestões Futuras**

## 1. Conclusão

Atualmente as organizações procuram ser e manterem-se competitivas, adaptando a sua estratégia às constantes mutações do mercado. A gestão logística é sem dúvida o factor de diferenciação, sendo uma ferramenta importante na obtenção dessa vantagem, pois serve de elo de ligação entre o mercado e as várias áreas de uma organização, gerindo os fluxos físicos e organizacionais, intra e interempresas.

A presente dissertação pretendeu identificar os impactos financeiros e consequentemente ambientais nas atividades logísticas tais como: a Gestão da Cadeia de Abastecimento; Sistemas de Informação, Gestão de Transportes, Logística Inversa, Logística Verde, Gestão de Stocks, Gestão de Armazém e Gestão da REEE. O trabalho desenvolvido nesta dissertação, teve como alvo, a gestão da logística inversa dos resíduos de equipamentos elétricos e eletrónicos (REEE) na *Supply Chain*, uma vez que esta constitui um desafio por ser uma das áreas mais complexas nas organizações, quer pelo esforço financeiro na separação e movimentação de todos os resíduos, quer pelos recursos humanos afetos a estes processos, assim como pelos consideráveis impactos ambientais gerados por aqueles equipamentos ao longo do seu ciclo de vida. Foram por isso considerados os aspetos ambientais, desde o processo de *design* e desenvolvimento dos produtos até à fase da sua conceção e produção até à sua retirada do mercado. Embora a fase de utilização seja, frequentemente, responsável por uma decisiva contribuição para a carga ambiental no ciclo de vida dos produtos.

Da investigação realizada, conclui-se que a fase de fim-de-vida se reveste de grande importância, uma vez que os processos de reutilização dos equipamentos e reciclagem dos materiais permitirão, futuramente, a eliminação dos impactos ambientais. A complexidade da sua armazenagem é efetivamente um dos maiores desafios, mesmo sendo por curtos períodos. É portanto também na fase de fim-de-vida que se devem concentrar os esforços da indústria da REEE na qual a gestão da logística inversa assume relevância, não apenas pela perigosidade manifesta nas substâncias contidas nos equipamentos, mas também pelas imposições legais consignadas nas diretivas comunitárias, mas principalmente alavancando o valor económico que estas atividades possuem, nomeadamente no que toca à reintrodução das matérias-primas nas cadeias produtivas e na diminuição dos impactos ambientais, emergindo assim benefícios na qualidade de vida das populações.

Atualmente a revolução na produção tem provocado um dos maiores dilemas da sociedade: como enfrentar a dicotomia entre o consumo em massa versus a sustentabilidade ambiental? Este paradigma leva a um aumento de produtos descartáveis e consequentemente a um desequilíbrio entre as quantidades descartadas e as reaproveitadas, gerando enormes volumes de produtos e REEE. Estrategicamente, uma das formas de mitigar estes impactos é a consciencialização por parte dos representantes das organizações de que a Logística Inversa é

parte integrante das ações empresariais, e revolucionarem assim o sistema de processos produtivos tendo na sua base um novo *ecodesign*.

Um dos grandes desafios é o melhoramento dos compostos associados às placas de circuitos impressos, visto estes serem componentes que geram impactos ambientais típicos ao longo do ciclo de vida dos EEE. Em cada fase, aqueles componentes geram diversos tipos de impactos, como a depleção de recursos naturais na fase de aquisição de matérias-primas, a utilização de fluoro-hidrocarbonetos na montagem, o consumo de energia, a contribuição para o efeito de estufa através da emissão de CO<sub>2</sub> na fase de utilização, e a toxicidade aquática provocada pelo lixiviamento de substâncias perigosas como a presença de chumbo em águas subterrâneas.

A REEE engloba múltiplas estratégias. Algumas foram objeto de referência nesta dissertação, e têm sido desenvolvidas com o objetivo de responder a questões específicas no processo de reciclagem e de valorização das matérias-primas, melhorando e desenvolvendo novos processos e metodologias, determinantes para uma sustentabilidade ambiental.

O estudo sobre as técnicas de processamento de REEE permitiu constatar que as mesmas não são homogêneas, faltando um consenso sobre a melhor abordagem a ser efetuada na reciclagem e valorização dos EEE. Verifica-se ainda escassez de investigação sobre a temática e alguma carência de bibliografia sobre o assunto. No entanto, este trabalho permitiu retirar algumas conclusões acerca destas técnicas de processamento:

1. O processamento dos EEE em fim de vida baseia-se sobretudo em dois princípios fundamentais:
  - Remoção de componentes perigosos e recuperação de materiais valiosos ou reutilizáveis;
  - Diminuição dos impactos ambientais e minimização do recurso a matérias-primas.
2. O processamento de REEE é concretizado englobando essencialmente duas operações:
  - O desmantelamento manual e o uso de tecnologias mecanizadas;
  - A retirada individual de cada componente e a sua colocação imediata em recipientes adequados (que impede a contaminação por parte de outras frações resultantes).

Conclui-se então de um modo geral, na composição global dos REEE, os metais, os plásticos e o vidro são os componentes mais abundantes. Nos processos utilizados para a reciclagem e tratamento dos REEE, as frações obtidas, têm na sua maioria, a possibilidade de serem encaminhadas para novos processos de reciclagem e valorização, havendo apenas alguns elementos sujeitos a processos de eliminação. No caso das substâncias perigosas após serem retiradas dos respetivos equipamentos são encaminhadas para tratamento específico noutras unidades de tratamento e valorização ou eliminação.

O processamento destes fluxos de REEE resulta numa elevada diversidade e complexidade de materiais, nomeadamente, motores, cabos elétricos, placas eletrónicas, metais, plásticos, vidro, condensadores, baterias, processadores, entre outros.

Este trabalho, além de ter permitido compreender melhor as tecnologias de processamento presentes na REEE, permitiu igualmente verificar a importância da necessidade de uniformização destas, nomeadamente ao nível UE, sejam estas manuais ou mecanizadas. Como tal, considera-se fundamental:

- Uma investigação que englobe parâmetros de produção, taxas de reciclagem, e frações de componentes obtidos das tecnologias existentes, para estabelecer a metodologia mais adequada a aplicar a cada fluxo e a melhor tecnologia de reciclagem ou valorização;
- Continuar a investigar sobre o *eco-design* dos EEE, nomeadamente, sobre a conceção e o tipo de matérias-primas utilizadas, de forma que todos os elementos em fim-de-vida sejam passíveis de reutilização, reciclagem ou valorização, pois devido à grande diversidade de materiais que resultam do processamento de REEE, continuam a existir dificuldades em escoar determinados elementos.

Em suma, a gestão da logística inversa estará contiguamente ao lado da valorização da REEE, tornando-se uma prioridade dos países industrializados e em subdesenvolvimento. Uma política integrada de gestão de resíduos EEE traduz-se, prioritariamente, na prevenção e diminuição de resíduos, pela maximização das quantidades recuperadas, tendo em vista a minimização de resíduos enviados para eliminação. Por conseguinte, as metas estabelecidas pela UE (patentes nas Diretivas/Decretos-Lei) são extremamente ambiciosas para os sistemas de gestão de resíduos. Para cumprir os objetivos estabelecidos, será necessário alterar as filosofias de produção e de gestão, e os fluxos de materiais e de informação, de modo a reduzir quer o consumo de recursos quer a formação de resíduos. O fluxo de materiais que passa a fazer-se nos dois sentidos, terá de englobar não só as atividades logísticas tradicionais, mas também e sobretudo a logística inversa sendo este o factor decisivo na maximização dos proveitos.

Este estudo nasceu da carência de organizações que adota este processo em Portugal. O que permite concluir que, uma estação de gestão de tratamento de REEE que adote esta filosofia, desenvolvida de forma sustentável, seria inovador e por conseguinte traria certamente retorno financeiro assim como uma imagem “Verde” com retorno efetivo para o meio ambiente e por conseguinte para as populações. Sem dúvida que este é um tema ainda pouco explorado, tendo um longo percurso pela frente no que concerne à gestão da logística inversa na REEE.

Conclui-se então que, num futuro próximo urge implementar as diretivas criadas pela UE como forma de obter uma homogeneização dos processos de recolha, reutilização, valorização e/ou reciclagem dos EEE. É também relevante uma implementação da gestão da logística inversa na REEE de forma transversal como o factor agregador de todos os processos de montante a jusante na *supply chain*.

### 2. Sugestões Futuras

Atualmente, de forma generalizada os povos estão mais despertos para novos paradigmas e realidades aumentadas, fruto da era da Globalização. A crescente preocupação com as questões ambientais nas atividades industriais e no uso doméstico, advém dos significativos impactos gerados pelos equipamentos elétricos e eletrónicos (EEE), em número e quantidade. Desta forma, torna-se urgente o aprofundamento de novas abordagens aos processos de conceção e desenvolvimento dos produtos e da gestão da logística inversa dos resíduos de equipamentos elétricos e eletrónicos (REEE). A adoção de estratégias de novos *designs* para os equipamentos, constitui uma das principais razões para o sucesso de forma sustentável. Poderemos assim, obter uma melhor gestão da logística inversa dos REEE de forma a reintroduzir as matérias-primas nas cadeias de valor. A estratégia passará pela análise de novos processos de forma a revolucionar as construções dos atuais equipamentos, ou seja, o *ecodesign*. Este centra-se desde a fase inicial do processo de conceção e desenvolvimento dos produtos até ao fim-de-vida deste. Estes princípios serão orientados desde logo para uma gestão de resíduos baseada na reutilização e reciclagem dos equipamentos, de acordo com os princípios do desenvolvimento sustentável. Este modelo oferece a possibilidade de uma abordagem aos desafios que se colocam às sociedades atuais. Reconhecida a sua importância na sociedade moderna, através de uma vasta gama de aplicações, a indústria e em particular a de EEE assume uma responsabilidade no seu desenvolvimento. Desde logo devemos considerar o consumo de recursos, mas também o consumo de energia por parte dos utilizadores. Neste âmbito, é reconhecida a importância da conjugação entre a inovação e o desenvolvimento de novas soluções que permitam a eliminação ou minimização dos impactos ambientais e dos respetivos custos associados aos diversos sectores da indústria, nomeadamente no que respeita à produção de EEE. Estes, caracterizam-se pela utilização de materiais diversificados e escassos, mas também por um elevado consumo energético nas fases de produção e utilização durante o seu ciclo de vida.

A integração de novas metodologias, nomeadamente nos processos industriais de *design* e desenvolvimento do produto, definem-se pela incorporação de determinados valores, quer na fabricação, quer na montagem. Um novo *ecodesign* do produto deve ser efetuado com base em três premissas:

- Fim-de-vida;
- Deposição em aterro e reutilização;
- Reciclagem de algumas partes ou da totalidade do produto.

Assim, poderemos introduzir melhoramentos nos processos e nos produtos. Esta prática conduzirá a uma simbiose perfeita no que concerne ao planeamento antecipado para a definição do destino dos materiais recuperados no fim-de-vida, afinando assim os processos para a logística inversa dos REEE (*inputs/outputs*).

Um melhor desempenho ambiental na criação dos produtos, exige a integração de aspetos ambientais no processo de *design* e desenvolvimento deste, devendo existir uma alteração significativa no modo como este tem sido conduzido.

Numa perspectiva mais lata, a introdução de alterações nos produtos deve ser complementada pela transformação dos processos de produção através da implementação de sistemas de automação e controlo inteligente, simultaneamente contribuindo para uma produção mais eficiente e eficaz, assim como mais limpa. Contudo, o processo de inovação é frequentemente condicionado por limitações económicas e por estratégias de competitividade, deixando para segundo plano as questões de natureza ambiental. A integração das questões ambientais e logísticas (no sentido mais lato da palavra) nos processos de *ecodesign* e em todas as fases do desenvolvimento do produto constitui-se como um contributo determinante na definição de estratégias alicerçadas na inovação, que permitam a conceção de produtos eco-eficientes. Perfila-se uma melhoria dos desempenhos ambientais de cada uma das funções que os produtos apresentam. Desta forma, o desejável aumento dos índices de eco-eficiência dos produtos deverá ser alcançado pela utilização das tecnologias mais recentes como os nanomateriais, que possibilitam uma considerável redução do consumo de materiais, quer durante a fase de produção, quer durante a fase de utilização. Mas, por vezes, o modelo desenvolvido pelos *designers* poderá depender, de alguns dos resultados obtidos pelos especialistas ambientais, do mesmo modo que também o modelo do ciclo de vida dos produtos.

Em suma, reconhecendo-se a importância dos impactos ambientais gerados pelos EEE, demonstra-se simultaneamente que os desempenhos ambientais a par dos logísticos ao longo do ciclo de vida daqueles produtos podem ser significativamente melhorados, integrando as questões ambientais e logísticas nos processos de *design* e desenvolvimento do produto, aplicando novas metodologias *ecodesign*, constituindo-se a reutilização, valorização e a reciclagem dos componentes e materiais de REEE como prioridades expressamente definidas na legislação europeia. Revela-se, de modo evidente, a necessidade de questionar e estabelecer os critérios e parâmetros segundo os quais se deverão definir os modelos empresariais orientados para estas atividades.

Desta forma, adotando novos procedimentos para os processos de *ecodesign*, estaremos a criar economias de escala no sentido de reintroduzir uma maior quantidade de matérias-primas valorizadas na cadeia de valor, maximizando a qualidade do meio ambiente no sentido mais lato. Existe ainda um conjunto de atividades e/ou possibilidades que podem melhorar e efetivar os processos descritos, nomeadamente no que concerne à reflexão profunda das áreas da arquitetura, engenharia, *design*, entre outras, com o intuito de desenvolver produtos, sistemas

e serviços que reduzam a utilização de recursos naturais. A estratégia de desenvolvimento de novos conceitos de *ecodesign* implica uma profunda mudança dos paradigmas a todos os níveis. É fundamental que as organizações se consciencializem para este facto e adotem as práticas de *ecodesign* face aos benefícios que lhes aportam, nomeadamente o cumprimento de legislação ambiental, redução de custos, inovação, aumento da qualidade dos produtos, tornando-os mais competitivos no mercado global e melhorando assim o cumprimento das exigências dos clientes.



## Bibliografia

- Ambiente, A. P. (2016). *Resíduos de Equipamento Eléctrico e Electrónico*. Obtido em 10 de 02 de 2016, de <http://www.apambiente.pt/index.php?ref=16&subref=84&sub2ref=197&sub3ref=290>
- Amey, & E.B. (2005). Gold: U.S. Geological Survey Mineral Commodity Summaries. *minerals.usgs.gov*, 72-73.
- Appropedia. (2015). *Metal reclamation and recycling of electronic waste*. Obtido em 10 de 11 de 2015, de [http://www.appropedia.org/Metal\\_reclamation\\_and\\_recycling\\_of\\_electronic\\_waste](http://www.appropedia.org/Metal_reclamation_and_recycling_of_electronic_waste)
- Aurélio, B. d. (2004). Novo Dicionário Aurélio da Língua Portuguesa. *Aurélio Século XXI*.
- Baker, A. R. (2006). *The Handbook of Logistics and Distribution Management*. London: The Chartered Institute of Logistics and Transport.
- Balde, C. W. (2015). *The global e-waste*. Obtido em 15 de 11 de 2015, de United Nations University, IAS-SCUCLE, Bonn,: <http://i.unu.edu/media/ias.unu.eu-en/>
- Ballou, R. H. (1987). *Basic Business Logistics: Transportation, Materials Management, Physical Distribution*.
- Ballou, R. H. (2004). *Business Logistics Management: Planning, Organizing, and Controlling the Supply Chain*. Prentice Hall : 5th Edition.
- Ballou, R. H., & Christopher, M. (2004). *Business Logistics Management: Planning, Organizing, and Controlling the Supply Chain; Logistics and Supply Chain Management: Strategies for reducing cost and improving service*. Prentice Hall; London: 5th Edition; Pitman Publishing.
- Barroso, A. P., & Machado, V. H. (2005). A Gestão Logística dos Resíduos em Portugal. In *Investigação Operacional* (p. 179;204). Lisboa: Astrografe.
- Battison, L. (2015). *Earth's rarest metals ranked in a new 'risk list'*. Obtido em 05 de 10 de 2015, de <http://www.bbc.com/news/science-environment-14903904>
- Brandl, H., & Faramarzi, M. A. (2006). Microbe-metal-interaction for the biotechnological treatment of metal-containing solid waste. *China Particuology*, 93-97.
- Bronson, R., & Naadimuthu, G. (2001). *Investigação Operacional*. Lisboa: Mc Grow-Hill.
- Carvalho, J. C. (2004). *A Lógica da Logística*. Lisboa: Edições Sílabo, 1ª Edição.
- Carvalho, J. C. (2004). *Logística*. Lisboa: Edições Sílabo, 3ª Edição.

- Carvalho, J. C. (2010). *Logística e Gestão da Cadeia de Abastecimento*. Lisboa: Edições Sílabo, 1ª Edição.
- Conselho, D. d. (2000-13-06). Restrição do uso de determinadas substâncias perigosas em equipamentos eléctricos e electrónicos. 347-final.
- Control, A. P. (17 de 02 de 2016). *DISTRIBUTION AND LOGISTICS MANAGERS COMPETENCY MODEL*. Obtido de <http://www.apics.org/docs/default-source/careers-competency-models/distribution-and-logistics-managers-competency-model.pdf>
- Correia, N. (2008). *pt.slideshare.net*. Obtido em 04 de 12 de 2015, de <http://pt.slideshare.net/nunocorreia/tratamento-de-resduos-slidos>
- Cui, J., & Zhang, L. (2008). Metallurgical recovery of metals from electronic waste: A review. *J. Hazardous Materials*, 228-256.
- Dalmijn, W. (1990). Practical applications of eddy current separators in the scrap recycling, *Recycling of Metals and Engineered Materials (Proc.2nd. Int. Symp.)*, J.H.L. van Linden, D.L. Stewart Jr. and Y. Sahai (Eds.), Williamsburg,TMS, Warrendale, PA. 303-314.
- Diário da República — I, S. -A. (2002). *Ministério do Ambiente e do Ordenamento Decreto-Lei n.20/2002 de 30 de Janeiro*. Obtido em 30 de 1 de 2015, de <https://dre.pt/>
- Diário da República — I, S. -A. (2005). *Ministério do Ambiente e do Ordenamento Decreto-Lei n.174/2005 de 25 de Outubro*. Obtido em 25 de 10 de 2015, de <https://dre.pt/>
- Diário da República — I, S.-A. (2014). *Ministério do Ambiente e do Ordenamento Decreto-Lei n. 230/2004 de 10 de Dezembro*. Obtido em 10 de 12 de 2015, de <https://dre.pt/>
- Diário da República, 1. S. (2014). *Decreto-Lei n.º 67/2014 de 7 de maio*. Obtido em 7 de 5 de 2015, de <https://dre.pt/>
- Dias, J. C. (2005). *Logística Global e Macrológica*. Lisboa: Edições Sílabo.
- DIMA. (2015). *Transportadores de alcatruzes*. Obtido em 10 de 02 de 2016, de <http://www.dima-equipamentos.pt/pt/equipamentos/transportadores-de-alcatruzes>
- Doyle, A. (2015). *Europe fails on electronics recycling goals*. Obtido em 15 de 02 de 2016, de <http://www.reuters.com/article/us-environment-waste-idUSKCN0QZ00320150830?feedType=RSS&feedName=technologyNews>
- Electrónicos, A. N. (2015). *Dados Anuais de Mercado*. Obtido em 9 de 12 de 2015, de <https://www.anreee.pt/pt/>
- Environmental Management - Life Cycle Assessment – Life Cycle Interpretation, I. O. (2000). *ISO 14043*. Obtido em 20 de 03 de 2016, de ISO: <http://www.iso.org/iso/home.html>
- Environmental Management- Life Cycle Assessment – Goal and Scope Definition and Inventory Analysis, I. O. (1998). *ISO 14041*. Obtido em 06 de 02 de 2016, de ISO: <http://www.iso.org/iso/home.html>

- Environmental Management - Life Cycle Assessment – Life Cycle Impact Assessment, I. O. (07 de 02 de 2016). *ISO 14042*. Obtido de ISO: <http://www.iso.org/iso/home.html>
- Environmental Management - Life Cycle Assessment - Principles and Framework, I. O. (10 de 02 de 2016). *ISO 14040*. Obtido de ISO: <http://www.iso.org/iso/home.html>
- Environmental Management Systems – General guidelines on principles, s. a. (1996). *ISO 14004*. Obtido em 25 de 02 de 2016, de ISO: <http://www.iso.org/iso/home.html>
- Environmental Management Systems – Specification with Guidance for Use, I. O. (1996). *ISO 14001*. Obtido em 05 de 02 de 2016, de ISO: <http://www.iso.org/iso/home.html>
- Erica-Rae. (2015). *What metal are used in phones*. Obtido em 06 de 10 de 2015, de [http://www.answers.com/Q/What\\_metal\\_are\\_used\\_in\\_phones](http://www.answers.com/Q/What_metal_are_used_in_phones)
- Europa.eu. (2015). *Acesso ao Direito da União Europeia*. Obtido em 18 de 12 de 2015, de <http://eur-lex.europa.eu/homepage.html?locale=pt>
- Europarl. (2015). *Eficiência em Termos de Recursos e Resíduos*. Obtido em 10 de 12 de 2015, de [http://www.europarl.europa.eu/ftu/pdf/pt/FTU\\_5.4.6.pdf](http://www.europarl.europa.eu/ftu/pdf/pt/FTU_5.4.6.pdf)
- Europeia, J. O. (2003). *Diretiva 2002/96/CE do Parlamento Europeu e do Conselho relativa aos resíduos de equipamentos eléctricos e electrónicos (REEE)*. Obtido em 02 de 11 de 2015, de <http://eur-lex.europa.eu/homepage.html>
- Europeia, J. O. (2003). *Diretiva 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*. Obtido em 27 de 10 de 2015, de <http://eur-lex.europa.eu/homepage.html>
- Europeia, J. O. (2012). *Diretiva 2012/19/EU e do Parlamento Europeu e do Conselho de 4 de julho de 2012 relativa aos resíduos de equipamentos eléctricos e electrónicos (REEE)*. Obtido em 15 de 10 de 2015, de <http://eur-lex.europa.eu/homepage.html>
- Europeias, J. O. (2000). Obtido em 03 de 01 de 2016, de oern.pt: [http://www.oern.pt/documentos/legislacao/Regulamento\\_CE\\_2037\\_2000.pdf](http://www.oern.pt/documentos/legislacao/Regulamento_CE_2037_2000.pdf)
- Executive, H. a. (2015). *Waste Electrical and Electronic Equipment recycling*. Obtido em 28 de 10 de 2015, de <http://www.hse.gov.uk/waste/waste-electrical.htm>
- Farmer, D., & Amstel, P. V. (1991). *Effective Pipeline Management – How To Manage Integrated Logistics*.
- Farmer, D., & Amstel, P. V. (1991). *Effective Pipeline Management: How to Manage Integrated Logistics*, Gower Publishing Company. England.
- Feldmann, K., & Scheller, H. (1994). Disassembly of electronic products, Electronics & the Environment - ISEE . *Proc. Intern. Symp., IEEE, San Francisco, CA, USA*, 81-86.

- Ferraz, B. E. (2011). *Aplicação da Metodologia Kaizen aos Processos de Produção e Logística da Polisport*. Porto.
- Geologia, L. N. (2015). *EX-PREC - Separação por extração líquido-líquido de metais raros e preciosos a partir de matrizes cloretadas complexas: potencial aplicação em processos de reciclagem*. Obtido em 10 de 11 de 2015, de <http://www.ineg.pt/iedt/projectos/408/>
- Globalgreen. (2015). *Rare-earth metals*. Obtido em 02 de 10 de 2015, de <http://www.thinkglobalgreen.org/rare-earthmetals.html>
- Guidelines for Environmental Auditing – General Principles of Environmental Auditing, I. O. (1996). *ISO 14010*. Obtido de ISO: <http://www.iso.org/iso/home.html>
- Goosey, M., & Kellner, R. (2002). ) An investigation into developed and emerging recycling technologies for the treatment of end of life printed circuit boards (PCBS). *Shipley Europe Ltd, Coventry, England*.
- Graed, T. (2011). International Resource Panel: Recycling Rates of Metals. *United Nations Environment Program*.
- Guide to Environmental Management Principles, S. a. (1996). *ISO 14000*. Obtido em 15 de 02 de 2016, de ISO: <http://www.iso.org/iso/home.html>
- Guidelines for Environmental Auditing – Audit Procedures – Part 1: Auditing of Environmental Management Systems, I. O. (1996). *ISO 14011*. Obtido em 14 de 02 de 2016, de ISO: <http://www.iso.org/iso/home.html>
- Guidelines for Environmental Auditing – Qualification Criteria for Environmental Auditors, I. O. (1996). *ISO 14012*. Obtido em 15 de 02 de 2016, de ISO: <http://www.iso.org/iso/home.html>
- Gulbenkian, F. C. (2005). *Associação Portuguesa de Investigação Operacional*. Obtido em 5 de 12 de 2015, de [http://apdio.pt/documents/10180/15407/IOvol25n2\\_f.pdf](http://apdio.pt/documents/10180/15407/IOvol25n2_f.pdf)
- Guo, J., Guo, J., & Xu, Z. (2009). Recycling of non-metallic fractions from waste printed circuit boards: A review. *Jornal of Hazardous Materials*, 567-590.
- Hansen, U. (2004). Take-Back Needs Logistic - Proceedings of the Electronics Goes Green Conference, Berlin, Germany. *Joint International Congress and Exhibition*, 1-2.
- Hauser, H., & Hohaus, C. (2004). Take – Back Systems – A Logistic and Economic Comparison. Proceedings of the Electronics Goes Green Conference, Berlin, Germany. *Joint International Congress and Exhibition*, 1-2.
- Huisman, J. (2008 Review of Directive 2002/96 de 2008). Waste Electrical and Electronic Equipment. *Recycling– From E-Wast To Resources*. Bonn: United Nations University, 2009.

- Ilyas, S., Anwar, M. A., Niazi, S. B., & Ghauri, M. A. (2007). Bioleaching of metals from electronic scrap by moderately thermophilic acidophilic bacteria. *Hidrometallurgy*, 180-188.
- Imbelloni, R. (6 de 01 de 2016). *Reciclagem de sucata eletrônica*. Obtido de <http://www.resol.com.br/curiosidades/curiosidades2.php?id=4030>
- Kamberović, Z., Korać, M., Ivšić, D., Nikolić, V., & Ranitović, M. (2009). Hydrometallurgical process for extraction of metals from electronic waste, Part I: Material characterization and process option selection. *Association of Metallurgical Engineers of Serbia*, 231-243.
- Kasteren, J. V., Schijndel, P. V., & Ron, A. d. (2000). Heavy Metals in Consumer Electronics Recycling: A Multidisciplinary Approach. *International Journal Environmentally Conscious Design & Manufacturing*, 23-30.
- Kirchner, J., Timmel, G., & Schubert, G. (1999). Comminution of metals in shredders with horizontally and vertically mounted rotors – microprocesses and parameters. *Power Technology*, 274-281.
- Kitco. (12 de 12 de 2015). *Metals & Mining Analysts' Ratings & Estimates - Juniors*. Obtido de <http://www.kitco.com/ind/Matlack/06172013D.html>
- Koehn, S. (2012). Urban Mining: Recycling as a Key to Ensure Raw Material Supply. *Business Journal of the German Chamber of Commerce in China*, 10-15.
- Koehn, S. (2012). Urban Mining: Recycling as a Key to Ensure Raw Material Supply. *Business Journal of the German Chamber of Commerce in China*.
- Lambert, D. M. (1997). *Fundamentals of Logistics Management, The Irwin/McGraw-Hill series in Marketing*.
- Lee, C., Chang, C., Fan, K., & Chang, T. (2004). An overview of recycling and treatment of scrap computers. *Journal of Hazardous Materials*, 93-100.
- Li, J., Shrivastava, P., Gao, Z., & Zhang, H. (2004). Printed Circuit Board Recycling: State-of-the-art survey. *IEEE transactions on electronics packaging manufacturing*, 33-42.
- Lima, J. A. (2006). *O Impacto do Terrorismo nas Cadeias Globais de Abastecimento*. Porto : 1ª Edição.
- Maaria Kristiina Kinnunen. (2006). A Study on Physical Separation Techniques for Recovery of Metals from Municipal Solid Waste Incineration (MSWI) Bottom Ash. *Helsinki University of Technology, Department of Materials Science and Engineering*.
- Machado, C. (2006). *As Vogais da Logística*. Lisboa: Edição 4.
- Maio, D.-L. n. (2014). *Diário da República, 1.ª série — N.º 87*. Obtido em 7 de 5 de 2016, de [dre.pt/](http://dre.pt/): <https://dre.pt/application/dir/pdf1sdip/2014/05/08700/0267002692.pdf>

- Martin, R. (2015). *Dwindling of Rare Metals Imperils Innovation*. Obtido em 12 de 10 de 2015, de <http://www.informationweek.com/dwindling-of-rare-metals-imperils-innovation/d/d-id/1055602?>
- McCullum, G. (2011). *Rare earth metals and recycling: What cell phone makers have to learn from EV companies*. Obtido em 26 de 09 de 2015, de <http://venturebeat.com/2011/06/24/rare-earth-metals-and-recycling-what-cell-phone-makers-have-to-learn-from-ev-companies/>
- Mecalux. (2016). *Soluções de armazenagem*. Obtido em 15 de 01 de 2016, de [http://www.mecalux.pt/solucoes-de-armazenagem?src=gg&param1=g&param2=brand&param3=brand\\_web&param4=c&clid=CNOR3ZTD4swCFU4o0wod8FgOUQ](http://www.mecalux.pt/solucoes-de-armazenagem?src=gg&param1=g&param2=brand&param3=brand_web&param4=c&clid=CNOR3ZTD4swCFU4o0wod8FgOUQ)
- Meier-Staude, R., Schlett, Z., Lungu, M., & Baltateanu, D. (2002). A new possibility in Eddy-Current separation, *Minerals Engineering*. 287-291.
- Menad, N., Bjorkman, B., & Allain, E. G. (1998). Combustion of plastics contained in electric and electronic scrap, *Resources, conservation and recycling*. 65-85.
- Minerais, E. d. (2013). *Comunidade Portuguesa das Matérias-Primas Minerais: o que temos e o que queremos atingir*. Obtido em 10 de 12 de 2015, de <http://www.Ineg.pt/download/6702/cpmpmworkshop19jun2013vs.pdf>
- Ministério do Ambiente, d. O. (2005). *Diário da República, 1.ª série — N.171; N. 111*. Obtido em 05 de 04 de 2016, de [dre.pt:](http://www.netresiduos.com/ResourcesUser/Gestao_de_residuos/Entidades/Licenca_SOGILUB.pdf)
- MINISTÉRIO DO AMBIENTE, D. O. (5 de 9 de 2006). *Diário da República, 1.ª - série — N.* Obtido de [dre.pt/](http://dre.pt/): <https://dre.pt/>
- Ministério do Ambiente, d. O. (2010). *Diário da República, 1.ª série — N.º 243 - Decreto-Lei n.º 132/2010 de 17 de Dezembro*. Obtido em 17 de 12 de 2015, de [dre.pt/](http://www.anreee.pt/noticias/ficheiros/pt/20130520163809-1dl1322010altera_dl2302004eee.pdf): [https://www.anreee.pt/noticias/ficheiros/pt/20130520163809-1dl1322010altera\\_dl2302004eee.pdf](https://www.anreee.pt/noticias/ficheiros/pt/20130520163809-1dl1322010altera_dl2302004eee.pdf)
- MINISTÉRIO DO AMBIENTE, D. O. (11 de 6 de 2013). *Diário da República, 1.ª série — N.º 111*. Obtido de [dre](http://dre.pt): <http://dre.pt>
- Moura, B. d. (2006). *Logística: Conceitos e Tendências*. V. N. Famalicão: Centro Atlântico.
- Oh, C. J., & Lee, S. O. (2003). Selective Leaching of Valuable Metals from Waste Printed Circuit Boards. *Journal of the Air & Waste Management Association*, 897-902.
- OzCopper. (2015). *CPU Gold Content - Gold CPU Recycling Yields And Values*. Obtido em 25 de 10 de 2015, de <http://www.ozcopper.com/computer-cpu-gold-yields/>
- Portugal, E. R. (2015). Obtido em 20 de 10 de 2015, de <http://www.erp-recycling.pt/>

- Professionals, C. o. (2013). *Supply Chain Management*. Obtido em 30 de 08 de 2016, de [cscmp.org](http://cscmp.org):  
[https://cscmp.org/sites/default/files/user\\_uploads/resources/downloads/glossary-2013.pdf?utm\\_source=cscmpsite&utm\\_medium=clicklinks&utm\\_content=glossary&utm\\_campaign=GlossaryPDF](https://cscmp.org/sites/default/files/user_uploads/resources/downloads/glossary-2013.pdf?utm_source=cscmpsite&utm_medium=clicklinks&utm_content=glossary&utm_campaign=GlossaryPDF)
- Programme, U. N. (2013). *Metal Recycling Opportunities, Limits, Infrastructure*. Obtido em 12 de 04 de 2016, de [www.unep.fr](http://www.unep.fr): <http://www.unep.org/resourcepanel>
- Programme, U. N. (2015). *Waste Crime - Waste Risks: Gaps in Meeting the Global Waste Challenge*. Obtido em 20 de 12 de 2015, de <http://www.grida.no/publications/rr/waste-crime/>
- Recycling.skynetblogs. (2011). *Revenir à la page d'accueil du blog*. Obtido em 20 de 01 de 2016, de <http://recycling.skynetblogs.be/index-35.html%202011>
- Reis, R. L. (2005). *Manual da Gestão de Stocks*. Lisboa: Presença.
- Rem, P., Leest, P., & Akker, A. V. (1997). A model for Eddy Current Separation. *Int. J. Miner. Process*, 193-200.
- Resíduos, A. P. (2015). Obtido em 15 de 11 de 2015, de <http://www.amb3e.pt/>
- Rocha, P., Oliveira, R., Nascimento, P., Sobral, L., & Oliveira, D. (2012). *Extração de metais de base a partir de sucata eletro-eletrônica utilizando microrganismos termófilos moderados*. Obtido em 02 de 12 de 2015, de <http://www.abq.org.br/cbq/2012/trabalhos/13/1481-14687.html>
- Schippers, A. (2007). Microorganisms involved in bioleaching and nucleic acid-based molecular methods for their identification and quantification. In E. R. DONATI, & W. M. SAND, *La Plata: Springer* (pp. 3-33).
- Schluep, M., Hagelueken, C., Kuehr, R., Magalini, F., Maurer, C., Meskers, C., . . . Wang, F. (2009). Sustainable Innovation and Technology Transfer Industrial Sector Studies: RECYCLING-FROM E-WASTE TO RESOURCES. *United Nations Environment Programme & United Nations University* .
- Standart, L. M. (2005). *Setting the Global*. Obtido em 12 de 12 de 2015, de <http://www.lme.com/#>
- Stevens, G., Thomas, J., & Fotea, C. (2005). Recovery & Recycling of Waste Electronic Circuit Boards . *University of Surrey Environmental Body*.
- Su, X., Chu, C.-C., Prabhu, B., & Gadh, R. (2010). *On The Creation of Automatic Identification and Data Capture Infrastructure via RFID*. Obtido em 16 de 01 de 2016, de <http://www.wireless.ucla.edu>
- Tabela Periodica*. (20 de 02 de 2016). Obtido de <http://www.tabelaperiodicacompleta.com/wp-content/uploads/tabela-periodica-completa.pdf>

- Touzé, S., Save, M., Menad, N., Lucion, C., & Hubaux, P. (2008). Development of an automatic WEEE treatment using physical separation techniques to limit manual sorting. *The minerals, metals & materials society, REWAS*, 623-629.
- University, C. (2012). *Rare Earth Metals: Will We Have Enough*. Obtido em 25 de 09 de 2016, de <http://blogs.ei.columbia.edu/2012/09/19/rare-earth-metals-will-we-have-enough/>
- University, U. N. (2014). *THE GLOBAL E-WASTE MONITOR 2014*. Obtido em 20 de 12 de 2015, de <http://i.unu.edu/media/unu.edu/news/52624/UNU-1stGlobal-E-Waste-Monitor-2014-small.pdf>
- University, U. N. (2015). *E-waste statistics: Guidelines on classifications, reporting and indicators*. Obtido em 15 de 02 de 2016, de [http://i.unu.edu/media/ias.unu.edu-en/project/2238/E-waste-Guidelines\\_Partnership\\_2015.pdf](http://i.unu.edu/media/ias.unu.edu-en/project/2238/E-waste-Guidelines_Partnership_2015.pdf)
- Vieira, C., Alves, J., & Roque, M. (2013). *Manual Prático de Ecodesign*. Lisboa.
- Wikipedia. (20 de 10 de 2015). *Electronic waste*. Obtido de [https://en.wikipedia.org/wiki/Electronic\\_waste](https://en.wikipedia.org/wiki/Electronic_waste)
- Williams, J. (2006). A Review of Electronics de Manufacturing Processes, Resource, Conservation and Recycling. 195-208.
- Williams, P. (2010). Valorization of Printed Circuit Boards from Waste electrical and Electronic Equipment by Pyrolysis. *Waste Biomass Valor*, 107-120.
- Yang, T., Xu, Z., Wen, J., & Yang, L. (2009). Factors influencing bioleaching copper from waste printed circuit boards by *Acidithiobacillus ferrooxidans*. *Hydrometallurgy*, 29-32.
- Yu, J., Williams, E., & Ju, M. (2009). Review and prospects of recycling methods for waste printed circuit boards, issst. *IEEE International Symposium on Sustainable Systems and Technology*, 1-5.
- Zhang, L., Zuo, X., Kers, J., Peetsalu, P., & Goljandin, D. (2008). Mechanical and PyroMetallurgical Recycling of Electronic Wastes. *Global Symposium on Recycling, Waste Treatment and Clean Technology, Cancun, Mexico*, 699-708.