

FACULDADE DE ENGENHARIA DA UNIVERSIDADE DO PORTO

Ecodesign e a Reutilização de Computadores

Carlos Gustavo Pinto da Fonseca
(Licenciado)

Dissertação para a obtenção do Grau de Mestre em Design Industrial

Orientador: Doutor Paulo Manuel Cadete Ferrão (Prof. Associado)
Instituto Superior Técnico – Universidade Técnica de Lisboa
Co-Orientador: Doutor António Torres Marques (Prof. Catedrático)
Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto

27 de Março de 2007

Título: Ecodesign e a Reutilização de Computadores

Nome: Carlos Gustavo Pinto da Fonseca

Curso de Mestrado em: Design Industrial

Orientador: Doutor Paulo Manuel Cadete Ferrão (Professor Associado com Agregação do I.S.T.)

Resumo:

Os significativos impactes ambientais gerados pelos equipamentos eléctricos e electrónicos, com relevo para os computadores, não apenas durante o seu ciclo de vida, mas também pelas políticas de gestão dos seus resíduos, constituem um problema crescente das sociedades actuais. Para que o desempenho ambiental do ciclo de vida destes equipamentos se caracterize por uma maior eficácia, pela minimização dos impactes ambientais, é necessário proceder à integração das questões ambientais no processo de design e desenvolvimento de produto. A adopção das estratégias do ecodesign, desde as fases iniciais do processo de concepção e desenvolvimento dos produtos até ao seu fim-de-vida, orientadas para uma gestão de resíduos baseada na reutilização e reciclagem dos equipamentos, e a implementação de um modelo empresarial, de acordo com os princípios do desenvolvimento sustentável, vocacionado para a reutilização e reciclagem de computadores, com competências operacionais para o apoio a empresas e organizações na resposta às exigências impostas pela legislação vigente e pelas transformações sociais, económicas e ambientais a que assistimos, constituem o objecto desta dissertação.

Palavras-chave: Desenvolvimento Sustentável, Ecodesign, Avaliação do Ciclo de Vida, Gestão de Resíduos, Reutilização de Computadores, Reciclagem

Abstract

The significant environmental impact caused by electric and electronic equipments, particularly in what concerns computers, not only throughout their life cycle but also due to waste management policies, constitute a growing problem in our contemporary society. In order to achieve an effective environmental performance during their life cycle and a minimal environmental impact, these aspects must be integrated into the product design process and development of these equipments.

This work aims at presenting a business model that (1) observes the adoption of ecodesign strategies from the initial conception and development of the product process till the end of its life cycle; (2) is directed to the waste management and based on the reusing and recycling of equipments; (3) implements the business model taking into account the principles of sustainable development; (4) stands for / is born for the reusing and recycling of computers; (5) has got operational skills for supporting other businesses and organizations in their quest for solutions to the present legal demands urged by social, economical and environmental transformations.

Key-words: *Sustainable Development, Ecodesign, Life Cycle Assessment, Waste Management, Reuse of Computers, Recycling*

Prefácio

O reconhecimento da crescente importância das questões ambientais nas actividades industriais, que advêm dos significativos impactes gerados pelos equipamentos eléctricos e electrónicos, e a premência do aprofundamento das novas abordagens aos processos de concepção e desenvolvimento dos produtos e de gestão de resíduos, caracterizadas pela adopção de estratégias do design, constituem as principais razões para a realização deste estudo.

Os objectivos deste trabalho residem fundamentalmente na elaboração de uma proposta de implementação de um modelo empresarial orientado para a reutilização de computadores, baseado nos princípios do desenvolvimento sustentável, e mais propriamente da responsabilidade social empresarial.

À minha família e amigos

Quero agradecer ao Professor Paulo Ferrão, orientador da minha dissertação, por ter partilhado os seus conhecimentos, por oferecer a oportunidade de desenvolver o trabalho que conduziu à sua elaboração, e pela amabilidade e compreensão demonstradas ao longo deste trabalho.

Gostaria também de agradecer o apoio disponibilizado pelos Sr. José Luís Coutinho e Sr. Hugo Augusto.

Os meus agradecimentos a todos os Professores e Colegas deste curso de Mestrado assim como a todos aqueles que de algum modo contribuíram para o desenvolvimento desta dissertação.

Lista de Abreviaturas

ACV – Avaliação do Ciclo de Vida

ADSM – *Active Disassembly using Smart Materials*

AMB3E – Entidade Gestora de Resíduos de Equipamentos Eléctricos e Electrónicos

BAN – *Basel Action Network*

B2B – *Business to Business*

B2C – *Business to Consumer*

BS 7750 – *British Standard 7750*

CER – *Industry Council for Electronic Equipment*

CCV – Custo do Ciclo de Vida

CO2 – Dióxido de Carbono

CPU – *Central Processing Unit*

CRT – *Cathode Ray Tube*

CSD – *Center for Sustainable Development*

CV-AAS – *Cold Vapour – Atomic Absorption Spectrometer*

CVP – Ciclo de Vida do Produto

DAMI – Desmontagem Activa utilizando Materiais Inteligentes

DfD – *Design for Dismantling*

DfE – *Design for Environment*

DfPR – *Design for Product Retirement*

EDXRF – *Energy Dispersive X-Ray Fluorescence*

EEE / EE&E – Equipamentos Eléctricos e Electrónicos

ELDA – *End-of-Life-Advisor Tool*

ELV – *End-of-Life of Vehicles*

EMAS – *Environmental Management and Audit Scheme*

EPP – *Environmental Preferred Product*

EPS – *Environmental Priority System*

ERP – Associação Gestora de Resíduos de Equipamentos Eléctricos e Electrónicos

EU – *European Union*

EuP – *Energy-using Products Directive*
FMEA – *Failure Modes and Effects Analysis*
ICP-AES – *Inductively Coupled Plasma-Atomic Emission Spectrometry*
INE – Instituto Nacional de Estatística
IPPC – *Integrated Pollution Prevention and Control*
IPP – *Integrated Product Policy*
IPQ – Instituto Português da Qualidade
ISO – *International Standard Organization*
IZM – *Institut Zuverlässigkeit und Microintegration*
JIT – *Just in Time*
LCD – *Liquid Crystal Display*
LCM – *Life Cycle Management*
MAR – *Microsoft Authorised Refurbisher*
MJ – Megajoules
OCDE – Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Económicos
OHSAS – *Occupational Health and Safety Assessment Series*
PBB – Bifenispolibromados
PBDD – Dibenzodioxinas polibromadas
PBDE – Difenispolibromados
PBDF – Dibenzofuranos
PCB – *Printed Circuit Board*
RAM – *Random Access Memory*
REE&E / REEE - Resíduos de Equipamentos Eléctricos e Electrónicos
RoHS – *Restriction of the use of certain Hazardous Substances Directive*
SETAC – *Society for Environmental Toxicology and Chemistry*
SGA – Sistema de Gestão Ambiental
SnPb – Liga de Estanho
SVTC – *Silicon Valley Toxics Coalition*
TIC – Tecnologias de Informação e Comunicação
TQM – *Total Quality Management*
TRC – Tubo de Raios Catódicos
UNEP – *United Nations Environmental Program*
UE – União Europeia

URC – Unidade de Reutilização de Computadores

WEEE – *Waste Electrical and Electronic Equipment Directive*

Índice

Resumo	I
Abstract	II
Prefácio	III
Lista de Abreviaturas	IV
Índice	VII
Lista de Figuras	XII

Parte I - ORGANIZAÇÃO DA INVESTIGAÇÃO	1
1. Introdução	1
1.1. Estrutura da Dissertação	1
1.2. Contexto: Desenvolvimento Sustentável e a Indústria de Equipamentos Eléctricos e Electrónicos (EE&E)	2
1.2.1. Desenvolvimento Sustentável – Focalização na Indústria de EE&E)	4
1.2.2. Enquadramento Legal para as questões ambientais decorrentes da Indústria de EE&E	5
1.3. Ecomaterial – conceito	14
1.4. Produção Ambientalmente Responsável e Design para o Ambiente (Design for Environment - <i>DfE</i>)	15
2. Design e Desenvolvimento de Produto e o Ambiente	16
2.1. Integração dos aspectos ambientais no Processo de Design e Desenvolvimento de Produto – Ecodesign	19

2.2. Ecodesign e as Empresas.....	26
2.3. Problema.....	28
Parte II - CONTEXTUALIZAÇÃO / APLICAÇÃO.....	30
3. Enquadramento teórico.....	30
3.1. EE&E – Definição e caracterização.....	30
3.2. EE&E – Aspectos críticos.....	30
3.2.1. Impactes dos REE&E nos actuais sistemas de gestão de Resíduos – Incineração e Deposição.....	31
3.2.2. Gestão de REE&E.....	33
3.2.3. Novas tecnologias para o Fim-de-Vida dos REE&E Materiais Inteligentes.....	34
3.2.4. Gestão de REE&E em Fim-de-Vida – Ferramentas.....	36
3.3. Sistemas de Gestão Ambiental.....	40
3.3.1. Normas Ambientais.....	42
3.3.2. Sistemas de Gestão Ambiental e Ecodesign.....	44
3.4. Computadores pessoais – Ciclo de Vida (Indicador Ambiental – Energia primária).....	45
3.5. Reutilização de computadores e reciclagem de materiais e componentes dos equipamentos informáticos.....	46

3.6. Ecodesign e Gestão do Fim-de-Vida	49
3.7. Design para o fim-de-vida do produto (<i>Design for Product Retirement – DfPR</i>).....	51
3.8. Ecodesign - Metodologias e Ferramentas	52
3.9. Ecodesign e os Computadores Pessoais	53
4. Problemática	54
4.1. Impactes ambientais	54
4.1.1. Categorias de Impactos ambientais	55
4.1.2. Impactes ambientais típicos de materiais e componentes de computadores (incluindo monitores).....	57
Parte III – METODOLOGIAS DE ANÁLISE.....	58
5. Avaliação dos impactes ambientais do Ciclo de Vida dos E&E.....	58
5.1. Ciclo de vida – conceito	58
5.2. Avaliação do Ciclo de Vida	59
5.3. Avaliação do Ciclo de Vida e o Processo de Design e Desenvolvimento de Produto.....	61
5.4. Ecodesign – Metodologias e Ferramentas	62
5.5. Ecodesign – Estratégias	74

Parte IV - CASO DE ESTUDO / UNIDADE DE REUTILIZAÇÃO DE COMPUTADORES.....	78
6. Introdução	78
7. Unidade de Reutilização de Computadores (URC)	79
7.1. Objectivos	79
7.2. Unidade de Reutilização de Computadores (URC) Considerações gerais.....	82
7.3. Reutilização comercial de computadores	83
7.4. Reutilização não-comercial de computadores - Doação.....	84
7.5. Gestão do Processo de Recolha – Doação	85
7.6. Gestão do Processo de Doação	86
8. Processo de acondicionamento de computadores	87
9. Processo de reciclagem	90
10. Reutilização e Reciclagem	92
10.1. Placas de Circuitos Impressos	92
10.2. Monitores / TRC (Tubo de Raios Catódicos)	93
11. Gestão de Resíduos	95
12. Normas Ambientais	95

13. Auditorias e Relatórios	96
14. Logística	96
15. Parcerias	97
16. Certificação.....	98
17. Responsabilidade Social Empresarial	98
Parte V – CONCLUSÕES	100
18. Conclusões	100
19. Sugestões para trabalhos futuros	103
19.1. Ecodesign, Reutilização e Inovação.....	103
19.2. Novos Modelos Empresariais Sustentáveis e os Mercados de Reutilização.....	104
Parte VI – REFERÊNCIAS	106

Lista de Figuras

- Fig. 1** – Políticas e legislação sobre os EE&E para a U.E. (IZM).. p. 6
- Fig. 2** – Políticas e legislação sobre os EE&E para a U.E. (IZM) .. p, 7
- Fig. 3** – Taxas de recolha, valorização e reciclagem ..p.8
- Fig. 4** – Definições relacionadas com processos de tratamento ..p.10
- Fig. 5** – Aspectos do ecodesign na directiva EuP (IZM) ..p.13
- Fig. 6** – Exemplo de modelo genérico do processo de design e desenvolvimento de produto (Adaptado a partir da ISO/PDTR 14062) ..p.17
- Fig. 7** – Quatro níveis do ecodesign (Stevens, 1996) e (Brezet et al, 1997) ..p.20
- Fig. 8** – Exemplos da integração dos aspectos ambientais no processo de design e desenvolvimento de produto (Adaptado a partir da ISO/PDTR 14062) ..p. 22
- Fig. 9** – Exemplo da integração de regras na fase de desenvolvimento do produto (*Ecodesign Guide*) ..p. 23
- Fig. 10** – Impactes e custos do ciclo de vida do produto (IZM) ..p.24
- Fig. 11** – Modelo “*Four Steps*” (Charter e Chick, 1997) ..p.25
- Fig. 12** – Modelo de Gestão de REE&E ..p.38
- Fig. 13** – Tabela de Objectivos de Gestão para Equipamentos Informáticos ..p.38
- Fig. 14** – Esquematização da dinâmica do método “*Market Supply*” ..p.40
- Fig. 15** – Modelo de implementação do Sistema de Gestão Ambiental, estabelecido na norma NP EN ISO 14001 ..p.42
- Fig. 16** – Principais normas da série ISO 14000 ..p.43
- Fig. 17** – Esquematização do fluxo de materiais num sistema de recuperação de REE&E. ..p.48
- Fig. 18** – Interrelação entre o Ecodesign e a Gestão de Fim-de-Vida ..p.50
- Fig. 19** – Carga ambiental de um equipamento eléctrico e electrónico durante o seu ciclo de vida (Stevens, A., Griesse, H., Electronic Goes Green 2004, Fraunhofer IZM, Berlin, Germany) ..p. 55
- Fig. 20** – Impactes nas fases de fabrico e utilização – abordagem segundo múltiplos critérios ..p.57

- Fig. 21** – Interacções entre as actividades que ocorrem durante o ciclo de vida do produto .. p.59 (Fonte: Askiner Gungor, Surendra M.) Gupta, *Issues in environmentally conscious manufacturing and product recovery: a survey*, in *Computers & Industrial Engineering* 36 (1999) pp 811-853)
- Fig. 22** – Estrutura da ferramenta EIME .. p.64
- Fig. 23** – EuroMat – procedimentos (Adaptado de *Ecodesign Guide*) ..p. 66
- Fig. 24** – *ELDA* e as práticas actuais (Monitores) (Stevens et al., 2000) .. p.68
- Fig. 25** – Exemplos de directrizes (*Centre for Sustainable Design*) ..p.70
- Fig. 26** – Níveis de classificações das ferramentas do ecodesign (Adaptado de Ehrenfeld, 1999) ..p.71
- Fig. 27** – Utilização de ferramentas do ecodesign no processo de design e desenvolvimento de produto (Janin, 2000) ..p.73
- Fig. 28** - Utilização de ferramentas do ecodesign no processo de design e desenvolvimento de produto (Janin, 2000)..p.74
- Fig. 29** – Evolução de indicadores de acesso às Tecnologias de Informação e Comunicação (INE) ..p.80
- Fig. 30** – Fases do processo de acondicionamento de computadores ..p.88
- Fig. 31** – Fases do processo de reciclagem de EE&E.. p.90

Parte I - ORGANIZAÇÃO DA INVESTIGAÇÃO

1. Introdução

Este capítulo descreve o contexto em que a investigação foi desenvolvida, o seu enquadramento e os objectivos que conduziram os trabalhos subjacentes a esta dissertação. A concretização, através da adopção das estratégias do ecodesign, de objectivos definidos segundo uma perspectiva baseada nos princípios do desenvolvimento sustentável, constitui o tema fulcral para a investigação e discussão.

1.1. Estrutura da Dissertação

Esta dissertação está estruturada em 5 partes que são compostas por 18 capítulos. A Parte I descreve o contexto que determinou a realização da investigação. O capítulo 1 define o âmbito e os conceitos básicos do presente trabalho, e o papel da indústria de equipamentos eléctricos e electrónicos na concepção e desenvolvimento de produtos ambientalmente adequados. O capítulo 2 descreve o modo como a integração das questões ambientais no processo de design e desenvolvimento de produto é realizada, e define os princípios do Ecodesign.

A parte II aborda os elementos teóricos e a aplicação dos conceitos anteriormente descritos. O capítulo 3 contempla a problemática da geração e gestão de resíduos, assim como a gestão ambiental. O capítulo 4 incide sobre os impactes ambientais e as suas categorias.

A parte III contempla a abordagem das metodologias de análise desenvolvidas no contexto do Ecodesign. O capítulo 5 descreve os fundamentos da Avaliação do Ciclo de Vida.

A parte IV constitui o fulcro deste trabalho, apresentando um exemplo da concretização, em termos sociais e empresariais, dos conceitos e princípios abordados nos capítulos anteriores. No capítulo 6 e 7 são apresentados os fundamentos e considerações gerais da proposta desenvolvida. O capítulo 8

descreve o processo de recondicionamento de computadores para reutilização. Os capítulos 9 e 10 e 11 abordam respectivamente o processo de reciclagem, o tratamento efectuado aos computadores e monitores e a gestão de resíduos gerados por estes. Os capítulos 12, 13, 14, 15, 16, e 17 descrevem os principais aspectos que caracterizam o modelo empresarial proposto.

Na parte V são estabelecidas as conclusões relativas à pertinência da proposta apresentada. No capítulo 18 descrevem-se as conclusões finais, versando o capítulo 19 sobre sugestões para futuros trabalhos referentes ao objecto desta dissertação.

As referências completam o documento.

1.2. Contexto: Desenvolvimento Sustentável e a Indústria de Equipamentos Eléctricos e Electrónicos (EE&E)

O conceito de desenvolvimento sustentável desenvolvido pelo “*Ethical and Ecological Rating Project Group*” e apresentado em Darmstadt no ano de 2004, representa uma abordagem holística e alternativa, conjugando, num plano de igualdade, as dimensões económicas e sociais com os aspectos ecológicos. Segundo uma perspectiva ecológica, a sustentabilidade exige que a geração do lucro seja compatível com o aumento da produtividade dos recursos, com o investimento em recursos renováveis, com a recuperação e reciclagem de materiais e substâncias assim como com os sistemas ecológicos locais e globais. Social e culturalmente, a sustentabilidade preconiza a compatibilização entre o lucro e o desenvolvimento do capital humano (responsabilidade pelo emprego, educação), desenvolvimento do capital social (criação de oportunidades de trabalho, regiões funcionais e suporte de intervenção social), e o desenvolvimento do capital cultural (respeito pela diversidade cultural, considerando os direitos e liberdades civis dos indivíduos). A produção de equipamentos eléctricos e electrónicos (EE&E) é, no mundo ocidental, um dos domínios da indústria transformadora que apresenta um crescimento mais rápido. Com efeito, da exigência de melhores desempenhos, que as constantes inovações tecnológicas permitem satisfazer, resulta a rápida obsolescência dos equipamentos e a

consequente geração de vastas quantidades de produtos usados, apesar de muitos equipamentos informáticos possuírem a capacidade de operar por largos períodos de tempo – na década de 60, os primeiros computadores eram utilizados durante um período de dez anos, que decresce, no caso de produtos inovadores, para dois anos. Estes desenvolvimentos tecnológicos determinam frequentemente a aquisição de novos equipamentos electrónicos com custos inferiores àqueles que se verificariam em caso de actualização de outros já usados. Como exemplo, e de acordo com recentes estudos efectuados no Estados-Unidos, mais de vinte milhões de computadores pessoais tornaram-se obsoletos no decurso do ano de 1998, prevendo-se que no período compreendido entre 1997 e 2007, o seu número se eleve a quinhentos milhões, que corresponde à razão de dois computadores por habitante.

Na sequência da Cimeira sobre Desenvolvimento e Ambiente, que decorreu na cidade do Rio de Janeiro no ano de 1992, a alteração destes padrões de produção e consumo, considerados insustentáveis, tornou-se numa das prioridades do Programa Ambiental das Nações Unidas (*U.N.E.P.*), que viria a ser reforçada no decurso da Cimeira Mundial para o Desenvolvimento Sustentável (Johannesburg – 2002). Esta transformação só se tornará possível através da articulação entre as fases de produção e consumo dos produtos e materiais, que se traduzirá numa abordagem integrada do ciclo de vida daqueles, para a qual se impõe a responsabilização dos intervenientes na indústria de produtos electrónicos. Mas a produção de “equipamentos sustentáveis”, de modo a contribuir para o processo de desenvolvimento sustentável deverá ser complementada com o empenho, por parte da indústria electrónica, na criação de condições para a redução dos impactes negativos, ambientais, sociais e económicos, que com a crescente globalização dos mercados e a maior mobilidade de bens e pessoas, também assumem uma dimensão global. O Relatório “*Exporting Harm*”, elaborado pela *Basel Action Network (BAN)* e pela *Silicon Valley Toxics Coalitions (SVTC)* e publicado em 2002, demonstra, por exemplo, que 50-80% dos Resíduos de Equipamentos Eléctricos e Electrónicos (REE&E) gerados nos Estados Unidos não foram sujeitos a qualquer processo de reciclagem no interior do país, mas sim exportados para países asiáticos em vias

de desenvolvimento, com relevo para a China, devendo-se fundamentalmente este facto aos baixos custos da força laboral, a uma débil execução dos regulamentos ambientais e ainda à exportação dos resíduos perigosos sem o controlo adequado.

A constatação dos problemas gerados pela acumulação de grandes quantidades de resíduos tem assim motivado a crescente pressão sobre os produtores no sentido do desenvolvimento de soluções abrangentes, que impliquem a intervenção de todos os sectores da sociedade nas questões que respeitam fundamentalmente ao desenvolvimento sustentável de produtos e à gestão do ciclo de vida dos mesmos. De acordo com a definição geral de desenvolvimento sustentável, estas soluções deverão satisfazer as necessidades presentes sem prejuízo da possibilidade de satisfação das necessidades futuras.

1.2.1. Desenvolvimento Sustentável – Focalização na Indústria de EE&E

O modelo de sustentabilidade oferece a possibilidade de uma abordagem aos desafios que se colocam às sociedades actuais. Reconhecida a sua importância na sociedade moderna, através de uma vasta gama de aplicações, a indústria de equipamentos informáticos assume uma particular responsabilidade no seu desenvolvimento. Esta responsabilidade não respeita apenas ao consumo de recursos, mas também ao consumo de energia por parte dos utilizadores. Neste contexto, é reconhecida a importância da conjugação entre a inovação e o desenvolvimento de novas soluções que permitam a eliminação ou minimização dos impactes ambientais e respectivos custos associados aos diversos sectores da indústria, dos quais sobressai o que respeita à produção de equipamentos eléctricos e electrónicos. Esta categoria de produtos caracteriza-se não apenas pela utilização, na sua produção, de materiais diversificados e escassos, mas também por um elevado consumo energético nas fases de produção e utilização durante o seu ciclo de vida. Estes materiais possuem ainda ciclos de vida curtos e apresentam dificuldades de reparação e reciclagem.

As características destes produtos, aliadas à rápida cadência com que as

inovações tecnológicas se sucedem, que caracteriza o sector dos equipamentos eléctricos e electrónicos, exigiram o desenvolvimento de produtos sustentáveis e de melhor qualidade, apenas possível considerando os seus ciclos de vida e as diferentes fases que os caracterizam. É nas fases de concepção e desenvolvimento que se definem, em média, entre 80 e 90% dos custos ambientais e económicos do ciclo de vida dos produtos, e consequentemente, dos impactes ambientais. (*Design Council, 1997*). Uma vez definido o design do produto, a margem de redução dos custos e dos impactes ambientais nas restantes fases do ciclo de vida do produto, como a produção, distribuição, utilização e fim-de-vida, reduz-se a apenas 20% do valor total de todo o seu ciclo de vida. Estes dados comprovam a importância da integração das questões ambientais nos aspectos económicos nos processos de design de produto e desenvolvimento, que na verdade se estabelece como fundamento do ecodesign, processo no qual, a concepção e desenvolvimento do produto exigem as melhores opções e o profundo conhecimento das entradas (*inputs*) e saídas (*outputs*) assim como os processos respeitantes a cada fase do ciclo de vida.

1.2.2. Enquadramento Legal para as questões ambientais decorrentes da Indústria de EE&E

A correcta gestão dos resíduos representa uma condição essencial para o desenvolvimento sustentável, e na sequência, foi estabelecido um conjunto de regras de gestão visando a criação de circuitos de recolha selectiva de resíduos de equipamentos eléctricos e electrónicos, o seu correcto armazenamento e pré-tratamento, com relevo para a separação das substâncias perigosas neles contidas, e o posterior envio para reciclagem e reutilização, processos que se deverão constituir como opção alternativa à simples deposição em aterro.

Com o objectivo de regulamentar as actividades respeitantes à produção, produto e empresas, segundo uma perspectiva ambiental, a U.E. efectuou diversas diligências no sentido da elaboração de legislação, com particular incidência na indústria de EE&E. Esta legislação, entretanto promulgada, visa, essencialmente, estimular a introdução de melhoramentos no desempenho ambiental dos produtos

ao longo de todas as fases dos seus ciclos de vida. Esta legislação, que compreende diversas ferramentas, que podem ser utilizadas para a concretização daquele objectivo, incluem medidas como instrumentos económicos, interdição de substâncias, acordos de natureza voluntária, rotulagem ambiental e directrizes para os processos de design e desenvolvimento de produto.

A legislação e políticas europeias para os EE&E, relacionadas com o produto, abrangem três áreas distintas: produção, produto e empresas (Fig. 1 e 2).

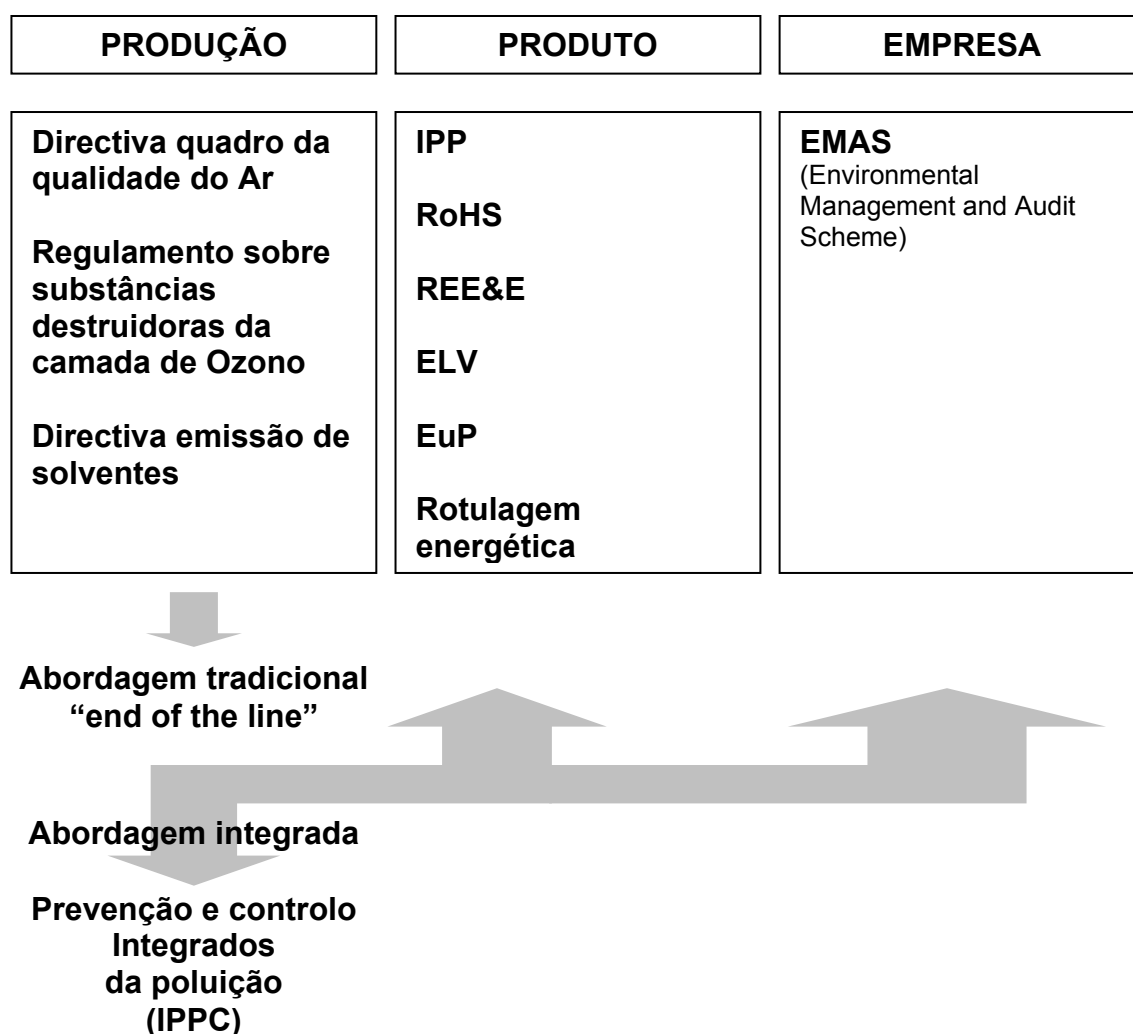


Figura 1 – Políticas e legislação sobre os EE&E para a U.E. (IZM)

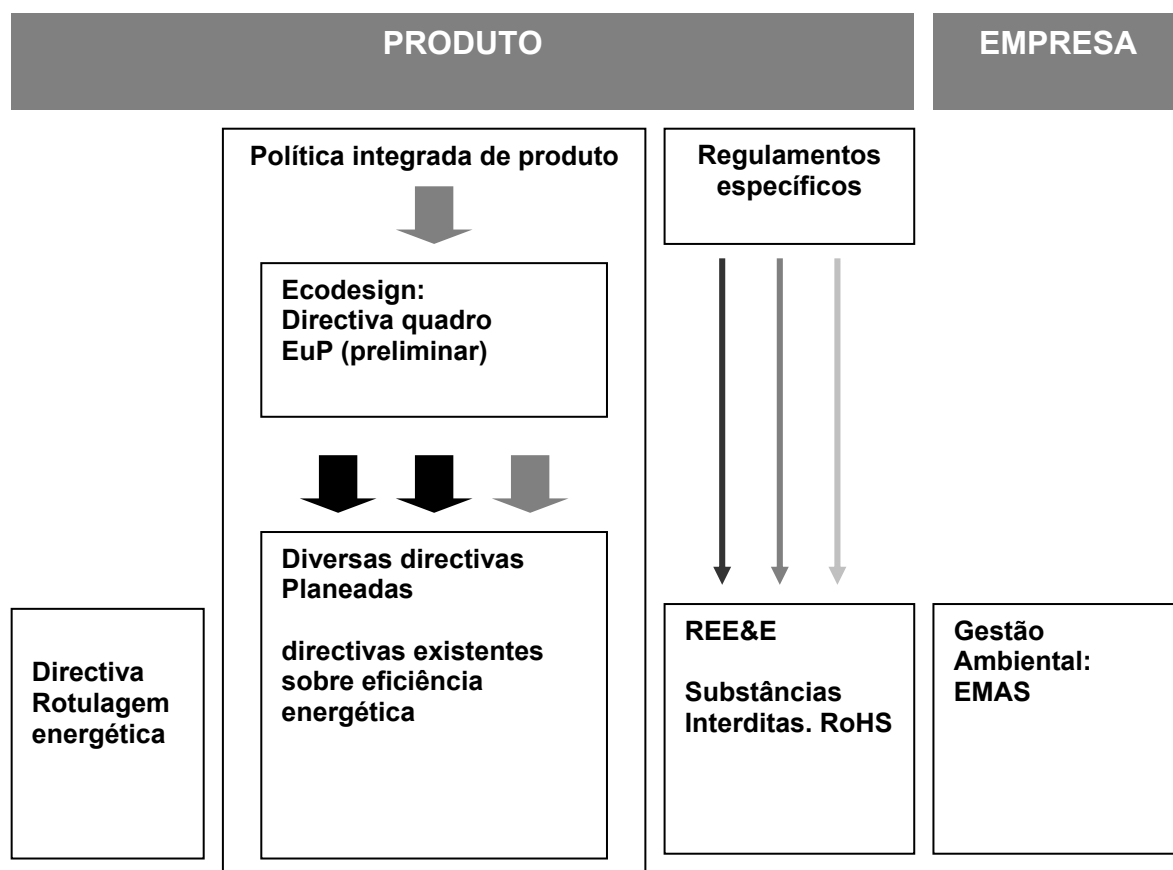


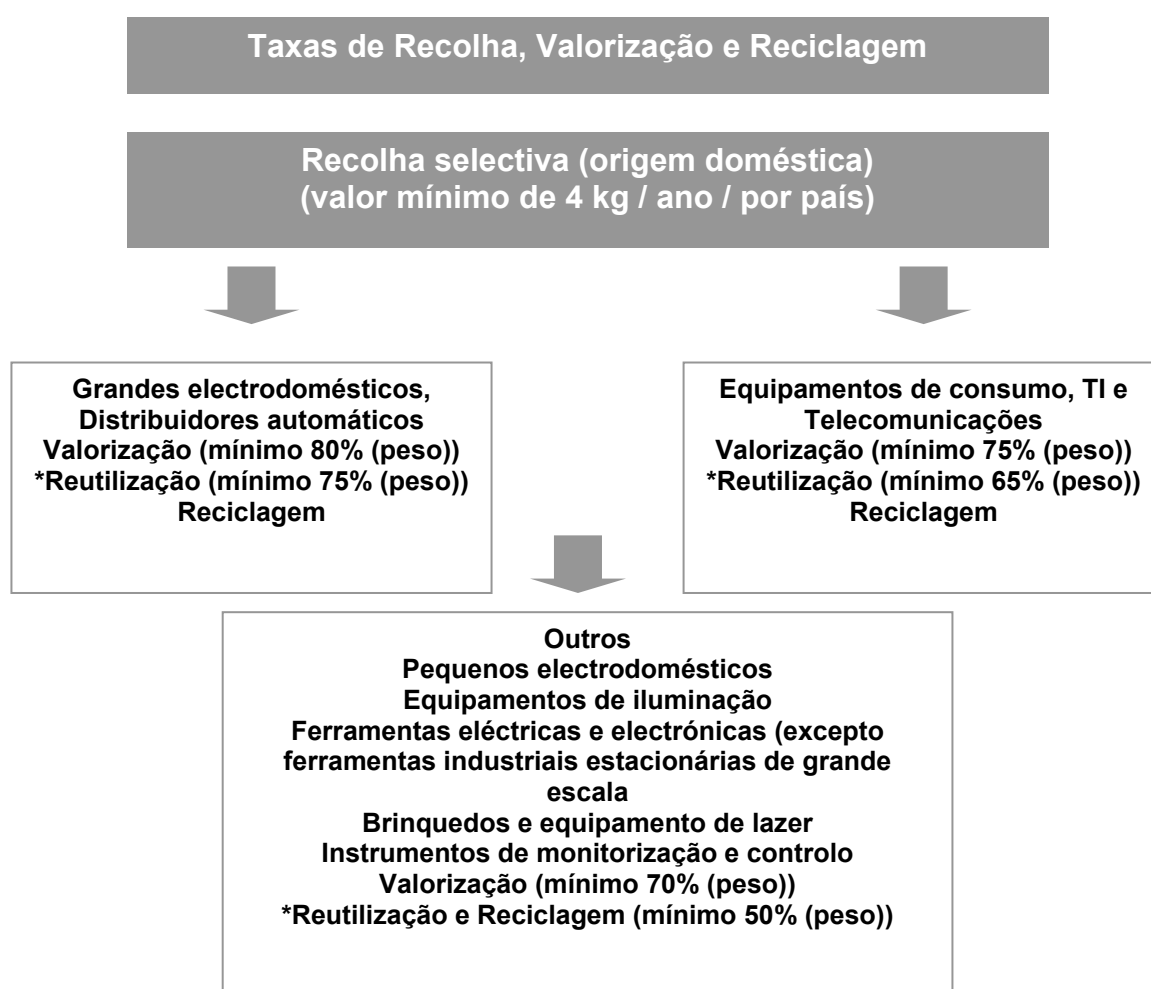
Figura 2 – Políticas e legislação sobre os EE&E para a U.E. (IZM)

A Política Integrada de Produto (IPP - *Integrated Product Policy*), a EuP (*Energy using Product*), a WEEE (*Waste Electrical and Electronic Equipment Directive*) e a RoHS (*Restriction of the use of certain Hazardous Substances Directive*) são as mais importantes políticas e legislações vigentes relacionadas com o produto.

Enquanto a IPP define o enquadramento e princípios subjacentes a uma política ambiental no contexto europeu, as outras directivas consagram requisitos que se revelam da maior importância para as empresas.

No que respeita à gestão do fim-de-vida dos resíduos dos EE&E (REE&E), a U.E. desenvolveu e implementou a Directiva WEEE 2002/96/CE de 27 de Janeiro de 2003, posteriormente melhorada através da Directiva WEEE 2003/108/CE de 8 de Dezembro de 2003. Os princípios fundamentais subjacentes a estas directivas residem na prevenção e valorização da geração de resíduos, e na

responsabilização dos fabricantes relativamente aos seus produtos, com particular incidência no fim-de-vida. A Directiva 2002/96/CE de 27 de Janeiro de 2003 estabelece os objectivos mínimos para a separação, recuperação e reciclagem de REE&E. De acordo com esta directiva, os estados membros devem, a partir de 31 de Dezembro de 2006, atingir uma taxa equivalente a um valor mínimo médio de 4 Kg / habitante de recolha selectiva doméstica, que deverá, entretanto, ser alargado a partir de 2008. A Fig. 3 mostra as taxas de recolha, valorização e reciclagem.



* Até 31 /12 / 2008 os EEE reutilizados por completo não são contabilizados para as taxas

Figura 3 – Taxas de recolha, valorização e reciclagem

De acordo com o Art. 3º (Definições) da directiva WEEE, os termos reutilização, reciclagem e recuperação definem-se do seguinte modo:

- A reutilização é o processo pelo qual os componentes ou resíduos de WEEE serão utilizados para o propósito original, incluindo o uso continuado do equipamento ou componentes, pelo que deverão ser recolhidos em pontos específicos, distribuidores, recicladores ou fabricantes.
- Por reciclagem entende-se o reprocessamento para fins como os originais ou outros, excluindo a valorização energética (utilização de resíduos combustíveis para produção de energia através do processo de incineração, com ou sem outro tipo de resíduos, mas com recuperação de calor).
- A recolha reporta-se a qualquer operação definida no Anexo IIB para a directiva 75/442/EEC

Genericamente, e respeitando aos REEE de origem doméstica (B2C), a directiva WEEE impõe aos produtores diversos procedimentos. Os produtores devem criar sistemas de recolha sem custos para o utilizador final, pelo menos de natureza pública, e assumir os custos de reutilização, reciclagem e eliminação. Por sua vez, os distribuidores poderão aceitar REE&E voluntariamente, mas sem custos. Para os REEE cuja origem não proceda de utilizadores privados (B2B), os produtores têm obrigatoriamente de oferecer possibilidades de recolha adequada aos clientes comerciais, sendo responsabilizados pela recolha, reutilização, reciclagem, eliminação pelos custos referentes à transformação dos REEE.

No que respeita à concepção e produção dos produtos, a directiva WEEE promove o seu direccionamento para a valorização e facilidade de desmantelamento, que se traduz nas possibilidades de reciclagem e reutilização dos produtos e seus componentes. A directiva WEEE procura assim assegurar, sempre que tal se afigure exequível, que as características de design e de produção garantam a reutilização.

Do mesmo modo, a directiva WEEE obriga os fabricantes a fornecer informação relativa à reutilização e tratamento para cada tipo de EE&E, até um ano após a sua colocação no mercado. Estas informações, referentes aos diferentes componentes e materiais e à localização das substâncias perigosas, devem apresentar um grau de detalhe que permita aos operadores de reutilização,

tratamento e reciclagem proceder de acordo com o que está estipulado na directiva. A directiva WEEE pode ser descrita como mostra a figura 4.

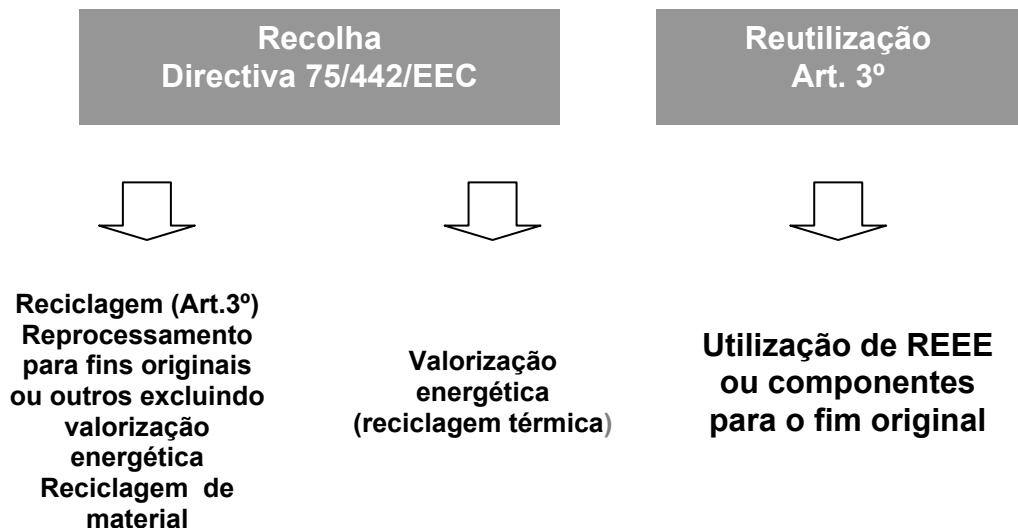


Figura 4 – Definições relacionadas com processos de tratamento

Com o Decreto-Lei nº 230/2004, de 10 de Dezembro, é regulamentada em Portugal a gestão de resíduos de EE&E, que resulta da transposição para a ordem jurídica nacional, a Directiva WEEE nº 2002/96/CE, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 27 de Janeiro de 2003, posteriormente alterada pela Directiva WEEE nº 2003/108/CE de 8 de Dezembro. Com o objectivo de possibilitar a correcta adequação dos sistemas de Gestão de Resíduos de equipamentos eléctricos e electrónicos, foram simultaneamente estabelecidos regulamentos destinados à prevenção da geração de resíduos e da redução das substâncias perigosas neles contidos, transpostos para a ordem jurídica interna pela Directiva WEEE nº 2002/95/CE de 27 de Janeiro de 2003.

Com o objectivo de prevenir os impactes resultantes da utilização de substâncias perigosas em produtos E&E, a U.E. elaborou a Directiva RoHS 2002/95/CE de 27 de Janeiro de 2003. Embora com algumas excepções, esta directiva impõe a proibição de utilização de substâncias perigosas em equipamentos colocados no mercado a partir de 1 de Julho de 2006. Esta proibição abrange substâncias como o chumbo, mercúrio, cádmio, crómio hexavalente, bifenispolibromados (PBB) ou

éteres difenispolibromados (PBDE). Os equipamentos abrangidos pela directiva RoHS (Art.2º - Anexo I A WEEE) incluem os pequenos e grandes electrodomésticos, os equipamentos informáticos e de telecomunicações, os equipamentos de consumo, equipamentos de iluminação, ferramentas eléctricas e electrónicas, brinquedos e equipamentos de lazer e ainda distribuidores automáticos. No entanto, diversos outros equipamentos estão isentos. É o caso dos aparelhos médicos, instrumentos de monitorização e controlo, ferramentas industriais estacionárias de grande escala, equipamentos eléctricos e electrónicos colocados no mercado antes de 1 de Julho de 2006 e ainda peças sobressalentes para reparação e reutilização.

É pela legislação europeia e pelas iniciativas da indústria japonesa, que as pressões no sentido da proibição da utilização do chumbo no fabrico de EE&E, mais se têm feito sentir. Para além disso, muitas regiões do mundo, que são importadores de produtos novos e recondicionados contendo chumbo, não possuem legislação para a regulamentação da utilização de materiais usados nos produtos electrónicos ou para a deposição dos resíduos.

Em resultado da implementação das directivas WEEE e RoHS, é exigida a caracterização detalhada dos elementos químicos de modo a permitir o controlo das restrições envolvidas. Contudo, e no contexto da directiva RoHS, as informações relativas aos materiais que integram as placas de circuitos integrados e outros componentes electrónicos como condensadores, resistências e circuitos integrados não estão sempre disponíveis nos distribuidores e fabricantes. O mesmo se aplica aos polímeros retardadores de chama, utilizados nos invólucros de EE&E. Devido a esta ausência de informações, foram desenvolvidas diversas estratégias para obter os dados analíticos destes materiais. A aplicação de tecnologias como os micro-feixes EDXRF, permite quantificar nos invólucros dos equipamentos e nas placas de circuitos integrados os elementos ambientalmente relevantes. Outras tecnologias como a ICP-AES, são utilizadas para a determinação de chumbo, cádmio, crómio, enquanto que o Vapor Frio AAS (CV-AAS) é usado para a detecção de mercúrio. Estas estratégias revelam-se de grande utilidade para os fabricantes e fornecedores, permitindo a avaliação, melhoramento e valorização dos seus produtos.

A implementação da directiva EuP é proposta para produtos que representem um volume considerável de vendas nos mercados internacionais, que envolvam a geração de impactes ambientais significativos e que sejam susceptíveis de serem melhorados. Para a sua aplicação, são ainda considerados outros aspectos como o impacte nos consumidores, o desempenho do produto, a saúde e a segurança. Para a aplicação da directiva EuP, é necessário definir as ferramentas de avaliação ambiental, possibilitando estas uma visão sobre o ciclo de vida. Esta pode realizar-se através da avaliação do ciclo de vida, para as categorias fundamentais de produtos, que permite reconhecer os diversos tipos de impactes ambientais e os pontos ambientais críticos. Outras ferramentas de avaliação, para além das que são adequadas à quantificação, permitem a focalização nos pontos ambientais críticos e a avaliação dos impactes resultantes das opções de design. A definição de requisitos para o design, no que respeita à energia, está consignada na Directiva *Energy using Product (EuP)*. Esta directiva, cujo objectivo se centra na melhoria do desempenho ambiental global, distingue os requisitos genéricos, focalizando os aspectos ambientais identificados nas medidas de implementação, e os requisitos específicos, sob a forma de valores limite ou gamas de valores para determinados aspectos ambientais relacionados com impactes significativos no ambiente.

Focalizando-se nos aspectos ambientais significativos que foram identificados nas medidas implementadas, os fabricantes deverão conduzir uma avaliação ambiental de um modelo EuP através da avaliação do ciclo de vida. Os resultados desta avaliação deverão ser utilizadas para a análise de soluções alternativas em confronto com referências consignadas na medida a implementar, com o objectivo de melhorar o desempenho ambiental do produto. Para a solução adoptada, o fabricante deverá elaborar um perfil ecológico, baseado nas características ambientais do produto mais relevantes, e dos *inputs/outputs* quantificáveis e mensuráveis que ocorrem ao longo do ciclo de vida.

Alguns requisitos específicos (mínimos) já foram implementados em anterior legislação europeia. É o caso das directivas para a eficiência energética dos balastros de lâmpadas fluorescentes (200/55/CE), para a eficiência energética de frigoríficos, congeladores e combinados (96/57/CE), e para os requisitos de

eficiência para as novas caldeiras de aquecimento de água que funcionam com combustíveis líquidos ou gasosos (94/42/CEE).

A integração dos aspectos do ecodesign na directiva EuP é mostrada na fig. 5

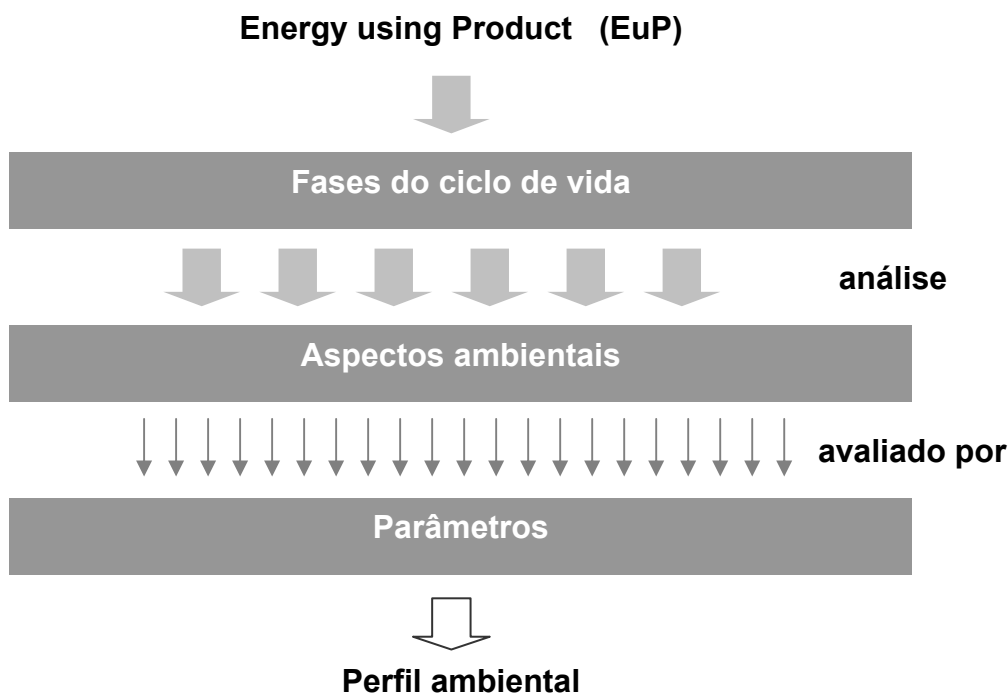


Figura 5 – Aspectos do ecodesign na directiva EuP (IZM)

A aquisição de matérias-primas, a produção, a embalagem, transporte e distribuição, a instalação e manutenção, a utilização e o fim-de-vida, constituem as fases do ciclo de vida.

Os aspectos ambientais considerados, respeitam ao consumo de materiais, energia e outros recursos, às emissões para o ar, água e solos, à poluição gerada pelo ruído, radiação, vibrações, radiações e campos electromagnéticos, e ainda à geração de desperdícios materiais. A avaliação das potencialidades de reutilização, reciclagem e a recuperação de materiais e energia, constituem outros aspectos ambientais considerados por esta directiva.

O peso e volume do produto, a utilização de materiais reciclados, o consumo de energia ao longo do ciclo de vida, o uso de substâncias perigosas, a quantidade e natureza dos consumíveis necessários para a correcta utilização e manutenção e

a incorporação de componentes usados constituem alguns exemplos de parâmetros considerados pela directiva EuP.

As actuais fases do ciclo de vida e os aspectos que os fabricantes devem considerar na avaliação ambiental, devem ser especificados na medida a implementar, que será desenvolvida pela Comissão, apoiada por um comité regulador.

1.3. Ecomaterial - conceito

O conceito de ecomaterial foi introduzido em 1991 por Ryoichi Yamamoto. Utilizando os materiais existentes como referência, os ecomateriais definem-se como aqueles que contribuem para um melhor desempenho ambiental ao longo do seu ciclo de vida, mantendo os mesmos níveis de desempenho técnico. O desempenho ambiental dos ecomateriais pode ser melhorado pela redução e/ou eliminação da utilização de recursos não-renováveis ou menos abundantes, pelo incremento do ciclo do material através da reciclagem e reutilização, pelo aumento da eficiência dos recursos (incluindo materiais e energia) e da utilização de materiais mais duráveis e com menores exigências de manutenção (Yamamoto R., *Achieving Sustainable Society by Eco Design, Electronic Goes Green 2004*, Fraunhofer IZM, Berlin). Para Yamamoto, o desempenho ambiental de um ecomaterial varia de acordo com o sistema social em que ele é utilizado, reciclado ou depositado. O mesmo autor propõe um modelo de desenvolvimento de um ecomaterial composto por quatro fases:

- 1 – Menor desenvolvimento de alguns aspectos ambientais do material
- 2 – Redesign do material, optimizando a eco-eficiência durante a totalidade do seu ciclo de vida
- 3 – Criação de um ciclo de reciclagem, segundo o qual o ecomaterial é concebido
- 4 – A totalidade dos impactes ambientais gerados pela circulação dos materiais segundo ciclos artificiais e naturais está limitada às capacidades ecológicas adoptadas.

Após a apresentação da proposta do conceito de ecomaterial, Yamamoto reconhece entre as regiões e nações, a existência de padrões resultantes da adopção dos princípios e metodologias relacionadas com o desenvolvimento

sustentável. Como exemplos, refere os seguintes:

- Japão: ecomaterial; produção inversa (*Inverse Manufacturing*); emissão zero, produtividade verde; lei da compra de produtos verdes (*green-purchasing law*) e exibição de ecoprodutos.
- União Europeia: princípios precautórios; eco-equilíbrio (*ecobalance*); espaço ambiental; princípio do poluidor pagador; recursos de produtividade; factor 4 / factor 10 - ecoeficiência; sistema de gestão ambiental (*Environmental Management and Audit Scheme – EMAS*); economia circular; ecodesign; sistema produto-serviço; triple bottom line e políticas integradas de produto (*integrated product policy – IPP*)
- Estados Unidos: Avaliação do ciclo de vida; inventário de emissões tóxicas; química verde; economia funcional /serviços e ecologia industrial.

A observação destas abordagens diversificadas aos princípios do desenvolvimento sustentável permite o reconhecimento de alguns aspectos característicos. Enquanto no Japão esta abordagem é direccionada para a tecnologia, adoptando a União Europeia o enquadramento de princípios, os Estados Unidos seguem uma orientação baseada na articulação entre a ciência e o mundo empresarial. Estes conceitos e metodologias, de grande importância para o desenvolvimento sustentável, são complementares, mas, para a sua contínua promoção, será necessário proceder à unificação e padronização destas abordagens.

1.4. Produção Ambientalmente Responsável e Design para o Ambiente (Design for Environment - DfE)

A Produção Ambientalmente Responsável é um conceito relativamente recente que pode ser considerado como um produto dos anos 90. A Produção Ambientalmente Responsável tem sido definida como uma abordagem integrada no sentido da redução e eliminação de todos os resíduos associados ao processo de design, produção, utilização e/ou deposição dos produtos e materiais (Handfield *et al.*, 1997).

Um dos aspectos fundamentais deste conceito reside no reconhecimento de que a poluição, independentemente da forma que possa assumir, constitui um resíduo. Tal como podemos observar nos conceitos de *Just In Time (JIT)* ou de Gestão Total da Qualidade (*Total Quality Management – TQM*), os resíduos são constituídos por actividades ou produtos que consumam recursos ou criam custos sem que qualquer mais-valia seja gerada (Porter, 1991; Porter e Van der Linde, 1995^a, 1995b). As empresas que incluam as questões ambientais nos seus processos de design de produto, terão a possibilidade de reduzir os custos respeitantes à deposição dos produtos, de evitar sanções impostas pelo incumprimento da legislação ambiental, de racionalizar a utilização das matérias-primas, de criar novas oportunidades de negócio gerando maiores lucros e contribuir para a melhoria das condições ambientais. As questões respeitantes à Produção Ambientalmente Responsável devem preferencialmente ser integradas na fase de concepção, uma vez que a quantidade de resíduos gerados resulta das decisões adoptadas no processo de design do produto.

De utilização genérica, o termo “design para o ambiente”, (*Design for Environment – DfE*) ou ecodesign, constitui-se como um dos componentes do conceito de Produção Ambientalmente Responsável, e incorpora as questões ambientais no processo de design e redesign de produto, processos e sistemas técnicos e sistemas de gestão. Os objectivos da Produção Ambientalmente Responsável podem ser mais facilmente atingidos quando as questões ambientais são identificadas e solucionadas nas fases iniciais do processo de design do produto, uma vez que é nelas que as alterações a introduzir podem permitir a redução ou eliminação dos resíduos (Allenby, 1993).

2. Design e Desenvolvimento de Produto e o Ambiente

O processo de design e desenvolvimento de produto é uma sequência de fases ou actividades que uma empresa utiliza para conceber, projectar e comercializar um produto. Muitas destas actividades definem-se mais como sendo organizacionais e intelectuais do que físicas (Ulrich e Eppinger, 2000). Sendo uma actividade multidisciplinar, o desenvolvimento de produto exige o contributo da

maioria das funções existentes nas empresas, de que relevam o marketing, o design e a produção, envolvendo ainda outras, como as finanças ou as vendas. A definição e submissão a um processo de desenvolvimento rigoroso e detalhado não é, no entanto, comum a todas as empresas, e muitas revelam-se mesmo incapazes de descrever os seus próprios processos. Além disso, toda e qualquer empresa utiliza processos que sempre apresentam ligeiras diferenças relativamente àqueles que são adoptados por outras. E em muitos casos, a mesma empresa segue diferentes processos para cada uma das diversas tipologias de desenvolvimento de projectos.

A correcta definição de um processo de design e desenvolvimento de produto revela-se fundamental, uma vez que garante elevados padrões de qualidade, possibilita a articulação entre os membros das equipas, define um planeamento eficaz do projecto, assegura uma gestão que permite a detecção de eventuais áreas problemáticas e permite ainda a identificação de oportunidades de melhoramento. Diversos modelos conceptuais caracterizam o processo de design e desenvolvimento de produto, mas poderemos reconhecer que todos o definem como um encadeamento entre objectivos e factos com determinados marcos e decisões. Genericamente, o processo de desenvolvimento de produto engloba seis fases como se apresenta na figura 6.

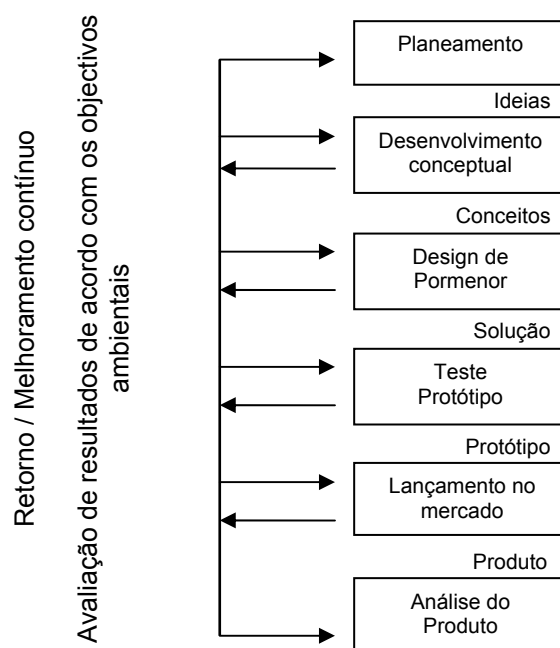


Figura 6 – Exemplo de modelo genérico do processo de design e desenvolvimento de produto (Adaptado a partir da ISO/PDTR 14062)

Este processo inicia-se com uma fase (analítica) de planeamento, na qual se identificam os segmentos de mercado, se estabelecem a arquitectura e plataforma do produto, se avaliam novas tecnologias, se identificam as limitações da produção e se define uma estratégia para a cadeia de fornecimento. O resultado da fase de planeamento, que se traduz na enunciação dos objectivos do projecto, contém os princípios que orientarão as restantes fases do processo, e permite o início de uma fase (sintética) de desenvolvimento do conceito, mediante o qual se descrevem a forma, funções e características do produto. É também nesta fase que se define a arquitectura do produto e a decomposição deste em sub-sistemas e componentes.

A fase do design de pormenor engloba o conjunto de especificações da geometria, materiais e tolerâncias dos seus componentes específicos, e a identificação de todos os elementos padronizados que serão adquiridos a fornecedores. A fase seguinte (analítica), na qual o produto é testado, envolve a construção e avaliação de diversas versões pré-produzidas. Os primeiros protótipos – alfa – incluem geralmente componentes com a mesma geometria e propriedades da versão final do produto, e são testados com o objectivo de avaliar o seu desempenho de acordo com os princípios previamente definidos e a satisfação das necessidades dos consumidores. Posteriormente, procede-se à construção de protótipos beta, cujo objectivo fundamental se traduz na necessidade de determinar os graus de desempenho e fiabilidade de modo a permitir a introdução de alterações no produto final, incluem componentes construídos de acordo com os processos preconizados para a fase de produção que serão avaliados pelos consumidores finais nas condições naturais de utilização. A conclusão deste processo corresponde ao lançamento do produto, em que este passa a estar disponível para a sua aquisição.

O processos de desenvolvimento de produto diferem, de um modo evidente, entre as empresas e os produtos. Não havendo uma padronização para a integração das questões ambientais nos seus processos, as empresas utilizam uma combinação individual de abordagens e ferramentas. Enquanto que nas grandes empresas, o processo de desenvolvimento de produto se alicerça em metas definidas e na gestão centralizada, nas de menor dimensão, ele caracteriza-se

pela informalidade e intuição.

A abordagem do processo de desenvolvimento de produto poderá ser efectuada considerando-o como a criação inicial de um vasto conjunto de conceitos de produto, seguida de uma filtragem das alternativas e do incremento das especificações até que aquele possa ser produzido de modo fiável e em série, ou como um sistema de processamento de informações. Neste caso, o processo inicia-se com a introdução de dados, como os objectivos da empresa, as potencialidades das tecnologias disponíveis, as plataformas dos produtos ou ainda os sistemas de produção.

2.1. Integração dos aspectos ambientais no Processo de Design e Desenvolvimento de Produto - Ecodesign

O processo de design e de desenvolvimento de um novo produto, que engloba todas as fases, desde a concepção até à produção, tem, no entanto, sido alvo de reflexão e reformulação (Hall, 1993; Patterson, 1993), devido às pressões exercidas pelos mercados, no sentido de uma redução da duração do seu ciclo total, da diminuição dos custos do processo, e de uma maior flexibilidade e qualidade do produto (Cohen e Apte, 1997). Com o objectivo de reduzir a duração do ciclo total do processo, o modelo de gestão consagra agora a existência de equipas multifuncionais nas fases iniciais do mesmo, assim como ao longo do sistema de produção.

Na generalidade, as empresas utilizam processos de desenvolvimento de produto distintos e adaptados às suas próprias características. Assim, impõe-se a integração das questões ambientais de acordo com a cultura da empresa, das características dos seus produtos e dos seus processos. As opções técnicas, respeitantes aos materiais, processos de fabrico ou ainda aos métodos de montagem condicionam os impactes ambientais dos produtos no decurso do seu ciclo de vida, e uma vez que estes se determinam na fase de concepção, os princípios do ecodesign têm que ser considerados em cada fase do processo. Desde então, reconheceu-se que uma abordagem da implementação dos sistemas pelo ecodesign, possibilitaria a redução de custos e a melhoria do

ambiente. O conceito básico reside no incremento das vendas através da colocação no mercado de produtos que, cada vez mais, constituam um benefício social e individual, mediante um bom desempenho, quer ambiental quer para o consumidor. Espera-se que este desenvolvimento evolua gradualmente do simples aperfeiçoamento do produto para a inovação nos sistemas produtivos, como a figura 7 representa.

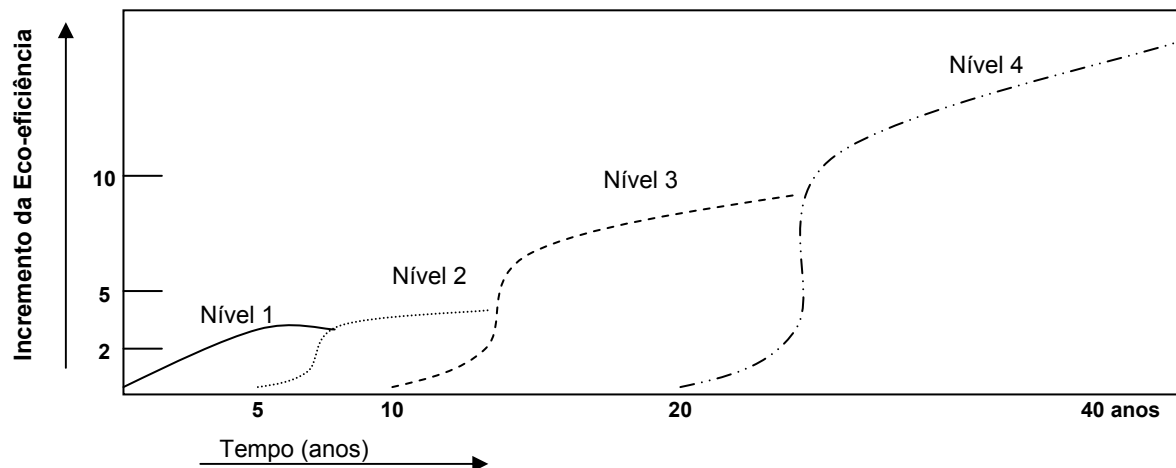


Figura 7 – Quatro níveis do ecodesign (Stevens, 1996) e (Brezet et al, 1997)

O nível 1 respeita ao aperfeiçoamento do produto – *re-styling* –, que se processa progressivamente, e que pode corresponder, por exemplo, a uma menor utilização de materiais ou à substituição de um tipo de fixação por outro. O nível 2 corresponde ao redesign do produto, a partir de outro já existente. O nível 3 pode ser definido como aquele em que se define um novo conceito do produto, e que corresponde a uma ruptura inovadora, em que se processa a uma modificação das funções técnicas que asseguram a funcionalidade do produto. Por fim, o nível 4 corresponde a uma nova definição do sistema de produção, quando a implementação de uma solução inovadora se torna necessária.

O ecodesign, também designado por ecoinovação (Fussler and James, 1996) representa uma abordagem estruturada visando a implementação da inovação ambiental nas fases iniciais do processo de desenvolvimento de produto, como condição para a implementação de uma sociedade sustentável. O ecodesign tem como objectivo primordial a minimização dos impactes ambientais dos ciclos de vida e custos associados, podendo ser observado segundo perspectivas

diferenciadas e que variarão de acordo com diversos contextos (Dewberry, 1996; McAlloone, 1998; Van Hemel, 1998). Este termo poderá ser utilizado quer como a designação genérica para todas as actividades do design orientadas para as questões ambientais, quer para uma definição específica, como no caso do design para o ciclo de vida (*Life Cycle Design*). Enquanto designação genérica de todas as actividades que consideram os factores ambientais de modos diversificados (Sherwin e Bhamra, 2000), o ecodesign abrange um espectro alargado de conceitos e actividades do design e desenvolvimento de produto, não necessariamente sinónimos, tais como design de produto sustentável (Charter e Chick, 1997; Walker, 1998), ecoredesign (Bakker, 1995; Ryan, 1996), design para o ambiente (Allembly e Fullerton, 1992; Van Hemel, 1998), cujo denominador comum assenta na minimização dos impactes ambientais e dos custos no processo de design e desenvolvimento de produto.

No ecodesign, os métodos de investigação até agora utilizados têm salientado a importância do processo de design e desenvolvimento de produto, enquanto fase inicial, na cadeia de valor acrescentado. O design, enquanto processo, determina os impactos ambientais do produto, e uma vez definidas as tecnologias de produção e as características do produto, reduzem-se significativamente as possibilidades de aumentar o seu grau de eficiência e de minorar os impactes dos processos de produção.

A integração dos aspectos ambientais no processo de desenvolvimento de produto em geral, é pois uma condição essencial para o seu sucesso assim como do Ecodesign, devendo consistir no aperfeiçoamento inovador e contínuo de práticas que permitam a redução dos impactes (ver Fig. 8).

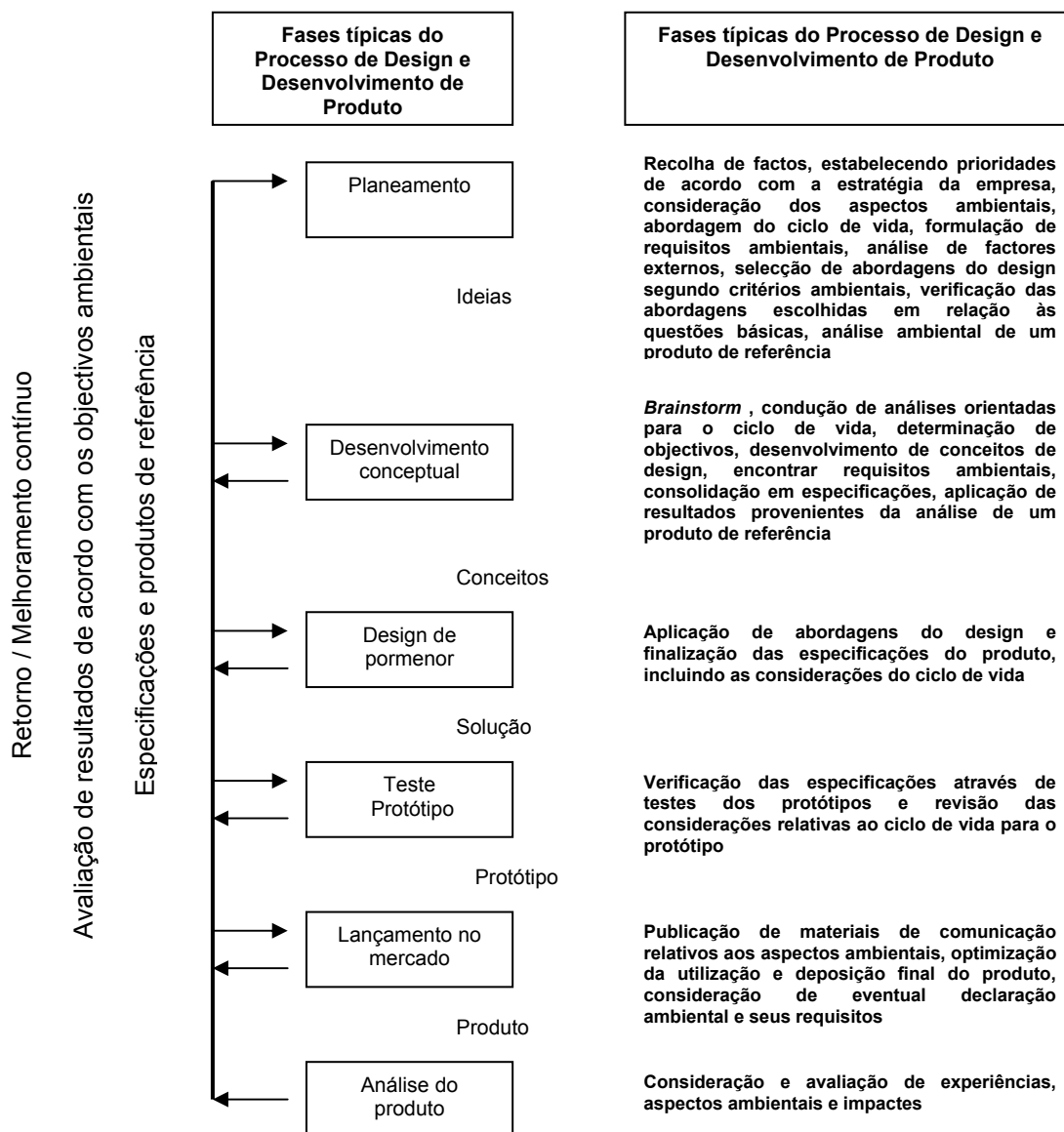


Figura 8 – Exemplo de modelo genérico da integração dos aspectos ambientais no processo de design e desenvolvimento de produto (Adaptado a partir da ISO/PDTR 14062)

Mas, para que esta integração se efectue de um modo efectivo, é necessário definir directrizes que incluam regras respeitantes a todas as fases do ciclo de vida, e que incidem fundamentalmente no consumo de energia durante a fase de utilização, sobretudo em casos de grande durabilidade do produto, na substituição

de substâncias perigosas, e na redução e recuperação de resíduos em fim-de-vida. A figura 9 apresenta diversos exemplos da integração de regras na fase de desenvolvimento de produto.

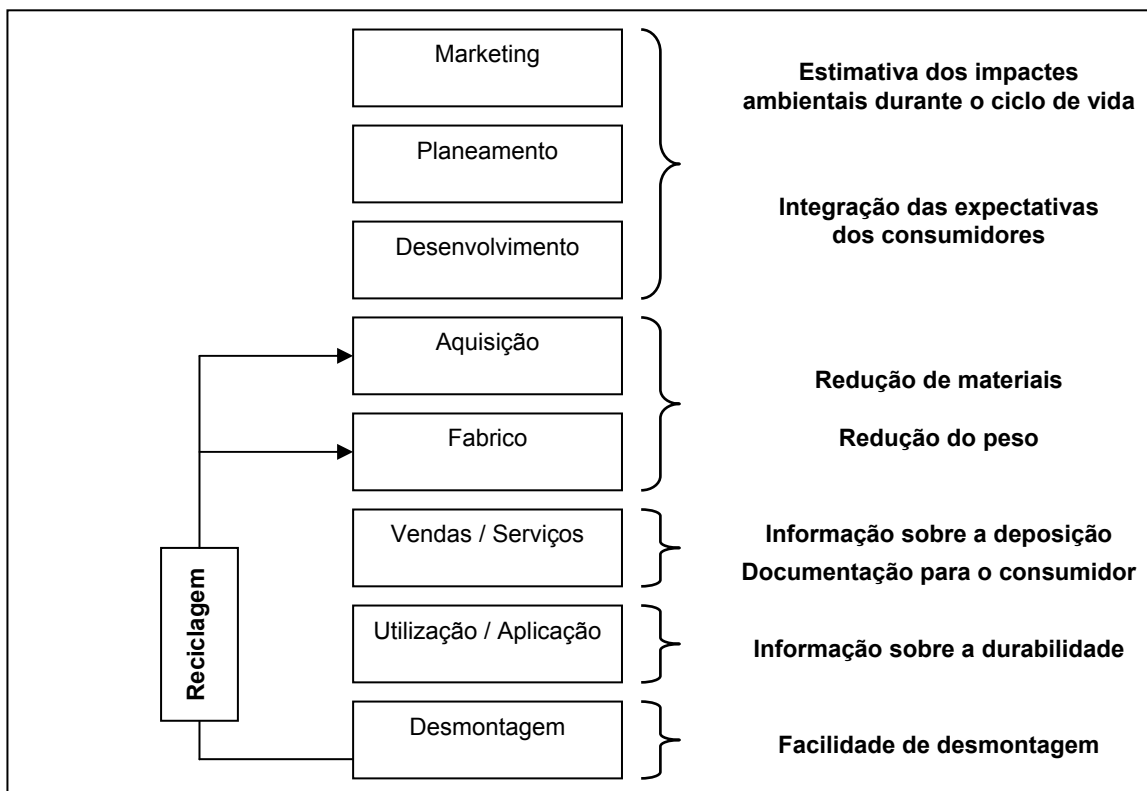


Figura 9 – Exemplos da integração de regras na fase de desenvolvimento do produto (*Ecodesign Guide*)

A integração dos aspectos ambientais no processo de design e desenvolvimento de produto é determinado pelos impactes ambientais e pelos seus custos associados. Na fase de concepção, são determinados aproximadamente 80% dos impactes ambientais e dos custos do ciclo de vida (Schiske, K., Hagelucken, M. 2005). Embora a fase de concepção não seja passível de gerar impactes ambientais, representando apenas uma pequena percentagem dos custos do ciclo de vida, é ela a responsável pela definição da maioria dos impactes gerados e custos associados do ciclo de vida (ver Fig. 10).

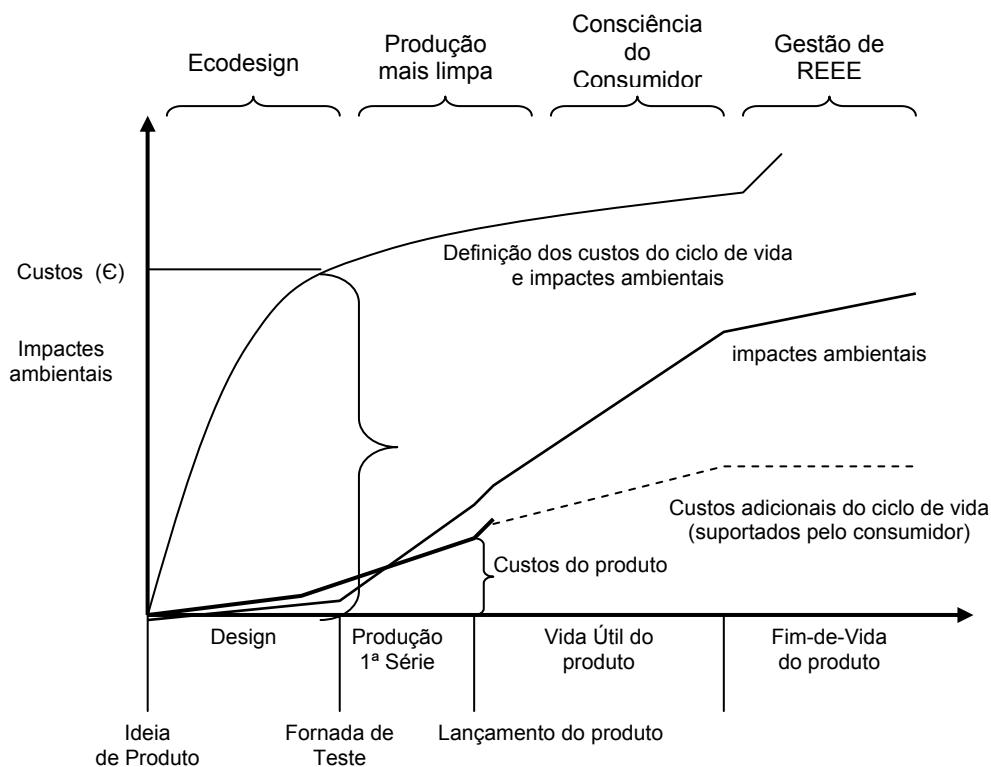


Figura 10 – Impactes e custos do ciclo de vida do produto (IZM)

O modelo “*Four Steps*” (Charter and Chick, 1997) (ver Fig. 11), mostra como os melhoramentos ambientais podem ser realizados em quatro fases, em que cada uma se caracteriza por maiores potenciais benefícios ambientais e maior grau de inovação exigido para o processo de design (Zwan e Bhamra, 2002).

- Fase 1 (Melhoria do produto): melhoria de produtos existentes relevando as Questões relacionadas com os actuais métodos de prevenção da poluição e com cuidados ambientais.
- Fase 2 (Redesign do produto ou Ecoresign: optimização da qualidade dos produtos já existentes ou recentemente desenvolvidos. Sem que alguma alteração do conceito se verifique, procede-se, no entanto, à substituição ou ao desenvolvimento de determinados componentes. A reutilização de componentes, de matérias-primas e a minimização do consumo de energia nas diversas fases do ciclo de vida caracterizam esta fase.

- Fase 3 (Inovação funcional ou introdução de funções alternativas): este tipo de alterações não se limita apenas a produtos existentes, que se caracterizam agora pelo modo como as funções são executadas.
- Fase 4 (Inovação em sistemas sustentáveis): o surgimento de novos produtos e serviços exige a introdução de alterações nas infra-estruturas e organizações. Substituição dos produtos por outros com maior eficiência ambiental, exigindo menor consumo de energia e de materiais.

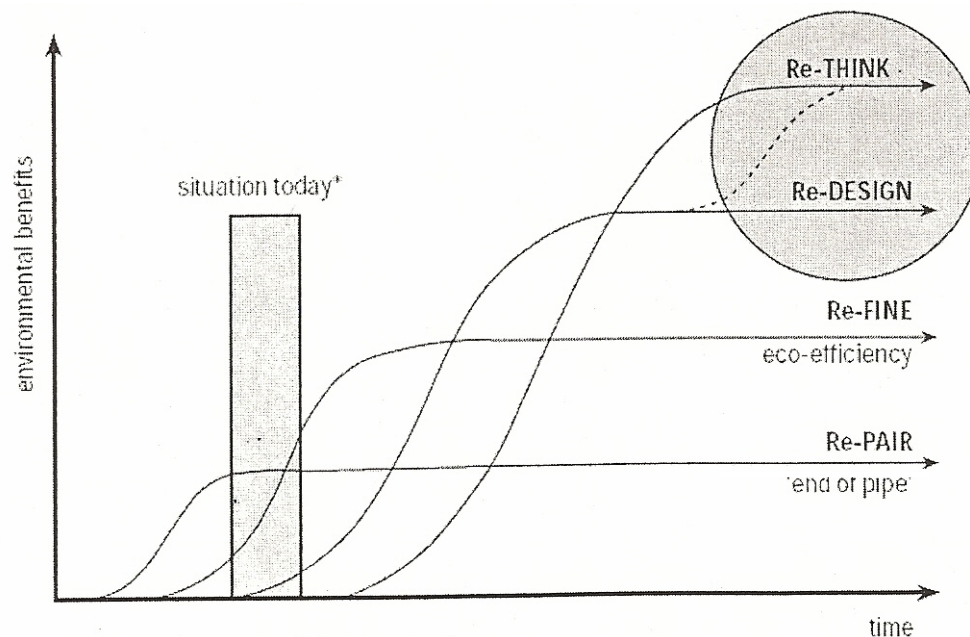


Figura 11 – Modelo “Four Steps” (Charter e Chick, 1997)

As estratégias do ecodesign podem ser definidas pela adopção de princípios como a reformulação do produto e das suas funções (*Re-think*), permitindo a sua utilização de um modo mais eficiente, a redução de consumos de energia e de materiais ao longo do ciclo de vida do produto (*Re-duce*), o recurso a alternativas às substâncias perigosas (*Re-place*), a selecção de materiais recicláveis e a concepção do produto visando a facilidade de desmontagem para a reciclagem (*Re-cycle*), a concepção do produto possibilitando a reutilização dos componentes (*Re-use*) e a concepção do produto também orientada para a execução simplificada de tarefas de reparação, prolongando o seu período de utilização (*Re-pair*) (UNEP – Guide to LCM).

A resolução das questões ambientais era, nas décadas de 60 e 70, efectuada através da utilização de soluções “*End of Pipe*” e “*Repair*”. Posteriormente, nos anos 80 e 90, com o objectivo de dotar os produtos de uma maior eco-eficiência, as empresas reformularam os seus processos, com relevo para o “*Redesign*” e para o “*Re-finishing*” de produtos já existentes. Mas esta tendência revelar-se-ia insuficiente, face ao aumento exponencial do consumo global. No início da década de 90, e apesar da redução das dimensões dos componentes e unidades dos EE&E, as quantidades de substâncias perigosas existentes naqueles, sofreram aumentos significativos.

No entanto, a abordagem das questões ambientais por parte das empresas é ainda divergente. Muitas encontram-se ainda na fase de “*Re-pair*”, mas os objectivos consentâneos com uma sociedade sustentável só poderão ser alcançados quando todos os fabricantes e todos os agente envolvidos adoptarem procedimentos conducentes à reavaliação e reformulação dos produtos e respectivos processos de desenvolvimento.

2.2. Ecodesign e as Empresas

Estando subjacente a abordagem do ciclo de vida dos produtos, os objectivos das práticas do eco-design centram-se na redução dos impactes ambientais gerados pelo fabrico, utilização, distribuição e fim-de-vida dos produtos. A gestão ambiental relacionada com o eco-design apresenta uma dupla dimensão:

- a dimensão ambiental, que respeita aos aspectos técnicos, como as unidades físicas, materiais, energia, carga ambiental e validação ambiental
- a dimensão gestora, referente aos aspectos empresariais, como os objectivos e alvos, requisitos legislativos e questões relativas à gestão da cadeia de valores.

É reconhecida a realidade de que o sector privado se constitui como a principal vertente do desenvolvimento económico. Do mesmo modo, são as empresas que têm um papel essencial no desenvolvimento sustentável, constituindo parte da solução e não apenas parte do problema. A sustentabilidade representa actualmente uma vantagem competitiva, mas, para que as empresas alcancem esse objectivo, necessitam de realizar investimentos de elevados montantes, inovando tecnologias, produtos e serviços. Mas estes investimentos só poderão

ser efectuados quando as empresas asseguram a minimização dos riscos económicos, financeiros e ambientais.

Mas como pode o ecodesign concorrer para o desenvolvimento das empresas ? Para além da protecção do ambiente, e do cumprimento dos preceitos legais impostos, as práticas do ecodesign podem constituir ferramentas poderosas para o progresso das empresas. O ecodesign pode constituir-se como um dos suportes para a adopção dos princípios do desenvolvimento sustentável, nos quais se enquadra a responsabilidade social empresarial, resposta às pressões de natureza social, económica e ambiental, cada vez mais intensas. O reconhecimento, por parte do grupo de interessados, que integra funcionários, clientes, poderes políticos e organizações não-governamentais, do empenho voluntário demonstrado pelas empresas na promoção de estratégias de Responsabilidade Social, representa um investimento, do qual aquelas esperam um incremento da rentabilidade. Os resultados obtidos com o estabelecimento destes compromissos assumidos pelas empresas, que se aplicam em todas as decisões que respeitam às relações com e entre os colaboradores, assim como nas estratégias que abrangem os públicos com os quais aquelas se relacionam, poderão traduzir-se internamente, a médio prazo, numa maior motivação por parte dos seus funcionários, com o consequente aumento da produtividade.

Estas transformações internas, contribuirão, por sua vez, para a valorização das marcas e da imagem corporativa, que, de modo evidente, se constitui como um factor decisivo de competitividade.

Mas, neste novo contexto, em que, a sustentabilidade, enquanto objectivo abrangente, constitui ao mesmo tempo, um repto ao mundo empresarial, aos processos de concepção e à cultura de consumo predominante, impõe-se uma transformação no sentido da produção baseada no princípio da eco-eficiência, definida como a via que possibilita a optimização dos benefícios ambientais e económicos, minimizando simultaneamente os seus custos. É uma transformação que exige a disseminação de uma cultura de inovação, que deve prevalecer ao longo de todo o processo de concepção, produção, utilização e deposição dos produtos. A redução da intensidade material, do consumo energético, dos riscos para a saúde e ambiente, o maior grau de reutilização, valorização dos resíduos,

e a conservação dos recursos pela utilização de outros renováveis, constituem os aspectos que devem ser objecto de uma abordagem inovadora.

A integração de estratégias de ecodesign nas empresas, traduz-se pois, e de um modo geral, pela optimização da produção, aumentando a eficiência, e da aquisição de bens e serviços, reduzindo a variedade de materiais auxiliares, evitando simultaneamente aqueles que apresentam elevado grau de perigosidade. À adopção das estratégias de ecodesign corresponderá também a implementação de novas metodologias no campo da investigação e desenvolvimento, desenvolvendo produtos inovadores, na gestão da qualidade, promovendo produtos mais fiáveis e duráveis e consentâneos com os critérios ambientais que de um modo crescente são impostos pelos consumidores.

2.3. Problema

As políticas ambientais orientadas para o produto, assim como a legislação ambiental vigente na Europa, estão fortemente focalizadas na fase de fim-de-vida dos produtos, exigindo sistemas de elevada qualidade para a sua reutilização e reciclagem, assim como dos seus componentes e materiais, ao mesmo tempo que os destinos convencionais, como a incineração e deposição em aterro, se revelam cada vez menos apropriados, devido ao aumento dos seus custos e às imposições legais.

Para o processamento ambientalmente correcto dos produtos na fase de fim-de-vida, em infra-estruturas adequadas, é necessário reformular as estratégias adoptadas nas fases de concepção e desenvolvimento do produto. Este processo de redesign dos produtos, orientado para a optimização do desempenho ambiental, só poderá ser concretizado com sucesso, considerando a importância decisiva da avaliação dos seus ciclos de vida. De acordo com estas premissas, o trabalho aqui desenvolvido centra-se na abordagem de práticas e procedimentos que constituam soluções para o desenvolvimento de produtos com elevado grau de ecoeficiência, com relevo para o fim-de-vida, e na implementação de um modelo empresarial que corresponda aos novos critérios de sustentabilidade que gradualmente se têm vindo a ser impostos pelos diversos sectores da sociedade.

Deste modo, é colocada a seguinte questão, que a presente dissertação procura responder:

- **Poderá a reutilização de equipamentos informáticos com design específico contribuir para o desenvolvimento sustentável nas suas dimensões ambiental, económica e social?**

Com o objectivo de responder a esta questão, procurar-se-á determinar as estratégias mais adequadas de ecodesign que possam ser adoptadas para um fim-de-vida dos produtos consentâneo com os princípios do desenvolvimento sustentável.

Parte II - CONTEXTUALIZAÇÃO / APLICAÇÃO

3. Enquadramento teórico

3.1. EE&E – Definição e caracterização

Segundo a legislação (DL nº 20/2002), os equipamentos eléctricos e electrónicos são todos aqueles que dependem de correntes eléctricas ou campos electromagnéticos para correctamente funcionarem, assim como os equipamentos para geração, transferência e medição dessas correntes e campos, pertencentes às categorias indicadas no Anexo I do Decreto-Lei nº 230/2004 de 10 de Dezembro, e concebidos para uma utilização com uma tensão nominal não superior a 1000 V para corrente alterna e 1500 V para corrente contínua. A caracterização dos resíduos deve ser tão completa quanto possível. Os dados recolhidos pela análise da sua composição revelam-se de extrema importância, uma vez que permitem estabelecer os critérios de selecção dos aspectos mais importantes da caracterização. Esta deverá incidir sobre a composição química completa, incluindo as variedades de vestígios ambientalmente relevantes, humidade e componentes voláteis, sobre a sua microestrutura, como a composição mineralógica, porosidade e morfologia, sobre características físicas como a densidade, granulometria ou a viscosidade.

A caracterização dos resíduos deve também contemplar os seus graus de toxicidade, corrosividade, reactividade, inflamabilidade assim como a potencial patogenia, utilizando métodos adequados como a lixiviação e testes de compostos orgânicos voláteis.

3.2. EE&E – Aspectos críticos

Os desenvolvimentos tecnológicos desempenham um papel fundamental no crescimento económico das sociedades modernas, mas também representam um factor determinante para a crise ambiental, para a qual também o constante aumento do consumo energético mundial contribui decisivamente.

Como exemplos que comprovam esta realidade, pode referir-se que o consumo de energia por EE&E dos aparelhos domésticos e de escritório representa 25% do valor correspondente à utilização final de electricidade, cifrando-se aquele, no que respeita à iluminação doméstica, em 17%. Mas outros aspectos revelam-se igualmente significativos, como aqueles que respeitam à complexidade que caracteriza, não apenas a manutenção e reparação, mas também o processo de reciclagem e a eliminação de resíduos, que, nestes casos se deve essencialmente à variedade dos materiais e à natureza destes, considerando ainda a especificidade dos que são utilizados na indústria electrónica.

O número e peso dos equipamentos e componentes em utilização, atingem valores tão elevados que permitem estabelecer a comparação entre a indústria electrónica e outras indústrias designadas como “pesadas”. A ilustrar esta realidade, está a utilização, pelos EE&E de 75% das 1.2 milhões de toneladas de vidro especial produzidas na U.E.

3.2.1. Impactes dos REE&E nos actuais sistemas de gestão de Resíduos – Incineração e Deposição

A exportação ilegal de computadores pessoais para países em vias de industrialização, constitui-se como exemplo negativo dos cenários de fim-de-vida dos computadores pessoais, em que a ausência de sistemas de gestão de resíduos se traduz na extrema gravidade dos impactes no ambiente e na saúde pública. Embora o processo de desmontagem manual, com menores custos laborais naquelas regiões, determine uma maior eficiência na reciclagem, os impactes no ambiente e na saúde pública atingem elevadas proporções. Até que sejam criadas condições para que esta realidade se altere, a prevenção da escalada deste problema reside fundamentalmente no tratamento dos resíduos gerados em unidades situadas nos países industrializados. Os resíduos de equipamentos eléctricos e electrónicos (REE&E) apresentam como principais problemas, no que respeita à reciclagem, a diversidade de materiais que compõem cada produto e a presença de componentes que são constituídos por substâncias com elevado grau de perigosidade e que dificultam a sua valorização.

Dadas as suas características, os REE&E tem de um modo geral como destino, sem qualquer forma de pré-tratamento, as lixeiras, os aterros, a incineração ou ainda a valorização sem que se proceda à avaliação dos seus impactes ambientais, de que o aproveitamento dos metais que compõem os cabos eléctricos, através da destruição térmica do material plástico que os envolvem, produzindo a libertação de gases tóxicos, e de outros, preciosos, como aqueles que estão presentes em monitores e libertam substâncias poluentes como metais pesados, constituem exemplos.

De acordo com as directivas em vigor, os principais impactes dos REE&E nos sistemas actuais de gestão de resíduos são a incineração e a deposição em aterro. Estima-se que na Comunidade Europeia, as emissões provenientes da incineração de resíduos se cifram, por ano, em 36 toneladas de mercúrio e 16 toneladas de cádmio. Além disso, a incineração de resíduos não perigosos foi identificada como sendo a maior fonte de emissão de dioxinas e furanos para a atmosfera na Europa.

Contribuindo significativamente para a existência de metais pesados e substâncias halogenadas nos resíduos sólidos urbanos, os REE&E apresentam uma diversidade de elementos que provocam efeitos nocivos no processo de incineração. O risco de formação de dibenzodioxinas polibromadas (PBDD) e dibenzofuranos (PBDF), extremamente tóxicos, pela incineração dos retardadores de chama a baixa temperatura, e na qual o cobre actua como catalisador, constitui um facto preocupante. Os REE&E apresentam quantidades significativas de PVC, material que não é apropriado no processo de incineração por produzir elevadas quantidades, durante a incineração, gases de combustão perigosos. A diversidade de substâncias contidas nos REE&E, já referida, constitui um factor de ocorrência de efeitos ambientais negativos durante a deposição de resíduos em aterro. Não sendo impermeáveis, o perigo é maior nos aterros não

controlados devido ao risco de incêndio. Mas a ocorrência de um determinado grau de lixiviação de metais e substâncias químicas constitui uma probabilidade, uma vez que nenhum aterro é totalmente impermeável ao longo de todo o seu ciclo de vida. Neste contexto, os principais problemas que a deposição apresenta são a lixiviação e a evaporação de substâncias perigosas.

3.2.2. Gestão de REE&E

Com a ênfase colocada no desenvolvimento sustentável em 1987 (Bruntland 87), o conceito de prevenção da poluição estendeu-se não apenas a todas as actividades industriais, mas também à totalidade do ciclo de vida de um produto, e ainda a todas as outras actividades humanas relacionadas com a economia, o ambiente e a sociedade. O desenvolvimento de tecnologias para a gestão, controlo e tratamento de resíduos industriais representará o primeiro esforço no sentido de encontrar soluções para os danos ambientais, quer a nível regional, quer a nível global. A focalização na prevenção da poluição efectua-se pelo estabelecimento de tecnologias direccionadas para a conservação, envolvendo não apenas o fornecimento de matérias-primas e produção, mas também o consumo e a deposição dos produtos (Royston, 1979). Na indústria electrónica, as respostas iniciais a estas tendências limitaram-se essencialmente ao cumprimento da legislação, à preservação da sua imagem pública, e a sublinhar questões como a eliminação de substâncias banidas, uma produção mais limpa, a reciclagem das embalagens ou a gestão de energia através do modo “standby” (Stevels *et al*, 2000). Os objectivos fundamentais das políticas integradas de gestão de resíduos residem prioritariamente na prevenção das suas quantidades e dos seus graus de perigosidade, que permita a minimização dos resíduos enviados para eliminação através da maximização das quantidades recuperadas para valorização.

O estabelecimento de um conjunto de regras de gestão de REEE, regulamentado pelo Decreto-Lei nº20/2002 de 30 de Janeiro, preconiza a criação de circuitos para a sua recolha selectiva, o seu correcto armazenamento, a remoção de substâncias perigosas através do seu pré-tratamento e posterior envio para os processos de reutilização e reciclagem. Esta legislação, responsabilizando os produtores pela correcta gestão dos REE&E, tem também por objectivo erradicar os impactes ambientais que a simples deposição em aterro gera.

Para a concretização destes objectivos relativos à gestão deste tipo de resíduos, este Decreto-Lei estabelece a constituição de uma entidade gestora que deverá assumir a responsabilidade por aquele processo. Respeitando os princípios de

gestão consignados, a Sociedade Gestora deverá proceder à organização de uma rede de recolha e transporte de resíduos, assumindo a competência da decisão relativa ao destino destes. Deverão igualmente, para efeitos de fixação de prestações financeiras, estabelecer contratos não apenas com produtores, mas também com outras entidades que também exerçam actividades respeitantes à reutilização e valorização dos REE&E.

Desde 13 de Agosto de 2005 (Directiva 2002/96/CE, alterada pela Directiva 2003/108/CE) que todos os produtores de EE&E são responsabilizados pelo suporte financeiro relativo à gestão de todos os resíduos gerados pelos seus próprios produtos. Até 31 de Dezembro de 2006, esta Directiva previa que as taxas de reutilização, reciclagem e valorização atingissem valores situados entre os 50-80%, que variariam de acordo com as categorias de EE&E, e que a taxa de recolha se cifrasse em 4Kg/hab/ano. Em Portugal, reciclaram-se aproximadamente 5500 toneladas de REE&E, que corresponde a um valor largamente inferior à meta definida pela Directiva. As duas entidades gestoras – Amb3E, que detém uma quota de 65-75%, e a ERP – que dividem o mercado nacional, recolheram cinco mil toneladas e 500 toneladas respectivamente. Prevendo a recolha, no decurso do ano de 2007, de nove mil toneladas de REE&E, a ERP assinou recentemente um protocolo com a Associação Portuguesa de Empresas de Distribuição para a celebração de contratos para a recolha de REE&E em supermercados e grandes superfícies, na sequência de outros já estabelecidos com cinco sistemas multimunicipais de gestão de resíduos destinados à reciclagem de equipamentos usados recolhidos.

3.2.3. Novas tecnologias para o Fim-de-Vida dos REE&E

Materiais Inteligentes

A produção de EEE é uma das indústrias mundiais com mais elevadas taxas de crescimento e o fluxo de resíduos gerados por estes equipamentos constitui actualmente uma questão internacional preocupante. Os fabricantes destes equipamentos enfrentam hoje as responsabilidades que a legislação europeia exige como a Directiva REEE 2002/96/EC, que vigora desde Agosto de 2005.

Como esta, outras leis atribuem a responsabilidade dos fabricantes relativamente ao fim-de-vida dos seus produtos, exigindo a aplicação de uma abordagem integrada do desenvolvimento destes e dos seus negócios com o objectivo de garantir maior compatibilidade ambiental.

No seio da União Europeia, prevê-se que a taxa mínima de aumento dos níveis de REEE se situe entre 3 a 5% por ano, e que em 2010 o seu fluxo atinja 12 milhões de toneladas.

A articulação do artigo 6º com o Anexo II da legislação para os REE&E obriga ao tratamento selectivo de diversos materiais e componentes daqueles. Actualmente, a adequação das tecnologias utilizadas, que se baseiam fundamentalmente na reciclagem efectuada pela destruição mecânica dos EE&E, às exigências do Anexo II da legislação relativas à remoção de substâncias e componentes específicos, é questionável. Para a maioria dos resíduos provenientes dos EE&E, a desmontagem constitui-se como o processo que deve anteceder qualquer outro que possa ser necessário executar. A desmontagem manual constitui o único método de tratamento inicial para o fim-de-vida dos produtos geralmente aceite, mas, como no caso dos EE&E de pequena e média dimensão, em que a quantidade de materiais e componentes recuperados se revela escassa, relativamente ao tempo de mão-de-obra exigido, os seus custos atingem valores muito elevados.

A Desmontagem Activa (*Active Disassembly*) pode ser definida como um processo pelo qual os produtos em "fim-de-vida" possuem a capacidade de auto-desmantelamento, através da incorporação de dispositivos que podem ser activados por estímulos internos ou externos. No caso em que o processo de Desmontagem Activa utiliza Materiais Inteligentes (*Active Disassembly using Smart Materials – ADSM*), os efeitos da memória da forma em ligas e polímeros são aplicados na criação de elementos e sistemas de fixação. O aumento da temperatura a que aqueles materiais são sujeitos na sua fase de "fim-de-vida", activando as suas propriedades de memória da forma, actua como agente de um processo de auto-desmantelamento, em que ocorre o desprendimento dos elementos de fixação. Outros materiais, como os termoplásticos, apresentam, em variados graus, as mesmas propriedades de memória de forma que as ligas

metálicas e polímeros. A Desmontagem Activa representa uma abordagem genérica aos processos de desmontagem dos produtos em “fim-de-vida” cuja exigência da intervenção humana é minimizada, e se traduz na redução dos seus custos e de um menor grau de destruição dos materiais e componentes. No entanto, a Desmontagem Activa pode revelar-se como um processo menos adequado do que a desmontagem manual, devido à necessidade da aplicação de temperaturas elevadas e às vibrações que permitem a separação dos componentes.

Estes condicionalismos poderão inviabilizar a reutilização de componentes mais sensíveis, mas permitem evitar a degradação dos materiais, possibilitando que a reciclagem de todos estes seja efectuada. A natureza desta tecnologia permite pois, que, durante o tratamento na fase de “fim-de-vida”, a remoção de todos os componentes e materiais perigosos se possa realizar de modo seguro.

Subjacente ao desenvolvimento de inovações, materiais e tecnologias para a DAMI (Desmontagem Activa utilizando Materiais Inteligentes), está a legislação ambiental que vigora e a que futuramente será decretada. Neste contexto, exigia-se que a avaliação ambiental dos aspectos técnicos respeitantes à fase de desenvolvimento fosse efectuada, e para o efeito, este projecto foi estruturado de modo a incluir a metodologia de análise ambiental ACV. Apesar de a utilização de energia térmica, necessária à activação dos efeitos da DAMI, constituir um impacte ambiental adicional, esta tecnologia para o “fim-de-vida”, apresenta como vantagem, a optimização dos custos, que a transforma na forma menos onerosa de processamento de REE&E e, possibilitando a obtenção de elementos com maior grau de pureza, oferece também, durante a reciclagem, maiores benefícios ambientais.

3.2.4. Gestão de REE&E em Fim-de-Vida – Ferramentas

Baseadas nos princípios de Ecologia Industrial, as ferramentas de suporte à operacionalização das Sociedades Gestoras de fluxos específicos de resíduos mais relevantes no contexto nacional podem ser classificadas em duas categorias: as Ferramentas de Gestão e as Ferramentas Operacionais.

As Ferramentas de Gestão são obtidas através da concepção de modelos que permitem a avaliação da dinâmica associada ao ciclo de vida dos equipamentos, que se traduz na análise da interacção entre o volume de vendas de EE&E e das quantidades produzidas ao longo do tempo. Tal como a consideração de soluções diferenciadas para o processamento destes resíduos e a avaliação dos impactes económicos e ambientais associados a cada uma delas, também a racionalização dos custos financeiros e ambientais pela estruturação dos diversos intervenientes no ciclo de vida dos EE&E, constituem valiosas Ferramentas de Gestão.

Os Modelos de Gestão de REE&E, enquanto Ferramentas de Gestão, carecem, para que sejam eficientes, de uma definição da sua orgânica, que se efectua pela determinação das responsabilidades de cada um dos seus intervenientes e da interacção entre cada um destes. Aos produtores de EE&E é atribuída a responsabilidade da gestão dos REE&E provenientes dos seus próprios produtos e do seu financiamento. A recolha gratuita de todos os REE&E, quando os produtos em fim-de-vida correspondam a equipamentos considerados equiparáveis e desempenhem as mesmas funções que o novo EE&E, deve ser garantida pelos retalhistas e distribuidores. Os REE&E devem ser depositados nos locais de recolha determinados pelas entidades gestoras, garantindo as condições para que não ocorram situações de derramamento ou libertação de substâncias perigosas causadas por danos sofridos por aqueles. A rede de sistema de recolha deve ser organizada de modo a garantir não apenas a sua implementação na totalidade do território, mas também boas acessibilidades, a promoção do processo de reutilização parcial ou total dos REE&E e ainda a prevenção dos riscos para a saúde e segurança a que todos aqueles que os manuseiam possam estar sujeitos. Todos os operadores de resíduos deverão processar os REE&E de acordo com as melhores técnicas disponíveis, cumprindo igualmente os requisitos técnicos constantes no Anexo II da proposta de Decreto-Lei. O modelo de interacção entre todos os elementos que intervêm no ciclo de vida dos EE&E é apresentado segundo o Modelo de Gestão de REE&E que a figura 12 representa.

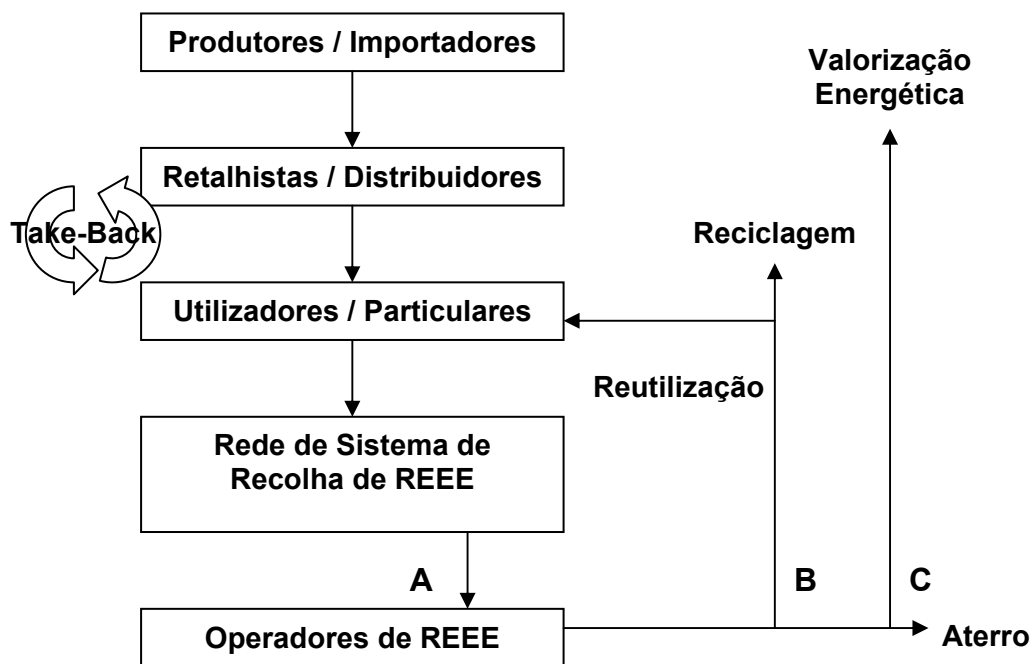


Figura 12 – Modelo de Gestão de REE&E

Considerando o Modelo de Gestão apresentado na figura anterior, o Decreto-Lei que vigora em Portugal, que congrega os princípios consagrados pelas Directivas já referenciadas, define para os equipamentos informáticos (e Telecomunicações) os objectivos de Gestão que a figura 13 apresenta.

Categoria	Objectivos de Gestão	
	$\frac{B}{A}$	$\frac{B + C}{A}$
Equipamentos informáticos	$\geq 65\%$	$\geq 75\%$

A – REEE recolhido B – Reutilização e Reciclagem C – Valorização energética

As percentagens correspondem ao peso médio por aparelho dos REEE recolhidos

Figura 13 – Tabela de Objectivos de Gestão para Equipamentos Informáticos

Para que a verificação do cumprimento dos objectivos de gestão definidos na tabela apresentada na figura 13 se possa efectuar, é necessário desenvolver

modelos técnico-económicos que permitam, após o processamento, identificar e quantificar os materiais que são direccionados para as diferentes operações de gestão, com relevo para a reutilização, reciclagem, valorização energética e a deposição em aterro, revelando assim os potenciais que cada uma destas operações apresentam.

Estas ferramentas operacionais permitem pois, em articulação com a avaliação económica dos circuitos de processamento de produtos em fim-de-vida enquadrar os seus custos, pelo dimensionamento adequado da infra-estrutura física e quantificação daqueles, que se reflectem posteriormente num outro custo adicional, que deverá ser pago no acto de aquisição de um equipamento novo através da fixação de um ecovalor.

Para determinar a dimensão de um Sistema de Gestão de REE&E, a quantificação da produção de REE&E revela-se da maior importância. Esta pode realizar-se pela utilização do método “*Market Supply*”, que corresponde a um modelo de avaliação sistemática da produção de REE&E. Este método, que consiste essencialmente na utilização de dados históricos do consumo de EE&E e das estimativas dos tempos médios de vida daqueles, considera que a quantidade anual de equipamentos em fim-de-vida é igual à quantidade anual consumida n anos antes, em que n corresponde ao tempo médio de vida dos mesmos. O modelo deste método pode ser observado na figura 14.

A caracterização do consumo de EE&E em Portugal baseia-se em dados estatísticos da produção e importação/exportação que permitem determinar aquele, e que corresponde à quantidade de equipamentos colocados no mercado num certo período de referência. O consumo é quantificado pela soma dos valores relativos à produção comercializada com outros referentes à importação de EE&E, subtraindo a quantidade exportada.

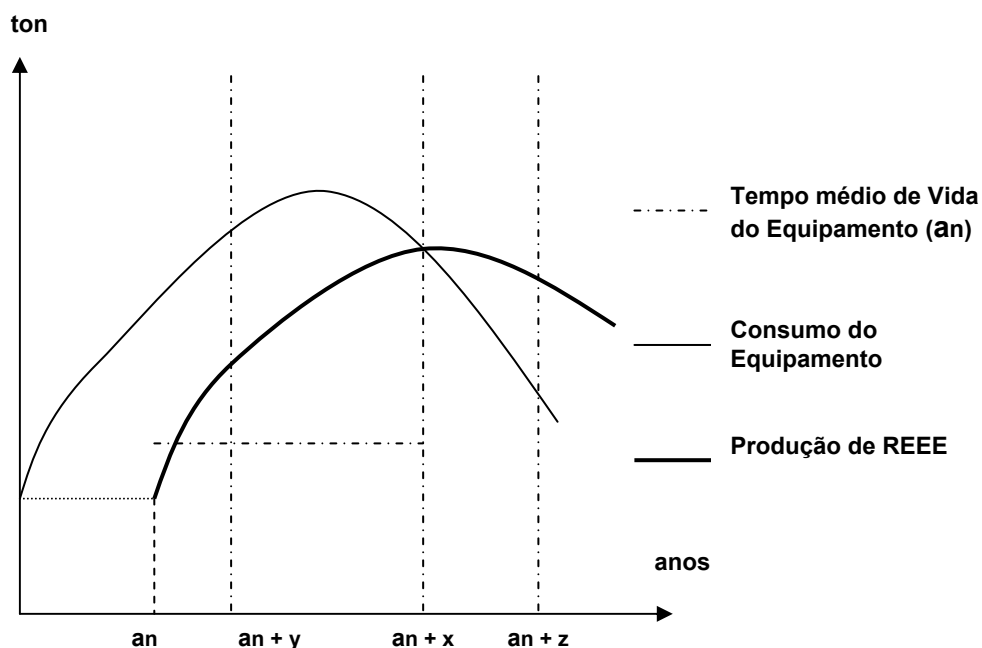


Figura 14 – Esquematização da dinâmica do método “*Market Supply*”

Os dados relativos às vendas dos equipamentos possibilitam a verificação do equilíbrio entre os ecovalores praticados e os custos de processamento. Admitindo que os valores relativos ao Consumo Aparente sejam iguais aos que correspondem à Produção Vendida, a análise da Figura 14 permite a verificação de uma das três situações que seguidamente apresentamos:

an+y - ecovalor inferior aos custos de processamento do Produto em fim-de-vida

an+x - ecovalor igual aos custos de processamento do produto em fim-de-vida

an+z - ecovalor superior aos custos de processamento do produto em fim-de-vida em que os custos de processamento incluem os custos de gestão, logísticos e de valorização dos materiais constituintes dos REE&E.

3.3. Sistemas de Gestão Ambiental

Os sistemas de gestão ambiental têm como principal objectivo a redução ou eliminação dos impactes ambientais, resultantes das actividades e produtos, e a integração do ambiente na estratégia das organizações. Eles constituem instrumentos que permitem às empresas a adopção de um comportamento eco-eficiente através da integração da gestão ambiental nos seus sistemas de gestão

global, pela qual as questões ambientais deixarão de constituir um custo, transformando-se num factor de inovação tecnológica e de crescimento económico, e consequentemente de competitividade.

É nas crescentes exigências por parte dos consumidores e investidores, na legislação ambiental e respectiva fiscalização, na melhoria da imagem das empresas, na redução de custos relativos não apenas ao controlo da poluição através da identificação de oportunidades da sua prevenção, mas também daqueles que respeitam aos consumos energéticos e de matérias-primas e dos que estão associados ao transporte e tratamento de resíduos sólidos, que se encontram os principais benefícios da implementação de Sistemas de Gestão Ambiental.

Um Sistema de Gestão Ambiental constitui uma ferramenta de gestão que permite às organizações estabelecer uma política ambiental adequada às suas próprias realidades, e adaptar-se às transformações, potenciando a obtenção de benefícios como a redução de custos, através da melhoria da eficiência dos processos que por sua vez se repercutirá na redução de consumos (matérias-primas, água e energia) e de tratamento de resíduos e efluentes. A diminuição dos prémios de seguros e a minimização de multas e coimas constituem outros exemplos da redução de custos. A prevenção e minimização de riscos ambientais e humanos, tais como derrames, emissões e acidentes são outros benefícios que a eficácia de um controlo operacional e de planos de monitorização possibilitados por um SGA, permitem obter.

Os modelos de SGA estabelecidos de acordo com a norma ISO 14001 são processos cíclicos de aperfeiçoamento contínuo do desempenho ambiental das organizações, em que aqueles são revistos e avaliados periodicamente. As principais etapas de estabelecimento e aperfeiçoamento de um Sistema de Gestão Ambiental estão representadas na figura 15.

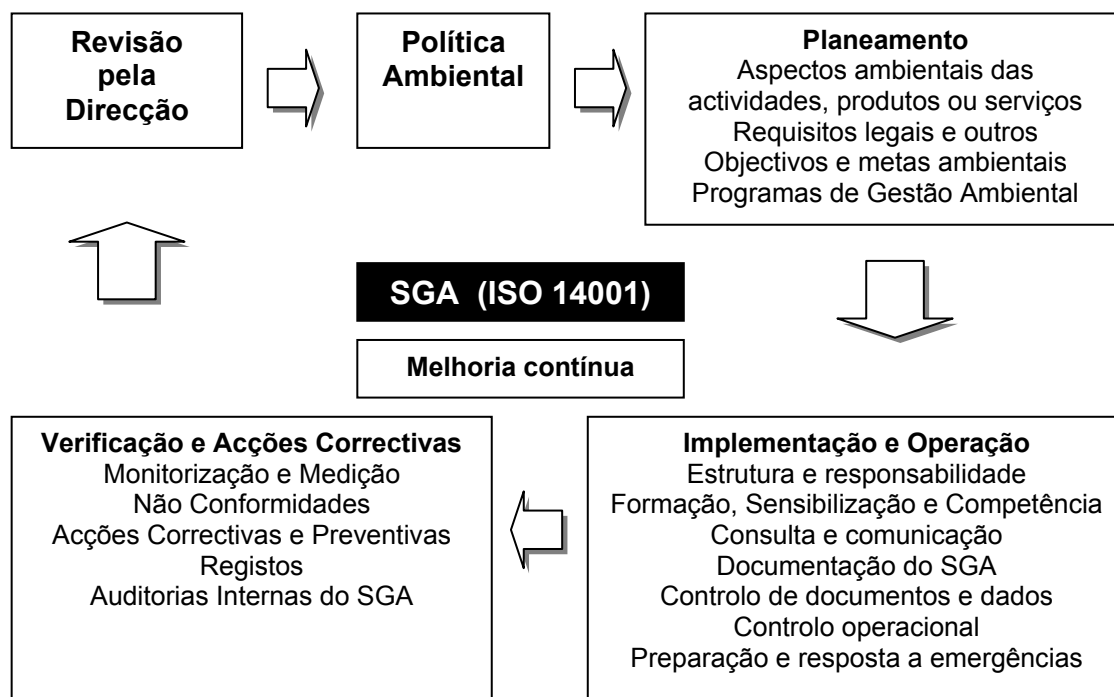


Figura 15 – Modelo de implementação do Sistema de Gestão Ambiental, estabelecido na norma NP EN ISO 14001

Na realidade, o Sistema de Gestão Ambiental de uma empresa define-se como a parte integrante do sistema global de gestão de uma organização que permite a esta o controlo das actividades, produtos e processos que geram ou possam gerar impactes ambientais.

3.3.1. Normas Ambientais

A certificação ou qualquer outro tipo de 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 da

norma ISO 14001:1996 - especificação com guia de utilização – e da norma ISO 14004:1996, que respeita às directrizes gerais sobre princípios e aos Sistemas e técnicas de suporte, a série ISO 14000 inclui ainda outras, conforme a figura 16.

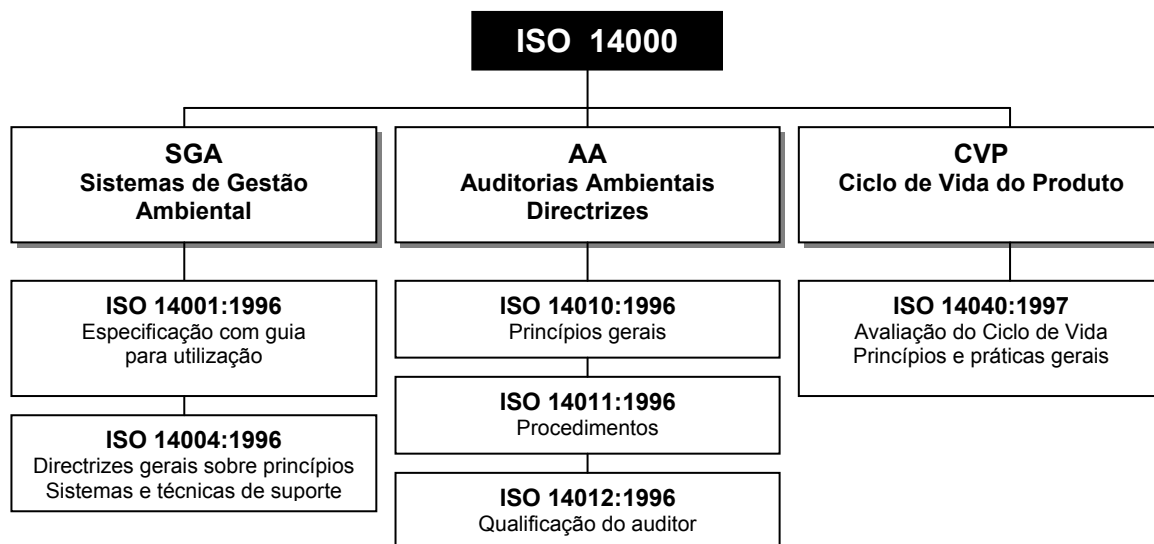


Figura 16 – Principais normas da série ISO 14000

O EMAS (*Environmental Management and Audit Scheme* - Regulamento CEE nº 1836/93), foi adoptado pelo Conselho Europeu em Junho de 1993, tendo como objectivo a promoção da gestão e melhoria do desempenho ambiental das organizações. Seria posteriormente revisto, originando o designado EMAS II (Regulamento CE

nº 761/2001, de 24 de Abril), que permitia a participação voluntária de todas as áreas de actividade, não se limitando ao sector industrial. Com o objectivo de reforçar a importância do EMAS de modo a que este constituísse a opção das organizações, procedeu-se à revisão de alguns elementos do regulamento, de que se destaca a adopção dos requisitos da NP EN ISO 14001 para a implementação do Sistema de Gestão Ambiental. Esta norma, de carácter genérico e global constitui, para qualquer organização, um instrumento para a implementação de um Sistema de Gestão Ambiental.

A ISO 14001 é uma norma internacional que define os requisitos necessários à implementação de um SGA e a uma posterior certificação, possuindo elementos equivalentes ao Sistema Comunitário de Ecogestão e Auditoria (EMAS). Esta norma pode ser aplicada em qualquer tipo de organização, tem como objectivo

principal o apoio à protecção ambiental e a prevenção da poluição em consonância com as necessidades sócio-económicas.

No que diz respeito ao compromisso do cumprimento da legislação, a norma ISO 14001 não impõe níveis pré-definidos de desempenho ambiental, exigindo apenas que cada organização se comprometa a melhorar de modo contínuo aqueles que apresenta.

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. Sendo um processo voluntário, 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 norma ISO 14001:2004.

3.3.2. Sistemas de Gestão Ambiental e Ecodesign

A avaliação da evolução do sistema de gestão ambiental deve constituir-se, para as empresas, como um procedimento relevante. Esta avaliação é realizada utilizando indicadores relacionados com a produção e com o consumo. Como indicadores respeitantes á produção, relevam o consumo de energia, de água, de determinados produtos químicos, a produção de resíduos assim como a produção de resíduos perigosos. Mas é necessário definir quais os tipos de consumo que devem ser considerados. Os consumos a considerar, referem-se aos que se relacionam com o produto, com a área (em m²) das placas de circuitos integrados, permitindo considerar o grau de complexidade, com a área de silício (em m²), no caso dos fabricantes de semicondutores, e com o de componentes, no caso dos fabricantes de componentes passivos. Dispondo destas referências, é possível definir os objectivos, melhorar a produção, reduzindo os custos, e o produto.

3.4. Computadores pessoais – Ciclo de Vida

(Indicador Ambiental – Energia primária)

A complexidade do processo de implementação dos princípios do desenvolvimento sustentável, exige, para as questões relativas à produção e ao consumo, uma abordagem do ciclo de vida dos produtos. Utilizando como único indicador, o consumo de energia primária, as fases do ciclo de vida de um computador pessoal podem ser caracterizadas do seguinte modo:

- **Fase de produção:** aprox. 535 kwh - Transporte: 50 kWh (Cadeias globais de fornecedores); componentes electrónicos; circuitos integrados; placas de circuitos integrados (*Printed Circuit Boards – PCB*); passivos / outros; motores; ventiladores; invólucro.

- **Fase de utilização:** o consumo de energia ao longo desta fase varia de acordo

com o tempo de vida, dos padrões de utilização, da utilização dos modos de poupança de energia, “*stand by*”.

Ex: utilização média de um computador pessoal Pentium, durante um período de quatro anos.

Total de consumo: 1600 kWh

- **Fase de fim-de-vida:** consumo assumido utilizando processos modernos de reciclagem; consumo assumido no processo de recuperação de materiais secundários (com relevo para o aço, cobre, metais preciosos e alumínio).

Consumo calculado: benefício resultante da substituição de material primário (virgem).

Total: aprox. 70 kWh

O valor do consumo de energia referente à fase de fim-de-vida – 70 kWh – é claramente inferior ao verificado na fase de produção. Esta diferença deve-se fundamentalmente à logística do processo de reciclagem, mas também ao excessivo consumo de energia utilizada no fabrico de circuitos integrados.

Os computadores pessoais são equipamentos com níveis de consumo muito elevados. Como este exemplo mostra, a fase de utilização, no que respeita ao consumo de energia primária, é responsável por uma significativa contribuição

para a carga ambiental quando considerada a totalidade do ciclo de vida do equipamento.

3.5. Reutilização de computadores e reciclagem de materiais e componentes dos equipamentos informáticos

Actualmente, mais de 90% dos REE&E gerados têm por destino final, e sem qualquer tipo de pré-tratamento, a deposição em aterro ou a incineração. Mas, para além da mera deposição em aterros ou armazenamento dos equipamentos informáticos, outras opções poderão ser adoptadas, uma vez que, gradualmente, muitos deles têm vindo a ser construídos de modo a serem reparados ou actualizados, mantendo os mesmos níveis de desempenho de quaisquer outros disponíveis no mercado.

De acordo com o art. 7.1. da Directiva para os REEE, a reutilização destes equipamentos constitui-se como uma prioridade. No entanto, e sempre que as circunstâncias não o permitirem, são definidas metas para a reutilização de componentes assim como para a reciclagem e recuperação dos materiais contidos nos equipamentos. Considerando o consumo de recursos naturais na produção dos equipamentos, o prolongamento da fase de utilização destes através do processo de reutilização constitui, segundo a perspectiva do ciclo de vida, uma importante opção. Constituindo outra opção viável, a reciclagem permite a eliminação dos riscos inerentes à presença de metais pesados, de retardadores de chama bromados ou ainda de substâncias halogénicas em aterros e incineradoras.

A reutilização de computadores, que deve constituir-se como o principal factor de sustentabilidade, apresenta, para além de uma dimensão ambiental, uma outra de natureza social. A reutilização responsável e a deposição de equipamentos utilizados têm, de modo gradual, sido alvo de um crescente interesse por parte dos agentes económicos, autoridades governamentais, consumidores e do público em geral. Mas que critérios deverão ser considerados no processo de decisão entre as opções de reutilização e reciclagem? A reutilização e a reciclagem no fim-de-vida constituem, do ponto de vista ambiental, soluções que

possibilitam a minorização dos possíveis impactes ambientais obstando a que a deposição em aterro constitua o destino final. No caso de a reutilização não poder ser efectuada directamente, ela poderá ser viabilizada procedendo à recuperação ou reparação dos equipamentos ou de componentes. Em caso de impossibilidade de se proceder à reparação dos equipamentos, poderão os componentes ser reutilizados em outros produtos. No caso de a reutilização não poder constituir uma opção, a reciclagem apresenta-se como a melhor alternativa para a gestão dos REEE.

Os aspectos essenciais da Directiva 2002/96/CE relativa aos REEE respeitam à instalação de sistemas para a recolha selectiva, o tratamento ambientalmente adequado e despoluição daqueles. De acordo com o segundo parágrafo do artigo 7º da Directiva para os REEE, é necessário cumprir os objectivos fixados para a reutilização, reciclagem e recuperação daqueles em dez categorias diferentes de produtos. De acordo com o terceiro parágrafo do mesmo artigo, é necessário elaborar documentação rigorosa relativa à massa de resíduos de EEE, que deve incluir uma descrição dos componentes, materiais ou substâncias. Os fluxos destas massas devem ser medidos quer no início (*input*) quer no fim (*output*) do processo de tratamento e/ou no início (*input*) da operação de recuperação ou reciclagem. Os produtores são responsabilizados pela comprovação da concretização dos objectivos fixados para a recolha selectiva, reciclagem e recuperação, assim como pelas informações relativas às quantidades de produtos colocadas no mercado e às que tenham sido exportadas. Os objectivos determinados pela Directiva para os REE&E respeitantes à fixação de taxas de reciclagem e recuperação exigem a implementação de um sistema de monitorização que permitam a obtenção de resultados fidedignos e possibilitem a verificação rigorosa do cumprimento daquelas. Simultaneamente, este sistema de monitorização, integra requisitos para a compilação de dados e abordagens metodológicas que permitem uma adequada implementação da Directiva para os REE&E. A figura 17 mostra o fluxo de materiais num sistema de recuperação de REE&E.

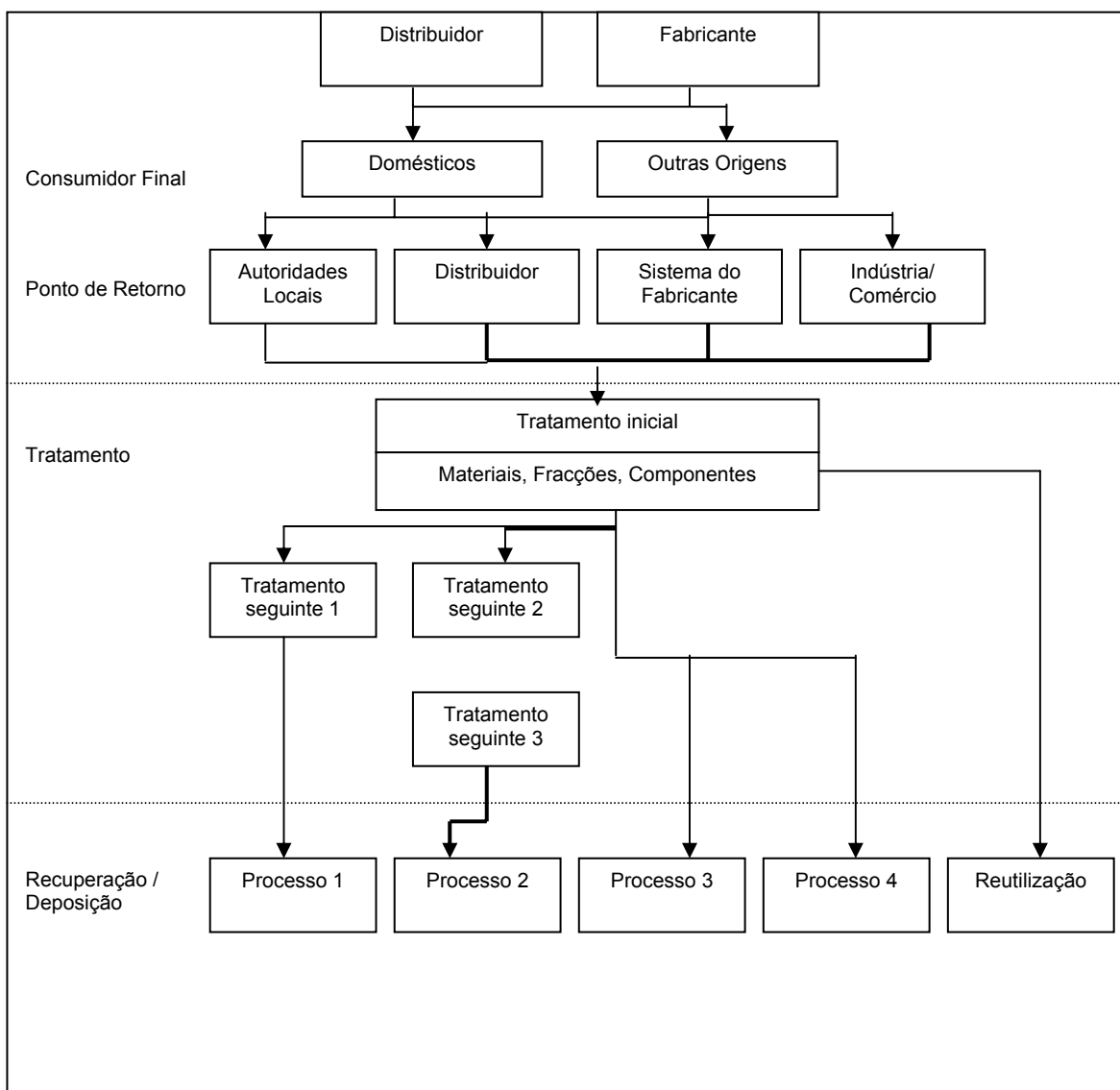


Figura 17 – Esquematização do fluxo de materiais num sistema de recuperação de REE&E

Esta directiva estabelece determinados requisitos relativos ao tratamento de resíduos recolhidos separadamente, como, entre outros, o desmantelamento, despoluição e a separação dos líquidos. Mas, uma avaliação destes requisitos remete-nos para a conclusão de que apenas uma pequena parte dos REE&E podem ser recuperados sem qualquer tipo de tratamento. Estas considerações revelam que as operações iniciais realizadas no início da cadeia de recuperação, assumem grande importância na monitorização das taxas de reciclagem e

recuperação, pois é apenas naquelas que a informação relativa à totalidade de resíduos pode ser obtida.

3.6. Ecodesign e Gestão do Fim-de-Vida

A produção de equipamentos eléctricos e electrónicos constitui um dos domínios com a mais elevada taxa de crescimento da indústria no mundo ocidental. No ano de 1998, a quantidade de equipamentos que atingiram o fim-de-vida, cifrava-se em seis milhões de toneladas, prevendo-se que este valor duplicasse em 2010, representando 20% do fluxo de resíduos municipais de REEE gerados (Appelbaum, A. *“Europe Cracks Down on E-Waste”*, IEEE Spectrum, Vol.39, No. 5, May 2002, pp46-51).

Simultaneamente, este crescimento da produção de EEE não permite a regeneração das matérias-primas naturais, com relevo para aquelas que, sendo escassas, são cada vez mais utilizadas na produção de componentes electrónicos.

A interacção entre a produção de EEE e o ambiente incide fundamentalmente no consumo de energia, na poluição gerada por equipamentos eléctricos e electrónicos usados e a poluição causada pelos materiais tóxicos.

Sendo os equipamentos eléctricos e electrónicos geralmente compactos e apresentando as tecnologias mais recentes, a sua substituição processa-se de um modo muito rápido, embora a maioria se apresente boas condições funcionais e estéticas. Mas as necessidades dos consumidores, que se caracterizam pela compatibilização com novas gerações de produtos, determinam a obsolescência daqueles equipamentos, independentemente da sua qualidade e do seu bom desempenho. Esta realidade, que se traduz no aumento exponencial da geração de resíduos, constitui igualmente um factor de desenvolvimento dos conceitos do Ecodesign. Mas poderá o ciclo de vida de um produto ser prolongado? Embora constitua uma questão repetidamente ponderada, os impactes ambientais gerados por um produto ao longo de uma utilização num período de dez anos são menores do que aqueles que são produzidos por equipamentos idênticos que necessitam de ser substituídos após cinco anos.

Para além dos resíduos gerados na fase final dos equipamentos, são os efeitos produzidos durante todo o ciclo de vida, desde a extracção das matérias-primas, até à produção, distribuição, utilização e recuperação ou deposição. O Ecodesign exige, desde o início, a consideração e a ponderação de todos estes impactes. Como se pode observar na figura 18, que define a inter-relação entre o Ecodesign e a Gestão do Fim-de-Vida, o ciclo de vida de um produto industrial compreende diversas fases: processamento de matérias-primas, produção de componentes, montagem, distribuição, venda e utilização. No processo de design, a cada fase do ciclo de vida do produto corresponderão determinadas questões ambientais, como os níveis de toxicidade, processos de extracção e grau de abundância das matérias-primas, que respeitam à fase de processamento destas.

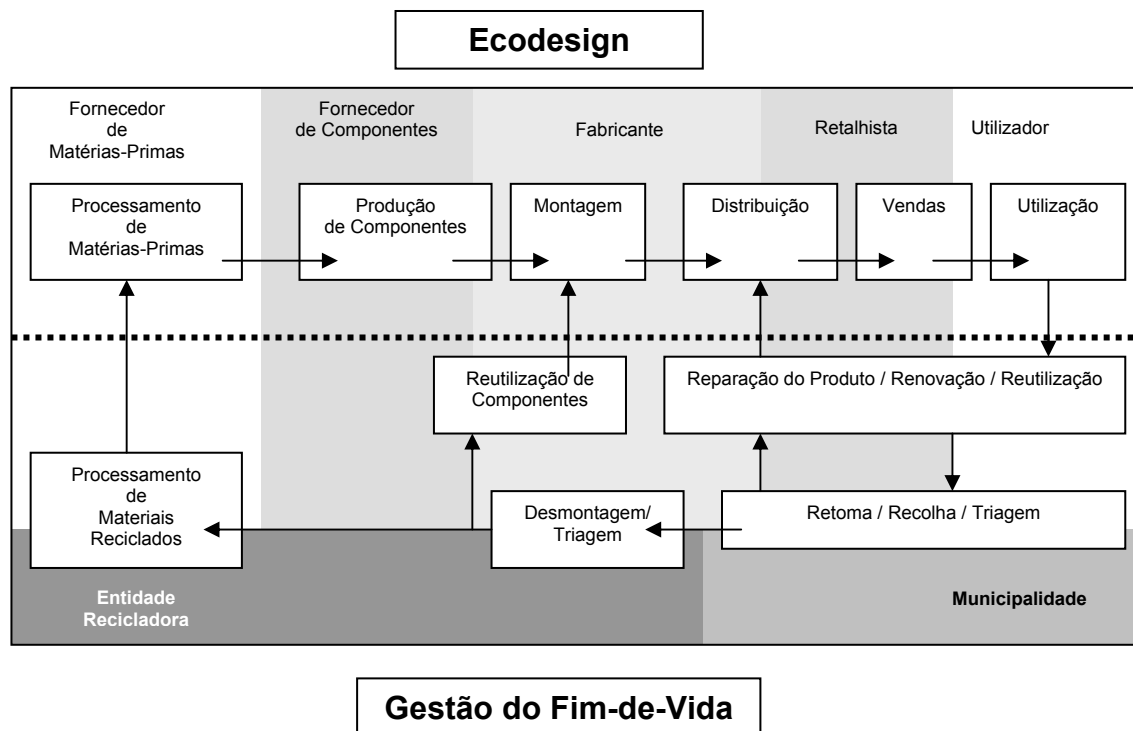


Figura 18 – Inter-relação entre o Ecodesign e a Gestão de Fim-de-Vida

3.7. Design para o fim-de-vida do produto (*Design for Product Retirement – DFPR*).

A integração da metodologia de avaliação do ciclo de vida no processo de design e desenvolvimento de produto, define-se pela incorporação de determinados valores no processo de concepção de um produto, como a optimização da integração do modelo concebido nos processos industriais como a fabricação e montagem, ou a facilidade de instalação inicial, reparação ou modificação no local de utilização ou em centros de assistência, ou ainda a reciclabilidade. Mas, também é necessário, na fase inicial de concepção do produto, definir o modo de integração do planeamento para o seu fim-de-vida. A definição, pelo designer, do destino do produto na fase de fim-de-vida – deposição em aterro, reutilização ou reciclagem de algumas partes ou da totalidade do produto – pode ser efectuada com base nestas três premissas, procedendo a alterações iterativas com o objectivo de introduzir melhoramentos no produto. Esta prática conduzirá ao simultâneo delineamento dos processos logísticos respeitantes á fase do fim-de-vida. Estes, por sua vez, e em função da gradual radicalização da legislação ambiental para a gestão de resíduos e da implementação dos princípios do desenvolvimento sustentável representarão uma responsabilidade acrescida para os fabricantes. Estas considerações permitem definir os princípios do design para o fim-de-vida do produto (*Design for Product Retirement – DFPR*).

O planeamento antecipado para a definição do destino dos materiais recuperados no fim-de-vida, constitui um dos elementos mais importantes para a estratégia desta fase do ciclo de vida de um produto, e conduz simultaneamente ao delineamento do processo logístico que esta exige.

Uma das metodologias que podem ser adoptadas para o fim-de-vida dos produtos baseia-se no conceito de “*clumping*” – “*clump*” (grupo de componentes e /ou sub-conjuntos que partilham a mesma característica baseada na decisão do designer). A reutilização exige que a remoção do grupo de componentes e/ou sub-conjuntos do sistema seja efectuada de um modo simplificado, mantendo estes um elevado valor comercial que permita compensar os custos da operação de recuperação. A reciclagem requer materiais e métodos de fixação daqueles que sejam

compatíveis com as tecnologias de reprocessamento disponíveis (Marks M., *et al*, 1993). A questão fundamental reside na possibilidade ou não, de proceder à separação, reprocessamento e soldagem dos grupos de componentes e /ou sub-conjuntos do sistema de modo economicamente viável. O custo do sistema de reciclagem depende dos custos dos processos de desmantelamento e reprocessamento. Para um determinado sistema, enquanto os custos de desmantelamento aumentam na proporção directa do número de “*clumps*” individuais, os custos do reprocessamento decrescem. Os “*clumps*” mais complexos e de maiores dimensões, embora oferecendo maior grau de facilidade de remoção, requerem técnicas de reprocessamento mais complexas. Um maior número de “*clumps*” simples e homogéneos poderão exigir mais tempo para o processo de desmantelamento, mas em contrapartida, o reprocessamento caracteriza-se por uma maior simplicidade. Alguns “*clumps*” , mais complexos e com baixo valor residual poderão ser depositados em aterro, mas, mesmo nestas circunstâncias, deverá proceder-se à certificação da facilidade de tratamento ou remoção dos materiais perigosos.

3.8. Ecodesign - Metodologias e Ferramentas

Existem muitas ferramentas e métodos do ecodesign, que podem ser desenvolvidos internamente, embora estejam muitas vezes disponíveis no mercado. Algumas são qualitativas e extremamente simples, enquanto que outras, quantitativas, se caracterizam por um grande complexidade, e a sua escolha varia, como referido no ponto anterior, de acordo com as particularidades de cada utilizador.

As metodologias utilizadas baseiam-se, em muitos casos, em programas informáticos que podem apresentar elevados graus de complexidade, como é o caso daqueles utilizados para a avaliação do ciclo de vida no contexto do ecodesign. A classificação mais simples das ferramentas abrange aquelas que possibilitam a medição dos potenciais impactes ambientais dos produtos, analíticas, e as que visam o aperfeiçoamento do processo, utilizadas durante o processo de design para o controlo da actividade e fornecimento de informações.

As ferramentas analíticas podem ser utilizadas antes da fase de concepção, para a análise de um produto anterior ou de um produto concorrencial, ou na fase final de um projecto de design, através da verificação dos resultados.

3.9. Ecodesign e os Computadores Pessoais

As premissas para um melhor desempenho ambiental dos produtos, exige a integração de aspectos ambientais no processo de design e desenvolvimento do produto e a alteração do modo como este é conduzido. Enquanto os produtos representam uma carga ambiental, pelos processos adoptados e materiais seleccionados, a adaptação ambiental constitui um factor de redução nos impactes ambientais por aqueles gerados. Consequentemente, os aspectos ambientais consistem na articulação entre as propriedades dos materiais, as características dos processos utilizados e os princípios ecológicos. Com efeito, as alterações introduzidas nos produtos, respeitam aos materiais e processos, e os melhoramentos só se concretizarão quando o ciclo de vida do produto for considerado.

As alterações nos produtos, que possam traduzir-se em benefícios ecológicos, podem, por exemplo, ser concretizadas através de uma redução progressiva das dimensões dos produtos E&E, assim como do *software*, de uma concepção orientada para a miniaturização, concentração (informação e dados, como os leitores de MP3), digitalização, portabilidade, pela inclusão de funções de valor acrescentado, pela substituição dos transportes mecânicos por outros de natureza electrónica ou ainda pela integração de sistemas de economia de energia. Mas, numa perspectiva mais lata, esta 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 limpa.

4. Problemática

4.1. Impactes ambientais

Apresentando os equipamentos informáticos dimensões cada vez mais reduzidas e maior eficiência energética, seria expectável que os seus impactes ambientais decrescessem, mas estudos elaborados pelo grupo de investigação das Nações Unidas sugerem que tal não se verifica. De acordo com este estudo, a produção de um computador incluindo um monitor, com o peso de 24 kg, necessita de uma quantidade mínima 240 kg de combustíveis fósseis para fornecimento de energia e 22 kg de produtos químicos, a que somam 1.5 toneladas de água. O mesmo salienta ainda que os utilizadores poderão estar expostos a problemas de saúde, e os produtos químicos, como retardadores de chama contendo bromo, ou metais pesados como o chumbo e o cádmio, constituem factores de risco para quem labora nesta indústria, assim como para os utilizadores de águas situadas na proximidade de aterros onde equipamentos informáticos são depositados.

De acordo com a organização *Earth 911* aproximadamente 41 milhões de computadores tornaram-se obsoletos no ano de 2002. No ano de 2005, este valor aumentou para 63 milhões de unidades, estimando-se que 75% destes equipamentos estejam armazenados. Ainda segundo esta organização, prevê-se que em 2007, o número de computadores armazenados que necessitam de ser depositados, se cifre em 500 milhões. Com a entrada de novas tecnologias nos mercados segundo ciclos de aproximadamente dois anos, os resíduos gerados pela indústria de equipamentos informáticos constituem um problema crescente.

Os valores percentuais médios dos impactes ambientais produzidos pelos equipamentos eléctricos e electrónicos no decurso do seu ciclo de vida podem ser observados de acordo com a figura 19.

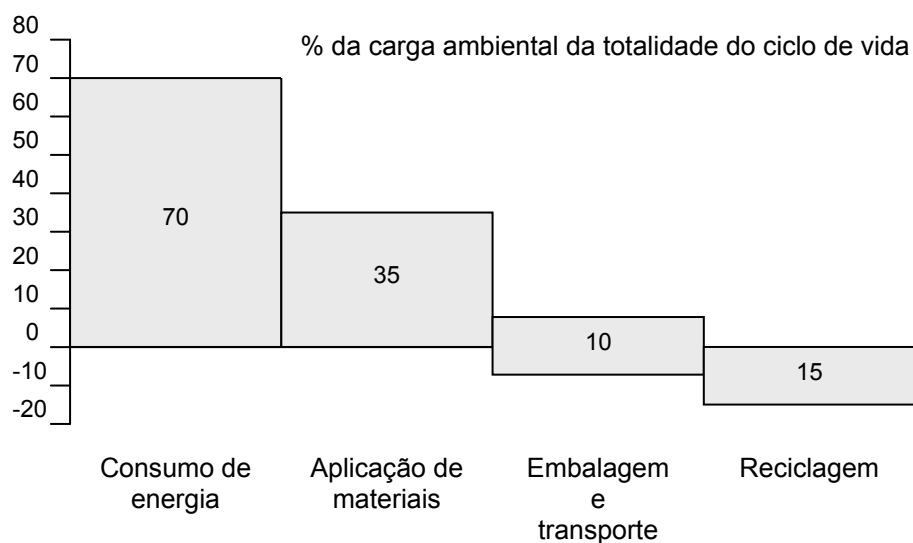


Figura 19 – Carga ambiental de um equipamento eléctrico e electrónico durante o seu ciclo de vida (Stevens A., Griesse H., Electronic Goes Green 2004, Fraunhofer IZM, Berlin, Germany)

A análise do diagrama apresentado na figura 19 demonstra que, na fase de utilização, o consumo de energia corresponde ao valor médio entre 50 e 85% do total da carga ambiental. Para a produção, o valor situa-se entre 20 a 50% sendo de 5-10% aquele que respeita à distribuição e embalagem. Em caso de reciclagem do produto, o valor da carga ambiental que pode ser deduzido situa-se entre 10 a 20% do total.

4.1.1. Categorias de Impactos ambientais

A introdução e implementação da Directiva para os Resíduos de Equipamentos Eléctricos e Electrónicos, complementada pela Directiva da Restrição de Substâncias Tóxicas (RoHS), terá como consequência a eliminação da utilização de diversos materiais como o Chumbo, que integra a composição da soldadura utilizada na ligação dos vários componentes electrónicos. No caso particular da soldadura, as fases do sistema do Ciclo de Vida do produto incluem a aquisição dos materiais assim como o processamento do metal, produção da soldadura e sua aplicação durante a montagem, e ainda a integração desta enquanto resíduo.

Uma categoria de impacte representa um problema ambiental específico. A elaboração de uma lista de categorias ambientais pode ser realizada de acordo com diversas metodologias alternativas tal como o Sistema Ambiental Prioritário (*Environmental Priority System – EPS*), os Eco-Pontos, o Eco-Indicador '95 e o Eco-Indicador '99. É no nível da caracterização ou da congregação dos impactes que reside a principal diferença entre as diversas metodologias. Como exemplo, muitas abordagens apresentam um único resultado final, enquanto outras poderão possuir um leque alargado de áreas de impacte.

A definição das categorias de impactes ambientais exige, antes de mais, uma abordagem de metodologias como o Inventário do Ciclo de Vida e a Avaliação do Ciclo de Vida. Definidos os critérios da Avaliação do Ciclo de Vida, é elaborado, a partir de dados quantitativos obtidos no decurso de todos os ciclos de vida dos produtos, um inventário do Ciclo de Vida. Os dados inventariados são transpostos para impactes, classificando inicialmente os dados de input e output segundo diversas categorias, que são posteriormente aplicáveis modificando o inventário através da utilização de um algoritmo representando um determinado impacte.

Através do método da Avaliação do Ciclo de Vida, é possível avaliar diversas categorias de impactes ambientais como a camada de ozono, metais pesados, carcinogenia, nevoeiro de Verão e de Inverno, pesticidas, efeito de estufa, acidificação ou ainda a eutrofização.

Os impactes resultantes da utilização de recursos renováveis e não-renováveis, qualidade da água ou locais de aterro de resíduos sólidos, correspondem à quantidade de materiais consumidos ou emitidos no decurso do ciclo de vida por cada unidade funcional, enquanto que os impactes energéticos são determinados pela conjugação da energia contida nos combustíveis consumidos e a energia eléctrica dispendida e cuja totalidade é apresentada em megajoules (MJ). Outras categorias de impactes como o aquecimento global, depleção do ozono, acidificação, nevoeiro fotoquímico ou ainda a eutrofização da água, são medidas de acordo com tabelas de equivalência que permitem a transposição dos dados inventariados num impacte.

A figura 20 apresenta as categorias de impactes nas fases de fabrico e utilização.

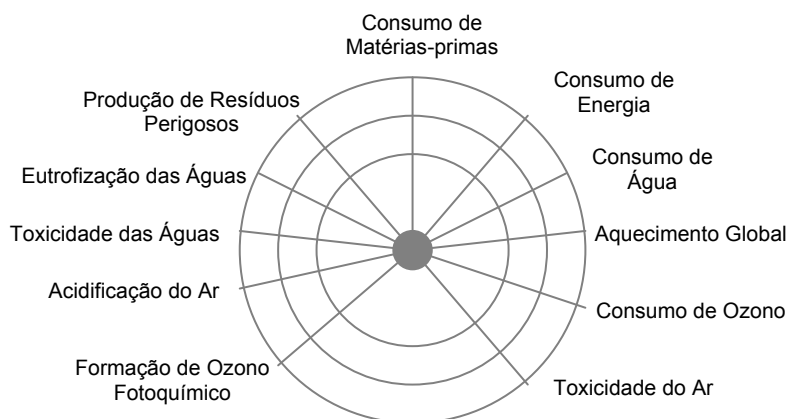


Figura 20 – Impactes nas fases de fabrico e utilização – abordagem segundo múltiplos critérios

4.1.2. Impactes ambientais típicos de materiais e componentes de computadores (incluindo monitores)

Ao longo do seu ciclo de vida, os computadores e monitores geram impactes ambientais de natureza diversificada. Na fase de aquisição de matérias-primas, os principais impactes ambientais residem na depleção de recursos materiais, como a que se verifica na extracção de Ouro para acabamentos de superfícies e terminais de fios condutores, e naqueles que são gerados pela gestão desadequada das lamas resultantes (com cianeto).

Na fase de montagem das placas de circuitos integrados, os impactes gerados eram causados pela utilização de fluoro-hidrocarbonetos, entretanto banidos, em processos de limpeza, contribuindo para a destruição da camada de ozono. Mas, com efeito, o consumo de energia, constitui um dos factores que mais contribuem para a carga ambiental total gerada ao longo de todo o ciclo de vida. Nesta fase do ciclo de vida dos computadores – a montagem – a toxicidade do ar, provocada pelas emissões gasosas, existente nos locais de trabalho, pode atingir níveis elevados, gerando impactes ambientais nocivos para a saúde humana.

Na fase de utilização, os consumos de energia constituem aqueles que mais contribuem para a carga ambiental total gerada ao longo do ciclo de vida dos

equipamentos. O efeito de estufa, provocado pela emissão de CO₂ nas centrais de produção de electricidade e a depleção de recursos materiais como o gás natural, carvão e petróleo, são exemplos de outros impactes ambientais gerados.

Parte III – METODOLOGIAS DE ANÁLISE

5. Avaliação dos impactes ambientais do Ciclo de Vida dos E&E

5.1. Ciclo de vida – conceito

O conceito de ciclo de vida baseia-se na consideração de todos os aspectos ambientais que ocorrem durante o ciclo completo da existência de um produto, de que relevam o consumo de energia, a aplicação de materiais, a natureza das substâncias químicas utilizadas, a durabilidade, as potencialidades de reutilização e reciclagem, a embalagem e o transporte.

O ciclo de vida completo engloba a aquisição das matérias-primas, a produção de materiais e de componentes, a montagem do produto, distribuição e retalho, utilização, e os processos de tratamento do fim-de-vida, como o acondicionamento para reutilização, reciclagem e o fim-de-vida. Os impactes associados aos transportes revestem-se igualmente de extrema importância. A sua observação permite assegurar que (ISO 2001) nenhum material será excluído arbitrariamente, e que todas as características ambientais e económicas são consideradas assim como todos os impactes gerados pelos produtos intermédios, e não constituintes do produto final, como as emissões provenientes do fabrico. Ainda de acordo com esta norma, é necessário considerar não apenas os impactes ambientais do produto em si, mas também o sistema no qual o produto desempenhará as suas funções.

A avaliação do desempenho ambiental de um produto só pode ser efectuada considerando o seu ciclo de vida completo. Esta abordagem, permite ao designer, pela identificação dos pontos mais importantes do ciclo de vida do produto, otimizar a utilização de recursos como o tempo e o dinheiro. Para além disso, a

abordagem do ciclo de vida possibilita ainda que os custos dos consumidores inerentes às fases de utilização e fim-de-vida sejam considerados.

5.2. Avaliação do Ciclo de Vida

No que representa uma profunda alteração, a eficiência industrial não é mais apenas conotada com a produtividade laboral, mas com a produtividade dos recursos: produzir mais com menos. A maior produtividade dos recursos traduz-se fundamentalmente na redução das entradas (*input*) daqueles nos produtos e serviços. Uma menor utilização de recursos conduzirá necessariamente à diminuição das emissões. Nas últimas décadas, as empresas deslocaram as suas preocupações ambientais do processo produtivo para os produtos em si e para os seus impactes ambientais. A avaliação do ciclo de vida dos produtos, conceito fulcral do ecodesign, que considera os potenciais impactes que os produtos possam gerar durante a sua existência, constituiu-se como a abordagem dominante. A figura 21 descreve as interacções entre as actividades que ocorrem durante o ciclo de vida de um produto.

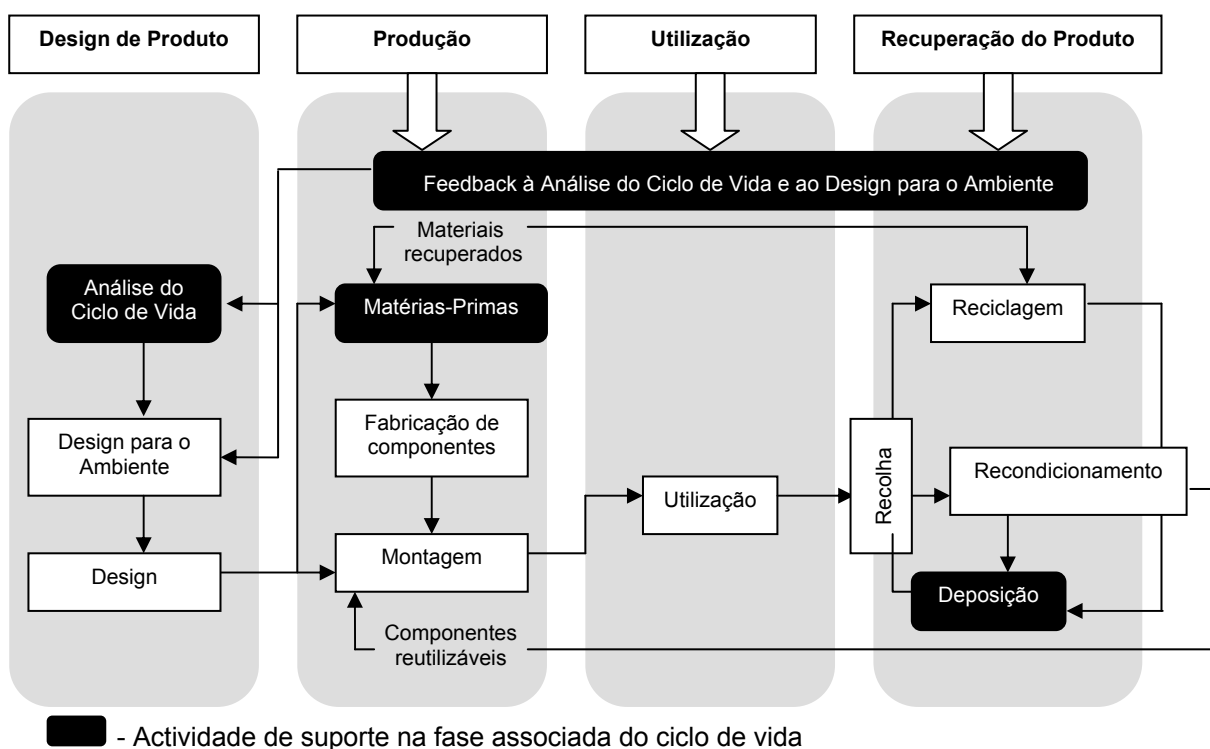


Figura 21 – Interacções entre as actividades que ocorrem durante o ciclo de vida do produto (Fonte: Askiner Gungor, Surendra M. Gupta, *Issues in environmentally conscious manufacturing and product recovery: a survey*, in *Computers & Industrial Engineering* 36 (1999) pp 811-853)

A implementação e sistematização de regras de aperfeiçoamento, métodos e ferramentas deve ser precedida da recolha de informações e dados relativos ao desempenho ambiental dos produtos no decurso do seu ciclo de vida, constituindo uma estratégia para a aplicação das práticas do ecodesign e para a avaliação da eficiência das opções tomadas. É assim que a avaliação do ciclo de vida se define como a compilação de dados (entradas e saídas) e dos impactos ambientais dos sistemas que compõem um produto, durante o seu ciclo de vida (ISSO 14040:1997). Sendo um método de grande complexidade e abrangência, a sua aplicação no processo de desenvolvimento reveste-se de algumas dificuldades, que podem ser contornadas pela utilização de aplicações informáticas, que fornecem dados, permitem a efectuação de cálculos e a apresentação de resultados. Os métodos de avaliação do ciclo de vida podem, no entanto, ser utilizados na validação de outros mais simples, de modo a que estes, e uma vez definidas determinadas especificações, possam ser aplicados correctamente.

Para que o tempo despendido na elaboração de um modelo de ACV possa ser reduzido, deverá optar-se pela adopção de uma análise simplificada, quantitativa ou qualitativa, que poderá ser constituída por listas de verificação, matrizes, ACV sumárias ou aproximadas.

As listas de verificação correspondem a abordagens qualitativas que têm por objectivo a definição de estratégias de design ambiental, como a conservação dos materiais, eficiência energética ou ainda directrizes para a prevenção da poluição (Lindahl, 1999). Do mesmo modo, também as matrizes qualitativas (Allenby, 1992) promovem a abordagem baseada na análise do ciclo de vida, constituindo meios que permitem a avaliação de *trade-offs* e das interacções entre os diversos critérios.

As ACV sumárias (Graedel *et al*, 1995), de base numérica, representam, por sua vez, matrizes para uma abordagem quantitativa que, à semelhança das matrizes qualitativas, apenas relevam as questões mais significativas.

A importância atribuída ao ciclo de vida dos produtos constitui o suporte fundamental do ecodesign. A abordagem através do ciclo de vida permite aos que têm por tarefa o desenvolvimento do produto, a definição e implementação de

estratégias que visam a redução dos impactes ambientais. Para tal, um projecto de ecodesign deve observar, de modo igual, todas as fases que constituem o ciclo de vida, para que todos os eventuais desenvolvimentos que se possam traduzir em benefícios ambientais ou económicos sejam considerados e valorizados.

5.3. Avaliação do Ciclo de Vida e o Processo de Design e Desenvolvimento de Produto

As alterações conjunturais determinadas pelo advento do conceito de desenvolvimento sustentável, têm-se traduzido na transformação do modo como as empresas desenvolvem os seus produtos, reflectida na abordagem, por parte dos designers, na avaliação dos impactes ambientais dos produtos.

A ACV de um produto, que permite a observação dos potenciais impactes ambientais que ocorrem durante o seu ciclo de vida, é frequentemente um processo que exige largos períodos de tempo para que se proceda à análise durante a fase conceptual, na qual, ao invés das ideias, escasseiam as informações. A informação e o tempo disponíveis assumem particular importância quando se utiliza a ACV na fase conceptual do processo de design. Nesta fase, com baixos orçamentos, um nível de detalhe limitado, e um significativo número de soluções disponíveis, as alterações ocorrem rapidamente.

Para que a ACV seja acessível, é necessário que, reduzindo o tempo de criação do modelo, a análise se caracterize pelo rigor. Esta condição pode, durante a fase de detalhe do processo de design, verificar-se pela utilização de modelos genéricos paramétricos de ACV para classes de produtos já definidos. De acordo com Linton (1999), podem ser consideradas duas categorias de soluções visando a economia de tempo e de recursos financeiros de um modelo de ACV: a maior acessibilidade dos estudos resultantes da ACV, que a compilação de uma base de dados, incluindo informações fiáveis, e previamente disponibilizada possibilita, e que de outro modo exigiria maior investimento, e a gestão de outros estudos mais limitados e menos rigorosos.

O método para a integração da Avaliação do Ciclo de Vida no processo tradicional de design e desenvolvimento do produto, proposto por Borland *et al.* (1998),

determina que este se caracterize pela multidisciplinaridade e colaboração entre os diversos intervenientes incumbidos de tarefas diferenciadas. Este método permite a avaliação de qualquer número de variações paramétricas simples do conceito. No entanto, e embora a maioria das metodologias para a Avaliação do Ciclo de Vida não permitam, sem algumas dificuldades, as alterações que se podem verificar durante a fase conceptual, a aplicação daquele método apresenta, no entanto, limitações que se devem à elevada duração temporal necessária à construção de modelos paramétricos.

Com o objectivo de validar as previsões que a metodologia para a Avaliação do Ciclo de Vida permite estabelecer durante as fases conceptuais no início do processo de design e desenvolvimento, Sousa *et al.* (1999) apresentaram uma proposta sucedânea, que se define pela articulação entre uma rede neural e uma base de dados composta pelas características dos produtos e os impactes ambientais correspondentes. O consumo de energia ao longo do ciclo de vida, os materiais sólidos, o efeito de estufa, a depleção da camada de ozono, a acidificação, a eutrofização, o smog de inverno e verão constituem as categorias de impactes ambientais consignadas por esta metodologia.

Os dados relativos aos impactes ambientais seriam recolhidos no decurso da aplicação da metodologia de ACV em produtos já existentes. Os elementos que constituem a equipa de designers podem então, e posteriormente, submeter os novos atributos do produto àquele modelo, de modo a estabelecer novas previsões relativas à aplicação do método de ACV para o novo conceito.

Os métodos baseados em aplicações informáticas apresentam vantagens significativas, como a capacidade de suportar uma abordagem multidisciplinar e interactiva necessárias à resolução de questões alargadas e complexas respeitantes ao processo de design e desenvolvimento do produto.

5.4. Ecodesign – Metodologias e Ferramentas

A análise dos desempenhos ambientais de um produto constitui um pré-requisito para a implementação de práticas do ecodesign, e o conhecimento, por parte do designer industrial, das questões ambientais, constituirá, sem dúvida, um factor

preferencial. Sem que o ambiente deva constituir uma área da sua competência, deverá o designer, no entanto, ter a possibilidade de utilizar suportes desenvolvidos expressamente para a ACV. Métodos baseados em aplicações informáticas (Borland e Wallace, 1999; Borland *et al.*, 1998), permitem que os designers possam, em tempo real, analisar os impactes ambientais segundo modelos de ACV. Um protótipo de sistema desenvolvido no *Massachusetts Institute of Technology (MIT) CADLab*, designado por *DOME*, permite a colaboração, através da criação de um interface entre as respectivas competências, entre designers e especialistas ambientais, no processo de desenvolvimento de produto. Este interface oferecerá a oportunidade de convergência entre os diferentes modelos concebidos, mantendo-se, no entanto, a identidade própria de cada um deles. O modelo desenvolvido pelos designers poderá depender provavelmente, de alguns dos resultados obtidos pelos especialistas ambientais, do mesmo modo que também o modelo do ciclo de vida dos produtos adoptado dependerá dos dados introduzidos por aqueles. Após a definição do interface e a troca de informações, a elaboração de um modelo por parte do designer decorre, em simultâneo, com a construção, pelo especialista ambiental, de um modelo para o ciclo de vida do produto, de maior precisão, originado a partir de um esboço, ou resultante da modificação ou simples recuperação de um outro já existente. Um modelo definitivo e integral, poderá pois ser definido como a conjugação entre uma ACV detalhada e uma análise objectiva e rigorosa dos materiais. Os dados compilados pelos especialistas ambientais, que se traduzem na definição de um modelo de ciclo de vida do produto, são posteriormente integrados pelos designers no processo de design e desenvolvimento de produto. Deste modo, é possível ao designer, avaliar e comparar os impactes referentes às diversas variações paramétricas ocorridas desde as concepções iniciais. Para além disso, e na eventualidade da exigência de integração de um novo componente, será, por exemplo, apenas necessário, utilizando a interface criada, proceder à entrada (*input*) correspondente no modelo de ciclo de vida, tendo acesso imediato à informação respeitante às alterações produzidas. Deste modo, será possível, avaliados os impactes ambientais gerados pelo novo componente, determinar a importância da sua integração.

Outras aplicações informáticas, como o *EIME*, apenas se aplicam em projectos de grande dimensão desenvolvidos por empresas multinacionais. Esta ferramenta baseia-se igualmente na abordagem da avaliação do ciclo de vida, mas segundo múltiplos critérios como o consumo de matérias-primas, energia e água, aquecimento global, produção de resíduos perigosos, eutrofização da água, toxicidade da água e outros, (Figura 22), resulta da conjugação de esforços de empresas do sector dos equipamentos eléctricos e electrónicos com o objectivo de desenvolver uma metodologia compatível com os requisitos específicos para a avaliação ambiental e com as limitações do processo de design industrial (Gabillet, 2000). Outros critérios de avaliação físicos, como o peso e volume, de utilização, como a duração da vida do produto, ou ainda de fim-de-vida são também considerados.

O *EIME* é uma aplicação desenvolvida por diversas empresas do sector da indústria de equipamentos eléctricos e electrónicos, cujas principais características residem na possibilidade de interacção com a organização e processos de design que a sua arquitectura oferece, com as ferramentas como indicadores ambientais, directrizes e tabelas de verificação, e ainda com os diversos intervenientes como gestores de produto, especialistas ambientais e designers. O programa *EIME* está estruturado do modo apresentado na Figura 22.

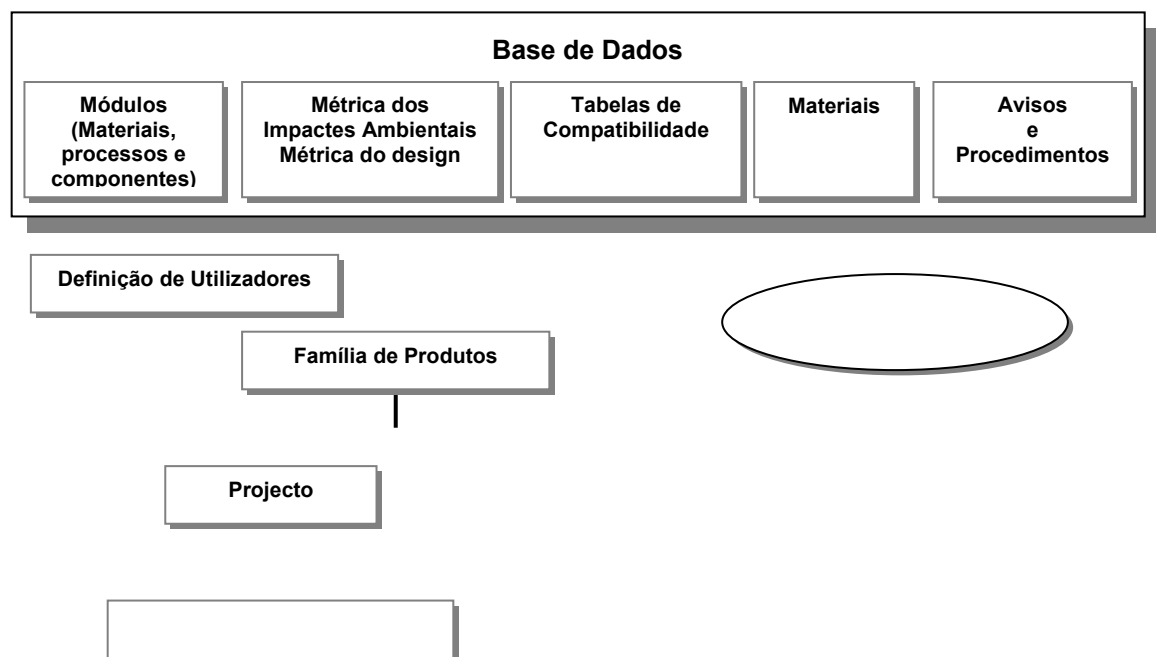


Figura 22 – Estrutura da ferramenta EIME

Como se pode observar na figura 22, os especialistas ambientais integrados nas empresas, têm por missão a manutenção das bases de dados, elaborando tabelas de verificação ou linhas directrizes de modo a serem utilizadas pelos designers. A responsabilidade das opções tomadas na elaboração das bases de dados para o produto a desenvolver são partilhadas entre aqueles e os gestores de produto.

Outras ferramentas de aperfeiçoamento mais sofisticadas, como o *euroMat*, podem ser utilizadas por equipas de designers devidamente habilitados. Não tendo sido, até agora aplicado em produtos ou componentes específicos de equipamentos eléctricos e electrónicos, mas adequado a todos os sectores industriais, o *euroMat*, é um exemplo de ferramenta para o Design para o Ambiente que inclui um protótipo de uma aplicação que inclui uma base de dados para suporte do processo de selecção de materiais no desenvolvimento de produto (Fleischer et al, 2000). Tem como objectivo principal a procura de materiais inovadores para um determinado produto, sendo por isso um importante factor de competitividade. Para além dos requisitos convencionais, como custos de produção, especificações técnicas, integra ainda critérios de sustentabilidade. Tal como outras metodologias, o *euroMat* (ver Fig. 23) desenvolve-se ao longo de diversas fases, como a definição dos requisitos tecnológicos, selecção de materiais tecnicamente adequados, a ACV e os CCV. Após a selecção de materiais, estes são analisados através de uma ACV simplificada, que contempla os impactes resultantes da extracção das matérias-primas, o processamento de materiais, o fabrico, o consumo, a fase de fim-de-vida – reutilização, reciclagem e deposição – assim como o consumo de energia e o transporte. Os materiais seleccionados serão seguidamente analisados pelas avaliações do custo do ciclo de vida, risco, trabalho e ambiente.

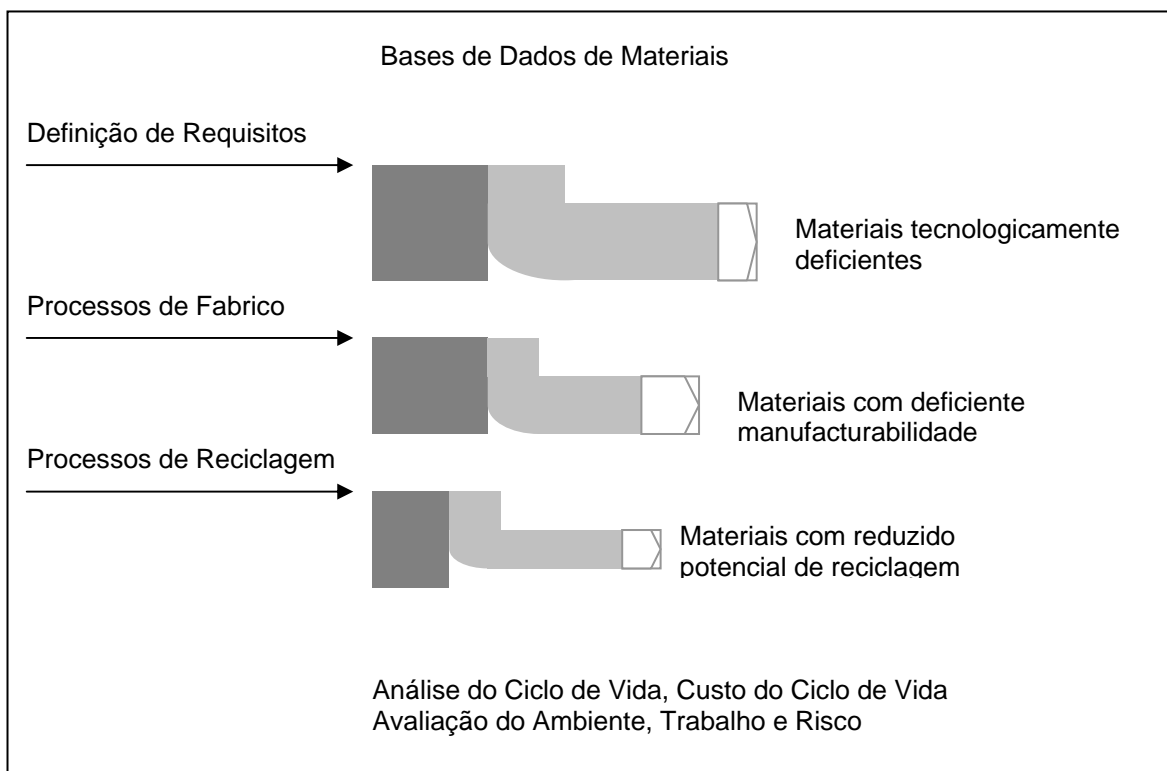


Figura 23 – EuroMat – procedimentos (Adaptado de *Ecodesign Guide*)

O Ecoindicator, apresentado em 1995 e revisto em 1999, é um exemplo de um método simplificado de avaliação do ciclo de vida, concentrando diferentes categorias de impactes ambientais num único módulo e baseado no principal impacte gerado por um cada consumidor. Esta abordagem de avaliação, atractiva para a indústria, por permitir o estabelecimento de pontos de referência simples, não é, no entanto, validada de acordo com os padrões da ACV das séries ISO1040x.

A Matriz de Aperfeiçoamento do Produto (Graedel, 1996) é outro exemplo de uma abordagem simplificada, que consiste na avaliação dos impactes ambientais gerados nas cinco fases do ciclo de vida de um produto (extracção de recursos; fabrico; embalagem e distribuição; utilização e fim-de-vida) e de acordo com critérios como a selecção de materiais, consumo de energia, resíduos sólidos, líquidos e gasosos.

O programa informático *Green Design Advisor*, adoptado pela indústria de equipamentos eléctricos e electrónicos, e desenvolvido pela Motorola, é outra

ferramenta para o Design para o Ambiente que para além do apoio do processo de selecção de materiais, se centra na arquitectura geral – sequência de montagem e desmontagem - e no sistema de ligações e fixações. Entre outros critérios de avaliação das opções de design, como o grau de reciclagem, utilização de energia, dois constituem métricas para o fim-de-vida – tempo de desmontagem e o custo da desmontagem optimizada. Esta ferramenta integra-se em todas as fases do processo de design, sendo, na fase de planeamento, considerados e verificados, de acordo com a sua metodologia, os requisitos ambientais e restrições dos materiais. Na fase de concepção do produto, a avaliação inicial é efectuada através da composição média dos materiais, que permite, nas fases seguintes, a escolha dos conceitos mais adequados. A avaliação final ocorre então na fase de prototipagem, na qual é ainda possível proceder a alterações consideradas necessárias. O *Green Design Advisor* é uma ferramenta que possibilita aos designers determinar as áreas em que uma intervenção, pela redução, incremento ou substituição, se traduza no aperfeiçoamento do produto, embora não permita gerar automaticamente soluções, que continuam a depender da criatividade daqueles.

Para além das aplicações informáticas integradas, utilizadas como ferramentas de aperfeiçoamento, e anteriormente referidas, outras, de natureza mais específica, que utilizam parâmetros físicos, como a massa e o volume, ou técnicos, como a percentagem de materiais recicláveis e o tempo de desmontagem, têm vindo a ser desenvolvidas pela maioria das empresas. A sua utilização é complementada com outros métodos, e cada uma das ferramentas é adaptada de acordo com os produtos e os seus contextos.

A gama de ferramentas para o ecodesign específicas, disponibilizadas no mercado integram conjuntos de directrizes, métricas ou sistemas de dimensionamento e ainda técnicas visando a optimização do processo de design, contemplando diversas questões ambientais com relevo para os impactes do fim-de-vida dos produtos. Em particular, e na sequência da legislação que vigora na União Europeia, muitas ferramentas foram desenvolvidas para as questões relacionadas com o fim-de-vida. Os princípios da abordagem do ciclo de vida determinam que a utilização destas ferramentas não constitui a única intervenção

de natureza ambiental no processo de design. Mas quando as estratégias adoptadas no desenvolvimento dos projectos de design reconhecem a importância da gestão do fim-de-vida, numerosas ferramentas poderão ser utilizadas, de modo a permitir o ajustamento a esta nova e crescente área da responsabilidade do produtor. A *ELDA (End-of-Life Design Adviser Tool)*, que possibilita a definição de estratégias e suporta tecnicamente a escolha das opções relativas às tecnologias de tratamento para o fim-de-vida dos produtos, para integração no processo de design, tem vindo a ser desenvolvida desde 1997. Os numerosos exemplos de casos de estudo sobre as estratégias para o fim-de-vida do produto, permitiram identificar características técnicas dos produtos que maior influência exercem nas estratégias para aquela fase, como o tempo de deterioração total (0-20 anos), ciclo tecnológico (0-10 anos), nível de integração (baixo, médio e alto), número de componentes (0-1000), ciclo de design (0-7 anos) e factores que exigem o processo de redesign (original, maior/menor e função/estética). Adoptando o exemplo de produtos como os monitores, podemos verificar na figura 24, que os melhores processos utilizados na indústria para o fim-de-vida, como a reciclagem (com desmontagem), não correspondem às estratégias recomendadas pela ferramenta *ELDA*. Neste caso, a constatação da ausência de correspondência pressupõe a necessidade de desenvolver outros aspectos de carácter não técnico.

Produtos	Melhor tratamento para o Fim-de-Vida actualmente implementado na indústria	Estratégia para o Fim-de-Vida recomendado pelo ELDA	Acção necessária
Monitores	Reciclar (Com desmontagem)	Re-manufacturação	Sem correpondência

Figura 24 – *ELDA* e as práticas actuais (Monitores) (Stevens et al., 2000)

No caso particular dos monitores, a *ELDA* demonstra que uma estratégia para o fim-de-vida (Re-manufacturação) de elevado nível é tecnicamente exequível. Neste caso particular, revela-se necessária, para que a estratégia seja efectiva, a abordagem de questões como o processo de recolha dos equipamentos, a

organização industrial ou ainda o modo de comercialização dos produtos re-manufacturados

A utilização de indicadores ambientais, como a ACV, eco-indicadores e o “*benchmarking*” possibilita aos designers um maior conhecimento dos desempenhos ambientais dos produtos. No entanto, outras ferramentas, de carácter mais específico, permitem-lhes desenvolver soluções de modo mais directo. Como exemplo, diversas empresas elaboraram listas de directrizes para o design e controlo de substâncias para utilização por parte de designers e fornecedores. A figura 25 apresenta um conjunto de alguns exemplos de opções para a gestão do fim-de-vida e uma lista de verificação de atributos do design desenvolvidos pelo *Centre for Sustainable Design*. As listas de verificação foram desenvolvidas para uma gama diversificada de utilizadores e níveis de conhecimento prévio, considerando fundamentalmente a sua utilização por fornecedores gerais de EE&E e por pequenas e médias empresas, o pressuposto de conhecimentos relativos ao ambiente e ao ecodesign, a utilização de técnicas, funções e processos de gestão.

Re-Manufaturação				
Upgrade				
Revenda				
Reciclagem				
ATRIBUTOS				
1. Design para mercado secundário Deve funcionar com diferentes voltagens e condições operacionais		X	X	
2. Sub-unidades de componentes duráveis e de elevado valor Unidades de componentes contendo metais preciosos; elevada tolerância para reutilização dos componentes	X		X	X
3. Fácil acesso a componentes substituíveis Concepção de sub-unidades de fácil desmontagem, sem recurso a ferramentas especializadas. Minimização do número de operações destinadas à substituição destas partes; fácil acessibilidade aos componentes úteis		X	X	X
4. Facilidade de separação de materiais contaminados Confinação de materiais perigosos ou contaminados a uma secção que permita facilidade na sua identificação e remoção. Evitar, quando possível, estes materiais.	X			X
5. Facilidade de desmontagem das partes constituintes Redução das variações de dimensão, tipo e cabeça de elementos de fixação Evitar a necessidade de utilização de ferramentas espaciais para montagem Proporcionar facilidade de desmontagem	X			X
6. Evitar a utilização de colas e fitas adesivas Excepção às situações em que há deposição, devido à dificuldade de remoção e à Contaminação dos materiais	X		X	X
7. Identificação e etiquetagem de materiais Etiquetagem de todos os materiais utilizando códigos internacionais, com relevo para os polímeros e outros materiais recicláveis Identificação de materiais perigosos e tóxicos Evitar métodos que não permitam a reutilização ou a reciclagem	X	X	X	X
8. Minimização de mesclas de materiais Evitar materiais compostos ou laminados de difícil reciclagem. Sempre que possível, utilizar materiais de um único tipo ou mistura	X			
9. Utilização de materiais reciclados onde é possível Adaptação do design à estimulação da sua utilização		X	X	X

Figura 25 – Exemplos de directrizes (*Centre for Sustainable Design*)

Existem muitas ferramentas para a avaliação ambiental, podendo diferenciar-se profundamente com os impactes considerados, com as fases do processo de design em que são utilizados, com a natureza dos dados de entrada que são necessários para a sua utilização e dos resultados que se podem obter e ainda com a aptidão dos recursos humanos disponíveis. Mas, além disso, as empresas, assim como os vários departamentos que as compõem, poderão utilizar estas ferramentas de modo

diferente. Elas podem ser seleccionadas de acordo com o grau de eficiência exigido durante o processo de design, e para esse efeito, podem ser classificadas em três níveis, como a figura 26 mostra.

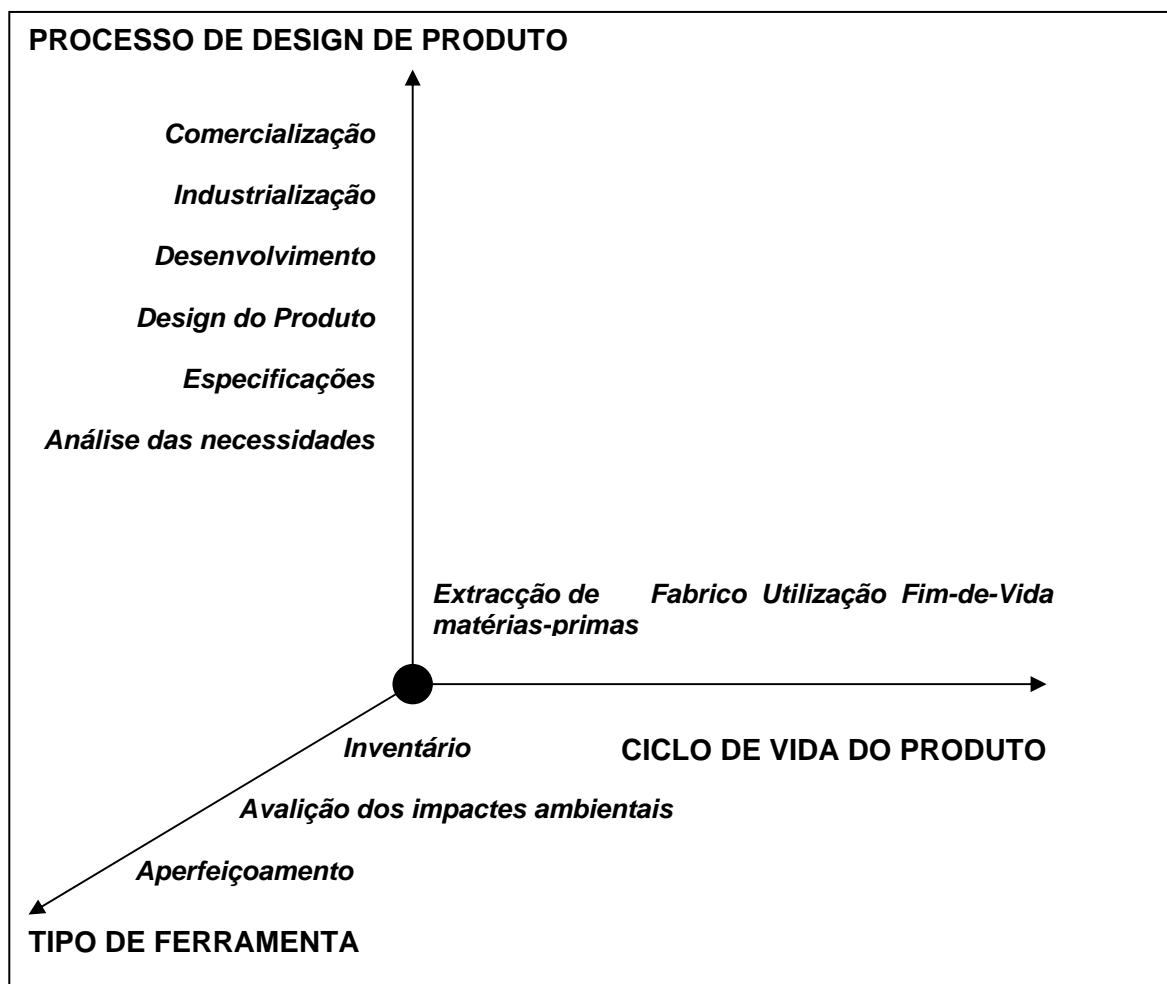


Figura 26 – Níveis de classificações das ferramentas do ecodesign (Adaptado de Ehrenfeld, 1999)

Da integração de diversas ferramentas, como a ACV ou o “*benchmarking*”, dependerá o sucesso de um projecto de design. Devido ao seu elevado grau de sofisticação, a aplicação de ferramentas como as que se baseiam na avaliação do ciclo de vida apenas será eficiente quando integradas na estrutura das empresas. A correspondência entre os objectivos que se pretendem atingir, a selecção das ferramentas ou metodologias e os recursos humanos, constitui uma questão

fundamental e crítica que deve ser integrada nas práticas do ecodesign adoptadas pelas empresas.

O conjunto de ferramentas do ecodesign que podem ser utilizadas no decurso do processo de design de produto podem ser sintetizadas de acordo com o modelo que a figura 27 apresenta. No entanto, este modelo não deve constituir uma referência, devendo as empresas, desenvolvendo actividades específicas e dispondo de recursos humanos e financeiros próprios, adoptar aquele que melhor se adapta às suas características.

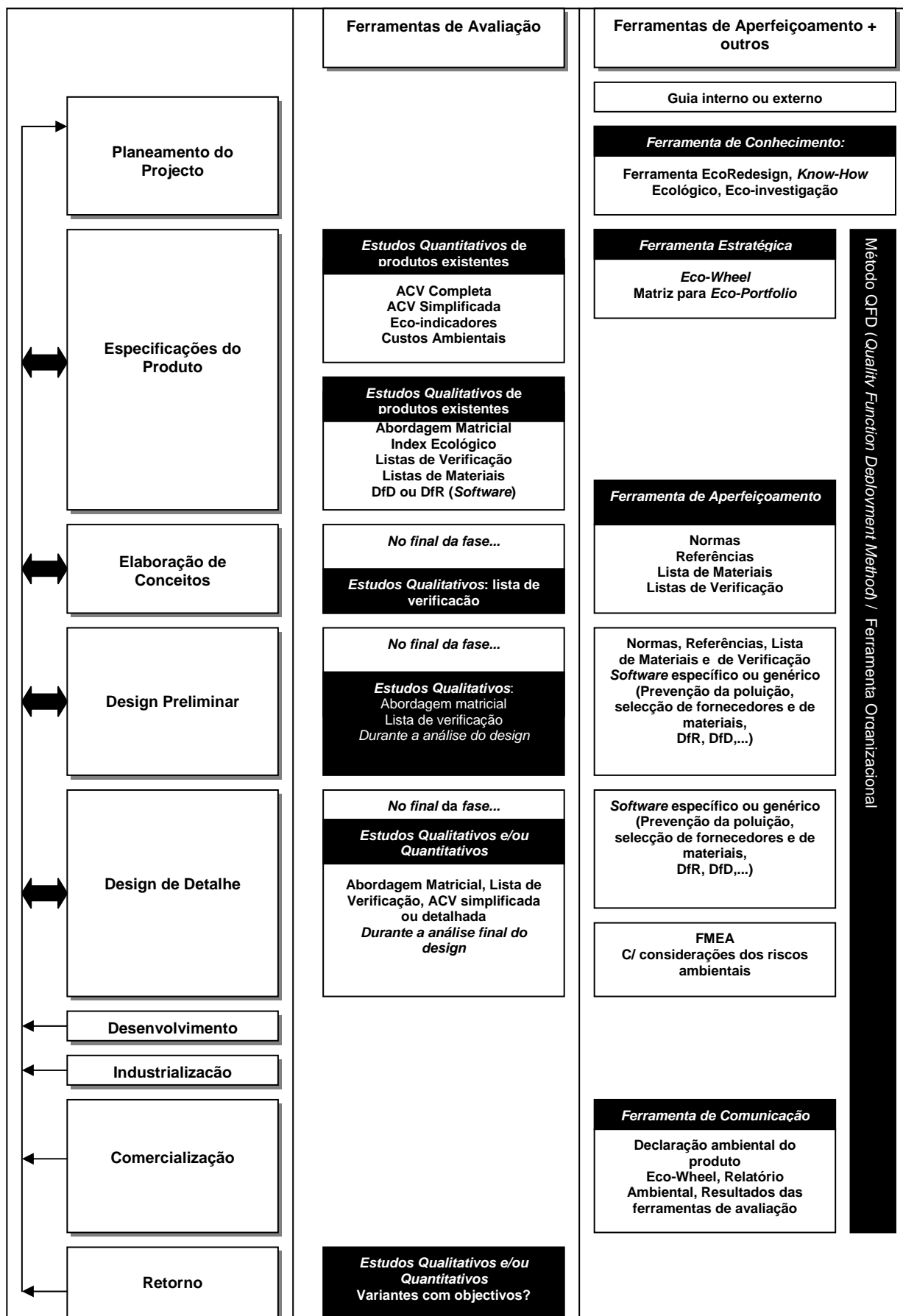


Figura 27 – Utilização das ferramentas do ecodesign no processo de design e desenvolvimento de produto (Janin, 2000)

Visando a identificação das principais vantagens e dos obstáculos na integração de ferramentas de Ecodesign no processo de desenvolvimento de produto, (Janin, 2000) apresenta uma classificação destas ferramentas segundo o seu grau de avaliação e de aperfeiçoamento (melhoramento), que a figura 28 mostra.

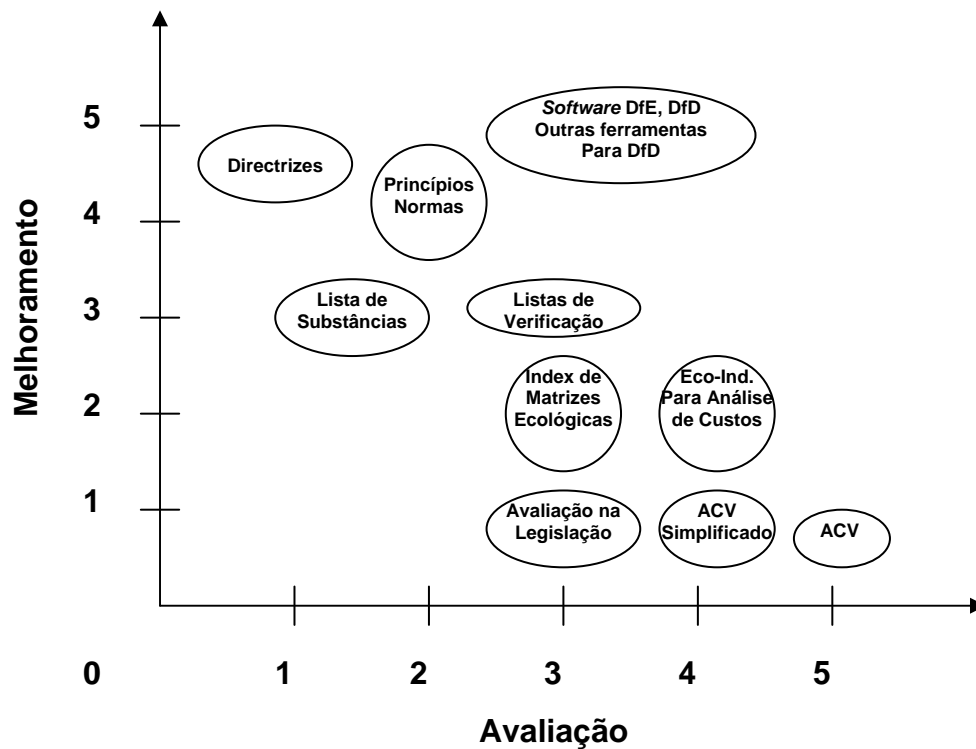


Figura 28 – Utilização de ferramentas do ecodesign no processo de design e desenvolvimento de produto (Janin, 2000)

5.5. Ecodesign - Estratégias

Do ponto de vista ambiental, as estratégias do ecodesign têm, como objectivo, a redução dos impactes ambientais ao longo de todo o ciclo de vida, pela utilização, no decurso do processo de design e desenvolvimento do produto, de metodologias que permitem optimizar o seu desempenho ambiental. De entre ambos estes tipos de estratégias, relevam a selecção de materiais de baixo impacte, redução da utilização de materiais, optimização dos processos de produção, dos sistemas de distribuição, do tempo de vida inicial e dos sistemas

de fim-de-vida e a redução de impactes durante a utilização.

A diminuição da perigosidade dos recursos utilizados poderá contribuir para a minimização dos impactes ambientais na fase de deposição final dos equipamentos. A selecção dos materiais de baixo impacte pode ser efectuada quer para o produto, quer para as embalagens, ou ainda simultaneamente para ambos. Neste contexto, a metodologia poderá basear-se numa abordagem da ACV focalizada na toxicidade dos materiais e na energia, combinada com uma ferramenta de design como a *EPP (Environmental Preferred Product)* que incide fundamentalmente na redução de materiais perigosos, num maior potencial de reciclagem, na utilização de substâncias recicladas a partir de componentes de plástico e finalmente na redução do consumo de energia.

A redução do uso de materiais é uma estratégia que se baseia nas dimensões, peso e números de componentes dos produtos. Esta estratégia, que pode igualmente contribuir para uma significativa redução dos custos de fabrico, possibilita o desenvolvimento de novas técnicas que permitem evitar a utilização de diversos componentes como aqueles que constituem os sistemas de ventilação ou arrefecimento.

É na optimização dos processos de produção que a diminuição dos impactes negativos gerados por aqueles poderá ser concretizada. A substituição de materiais, a utilização de tecnologias alternativas e a capacidade de reciclagem no próprio local, constituem as acções que permitem a melhoria do desempenho ambiental. Este traduz-se na redução dos custos relativos ao consumo de água, à deposição final, à simplificação dos processos de tratamento dos resíduos e também no aumento das taxas de produtividade. No caso da produção de placas de circuitos integrados, geradora de impactes ambientais nocivos, a optimização dos seus processos determina a diminuição dos consumos de água assim como a redução da utilização de produtos químicos.

Os processos logísticos utilizados ao longo de todo o ciclo de vida dos produtos, como o transporte das matérias-primas, distribuição daqueles e logística inversa, geram significativos impactes no ambiente. Na responsabilidade polivalente dos fabricantes relativa ao ciclo de vida completo dos seus produtos, que envolve a retoma e a reciclagem após a sua utilização, reside um aspecto fundamental da

nova legislação em vigor, e a concretização destes objectivos exige a planificação e a implementação de sistemas de redistribuição. A resposta a estas necessidades reside na aplicação de uma metodologia baseada num sistema de análise orientado para a identificação estruturada dos processos elementares de um sistema logístico e das suas interações, e em ferramentas informáticas que possibilitem o planeamento de sistemas integrados de recuperação e recolha (*Take-Back*) com custos otimizados.

A redução dos impactes ambientais durante a fase de utilização dos produtos pode ser concretizada pela observação de uma área fulcral: o consumo de energia. De um modo progressivo, os EE&E apresentam, quando desligados e não desempenhando a sua função principal, características que permitem maior economia do consumo de energia. Esta particularidade deve-se à incorporação da função “*Standby Power*”, que possibilita, entre outras características, o controlo remoto e a detecção de redes. Mas frequentemente, existe um consumo efectivo de energia quando os equipamentos têm aquela função activa, uma vez que, e apesar de estes não estarem em funcionamento o seu fornecimento permanece. O consumo de energia referente à função “*Standby*” pode sofrer um decréscimo médio de 75%, mediante a introdução de alterações no processo de design e de melhoramentos tecnológicos. A redução, por parte dos EE&E, do consumo de energia nesta função, representa um dos mais importantes indicadores que possibilitam a monitorização quantitativa dos impactes ambientais dos produtos e deste modo a definição das decisões conducentes à redução daqueles.

As estratégias para a optimização da fase inicial de vida do produto têm por objectivo a criação de condições para que o período de utilização daquele seja prolongado até que se imponha a sua substituição. A focalização nos produtos em si mesmos, assim como na sua integração no interior do sistema, considerando as limitações deste, constitui a questão essencial.

De acordo com Van Nes *et al.* (1998), a obsolescência dos produtos pode ocorrer por razões técnicas, económicas, ecológicas, estéticas, funcionais e psicológicas, mas a observação daquelas por parte dos designers poderá contribuir para que os produtos desenvolvidos tenham condições para oferecerem maior tempo efectivo de vida. No entanto, se qualquer das razões anteriormente referidas não

respeitarem à totalidade dos produtos, estes poderão assim ser concebidos observando os princípios da modularidade, garantindo a facilidade de actualização. Neste contexto, impõe-se uma abordagem sobre os requisitos que possibilitam a optimização para o *upgrade* e reutilização. Esta pode ser concretizada quer pela concepção orientada para uma fácil manutenção, através da incorporação de componentes simples e rapidamente desmontáveis, quer pela concepção que permita a actualização (*upgrade*), e que será facilitada pela modularidade do produto.

A optimização dos sistemas de fim-de-vida está intimamente conotada com as opções relativas aos processos de reutilização, re-manufacturação, recuperação e reciclagem. A geração de grandes quantidades de soluções contendo elevadas concentrações de estanho e chumbo, metais utilizados na indústria de placas de circuitos integrados presentes nos EE&E, indesejáveis segundo uma perspectiva ambiental (deposição) e dos custos de tratamento destes resíduos, constitui um exemplo da necessidade de desenvolvimento de métodos optimizados. Os metais que teriam como destino final a deposição em aterro, podem agora ser recuperados para reutilização ou reciclagem, minimizando os impactes ambientais e permitindo a eliminação dos custos inerentes à deposição.

Parte IV - CASO DE ESTUDO / UNIDADE DE REUTILIZAÇÃO DE COMPUTADORES

6. Introdução

Os efeitos nefastos dos processos de gestão de REE&E que até hoje têm sido adoptados, constituem um significativo e crescente problema das sociedades actuais, com particular incidência nos países em vias de desenvolvimento. A rápida cadência das inovações tecnológicas e o consequente decréscimo do ciclo de vida dos materiais, têm-se constituído como factores determinantes para a obsolescência de um número cada vez maior de computadores pessoais, cujo destino final é frequentemente a sua deposição em aterro, apesar de muitos manterem a sua operacionalidade. Com efeito, muitos destes equipamentos podem ser reutilizados, carecendo apenas de um processo de acondicionamento (que compreende a recolha, inspecção, reparação, realização de testes e a distribuição e venda a particulares ou instituições). Segundo a organização ecologista *Greenpeace*, prevê-se que em 2010, o número de computadores pessoais se cifrará em 716 milhões , que inclui a existência de 178 milhões de novo utilizadores na China e de 80 milhões na Índia. Com efeito, o tempo médio de utilização de um computador pessoal, era, em 1997 de 6 anos, diminuindo drasticamente, em 2005, para 2 anos. O crescimento acelerado da produção de REE&E tem-se traduzido em graves consequências de natureza ambiental e social, com relevo para as regiões que constituem o destino daqueles e não possuem infra-estruturas adequadas aos processos de reciclagem, gestão ou deposição.

Em muitos casos, a gestão do “fim-de-vida” dos computadores é efectuada sem a observação de critérios ambientais, prevalecendo os interesses económicos em detrimento de aqueles. Como exemplo, metais, como o cobre ou outros preciosos, presentes em componentes como as placas de circuitos integrados, são recolhidos para posterior revenda mediante processos realizados no exterior, que geram impactes ambientais com elevado grau de toxicidade. Para os países industrializados, os processos de reciclagem e reutilização são ainda dispendiosos, a procura de equipamentos e componentes utilizados é restrita, e

enquanto a exportação de REE&E permanece uma opção com reduzidos custos para aqueles, as quantidades geradas aumentam exponencialmente em todo o globo. Do mesmo modo que se impõe a criação de um modelo de recolha de REE&E, adequado às diversas origens deste tipo de resíduos, também a reutilização, de natureza comercial ou não, se constitui como uma opção que, prevenindo a deposição dos equipamentos, oferecendo assim benefícios ambientais, deverá ser adoptada como o processo prioritário para muitos dos equipamentos como os computadores. A reciclagem de componentes e materiais, deve, por sua vez, ser realizada em unidades devidamente preparadas para o efeito, garantindo a redução dos impactes ambientais. Neste contexto, a implementação de um modelo empresarial orientado para o acondicionamento de computadores para reutilização e a reciclagem, baseado nas recomendações das Directivas europeias, e efectuada através de uma parceria permanente entre os sectores público, privado e não-governamental, representa um contributo para uma maior sustentabilidade das sociedades contemporâneas.

7. Unidade de Reutilização de Computadores (URC)

7.1. Objectivos

O conhecimento e a informação constituem valores culturais, sociais e económicos fundamentais, nos quais se alicerça o desenvolvimento e a modernização das sociedades. É o alargamento da base de utilização das Tecnologias de Informação e Comunicação (TIC) que permite garantir que as capacidades disponibilizadas por aquelas, determinem um desenvolvimento das diversas estruturas sociais e empresariais caracterizado por níveis mais elevados de competência, eficiência e produtividade.

A promoção da inclusão social dos diversos grupos sociais mais desfavorecidos, e a estimulação do desenvolvimento económico, favorecendo o aparecimento de novas oportunidades de negócio, de que a criação de novos postos de trabalho através do alargamento e diversificação de mercados, como os de computadores em segunda mão ou usados acondicionados, são exemplos da importância que a implementação de um modelo como aquele que é proposto neste trabalho, pode

assumir. Do mesmo modo, a implementação geográfica alargada deste modelo, constituiria, para as populações locais, uma oportunidade de formação específica e da constituição de empresas locais identificadas com os princípios do desenvolvimento sustentável.

Mas no contexto nacional, o acesso generalizado às TIC não é ainda uma realidade consolidada. A observação dos indicadores de acesso às TIC – posse de computador e ligação à internet nos agregados familiares, e o ratio alunos / computador e alunos / computador c/ ligação à *internet* – permite verificar uma clara evolução no que diz respeito aos agregados familiares, embora a realidade permaneça crítica. Contrariamente, e como mostra a figura 29, os estabelecimentos de ensino continuam a apresentar um défice evidente de acesso a estas tecnologias, patente no facto de muitos estabelecimentos não possuem computadores, e outros apresentarem percentagens reduzidas (relação nº alunos / computador e nº alunos / computador com ligação à *internet*).

Evolução de indicadores de acesso às TIC

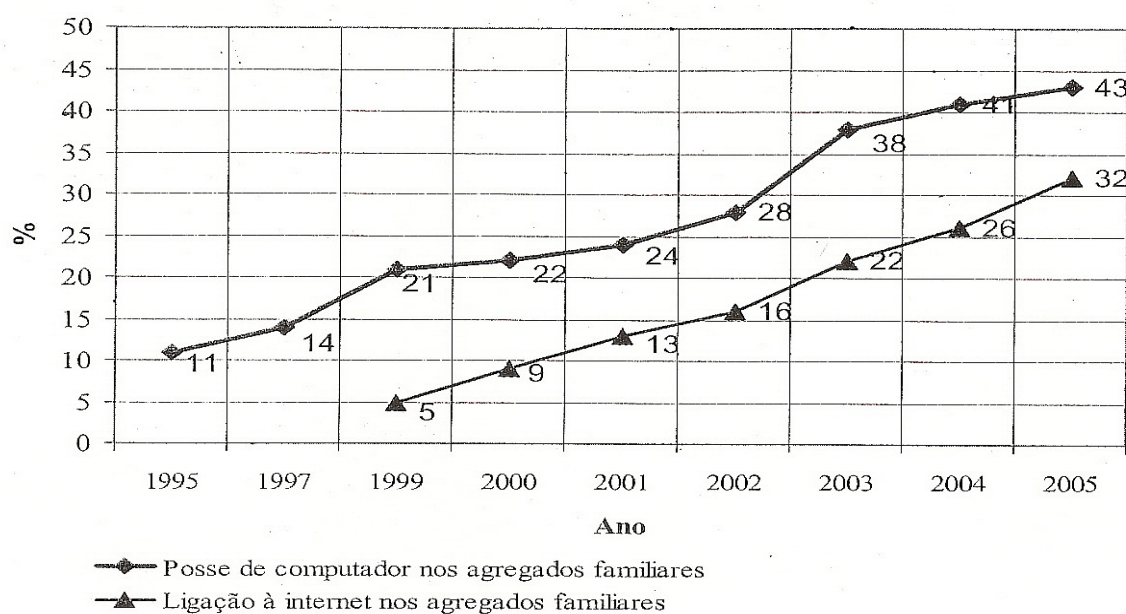


Figura 29 – Evolução de indicadores de acesso às Tecnologias de Informação e Comunicação (INE)

Entre outras medidas que visam a transformação da realidade nacional relativa ao

acesso às TIC, destacam-se as seguintes: criação de condições para uma maior facilidade de utilização doméstica de computadores pelos estudantes; multiplicação do número de computadores nas escolas; apoio à massificação de ofertas integradas de computadores e ligação em banda larga à *internet*; promoção do desenvolvimento do mercado de computadores em segunda mão; assegurar a ligação em banda larga de todas as escolas do país e estimulação da formação profissional a todos os níveis e a I&D em Tecnologias de Informação e Comunicação. Considerando a importância estratégica, atribuída pelo Estado, do acesso às TIC e à internet para o desenvolvimento e modernização da sociedade, mediante a concretização das medidas enunciadas, assim como as políticas ambientais sustentáveis relativas à gestão dos REE&E, propõe-se aqui um modelo empresarial de uma Unidade de Reutilização de Computadores (URC), que tem na reutilização, a sua actividade principal. Na URC a reutilização assume, no entanto, duas vertentes: a reutilização comercial, que se caracteriza pela revenda de computadores e componentes requalificados, e a reutilização com fins não lucrativos. Neste contexto empresarial, a URC constitui-se também como um parceiro apto a desempenhar actividades de suporte às estratégias relacionadas com responsabilidade social empresarial.

De acordo com a Directiva para os REE&E, a reutilização deve constituir a opção adequada a uma política ambiental sustentável, apresentando simultaneamente uma dimensão social relevante. Sumariamente, e após o que foi exposto anteriormente, este modelo apresenta como objectivo fundamental, a contribuição para o desenvolvimento social e económico e para a implementação de políticas ambientais sustentáveis. Esta contribuição traduz-se nas oportunidades de formação, permitindo a aquisição de novos conhecimentos necessários à integração no mercado laboral, a inclusão social dos que procedem de grupos mais carenciados e de jovens em situação de risco e no fornecimento de computadores aos estabelecimentos de ensino, garantindo assim os meios para a generalização do acesso às TIC. A redução dos impactes ambientais e dos seus custos inerentes, para a qual a reutilização de computadores concorre, representa outro contributo, não menos relevante, para a concretização do objectivo definido para o modelo proposto.

7.2. Unidade de Reutilização de Computadores (URC)

Considerações gerais

A existência de um número cada vez maior de imposições legais e a obrigatoriedade do cumprimento das disposições referentes à deposição de EE&E, determina a crescente necessidade das empresas disporem de serviços eficazes, seguros e financeiramente estáveis, para a gestão do “fim-de-vida” daqueles. Neste contexto empresarial, a URC constitui-se também como um parceiro apto a desempenhar actividades de suporte às estratégias relacionadas com a responsabilidade social das empresas. Cumprindo a legislação europeia e nacional, a URC, procede à recolha de equipamentos obsoletos e danificados, e assume a gestão dos processos de recuperação e reciclagem dos materiais (executados por outras empresas), e de deposição em aterro sem a presença de resíduos. Deste modo, a URC contribui para que as empresas que a ela recorrem, sejam reconhecidas, pela observação dos princípios de desenvolvimento sustentável, como empresas socialmente responsáveis, actualmente, um factor decisivo de competitividade externa.

Para a implementação de uma URC, é necessário definir diversos aspectos, como as suas estruturas físicas (dimensões) e organizacionais, especificações relativas aos materiais recolhidos e doados, processos de recolha e distribuição, logística e promoção das actividades desenvolvidas. Estando subjacente o critério da pressuposição do pleno cumprimento da legislação que regula a gestão de resíduos de EE&E, a abordagem do modelo aqui proposto, incide, mais do que sobre a sua estrutura física ou organizacional ou a definição do seu dimensionamento, nos aspectos relativos à gestão dos resíduos de computadores baseada na reutilização (recolha, fases do processo de acondicionamento, produto final, comercialização e doação). A qualidade das actividades relacionadas com a reutilização deve ser assegurada através da implementação de procedimentos visando a regulamentação de questões como a realização de testes, controlo, garantias, seguros, registo e monitorização ou ainda a compilação de dados.

As características do modelo aqui proposto exigem investimentos elevados, pelo

que a sua criação poderá concretizar-se pela congregação de capitais privados com apoios oficiais, que podem ser obtidos através da concessão de fundos destinados ao *Programa Operacional Sociedade do Conhecimento*. A sustentabilidade de uma empresa criada segundo este modelo pode ser garantida pela conjugação do financiamento a que os produtores estão obrigados, pelo Artº 12 do Decreto Lei nº 230/2004 de 10 de Dezembro, para suporte dos encargos relativos aos sistemas de valorização do REE&E, desde Agosto de 2005.

7.3. Reutilização comercial de computadores

A recolocação de computadores já utilizados no mercado, pode traduzir-se no retorno de um valor adicional, convertendo o que, frequentemente, representa um custo operacional relativo à deposição dos computadores, num fluxo de receitas. Com efeito, ainda que os computadores não se destinem mais a ser utilizados pelas empresas clientes, aqueles poderão ainda possuir valor nos mercados para equipamentos em segunda mão. O acesso alargado aos mercados internacionais e a aquisição de experiência numa relação com estes, através de um portal de vendas sediado na internet e permanentemente activo. Neste contexto, para que os equipamentos sejam cotados com os melhores preços, a URC adopta, como procedimento, a sua monitorização constante nos mercados nacionais e internacionais.

Os estabelecimentos de ensino, públicos e privados, os programas sociais, agregados familiares e as pequenas e médias empresas constituem os principais mercados para a reutilização de computadores recondicionados.

No contexto nacional, é ainda evidente o défice relativo ao acesso às novas tecnologias de informação e comunicação, embora seja manifesta uma ligeira evolução. Com efeito, na União Europeia (quinze membros), em 2001, o número médio de alunos por computador (1º e 2º Ciclos do Ensino Básico), era, de acordo com o *Eurobarometer*, de 13,2 (sendo de 2 o valor máximo, referente ao Luxemburgo), valor largamente superior, no mesmo ano, ao verificado em Portugal: 17. Segundo os objectivos definidos pela iniciativa *Portugal Digital 2010*, este valor médio deverá atingir o número de cinco alunos por computador. Muitos

estabelecimentos escolares não possuem ainda os recursos suficientes para a sua concretização, ou utilizam ainda equipamentos desactualizados, não compatíveis com os actuais sistemas operativos e outro *software*.

O reconhecimento, pelo Estado, da necessidade de garantir o acesso às TIC nos estabelecimentos escolares, deverá traduzir-se na concessão de meios financeiros através da tutela, para a aquisição de computadores e outros periféricos, assim como na formação dos docentes e funcionários. Contrariamente à maioria dos estabelecimentos escolares que apresentam limitações orçamentais, outros optam pela aquisição de novos equipamentos, compatíveis com as exigências actuais do *software* disponível no mercado. Sem que represente uma alternativa a novos equipamentos, mas antes um modo de complementação, a reutilização de computadores recondicionados constitui pois, uma opção real e de baixos custos para a concretização do objectivo do aumento do *ratio* nº de alunos por computador.

Para os consumidores, o valor de aquisição dos computadores recondicionados é determinante para a sua opção. Esta constatação óbvia, remete-nos para a conclusão de que a geração de lucro pelas empresas dedicadas a este sector de actividade, só é possível no caso de haver um processo de doação, ou então, uma aquisição dos equipamentos a um custo extremamente reduzido.

7.4. Reutilização não-comercial de computadores – Doação

Muitas vezes, a doação de computadores a escolas ou organizações sem fins lucrativos, pode revestir-se de contornos, que se revelam contrários aos procedimentos que devem ser adoptados para que os seus objectivos ambientais sejam alcançados. A doação de computadores deve ser realizada de acordo com critérios rigorosos, devendo, fundamentalmente serem consideradas as condições que aqueles apresentam, evitando a ocorrência de situações em que, frequentemente, por cada computador útil doado, os beneficiários tenham que retirar um ou mais. As doações devem ser efectuadas às empresas vocacionadas para a reutilização, como a URC, que garante que todos os equipamentos doados aos estabelecimentos de ensino e outras organizações sem fins lucrativos, estão

em perfeitas condições de utilização, e que, simultaneamente, respeitam os termos de propriedade de *software*. Para além disso, são estas empresas que estão aptas a gerir os resíduos gerados pelas partes não reutilizáveis.

No entanto, nos casos de reutilização não-comercial, as questões referentes à utilização de programas informáticos, revestem-se de maior dificuldade. Em regra, as empresas dadoras não facultam as licenças respectivas, o que constitui um entrave à prossecução do processo. A utilização de sistemas operativos gratuitos como o *Linux*, ou o estabelecimento de protocolos com as empresas de desenvolvimento de *software*, constituem as alternativas que permitem contornar estas dificuldades. No entanto, a utilização do sistema Linux apenas poderá ser considerada a médio ou longo prazo. Para além de a sua instalação e configuração constituírem ainda operações de alguma complexidade técnica, e de não estarem garantidas as condições necessárias à sua manutenção, a sua utilização não estaria de acordo com as premissas que possibilitam a concretização dos objectivos propostos, nomeadamente o acesso ao mercado de trabalho, dada a hegemonia mundial do sistema operativo *Windows* da *Microsoft*. A opção pela utilização do sistema operativo da *Microsoft*, apresenta, no entanto, algumas dificuldades. A obtenção de licenças de utilização dos seus sistemas operativos depende da celebração de um protocolo, que classificaria a URC como um *Microsoft Authorised Refurbisher (MAR)*, creditação que apenas é atribuída a organizações sem fins lucrativos. No entanto, este protocolo poderia, eventualmente ser celebrado, vigorando exclusivamente para as situações respeitantes aos processos de doação.

7.5. Gestão do Processo de Recolha - Doação

A recepção de equipamentos doados pelas empresas públicas, privadas, particulares ou por outras organizações, exige, por parte da URC, a execução de procedimentos de gestão, legais e logísticos. Cada processo de doação deverá decorrer de acordo com a regulamentação vigente, o que obriga à emissão de documentação específica, designando, quer a entidade doadora, quer a entidade receptora. Genericamente, o processo de gestão compreende diversas fases: a

declaração de intenção de doação pelo doador, o requerimento de documentos ao mesmo, a verificação e aprovação da documentação, que, deverão, no caso particular das empresas privadas, contemplar a sua certificação, a sua identificação e dos seus representantes assim como o valor dos equipamentos e a declaração referente à origem destes. O processo de recolha de equipamentos doados culmina com a emissão, pela URC, de um certificado de doação. A documentação emitida, contendo as informações relativas à sua origem, valor e características, permite a elaboração de inventários e consequentemente, efectuar uma gestão apropriada dos processos de doação e posterior reutilização.

7.6. Gestão do Processo de Doação

De acordo com os objectivos sociais definidos, que preconizam o acesso generalizado das populações à utilização das TIC, os estabelecimentos de ensino (públicos e privados) e de apoio social, locais públicos com acesso à internet, constituem o leque das principais instituições e organizações beneficiárias. Para a concretização dos objectivos sociais da reutilização não-comercial (doação), é necessário implementar um programa de gestão das organizações e instituições beneficiárias, visando facultar os instrumentos necessários para a selecção destas, de acordo com critérios rigorosos. Como critérios fundamentais, referem-se os que respeitam ao equilíbrio na distribuição geográfica nacional, à equidade perante todos os beneficiários, à relação, no caso dos estabelecimentos escolares, entre o número mínimo de equipamentos a atribuir e o número de alunos matriculados e as condições de utilização dos equipamentos.

Os beneficiários interessados na aquisição de computadores para reutilização deverão observar os trâmites necessários, que obrigam, entre outros, à formalização do pedido mediante o preenchimento de um formulário, fornecendo as informações detalhadas relativas àqueles, assim como do município em que se localizam.

No caso particular dos estabelecimentos escolares, a sua selecção deverá ser efectuada periodicamente, em articulação com a disponibilidade dos elementos incumbidos do apoio na formação e dos equipamentos recondicionados. Esta

periodicidade do processo de selecção, deverá ser definida de modo a garantir o equilíbrio entre a produção de computadores recondicionados e a colocação dos equipamentos nas instalações dos seus receptores.

Assumindo a responsabilidade da colocação local dos equipamentos, a URC garante às entidades e organizações beneficiárias o apoio necessário à concretização dos objectivos definidos - o acesso às Tecnologias de Informação e Comunicação – facultando o suporte técnico e o acompanhamento de modo a possibilitar uma utilização produtiva dos equipamentos, sobre os quais é emitido um certificado de garantia por um período limitado.

8. Processo de recondicionamento de computadores

O prolongamento do ciclo de vida dos computadores pode constituir para as empresas, um factor de economia financeira. A URC possui competências para, com o objectivo centrado na recuperação dos computadores, proceder à substituição de componentes, à actualização e configuração do *hardware*, recolocando-os posteriormente nas instalações. O recondicionamento de computadores compreende uma diversidade de processos técnicos e operativos destinados a garantir as melhores condições de funcionamento, e é efectuado sequencialmente nas fases que a Figura 30 mostra.

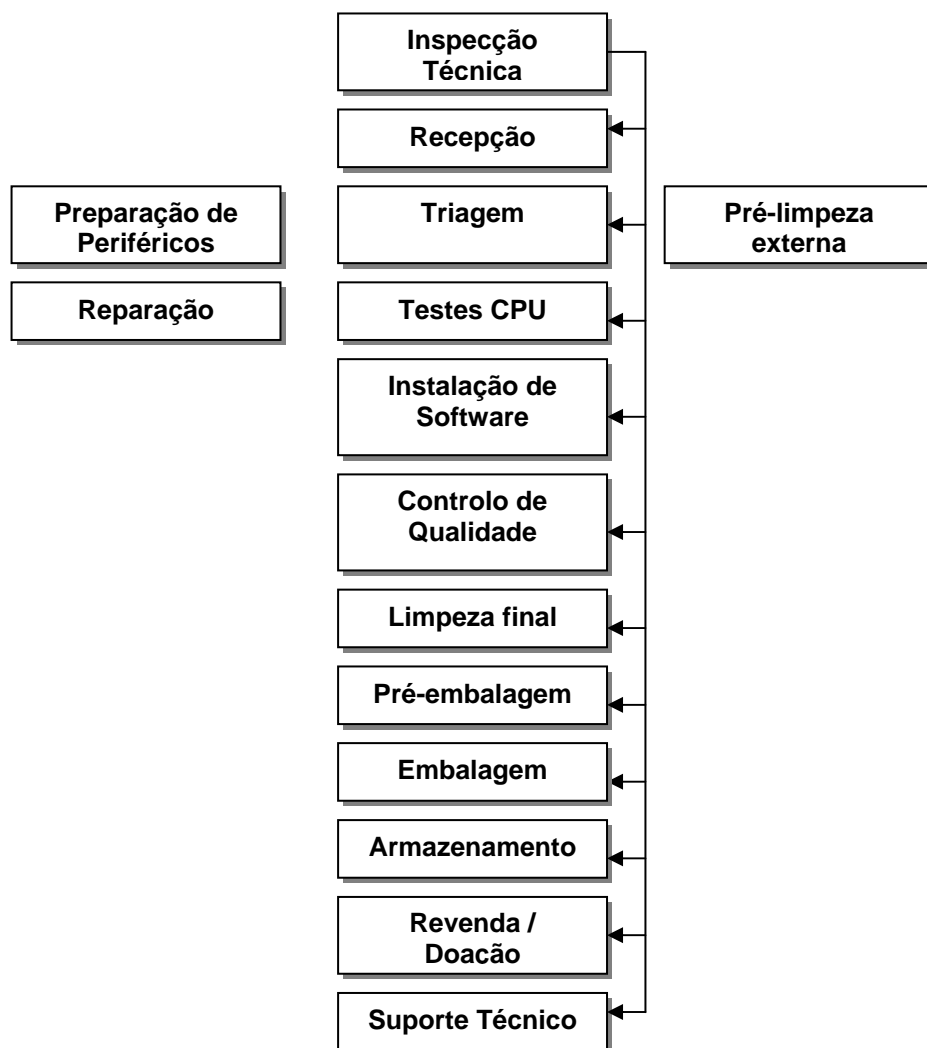


Figura 30 – Fases do processo de acondicionamento de computadores

A inspeção técnica deve ser efectuada em caso de desconhecimento das especificações dos equipamentos. Uma vez determinadas, procede-se à avaliação do estado geral dos equipamentos, após o que é efectuada a selecção daqueles que estão aptos para o prosseguimento do processo de acondicionamento. No final desta fase, é elaborado um relatório do qual consta uma listagem dos equipamentos.

Na fase seguinte do processo, os equipamentos recolhidos e devidamente acondicionados, são armazenados. Posteriormente, serão identificados e transportados para a URC.

Na fase de triagem, os equipamentos são classificados e separados de acordo

com as suas características. Em particular, os CPU são classificados segundo o tipo de processador e a existência de disco rígido. Por sua vez, os monitores, impressoras e outros componentes de menor dimensão são armazenados separadamente.

Seguidamente, os equipamentos são sujeitos a operações de limpeza externa, procedimento que antecede a preparação dos equipamentos periféricos, como teclados, ratos, monitores, impressoras e cabos de ligação. Estes são posteriormente inspeccionados utilizando *software* de diagnóstico. De acordo com o seu estado operacional, os equipamentos são armazenados ou conduzidos para a realização de reparações, o que corresponde à fase seguinte. Nesta, procede-se à separação de acordo com os resultados dos testes efectuados: os equipamentos que apresentem condições de reparação são armazenados, enquanto que todos os outros serão desmantelados, sendo recuperadas as partes reutilizáveis.

Em simultâneo com os processos de preparação de periféricos e de pré-limpeza, os CPU são transportados para uma zona em que se dá início à realização de testes, mediante a utilização de *software* de diagnóstico, aos componentes do CPU, como o disco rígido, placas de memória RAM, fontes de alimentação, leitores de disquetes e outros. Os componentes de *hardwarwe* e as partes internas mais vulneráveis, são objecto de uma operação de limpeza, seguindo-se a formatação – de baixo nível – de modo a assegurar que, em qualquer circunstância, os dados permaneçam confidenciais. O incumprimento dos procedimentos referentes à confidencialidade, sendo penalizado, contribuiria para a deterioração da imagem pública da empresa. Do mesmo modo, as licenças de utilização de *software* não podem, salvo acordo celebrado em contrário, ser revendidas, pelo que nesta fase, os programas devem ser eliminados. Os processos de segurança relativos aos dados – deposição confidencial e eliminação de dados – estão abrangidos pela norma de gestão internacional de qualidade ISO 9001:2000. Todos os discos rígidos que não puderem ser alvo de qualquer intervenção serão inutilizados e posteriormente reciclados.

Com o objectivo de dotar os equipamentos com as características previamente estipuladas, que satisfaçam os requisitos mínimos para os desempenhos

exigidos, procede-se a uma actualização que pode definir-se pela incorporação de placas de memória RAM, de rede ou de som, modem's e leitores de CD/DVD. Seguidamente, é efectuada a instalação de *software* compatível com as características dos equipamentos, assim como a incorporação das partes para substituição.

De modo a garantir as condições necessárias ao bom funcionamento dos computadores, estes são submetidos a testes de desempenho, sendo utilizados, para o efeito, programas informáticos que simulam, durante um determinado lapso de tempo, períodos de actividade contínua de maior duração. No seguimento da realização dos testes de qualidade, os computadores são, após uma operação de limpeza final, embalados e armazenados.

9. Processo de reciclagem

A reciclagem representa sempre uma opção para a gestão de resíduos, e apenas se justifica se constituir uma alternativa que garanta a minimização dos impactes globais, incluindo o ciclo de vida dos novos produtos reciclados. Todas as fases do processo de reciclagem são monitorizadas laboratorialmente, garantindo a correcta separação dos materiais e a qualidade dos granulados finais, procedendo-se ainda à avaliação dos produtos nocivos que necessitam de tratamento posterior.

O processo de reciclagem dos equipamentos eléctricos e electrónicos é constituído pelas seguintes fases como mostra a figura 31.

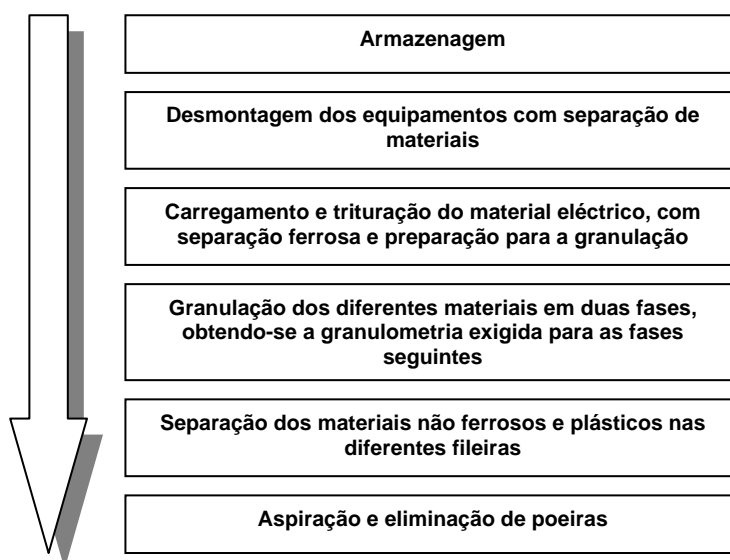


Figura 31– Fases do processo de reciclagem de EE&E

Genericamente, o processo de reciclagem inicia-se com a pesagem, numa báscula ou balança, dos equipamentos eléctricos e electrónicos. É verificada a proveniência da carga e o tipo de material que a compõe, seguindo-se o preenchimento de um documento de acompanhamento de resíduos.

O local onde o material é armazenado deverá estar equipado com sistemas de protecção 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 efectuada a separação dos diferentes componentes, como motores, vidros, borrachas e outros, assim como outros componentes perigosos, como condensadores, termostatos ou lâmpadas. Estes, além de poder comprometer o funcionamento correcto da linha de reciclagem, necessitam, por inerência, de tratamento adequado junto de outras entidades aptas a proceder a operações de reciclagem. Os materiais separados são armazenados em contentores ou caixas apropriadas, para posterior recuperação, tratamento ou eliminação.

O carregamento, trituração e separação da componente ferrosa constituem operações realizadas na fase seguinte. Os diversos materiais são conduzidos selectivamente para o triturador por meio de um transportador de rolos, regulando-se a alimentação em contínuo.

Do triturador é obtida uma mistura de materiais de reduzidas dimensões, existindo na base, para tal, uma 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 de material. Seguidamente, e de modo a permitir a alimentação contínua dos granuladores finais, o material é conduzido por um transportador a um acumulador intermédio.

Deste acumulador intermédio, o material é transportado, por uma correia transportadora para o primeiro granulador. A sua função consiste em reduzir a dimensão das partículas para valores da ordem dos 7 mm, de modo a permitir

uma separação correcta entre os metais não ferrosos, plásticos e outros. Um elevador de alcatruzes alimenta o segundo granulador, para uma nova redução da dimensão dos materiais, para valores da ordem dos 3-5 mm.

A fase seguinte corresponde ao processo de separação dos materiais não ferrosos e plásticos. Os materiais 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, respectivamente cobre e alumínio e mistura de plásticos com cobre para reciclar. Na primeira mesa gravimétrica é retirado sobretudo o cobre fino completamente separado. Na segunda mesa gravimétrica, ocorre sobretudo a separação do cobre e o alumínio grosso dos plásticos.

Os diferentes materiais não ferrosos obtidos nas mesas de separação são armazenados em pequenos contentores, enquanto os plásticos são colocados em *big-bags* ou contentores.

Na fase seguinte é accionado o sistema de aspiração para eliminação de poeiras. A totalidade dos equipamentos possuem sistemas de aspiração para minimização as poeiras para o meio exterior envolvente, contribuindo deste modo para melhorar as condições ambientais dos operadores. Para cada ponto onde ocorre a libertação de poeiras, existe um outro de sucção. Os granuladores e mesas gravimétricas, onde a quantidade de poeiras é mais elevada, considerando as dimensões das partículas, estão 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*.

10. Reutilização e Reciclagem

10.1. Placas de Circuitos Impressos

As placas de circuitos impressos constituem um dos componentes essenciais dos EE&E. Na sua fase de “fim-de-vida”, estes componentes contêm quantidades variáveis de metais (preciosos ou não) que são recuperáveis através de

tratamentos mecânicos prévios e/ou de processos de fundição do cobre. Tradicionalmente, a liga de SnPb é a soldadura mais utilizada na indústria electrónica. Contudo, e em consequência da elevada toxicidade do chumbo e dos seus impactes nos aterros, a Directiva 2002/95/CE RoHS impede, com algumas excepções, a presença deste metal e outros elementos nas gerações futuras de EE&E. Devido a esta restrição, a indústria electrónica foi forçada a substituir as soldaduras de chumbo utilizadas nas placas de circuitos impressos, por outras ligas com melhor desempenho ambiental. Neste novo contexto, impõe-se a avaliação destas soldaduras (sem chumbo) nos actuais processos de reutilização e reciclagem adoptados no “fim-de-vida” daqueles componentes.

Actualmente, a reutilização dos componentes electrónicos que integram as placas de circuitos impressos, enfrenta algumas dificuldades na sua aceitação: a incerteza relativa à fiabilidade dos componentes reutilizados durante a segunda fase de utilização, não favorece a imagem que estes transmitem no mercado; o controle de qualidade e a necessidade de uma desmontagem cautelosa; a dificuldade de desmontagem (exclusão da abordagem das questões relativas à desmontagem na fase de concepção; inexistência de processos simplificados e eficazes de desmontagem para a pequena e média indústria de reciclagem; ausência de padrões de qualidade nos componentes recolhidos, e a hesitação respeitante à aceitação de incorporação de componentes reutilizados em novos produtos, por razões de natureza técnica e de qualidade).

10.2. Monitores / TRC (Tubo de Raios Catódicos)

A directiva WEEE estabelece metas para a reciclagem e recuperação de equipamentos que integrem tubos de raios catódicos (*Cathode Ray Tube – CRT*). Implementado em 13 de Agosto de 2003, o Catálogo Europeu para os Resíduos Perigosos classifica os *CRT's* como resíduos perigosos. A deposição destes resíduos está pois submetida à Directiva para a Deposição e à Convenção de Basileia. A Directiva para a Deposição exige, para os *CRT's*, a deposição em locais especialmente designados para a sua deposição. Por seu lado, a Convenção de Basileia proíbe a exportação de resíduos provenientes de *CRT's*

para países que não integrem a OCDE.

No ano de 2002, foram originadas 26.000 toneladas de vidro provenientes de *CRT's*. Só a substituição dos monitores tradicionais para a tecnologia LCD permitirá a redução gradual e significativa da geração destes resíduos. Geralmente, os monitores oriundos das empresas e outras organizações são recolhidos por outras vocacionadas para a gestão de resíduos, acondicionamento, desmantelamento, organizações de apoio social ou instituições comunitárias.

Os *CRT's* contêm dois tipos de vidro – vidro contendo bário e estrôncio ou chumbo – que são soldados conjuntamente utilizando chumbo. Os *CRT's* contêm igualmente outros componentes como a pistola electrónica, máscara metálica e a bobine de deflexão. O interior do écran está revestido com uma mistura de fósforos e, de um modo geral o invólucro dos *CRT's* é composto por plástico. Os elevados níveis de óxido de chumbo na secção afunilada dos *CRT's*, e os óxidos de bário / estrôncio presentes no écran constituem factores de limitação para a reutilização.

Os custos inerentes ao processamento dos vidros residuais, constitui, para as entidades camarárias, um entrave significativo para a realização de operações de reciclagem. A reciclagem de monitores restringe-se assim àqueles que provêm das empresas.

Para a reciclagem de monitores, existem quatro principais tipos de processos. O primeiro, embora em menor escala, consiste na inclusão do vidro em produtos cerâmicos e destinados à construção de edifícios. O segundo processo consiste na separação do vidro para utilização em novos tubos de raios catódicos. Não estando ainda integrado a uma escala comercial para o consumidor final, constitui uma opção válida para a produção de resíduos a partir do processo de montagem.

A utilização total do tubo de raios catódicos como dissolvente para fundição constitui outra opção para a reciclagem. Não correspondendo ainda a uma operação comercial, a fundição dos tubos de raios catódicos, para a recuperação do chumbo, pode constituir outra abordagem à reciclagem deste componentes.

11. Gestão de Resíduos

A reciclagem de computadores, que genericamente define todos os processos de gestão de equipamentos descartados, tem, no entanto, outro significado, mais específico, que se relaciona com o seu colapso e com a recuperação de metais, plásticos e vidro. Com efeito, e devido à existência de inúmeros materiais nos computadores, estamos, segundo uma perspectiva ambiental, perante um dos mais complexos processos de reciclagem.

A reciclagem dos computadores é pois efectuada em caso de estes não virem a ser utilizados posteriormente, ou por motivos relacionados com o facto de os danos não serem passíveis de reparação.

De modo geral, são as grandes empresas ou os programas governamentais que procedem à reciclagem de computadores. A esta realidade, não é alheia o facto de os equipamentos necessários serem extremamente dispendiosos. São necessárias grandes quantidades de computadores para que esta actividade seja efectivamente rentável, uma vez que os preços das mercadorias são relativamente baixos e se tem assistido, nos últimos anos, a uma redução das quantidades de metais preciosos como o ouro, prata, platina e o paládio. Neste contexto, a URC deve estabelecer acordos com sociedades vocacionadas para a reciclagem de material eléctrico e electrónico, como a *Interecycling*, que estipula os custos unitários relativos aos monitores e aos restantes materiais.

Para efeitos de atribuição da certificação de gestão ambiental de acordo com a Norma ISO 14001, os processos e locais de reciclagem são sujeitos a auditorias, de modo a garantir a manutenção de práticas ambientais e assegurar o cumprimento legal. Do mesmo modo, para cada tipo de material reciclado, a URC procede à recolha de informações, que posteriormente integrarão os relatórios anuais financeiros. Estes estarão à disposição de todos os clientes, que assim podem aceder às proporções dos seus equipamentos reciclados.

12. Normas Ambientais

O sistema de gestão ambiental da URC deverá ser certificado pela Norma ISO

14001, assegurando que os impactes ambientais gerados pela deposição dos computadores e serviços respeitantes à reciclagem. Do mesmo modo, deverão ser especificados processos de controlo e melhoramento do desempenho ambiental da URC.

13. Auditorias e Relatórios

Utilizando um programa informático com múltiplas valências, a URC tem a capacidade de, em tempo real, proceder a uma auditoria exaustiva e clara de todas as quantidades de equipamentos processados, actualizados, recolocados no mercado ou doados para reutilização ou ainda de aqueles que foram sujeitos a operações de reciclagem. A URC procede igualmente, e de modo regular, à elaboração de relatórios de auditorias, que permitem aos seus clientes uma gestão rigorosa do seu parque de equipamentos. Através da elaboração de um relatório anual detalhado, segundo o volume e tipo de equipamento, dos resultados referentes a cada questão gerida pela URC, as empresas clientes podem reorganizar os seus orçamentos anuais. Um relatório desta natureza proporciona aos que recorrem aos seus serviços, o balanço final referente aos custos e aos valores economizados, assim como à demonstração da ausência total de deposição de resíduos em aterro.

14. Logística

Para o estabelecimento de um sistema de recolha nos países industrializados, é necessária a implementação de uma rede logística alargada que possibilite a redistribuição de EE&E usados. Actualmente, os custos associados à logística representam 70% do valor total dos que respeitam à reciclagem, facto que demonstra a importância que a logística assume na implementação de uma política sustentável e da reciclagem (Hansen, U.,2004).

A utilização dos diversos sistemas de recolha de resíduos de EE&E, 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, H., Hohaus, C., 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.

A existência de uma rede logística pan-europeia de parceiros constitui um factor de viabilização da operacionalidade dos processos de recolha e transporte dos equipamentos para a URC. Sem que alguma excepção seja contemplada, a URC procede à recolha de todos os equipamentos, independentemente da sua condição, sendo possível implementar um plano operacional que possibilite a articulação entre a recolha dos equipamentos usados e a instalação daqueles que os substituirão.

15. Parcerias

Na sequência da transposição da Directiva 2002/96/EC para os REE&E, os fabricantes, empresas de reciclagem e de logística, vêm considerando os processos de implementação de soluções financeiramente favoráveis para a gestão do “fim-de-vida” dos produtos.

De acordo com o Art. 8º daquela Directiva, os produtores são obrigados, pelo menos, a financiar a recolha, tratamento, requalificação e deposição ambientalmente adequada dos REE&E de origem doméstica.

A URC está habilitada a constituir parcerias com fabricantes, empresas e outros tipos de organizações. Os serviços disponibilizados pela URC permitem que os equipamentos tenham a possibilidade de preservarem a sua utilidade, ao mesmo tempo que as empresas dispõem de instrumentos para, e considerando a orientação das directrizes estabelecidas pelas directivas comunitárias, no sentido do incremento da implementação dos processos de gestão baseados na reutilização e reciclagem, demonstrarem a adopção de estratégias de responsabilidade social.

No âmbito de acordos celebrados com fabricantes, empresas e organizações, a URC disponibiliza serviços de recolha que permitem a maximização do valor dos seus equipamentos reduzindo simultaneamente o grau de complexidade

associado aos processos de deposição. Com efeito, considerando a existência de ciclos de renovação dos equipamentos de três a quatro anos, em média, e de a maioria daqueles, poderem, após a sua utilização, ser revendidos ou recolocados, as empresas encontram neste contexto, uma oportunidade para obterem um fluxo de receita e para a redução dos resíduos depositados em aterro. A avaliação do valor potencial dos equipamentos em “fim-de-vida” e a preparação para a sua colocação no mercado é efectuada pela URC.

No caso particular dos fabricantes, a utilização dos recursos e competências de uma empresa com as características da URC, representa a possibilidade de estes poderem oferecer serviços aos clientes com menores custos assegurando simultaneamente a observação dos procedimentos relativos à segurança e ao ambiente.

16. Certificação

A URC deverá possuir a certificação de Qualidade (ISO 9001) e Ambiental (ISO14001), assim como a que respeita à Saúde e Segurança (OHSAS). O âmbito destas certificações garante aos clientes e beneficiários a cobertura dos riscos comerciais e o cumprimento das obrigações legais relativas à reutilização e reciclagem, que incluem a legislação nacional assim como a Directiva para os REE&E.

17. Responsabilidade Social Empresarial

Promovendo estratégias de responsabilidade social, as empresas estão a investir no seu futuro, conscientes de que, e constatadas as transformações sociais, ambientais e económicas que se têm vindo a verificar, tal poderá constituir um factor decisivo de competitividade, e deste modo, de rentabilidade. A afirmação da responsabilidade social empresarial e a assunção de compromissos voluntários, para além dos requisitos a que estão, por lei, obrigatoriamente vinculadas, significa, para as empresas, a adopção de uma gestão que procura conciliar os diversos interesses numa perspectiva do Desenvolvimento Sustentável. Estes

compromissos são aplicados em todas as medidas que respeitam às relações com e entre colaboradores, bem como nas estratégias que abrangem os públicos com os quais as organizações se relacionam. Os resultados obtidos, a médio e longo prazo, constituem uma garantia de vantagem competitiva, e traduzem-se internamente na maior motivação dos colaboradores e consequente aumento da produtividade, e externamente, na valorização da imagem e marca das instituições.

A adopção, pelas empresas, dos princípios do desenvolvimento sustentável, com relevo para a responsabilidade empresarial, deverá contemplar uma área específica para a gestão de todo o processo, desde a sua concepção até à sua implementação e monitorização. A integração dos princípios da responsabilidade social no processo de gestão e de comunicação, exige, em termos gerais, uma avaliação da situação da empresa, designando objectivos e estratégias a seguir, definindo-se posteriormente os grupos de interesse (*stakeholders*), como accionistas, clientes, fornecedores e a comunidade em geral (sociedade civil, agências estatais, organizações não governamentais e governos).

O cumprimento da legislação vigente e respeitante à reciclagem e à deposição dos computadores, constitui uma demonstração da sua responsabilidade social e empresarial. As certificações da URC, que incluem a Norma AS 8000, que permite certificar organizações com Sistemas de Gestão da Responsabilidade Social implementados, asseguram que os sistemas de gestão da deposição dos computadores contribuem para o sucesso empresarial dos seus clientes.

A adopção, pelas empresas, de estratégias de Responsabilidade Social, que implica o recurso aos serviços prestados por empresas como a URC, constitui, conjuntamente com potenciais incentivos governamentais, factores que podem, de modo decisivo, contribuir para o sucesso da URC.

Parte V - CONCLUSÕES

18. Conclusões

O trabalho desenvolvido para a dissertação aqui apresentada, teve como pressupostos, os consideráveis impactes ambientais gerados pelos computadores pessoais ao longo de todo o seu ciclo de vida, e a avaliação da importância que a integração dos aspectos ambientais no processo de design e desenvolvimento dos produtos tem no desempenho ambiental desde a fase de produção até à sua retirada. 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 impactes ambientais. Embora a fase de utilização seja, frequentemente, responsável por uma decisiva contribuição para a carga ambiental de todo o ciclo de vida, é também na fase de fim-de-vida que se devem concentrar os esforços da indústria electrónica, não apenas pela perigosidade manifesta das substâncias contidas nos computadores, mas também pelas imposições legais consignadas nas directivas comunitárias e valor económico que estas actividades possuem.

As placas de circuitos impressos são componentes que geram impactes ambientais típicos ao longo do ciclo de vida dos computadores. Em cada fase, aqueles componentes geram diversos tipos de impactes ambientais, como a depleção de recursos naturais na fase de aquisição de matérias-primas, a utilização de fluoro-hidrocarbonetos na montagem, o consumo de energia e a contribuição para o efeito de estufa através da emissão de CO₂ na fase de utilização, e a toxicidade aquática provocada pelo lixiviamento de substâncias perigosas como a presença de chumbo em águas subterrâneas.

Da investigação realizada sobre o ecodesign e a reutilização de computadores para a elaboração desta dissertação, resulta a constatação da importância essencial de que as fases de concepção e desenvolvimento do produto assumem na determinação da maioria dos impactes ambientais e custos associados do futuro ciclo de vida do produto. Esta realidade evidente necessita de ser

reconhecida e utilizada para impulsionar os melhoramentos ambientais nos produtos e sistemas para benefício dos fabricantes e consumidores de equipamentos eléctricos e electrónicos em geral, e de computadores em particular. É pela adopção das estratégias do ecodesign no processo de design e desenvolvimento do produto que se podem reduzir os impactes ambientais gerados ao longo de todo o ciclo de vida e os custos a eles associados.

As actuais exigências relativas ao desempenho ambiental dos produtos, consubstanciadas pela legislação comunitária vigente, implicam a introdução de melhoramentos mais significativos do que aqueles que a indústria tem alcançado. Para assegurar a integração das questões ambientais no processo de design e desenvolvimento do produto, que se traduzirá sobretudo nos resultados obtidos, impõe-se a constituição de estratégias ambientais para o produto. O ecodesign engloba múltiplas estratégias, de que algumas foram, nesta dissertação, objecto de referência, e que têm sido desenvolvidas com o objectivo de integrar questões específicas no processo de design e desenvolvimento de produto, e que podem ser determinantes para o desempenho ambiental.

No que respeita aos computadores pessoais, só a adopção das estratégias do ecodesign para o fim-de-vida daqueles equipamentos, pode corresponder a benefícios ambientais. Embora se verifiquem ainda lacunas na introdução de melhoramentos nos componentes dos computadores, é possível alcançar superiores desempenhos ambientais pela optimização dos computadores já existentes.

Em consonância com o melhoramento dos produtos, é fundamental, para a determinação das principais questões ambientais, assim como as económicas, efectuar uma abordagem do ciclo de vida daqueles. Desde as fases iniciais do processo de concepção e desenvolvimento de novos produtos, os seus intervenientes deverão definir e implementar estratégias do ecodesign adequadas às especificidades daqueles de modo a garantirem as condições para que os impactes ambientais gerados ao longo do ciclo de vida sejam minimizados ou mesmo eliminados.

Segundo uma perspectiva empresarial, a investigação efectuada evidencia que a aplicação das estratégias e metodologias do ecodesign se traduz na redução de

custos associados à maior eficiência dos processos, aos produtos (redução de material, transporte e potenciais tóxicos), e à menor utilização de recursos auxiliares e de materiais.

A promoção e incremento da reutilização e reciclagem de computadores exige a participação de todos os sectores da sociedade como os fabricantes, governos, empresas recicladoras e os cidadãos. Especializada na concepção, desenvolvimento e produção, a indústria de equipamentos eléctricos e electrónicos atribui importância decisiva à incorporação das questões relativas ao fim-de-vida dos seus produtos na fase inicial do processo de design e desenvolvimento do produto - a fase de concepção. Esta estratégia incentiva a reutilização e reciclagem de equipamentos E&E, ao reduzir os custos de reciclagem e reforçando as potencialidades da reutilização. A concepção de produtos que permitem o desmantelamento simplificado e apresentem elevado potencial de actualização (*upgrade*) são exemplos evidentes.

Com o objectivo de corresponder às tendências emergentes do mercado, e ao cumprimento da legislação comunitária (no contexto europeu) a indústria electrónica tem demonstrado a necessidade de implementar processos de utilização racional das matérias-primas, e de modo abrangente, o desenvolvimento de programas inovadores de reciclagem para os seus clientes. Todos os interessados neste sector, como accionistas, colaboradores, clientes, fornecedores e a comunidade geral (governos, agências estatais, organizações não-governamentais e sociedade civil) deverão intervir no desenvolvimento de infra-estruturas e da economia, necessárias à criação de uma solução para esta questão, baseada no mercado. O caso de estudo abordado nesta dissertação, demonstra as potencialidades de um modelo empresarial vocacionado para o apoio às empresas, constituindo-se como parceiro habilitado no processo de integração de princípios de desenvolvimento sustentável no sistema de gestão daquelas. A adopção dos princípios do desenvolvimento sustentável, em particular aquele que respeita à responsabilidade social empresarial, exige desde o início, a criação de uma área específica de gestão de todo o processo, que inclui a concepção, implementação e monitorização. A URC representa um modelo de empresa direccionada para o apoio às organizações, empresariais ou não, que, enquanto infra-estrutura, pode contribuir para o desenvolvimento de

um mercado que ofereça respostas num contexto caracterizado por grandes transformações sociais, económicas e ambientais.

A reutilização de computadores constitui uma oportunidade para o desenvolvimento de novas estratégias de negócio, mas a aceitação de produtos utilizados enfrenta ainda obstáculos, que apenas a garantia de qualidade e da prestação de serviços de manutenção podem permitir superar.

19. Sugestões para trabalhos futuros

Reconhecendo a importância dos impactes ambientais gerados pelos EE&E, com relevo para os computadores pessoais, esta dissertação demonstra simultaneamente que os desempenhos ambientais ao longo do ciclo de vida daqueles produtos podem ser significativamente melhorados, integrando as questões ambientais no processo de design e desenvolvimento do produto, pela aplicação de metodologias e ferramentas do ecodesign adequadas.

Constituindo-se a reutilização e a reciclagem dos componentes e materiais de REE&E 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 aquelas actividades.

19.1. Ecodesign, Reutilização e Inovação

O processo de inovação é frequentemente mais condicionado por limitações económicas e por estratégias de competitividade, do que por questões de natureza ambiental. A integração das questões ambientais no processo de design 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 concepção de produtos eco-eficientes. Com efeito, determinados objectivos da inovação, como a gestão térmica ou a simplificação dos processos produtivos, perfilam-se com a melhoria dos desempenhos ambientais de cada uma das funções que os produtos apresentam. Do mesmo modo, 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.

Muitas estratégias de ecodesign têm sido desenvolvidas, das quais algumas foram abordadas nesta dissertação. As empresas cujas actividades se centram na concepção e desenvolvimento de novos produtos devem, de modo criterioso, e com o objectivo de dotar estes com elevados níveis de eco-eficiência, definir quais as melhores metodologias que devem ser adoptadas.

Para que a Reutilização se constitua como uma actividade generalizada, ela deve ser sustentada através da adopção de modelos empresariais e de sistemas de recolha inovadores. Para que o cumprimento dos requisitos preconizados pela legislação constitua uma realidade, é também necessário que os produtos desenvolvidos apresentem elevado potencial de reutilização. E é no decurso de um processo de design de produto e desenvolvimento inovador que este potencial se pode constituir como atributo fundamental dos produtos eco-eficientes, uma vez que a reutilização, enquanto actividade económica, carece de garantias de um contínuo fornecimento que só aqueles podem oferecer.

Considerando a diversidade e a especificidade das competências dos diversos intervenientes, e o pressuposto da inexistência, por parte da maioria destes, de conhecimentos científicos ambientais, impõe-se igualmente equacionar, a forma segundo a qual se poderá proceder a uma simplificação da integração, nas diversas áreas envolvidas, de metodologias do ecodesign em todas as fases do processo de design e de desenvolvimento do produto.

19.2. Novos Modelos Empresariais Sustentáveis e os Mercados de Reutilização

A legislação europeia para os REE&E, de que as directivas EuP, IPP, WEEE e RoHS relevam, estabelece os objectivos, âmbitos e grupos de produtos, prazos de aplicação, requisitos e define ainda a importância da integração das questões ambientais na fase de concepção, considerando o ciclo de vida do produto,

compreendendo este todas as fases: desde a aquisição de matérias-primas até à deposição final.

A reutilização, assim como a reciclagem, constituem alguns dos requisitos consignados. O cumprimento destes requisitos exigirá, no entanto, uma adopção efectiva das directivas assim como a sua harmonização global, a implementação de estratégias de comunicação com os consumidores promovendo a informação, visando uma maior aceitação da reutilização, uma gestão orientada para o acondicionamento de equipamentos e para o Remarketing, assim como para a responsabilização legal relativa àqueles, ou ainda a criação de condições que garantam o seu fornecimento.

Deste modo, é necessário criar novos modelos empresariais sustentáveis que possuam capacidade de desenvolvimento, assim como métodos inovadores de recolha de equipamentos que apresentem potencialidades de reutilização. A recolha de equipamentos constitui-se como uma questão fundamental do processo de reutilização, e, por este motivo, deverão ser implementadas políticas de incentivos ao desenvolvimento de sistemas de recolha.

A reutilização apresenta ainda limitações de implementação, que se devem fundamentalmente ao défice de informação por parte do consumidor comum e às dificuldades da sua aceitação enquanto prática generalizada. Assim, impõe-se o desenvolvimento e implementação de estratégias visando ultrapassar estas limitações, criando mercados que possam ser reconhecidos publicamente pela sua transparência e segurança.

Reconhecida a importância da reutilização para as economias locais, devem assim ser reforçados os incentivos para este sector de actividade, segundo sistemas diferenciados para as diversas tipologias de equipamentos eléctricos e electrónicos, e no contexto da economia social, deverão também ser disponibilizados os meios que permitam apoiar todos aqueles que se proponham desenvolver iniciativas que se inscrevam nos pressupostos até aqui apresentados. Neste contexto, a revisão da directiva europeia para os resíduos de equipamentos eléctricos e electrónicos, prevista para o ano de 2008, deverá assegurar as condições necessárias à implementação e consolidação de estruturas que apresentem as características de uma Unidade de Reutilização de Computadores, tal como se propõe nesta dissertação.

VI REFERÊNCIAS

- Allenby, B.R., e Fullerton, A. (1991-1992) *Design for Environment: A New Strategy for Environmental Management*, Pollution Prevention Review, Winter, pp. 51-61
- Allenby, B.R. (1992) *Design for Environment: Implementing Industrial Ecology*. Doctorate of Philosophy Dissertation. Rutgers University, N.J. Rutgers, 1992.
- Allenby, B.R. (1993) *Industrial Ecology*, Prentice-Hall, New York, NY
- Appelbaum, A. (2002) Europe Cracks down on E-Waste *IEEE Spectrum*, Vol.39, Nº 5 May, pp. 46-51
- Arnaiz, S., Bodenhoefer, K., Harrison, D., Hermann, C., Hussein, H., Irasari, L., Malaina, M., Schencke D., Tanskanen, P. (2004) *Active Disassembly using Smart Materials – End-of-Life Technology for WEEE*, Results from the Framework V Project. Proceedings of the Electronics Goes Green Conference, Berlin, Germany, 2004.
- Borland, N. and Wallace, D.R. (1999). Environmental Conscious Product Design: Collaborative Internet-based Modelling Approach, to appear in the *Journal of Industrial Ecology*.
- Borland, N., Wallace, D.R. and Kaufmann, H. P. (1998), *Integrating Environmental Impact Assessment Into Product Design*, *Proceedings of 1998 ASME Design Engineering Technical Conference*, DETC98/DFM-5730, Atlanta, GA: Georgia Institute of Technology.
- Bakker, C. (1995). Environmental Information for Industrial Designers, T.U. Delft, Delft University of Technology, Delft, Netherlands
- Brezet, H. and van Hemel, C.G. (1997), *Ecodesign: A Promising Approach to Sustainable Production and Consumption*. UNEP (United Nations Environment Program), Paris, 1997.
- Brundtland (1987). *Our Common Future*, report of the World Commission on Environment and Development, Brundtland Commission, Oxford University Press, Oxford, U.K..
- Charter, M. and Chick, A. (1997), Editorial. *The Journal of Sustainable Product Design* Issue 1, pp. 5-6.

- Cohen, M. e Apte, V. (1997) *Manufacturing Automation*, Irwin, Burrridge, IL, Chapter 2
- Design Council (1997). *More for Less: Design for Environmental Sustainability*, The Design Council, London.
- Dewberry, E. (1996). *Ecodesign: Present Attitudes and Future Directions, Studies of U.K. Company and Design Consultancy Practice*, PH.D. Thesis, The Design Discipline, Technology Faculty, Milton Keynes: Open University Press.
- Directiva 2002/95/CE do Parlamento Europeu e do Concelho de 27 de Janeiro de 2003 para a restrição da utilização de substâncias perigosas nos Equipamentos Eléctricos e Electrónicos (*RoHS – Restriction of the Use of Hazardous Substances in Electrical and Electronic Equipment*)
- Directiva 2002/96/CE do Parlamento Europeu e do Concelho de 27 de Janeiro de 2003 para os Resíduos de Equipamentos Eléctricos e Electrónicos (*WEEE – Waste Electrical and Electronic Equipment*)
- Directiva 2003/108/CE do Parlamento Europeu e do Concelho de 8 de Dezembro de 2003 – Emenda da Directiva 2002/96 CE para os Resíduos de Equipamentos Eléctricos e Electrónicos (*WEEE – Waste Electrical and Electronic Equipment*)
- Directiva 75/442CEE do Parlamento Europeu e do Concelho de 15 de Julho de 1975 para os resíduos
- “Eco-indicator 99 Manual for Designers, A damage oriented method for Life Cycle Impact Assessment”, Ministry of Housing, Spatial Planning and the Environment, The Hague, The Netherlands, 1999
- Ehrenfeld (1997). *Implementing Design for Environment*, a primer guide developed by Digital Equipment and the Massachusetts Institute of Technology program on Technology, Business & Environment, U.S.A..
- EIA (Environment Consumer Education Initiative), <http://www.icer.org.uk> (17/01/2006)

- Ferrendier, S., Mathieux, F., Rebitzer, G., Simon, M., Froelich, D., (2002)
Ecodesign Guide (ECOLIFE Thematic Network) - Environmental Improved Product Design Case Studies of the European Electrical and Electronics Industry, Ed. Simon, M., Froelich, D., Herman, V., Kopacek, B., Brandstötter, M., ESAM (École Nationale Supérieure d'Arts et Métiers), Institut de Chambéry, ESAM Chambéry (Institute Design, Mechanical Engineering and Environment - France), Technical University of Berlin – Germany, Sheffield Hallam University – United Kingdom
- Ferrão, P. e Heitor M. (2000). *Integrating Environmental Policy and Business Strategies: The Need for Innovative Management in Industry*. Science Technology and Innovation Policy. Intl. Series on Technology Policy and Innovation, pp. 503-517, IC 2, University of Texas, U.S.A. and IN+, I.S.T., Lisbon, Quorum Books.
- Ferrão, P. [http://www.ecodesignarc.info/servlet/is/522/Introduction Ecodesign n Portugues 01.pdf? command=download Content&filename=Introduction Ecodesign Portugues 01.pdf](http://www.ecodesignarc.info/servlet/is/522/Introduction%20Ecodesign%20Portugues%2001.pdf?command=downloadContent&filename=Introduction%20Ecodesign%20Portugues%2001.pdf) (26/01/2007)
- Ferrão, P. (2004). *Economy's Metabolism: Indicators, Scales and Technology*, in *Rethinking Science Systems and Innovation Policies*. Edited by J. P. Contzen, D. Gibson and M. Heitor. Pardue University Press.
- Ferrão, P. (1998). *Introdução à Gestão Ambiental – a avaliação do ciclo de vida de produtos*, I.S.T. Press, Portugal.
- Fussler, C. e James, P. (1996) *Driving Eco Innovations: A Breakthrough Discipline for Innovation and Sustainability*, Pitman Publishing, London
- Gabillet, J. P. and Heude, M. (2000). *New energy saving cooling architecture for switching equipment*. Proceedings of the Electronics Goes Green Conference, Berlin, Germany, September 2000.
- Graedel, T. E., Allenby, B. R. (1995). Matrix Approaches to Abridged Life-Cycle Assessment. *Environmental Science and Technology*, 29 (3), 1995, pp. 134 – 139.
- Graedel, T. E., Allenby, B. R. (1996). *Design for Environment*. AT&T
- Gungor, A. and Gupta, S. M. (1999). Issues in environmentally conscious manufacturing and product recovery: a survey in *Computers & Industrial Engineering*, 36, pp. 811 – 853.

- Hall, R. (1993). *The Soul of The Enterprise*, Harper Business, New York, NY
- Handfield, R. Walton, S., Seegers, L. e Melnik, S. (1997). Green Value Chain Practices in the Furniture Industry, *Journal of Operations Magement*, Vol. 2, No. 5, pp.38-53
- Hansen, U. (2004). *Take-Back Needs Logistic*. Proceedings of the Electronics Goes Green Conference, Berlin, Germany, 2004.
- Hauser, H. and Hohaus, C. (2004). *Take – Back Systems – A Logistic and Economic Comparison*. Proceedings of the Electronics Goes Green Conference, Berlin, Germany, 2004.
- Hornberger, M. e Hieber, M. (2004). *Are WEEE Recycling Rates Technologically and Economically attainable?* Proceedings of the Electronics Goes Green Conference, Berlin, Germany, 2004.
- Ishii, K., Eubanks, C. e Di Marco, P. (s.d). *Design for Product Retirement and Material Life-cycle*. Ohio: The Ohio State University, Department of Mechanical Engineering.
- ISO 14000(1996), Guide to Environmental Management Principles, Systems and Supporting Techniques, International Organization for Standardization, Geneva, Switzerland
- ISO 14001 (1996), Environmental Management Systems – Specification with Guidance for Use, International Organization for Standardization, Geneva, Switzerland
- ISO 14004 (1996), Environmental Management Systems – General guidelines on principles, systems and supporting techniques, International Organization for Standardization, Geneva, Switzerland
- ISO 14010 (1996), Guidelines for Environmental Auditing – General Principles of Environmental Auditing, International Organization for Standardization, Geneva, Switzerland
- ISO 14011 (1996), Guidelines for Environmental Auditing – Audit Procedures – Part 1: Auditing of Environmental Management Systems, International Organization for Standardization, Geneva, Switzerland
- ISO 14012 (1996), Guidelines for Environmental Auditing – Qualification Criteria for Environmental Auditors, International Organization for Standardization Geneva, Switzerland

- ISO 14040 (1997), Environmental Management - Life Cycle Assessment - Principles and Framework, International Organization for Standardization, Geneva, Switzerland
- ISO 14041 (1998), Environmental Management - Life Cycle Assessment – Goal and Scope Definition and Inventory Analysis, International Organization for Standardization, Geneva, Switzerland
- ISO 14042 (2000a), Environmental Management - Life Cycle Assessment – Life Cycle Impact Assessment, International Organization for Standardization, Geneva, Switzerland
- ISO 14043 (2000b), Environmental Management - Life Cycle Assessment – Life Cycle Interpretation, International Organization for Standardization, Geneva, Switzerland
- ISO PDTR 14062 (2002), Environmental Management – Integrating Environmental Aspects into Product Design and Development - International Organization for Standardization, Geneva, Switzerland
- Janin, M. (2000). *Démarche d'éco-conception en Entreprise. Un enjeu: construire la cohérence entre outils et processus*. Ph.D. Thesis, Institute of Design, Mechanical Engineering and Environment. Chambéry, France, April 2000.
- Kopacek, B. and Sheid, L-G (2004). Introduction to CARE (Comprehensive Approach for the Recycling and Eco-efficiency of Electronics) and SCARE (Strategic Comprehensive Approach for the Recycling and Eco-efficiency of Electronics). Proceedings of the Electronics Goes Green Conference, Berlin, Germany, 2004.
- Lindahl, M. (1999). *A New promising Tool for Efficient Design for Environment*. Proceedings of the First International Symposium on Environmentally Conscious Design and Inverse Manufacturing, I.E.E.E., pp. 734 – 739.
- Linton, J. D. (1999). *An investigation of the Feasibility of Using a Standardized Impact Database for Conducting Life-Cycle Assessment of Products and Design Options*. Proceedings of the 6th International Seminar on Life-Cycle Engineering. Kingston, Ontario, Canada: Queen's University, 1998, pp. 432 - 442.

- Luízio, M. (2004). *Gestão de Resíduos de Equipamentos Eléctricos e Electrónicos: Proposta para um modelo de Gestão de R.E.E.E. em Portugal*. Trabalho Final de Curso, Licenciatura em Engenharia do Ambiente. Instituto Superior Técnico.
- Marks, M., Eubanks, C. and Ishii, K. (1993). *Life-Cycle Clumping of Product Design for Ownership and Retirement*. Proceedings of the A.S.M.E. Design Theory and Methodology Conference, Albuquerque, New Mexico.
- McAloone, T. C. (1998). *Industry Experiences of Environmentally Conscious Design Integration: na Exploratory Study*. PhD. Thesis, the CIM Institute, Cranfield University, Cranfield, U.K.
- Miguel, R., Cacho, I. and Irasarri, L. (2004). *Development of Reuse and Recycling Technologies for Lead- Free Printed Circuit Boards*. Proceedings of the Electronics Goes Green Conference, Berlin, Germany, 2004.
- Milojkovic, J.B., Litovski, V.B., *Ecodesign in Electronics – The State of Art*, FACTA Universitatis, Series: Working and Living Environmental Protection, Vol. 2, No. 2, 2002, pp. 87-100
- Patterson, M. L. (1993). *Accelerating Innovation: Improving the Process of Product Development*, Van Nostrand Reinhold, New York, NY
- Pereira, F., Sousa, S.. *Reutilização de Computadores*, Ecologia Industrial – Engenharia do Ambiente, Instituto Superior Técnico, Dezembro 2005, Lisboa
- Porter, M. (1991). *America's Green Strategy*, Scientific American, Abril, p.168
- Porter, M. e Van der Linde, C. (1995 a). *Green and Competitive- Ending the Statemate*, Harvard Business Review, Setembro – Outubro, pp. 120 - 134
- Porter, M. e Van der Linde, C. (1995 b). *Toward a New Concept of the Environment Competitive Relationship*, *Journal of Economic Perspectives*, Vol.4, pp. 97-118
- Rossem, C. e Dalhammar, C. (2004) *The Energy Using Products (EuP) Directive and product chain?* Proceedings of the Electronics Goes Green Conference, Berlin, Germany, 2004.
- Royston, M. G. (1979). *Pollution Prevention Pays*, Oxford: Pergamon Press, Oxford, U.K.
- Ryan, C. (1996). *From EcoRedesign to Ecodesign*, *Ecodesign*, Vol. 4, issue 1, pp. 5-7.

- Sander, K. and Zangl, S. (2004). *Rules on compliance with article 7 of the WEEE Directive – Monitoring reuse, recycling and recovery rates*. Proceedings of the Electronics Goes Green Conference, Berlin, Germany, 2004.
- Santos, E. L. M. *Integration of Environmental Issues in Electrical and Electronic Product Design and Development: Environmental Improvement Through Applied Ecodesign Strategies in the Context of Portugal*, Dissertação de Mestrado em Engenharia de Conceção – Instituto Superior Técnico, 2005, Lisboa
- Saur, K. (2004). *Managing Global Responsibility*. Proceedings of the Electronics Goes Green Conference, Berlin, Germany, 2004.
- Schenung, J., Ogunseitan, O., Saphores, J. E Shapiro, A. (2004). *Green Electronics: A U.S. Perspective on Policy, Risk and Product Design*. Proceedings of the Electronics Goes Green Conference, Berlin, Germany, 2004.
- Schiske, K. and Hagelucken, M. (2005). *An introduction to Ecodesign Strategies – why, what and how?* Fraunhofer Institut Zuverlässigkeit Mikrointegration, Berlin.
- Sherwin, C. and Bhamra, T. A. (2001). *Early Ecodesign Integration: Experiences from a Single Case*. <http://www.jdr.tudelft.nl/articles/issue02.2001/article4.html>.
- Sherwin, C. and Bhamra, T. A. (2000). *The Service Design Matrix: a Tool for Eco-Efficient Service Design* em: Design (Plus) Research Conference Proceedings, 18 – 20 May, 2000. Department of Industrial Design, Politecnico de Milano – Milano, pp. 298 – 307.
- Sherwin, C. and Bhamra, T. A. (1999). Beyond Engineering: Ecodesign as a Pro-active Approach to Product Innovation. Proceedings of the 1st International Symposium on Environmentally Conscious Design and Inverse Manufacturing, *Ecodesign* Feb. 1999, 1 – 3 Tokyo, Japan, pp. 41 – 46.
- Sousa, F., Wallace, D. R. and Deniz, J. (1999). *A Learning Surrogate L.C.A. Model for Integrated Product Design*. Proceedings of the 6th International Seminar on Life Cycle Engineering, Kingston, Ontario, Canada: Queen's University, pp. 209 – 219

- Spies, S. and Wucke, A. (2004). Electronic Waste in Developing Countries – Recycling, Responsibility, Revenue?. Proceedings of the Electronics Goes Green Conference, Berlin, Germany, 2004.
- Sroufe, R., Curkovic, S., Montabon, F. e Melnyk, S. A., The New Product Design process and Design for Environment – Crossing the Chasm, *International Journal of Operations and Production Magement*, Vol.2, No.2, 2000, pp. 267 – 291, MCB University Press
- Stevens, A. (1996). *Inaugural adress*, Rathenau Institute, September 4, 1996.
- Stevens, A. and Giese, H. (2004). Electronic Goes Green: Current and future issues. Proceedings of the Electronics Goes Green Conference, Berlin, Germany, 2004.
- Stevens, A. and Rose, C. (2000). Environmental Metrics to classify End-of-Life Strategies. Proceedings of the International Symposium on Electronics & Environment, Denver, Colorado, May 7 – 9, 2001, pp. 100 – 105.
- Toepfer, K. (2004). *The Responsibility of the Electronics Industry*. Proceedings of the Electronics Goes Green Conference, Berlin, Germany, 2004.
- Ulrich, T. and Eppinger, D. S. (2000). *Product Design and Development*. Second Edition, International Edition, McGrawhill Companies, Inc.
- Van Hemel, C. G. (1998). Ecodesign empirically explored design for environment in Dutch small and medium sized enterprises. Doctoral Thesis, T. U. Delft, Delft University of Technology, Delft, Netherlands.
- Van Nes, C. N., Cramer, J. .M., Stevens, (1998). *Determinants of replacement behaviour for electric products*. Care Innovation '98, Vienne, Austria, Novembre 1998.
- Van der Wel, H. and Bisschop (2004). *Environmental assessment of products at Philips Electronics*. Proceedings of the Electronics Goes Green Conference, Berlin, Germany, 2004.
- Wolf, M., Pöhlein, A., Al-Twaik, A. M., Bertran, R. V., Van Eldik, R., *Chemical Analysis of Electrical and Electronic Equipment in the Context of the RoHS Directive*. Proceedings of the Electronics Goes Green Conference, Berlin, Germany, 2004.
- Yamamoto, R. (2004). *Achieving Sustainable Society by Eco-design*. Proceedings of the Electronics Goes Green Conference, Berlin, Germany, 2004.

Zwan, F. and Bhamra, T. (2002). *Alternative function fulfilment: incorporating environmental considerations into increased design space*. International Ecotechnology Research Centre, School of Industrial and Manufacturing Science, Cranfield University, Cranfield, U.K..

Endereços da Internet

<http://www.aeportugal.pt>, (02/01/07)

<http://www.amb3e.pt>, (04/01/2006))

<http://www.assetrecovery.com>, - Asset Recovery Centre, LLC. (01/02/2007)

<http://www.bcsdportugal.org> - B.C.S.D. Portugal, (25/01/2006)

<http://www.bsr.org> - Business for Social Responsibility

[http://www.cfsd.org.uk/The Centre for Sustainable Design](http://www.cfsd.org.uk/The%20Centre%20for%20Sustainable%20Design), (05/12/2005)

<http://www.cfsd.org.uk/journal> - Journal of Sustainable Product Design

<http://www.choicedeck.com> - Advanced Environmental Ecycling Technologies, Inc., (04/12/2005)

<http://www.dmi.org/dmi/html/education/seminars/udr/htm> - Design Management Institute, (05/02/2006)

<http://www.designresource.org>

[http://www.diramb.gov.pt/data/basedoc/TXT LC 25838 2 0001.htm](http://www.diramb.gov.pt/data/basedoc/TXT%20LC%2025838%202%200001.htm) – Parlamento Europeu (02/01/2007)

<http://www.earth911.org>

[http://www.ecoefficiency - conf.org](http://www.ecoefficiency-conf.org)

<http://www.ecoman.dcea.fct.unl.pt/projectos/erse/relatorios/3%20relatorio.pdf> - Univ. Nova de Lisboa – FCT (02/01/2007)

<http://www.egg2004.izm.fraunhofer.de> - Electronics Goes Green 2004+ (29/06/2006)

<http://www.environment-expert.com/magazine/ecomed/ca> (Life Cycle Assessment /International Journal of Life Cycle Assessment)

[http://www.enviro-ware.com /?gclid=CPPi54DvoYsCFQrlQgodzhU5kg](http://www.enviro-ware.com/?gclid=CPPi54DvoYsCFQrlQgodzhU5kg) - EnviroWare (17/01/2006)

<http://www.epa.gov.epaoswer> - Wastes EPA (19/11/2006)

<http://www.erp-recycling.org> (04/01/2006)

<http://www.europa.eu.int>

<http://www.iambiente.pt> (27/06/2006)

<http://www.icer.org.uk> - ICER - Industry Council for Electronic Equipment Recycling (17/01/2006)

<http://www.icer.org.uk> – EIA (Environment Consumer Education Initiative) (17/01/2006)

<http://www.ifm.eng.cam.ac.uk/ctm/idm/resources/guide/designx.html> - Institute for Manufacturing (20/01/2007)

<http://www.ifm.eng.cam.ac.uk/sustainability/projects/Knowledge.html> - Univ. of Cambridge (04/12/2005)

<http://www.informationinspiration.org.uk/> - UK's Sustainable Technologies (03/12/2005)

<http://www.in3.dem.ist.utl.pt/master/03ecology/acv.pps#417,15,CV-O> que são impactes ambientais? CATEGORIAS DE IMPACTES AMBIENTAIS, Instituto Superior Técnico (04/01/2007)

<http://www.iotudelft.nl/research/dfs/research> (06/03/07)

<http://www.inresiduos.pt> (17/07/2006)

<http://www.Kerp.at./index.php?id=94> - KERP (01/02/2007)

<http://www.kth.se/eng/research/sustainable/materials/luttrupp.html> Product Design for Sustainability (04/12/2005)

<http://www.libcalpoly.edu/classes/SubjectSpecial/Wayne/IndustEngineering.shtml> (04/12/2005) College of Engineering

<http://www.ligarportugal.pt> (23/03/2007)

<http://www.naturlink.pt> (02/01/2007)

<http://www.netresiduos.com/cir/surb/eee.htm> (17/07/2006)

<http://www.nid.edu/academics/pgid.htm> NID – Academics PG Industrial Design (03/12/2005)

<http://www.nrc-recycle.org/resources/electronics/managing.htm> - National Recycling Coalition (18/07/2006)

http://www.plasticsnews.net/open_cover/25.htm - Plastics News International (03/12/2005)

<http://www.projectheatsun.com/> (01/02/2007)

<http://www.rdc.co.uk> (27/03/2007)

<http://www.recycle.net> (Recycler's World)

<http://www.recycline.com>

<http://www.recyclingportal.eu> - EU – Recycling – The Portal (17/01/2006)

<http://www.resource-recycling.com/> Resource Recycling (17/01/2006)

[http://www.sustenergy.org/pdf/Brochure – Print EN.pdf](http://www.sustenergy.org/pdf/Brochure%20Print%20EN.pdf) - Sustainable Energy Europe (07/02/2007)

<http://www.tbli.org> (Triple Bottom Line)

<http://www.theit.org/publicaffairs/energy/weeedirective.pdf> - WEEE – Directory Information (20/01/2007)

<http://www.uneptie.org/pc/pc/tools/ecodesign.htm>- Eco Design UNEP P&C, (05/12/2005)

<http://www.vcn.bc.ca/edrs> - Ecodesign Research Society, (30/10/2006)

<http://www.wasteonline.org.uk/resources/information sheets/ElectricalElectronic.htm> (17/01/2006)

<http://www.wbcSD.org/templates/TemplateWBCSD5/layout.asp?MenuID=1> - World Business Council for Sustainable Development (WBCSD) (30/10/2006)

<http://www.weeedirectory.com/default.aspx?tabid=97> - Ecolife Thematic Network (07/02/2007)