

INSTITUTO DE PESQUISAS ENERGÉTICAS E NUCLEARES
Autarquia associada à Universidade de São Paulo

UTILIZAÇÃO DAS DIRETIVAS ROHS E WEEE PARA EQUIPAMENTOS
ELETROMÉDICOS FABRICADOS NO BRASIL

LEANDRO AUGUSTO PIDONE

Dissertação apresentada como parte dos requisitos para obtenção do grau de Mestre em Ciências na Área de Tecnologia Nuclear – Materiais.

Orientadora: Prof^ª. Dra. Sonia Regina Homem de Mello Castanho

SÃO PAULO

2011

Nós não somos o que gostaríamos de ser.

Nós não somos o que ainda iremos ser.

Mas, graças a Deus,

Não somos mais quem nós éramos.

Martin Luther King

Agradecimentos

Agradeço de forma especial à Profa. Dra. Sonia R. H. Mello-Castanho por toda dedicação, atenção e tempo empregado ao meu aprendizado durante a realização deste trabalho.

- Ao Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares por permitir o desenvolvimento deste trabalho.
- À Underwriters Laboratories e ao José Antonio de Souza Junior, e ao Servus Souza da Silva pela amizade e apoio durante esse período.
- Ao Dr. Antonio Carlos Silva, pelo socorro nos momentos de correria e apoio na fabricação dos vidros.
- Ao Mestre Oswaldo pelo apoio constante no laboratório.
- Ao Instituto de Eletrotécnica e Energia por todo aprendizado disponibilizado, em especial ao Vlamir Viana e Gianni Donatiello pela ajuda com equipamentos eletromédicos.
- À minha mãe pelo apoio incansável pelo desenvolvimento pessoal e profissional.
- À minha família que sempre esteve ao meu lado.
- À Camilla da Silva Souza que esteve comigo durante o desenvolvimento deste trabalho me apoiando e incentivando.
- E a todos que contribuíram para a execução deste trabalho direta ou indiretamente.

UTILIZAÇÃO DAS DIRETIVAS ROHS E WEEE PARA EQUIPAMENTOS ELETROMÉDICOS FABRICADOS NO BRASIL

Leandro Augusto Pidone

RESUMO

Dentro das exigências restritivas visando à mitigação de danos ambientais, várias ações estão sendo tomadas em termos mundiais, destacando-se os países onde a mobilização social e tomadas de decisão são mais efetivas. Entre estas ações as diretivas RoHS e WEEE, ambas da comunidade europeia, destacam-se como interessantes procedimentos que se somam para a prevenção do uso de substâncias tóxicas e redução de emissão ao meio ambiente de resíduos sólidos de eletrônicos após o uso. Atualmente, em termos mundiais, não se observa o uso de tais procedimentos no que tange aos equipamentos eletromédicos após o término de vida útil e descarte. Este trabalho faz um estudo de ambas diretivas utilizando-se um equipamento eletromédico de fabricação nacional, um eletroestimulador. O equipamento foi criteriosamente desmontado e seus componentes classificados com base em sua classe de material e composição química. Após a desmontar e catalogar os componentes quanto à classe de materiais e composição química, foram sugeridos alguns procedimentos. Para atender a diretiva RoHS, a substituição de metais pesados presentes na liga utilizada na soldagem dos componentes eletrônicos. Para atender a diretiva WEEE, o processamento de resíduo de placa de circuito impresso inertizado em vidro. Deste modo verifica-se que os procedimentos adotados para cumprir com as duas diretivas europeias foram adequados para os equipamentos eletromédicos tanto de fabricação nacional como internacional.

USING OF ROHS AND WEEE DIRECTIVES FOR ELECTROMEDICAL DEVICES FROM BRAZIL MANUFACTURES

Leandro Augusto Pidone

ABSTRACT

Within the restrictive requirements aimed at mitigating environmental damage, several actions being taken globally, highlighting the countries where social mobilization and decision making are more effective. Among these actions the RoHS and WEEE, of the European community, stand out as interesting procedures that are in addition to preventing the use of toxic chemicals and reducing emissions to the environment of electronic waste after use. Today, in the world is unusually such procedures with respect to electrical equipment after the end of useful life and its disposal. This work is a study of both using an electro-medical equipment manufactured in Brazil, an electrostimulator. The equipment was carefully dismantled and its components classified based on their specific device and chemical composition. After removing and cataloging the components of the different kind of materials and chemical composition, suggested some procedures. To meet the RoHS directive, the replacement of nocive metals in the alloy used in soldering of electronic components. To meet the WEEE directive, the processing of waste printed circuit board inerted glass. Thus it appears that the procedures adopted to comply with two European directives were adequate for the electrical equipment manufacturing both domestically and internationally.

SUMÁRIO

1. Introdução	7
2. Objetivos	8
3. Revisão bibliográfica	9
3.1. Panorama das políticas ambientais	9
3.2. Diretivas RoHS e WEEE	10
3.2.1. A diretiva de restrição de uso de substâncias nocivas (RoHS)	12
3.2.2. Descarte de equipamentos eletroeletrônicos (WEEE)	13
3.3. Controle ambiental dos equipamentos eletromédicos	14
3.4. Relação ANVISA-INMETRO e meio ambiente	14
3.5. Diretiva RoHS e a substituição de elementos nocivos	17
3.6. Diretiva WEEE e os processos de reuso de componentes	18
3.6.1. Reuso de materiais não metálicos de placas de circuito impresso	21
3.7. Inertização em vidro como rota para valorização de resíduos	21
3.8. Aplicações atuais do gerenciamento de resíduos de equipamentos eletrônicos	22
4. Materiais e Métodos	24
4.1. Material	24
4.2. Desmontagem e classificação dos componentes	24
4.3. Avaliação segundo a diretiva RoHS	26
4.4. Avaliação segundo a diretiva WEEE	26
4.4.1. Transformadores	26
4.4.2. Fios e cabos	27
4.4.3. Placas de circuito impresso	28
4.4.4. Procedimento de adequação à WEEE	28
4.4.5. Atendimento à WEEE – incorporação de resíduo de PCI em vidro	29
4.4.6. Técnicas de caracterização	32
4.4.7. Representação esquemática proposta para parte experimental	32
5. Resultados e Discussão	34
5.1. Estimulador neuromuscular: funções e composição	34
5.2. Avaliação RoHS	34
5.2.1. Avaliação das placas de circuito impresso – componentes presentes nas soldas de componentes	34
5.3. Adequação do procedimento segundo a Diretiva para descarte de resíduos elétrico e eletrônico (WEEE)	35
5.3.1. Transformadores do eletroestimulador descartado	35
5.3.2. Fios e cabos	37
5.3.3. Placas de circuito impresso avaliação segundo a WEEE	38
5.4. Valorização e inertização de materiais descartados	39
6. Conclusão	45
7. Propostas para a continuidade deste trabalho	47
8. Referências Bibliográficas	48
Anexo I – Diretiva RoHS	55
Anexo II – Diretiva WEEE	63

1. Introdução

Considerando-se o forte apelo ambiental por parte das comunidades organizadas, e o ainda crescente mercado de consumo de equipamentos eletroeletrônicos, o descarte e ou destinação após o uso vem sendo preocupante alvo de estudos. E neste sentido, destaca-se o vetor mitigação dos danos provocados pelo descarte inconsequente, ou seja, descarte sem responsabilidade ambiental.

Entre estas comunidades, a União Européia (UE) vem condicionando o mercado de compra e venda particularmente os produtos eletroeletrônicos que atendam as diretivas RoHS (*Restriction of the Use of Certain Hazardous Substances in Electrical and Electronic Equipment*) e WEEE (*Waste Electrical and Electronic Equipment*), propostas por esta comunidade. Entretanto, mesmo a UE apresenta para equipamentos eletromédicos sob o ponto de vista ambiental restrições apenas para componentes com alguma atividade nuclear (fonte de nêutrons, radioisótopos, etc). Estas diretivas vêm sendo adotadas por demais países mesmo não pertencentes a União Européia tais como os Canadá, Austrália, entre outros^{1, 2, 3}.

No Brasil ainda que o mercado nacional, até o presente, não utilize a aplicação destas diretrizes, elas se tornam imprescindíveis aos nossos produtos eletroeletrônicos tanto sob o aspecto ambiental como também por cumprir as exigências européias tornando-os internacionalmente competitivos.

Visando utilizar os procedimentos de ambas diretrizes, a RoHS para o uso de materiais que comprometem o meio ambiente e a WEEE que busca um descarte ou reprocessamento com responsabilidade ambiental, este trabalho faz um estudo da aplicação de ambas diretrizes em equipamentos eletromédicos. Neste sentido foi escolhido, como estudo de caso, um equipamento de fabricação nacional de larga aplicação em fisioterapia médica, um estimulador neuromuscular, onde seus componentes após o descarte foram analisados, avaliados, classificados e submetidos às diretivas RoHS e WEEE de acordo com sua periculosidade ou potencial de dano ambiental⁴.

2. Objetivos

Verificar a adequação dos componentes presentes em equipamentos eletromédicos comerciais fabricados no Brasil, de acordo com a diretiva RoHS e oferecer opções de reciclagem dos elementos nocivos ao meio ambiente presentes nos componentes do equipamento em conformidade com a diretiva WEEE.

3. Revisão bibliográfica

3.1. Panorama das políticas ambientais

Segundo a classificação de resíduos sólidos adotada pela Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo (SMA)⁵, são resíduos sólidos todos os materiais sólidos, ou semi-sólidos provenientes da atividade humana. Os resíduos sólidos também podem ser considerados como um material no qual o seu proprietário julgue não possuir valor suficiente para mantê-lo.

O Brasil estabelece, através da Associação Brasileira de Normas Técnicas, ABNT, vários procedimentos relacionados a essas questões, representados principalmente pelas normas ABNT NBR 10.004:2004⁵, ABNT NBR 10.005:2004⁷, ABNT NBR 10.006:2004⁸ e ABNT NBR 10.007:2004⁹ que definem, classificam, especificam os testes auxiliares de classificação e estabelecem os procedimentos de amostragem para os resíduos sólidos. Estas classificações consideram os riscos que os resíduos sólidos apresentam ao ambiente e à saúde pública e os classificam em resíduos perigosos (Classe I) e resíduos não perigosos (Classe II), estes últimos subdivididos em não inertes (Classe IIa) e inertes (Classe IIb).

A fonte dos resíduos não determina, necessariamente, sua classificação quanto à periculosidade. Resíduos sólidos domiciliares, classificados como não perigoso e não inerte (Classe IIa) podem conter alguns resíduos perigosos, como pilhas e baterias, embalagens de produtos clorados, de tintas e vernizes e alguns resíduos eletroeletrônicos. Em países desenvolvidos, é comum a segregação desses resíduos (considerados resíduos domiciliares perigosos), e sua coleta é diferenciada, o que permite tratamento e disposição final específica. Resíduos perigosos são gerados em várias atividades, mas principalmente em processos produtivos industriais. Os resíduos perigosos necessitam de gerenciamento específico com atenção a redução ou eliminação do risco inerente, ao ambiente e à saúde humana. Gerenciamento desses resíduos normalmente inclui a etapa de tratamento, para redução ou eliminação da potencialidade de dano. Nesse sentido, os resíduos industriais e domésticos tem merecido mais atenção e são gerenciados separadamente dos resíduos sólidos urbanos. O mesmo acontece com alguns outros resíduos de fontes diversas que apresentam alguma das características de risco de dano como: corrosividade, reatividade, toxicidade,

inflamabilidade, patogenicidade e radioatividade. No entanto, a classificação dos resíduos em função à sua fonte não tem conseguido abranger todos os tipos de resíduos que merecem importância muito mais por suas características inerentes do que pela sua procedência. De uma maneira geral, as políticas estaduais de resíduos sólidos vem tentando trabalhar juntamente com o Conselho Nacional de Meio Ambiente, o CONAMA⁵, por meio de resoluções, suprir essa lacuna, estabelecendo a definição, caracterização e as formas de gerenciamento adequadas para cada tipo específico de resíduo. Estas ações vem sendo acompanhadas por vários setores e organizações sociais com foco na discriminação de cada tipo de resíduo, demanda e origem que ocorrem por causas e interesses diversos.

Na Europa existe a comercialização de aproximadamente trinta mil toneladas ao ano de equipamentos eletromédicos³ enquanto que os resíduos de equipamentos eletrônicos, contabilizados no total (excluindo equipamento médicos), em 1998¹⁰, foi de seis milhões de toneladas e, em 2006¹¹ foi de sete milhões de toneladas.

O programa ambiental das Nações Unidas estimou que no Brasil, em 2009, havia uma reserva de aproximadamente 2,5 bilhões de toneladas de produtos que se tornariam equipamentos eletrônicos descartados, inadequadamente conhecidos como resíduos de equipamentos eletrônicos¹.

O resíduo sólido de equipamentos eletrônicos são os resíduos resultantes de uma rápida obsolescência dos mesmos, como por exemplo, televisores, aparelhos de telefonia móvel, computadores de mesa e portáteis, geladeiras, etc².

3.2. Diretivas RoHS e WEEE

As diretivas RoHS (*Restriction of the Use of Certain Hazardous Substances in Electrical and Electronic Equipment*) e WEEE (*Waste Electrical and Electronic Equipment*) são documentos elaborados para a regulamentação de materiais que são utilizados em equipamentos eletrônicos. Estas diretivas foram criadas pelos países, ou Estados-Membros, da União Européia (UE), onde a legislação pertinente de cada país (ou Estado-Membro) foi reconsiderada visando garantir a conformidade em toda UE. Elas também fortaleceram uma maior conscientização sobre os problemas ambientais gerados pelos equipamentos eletrônicos – e esta tem gerado padrões similares em outras partes do mundo.

A RoHS exclui os equipamentos eletromédicos dos requisitos por considerar que apresentam uma produção considerada pequena quando comparada com a indústria eletroeletrônica. Adicionalmente, por considerar com vida útil longa e baixo número de alterações nos modelos existentes, considera-se que eles não irão afetar os efeitos ambientais dos resíduos de produtos eletrônicos. Entretanto, deve haver, mesmo neste setor, o comprometimento em mitigar ao máximo qualquer dano ambiental, sendo ele grande ou pequeno³.

De acordo com a ABIMO (Associação Brasileira da Indústria de Artigos e Equipamentos Médicos, Odontológicos, Hospitalares e de Laboratórios) em 2009, este setor apresentou um faturamento estimado superior a sete bilhões de reais (R\$ 7.704.031.000,00) gerando 103.840 empregos diretos e indiretos. A ABINEE (Associação Brasileira da Indústria Elétrica e Eletrônica) assinalou o faturamento no setor, como um todo, superior a 111 bilhões de reais (R\$ 111.839.000.000,00). Convém destacar que os equipamentos eletromédicos representam cerca de 7% deste montante e não foram contabilizados neste total superior a 111 bilhões de reais. Nesta busca bibliográfica não se encontrou estudos a respeito da quantidade de unidades comercializadas. Entretanto, os montantes financeiros sugerem que não se deve ignorar a presença dos equipamentos eletromédicos como fonte produtora de resíduos sólidos de equipamentos eletrônicos pela quantidade de resíduos potencialmente existentes. A importância de adotar esses procedimentos no Brasil é sugerido devido à quantidade de equipamentos médicos que são comercializados a cada ano em nosso país.

Os equipamentos utilizados na medicina são produtos eletrônicos que, como os equipamentos domésticos (computadores, televisores, equipamentos de telefonia, etc.), possuem elementos em sua constituição considerados prejudiciais ao meio ambiente. A adequação destes produtos de acordo com a RoHS e a WEEE evidenciam o comprometimento e a responsabilidade em mitigar os danos ambientais dentro das cadeias produtivas, no descarte dos equipamentos após o uso, na redução dos resíduos gerados, e na diminuição do uso de matérias primas naturais.

De acordo com a ABIMO, tem-se observado que o acentuado progresso no setor da saúde possui como fatores motivadores de desenvolvimento direcionados ao salvamento de vidas, o restabelecimento da saúde associados ao processo de redução de dor e dano e, ainda, a reabilitação do indivíduo. Com o

avanço da tecnologia nesta área e, a rapidez das transformações em novas opções de uso, o descarte destes componentes de uma maneira geral também experimenta diretamente este crescimento.

3.2.1. A diretiva de restrição de uso de substâncias nocivas (RoHS)

A diretiva RoHS foi elaborada pelos organismos de controle ambiental da União Europeia em 2002 visando minimizar o uso de substâncias nocivas ao meio ambiente e que são normalmente utilizadas na fabricação de equipamentos elétricos e eletrônicos³.

O âmbito de aplicação da diretiva RoHS abrange os seguintes equipamentos^{2,3}:

- Eletrodomésticos de grande porte: máquina de lavar louça, secadora de roupas, fornos de microondas, fornos elétricos, aparelhos de ar condicionado, fogões, etc.
- Eletrodomésticos pequenos: aspiradores de pó, aparelhos de costura e tecelagem, ferros de passar roupa, torradeiras, cafeteiras, facas elétricas, relógios de pulso, secadores de cabelo, etc.
- Equipamentos de informática e telecomunicações: computadores (de mesa e portáteis), impressoras, copiadoras, calculadora de bolso e de mesa, telefones fixos e móveis, etc.
- Equipamentos de consumo (som e imagem): televisores, rádios, câmeras de foto e vídeo, instrumentos musicais, etc.
- Equipamento de iluminação: lâmpadas fluorescentes, lâmpadas de sódio, equipamentos destinados a difundir e/ou controlar a luz.
- Ferramentas elétricas e eletrônicas: furadeiras, serras, máquinas operatrizes (tornos, frezadoras, plainas, etc.), máquinas de soldagem, ferramentas para jardinagem, etc.
- Brinquedos e equipamentos de lazer e esportivo: autoramas, *vídeo-games* (portáteis ou fixos), computadores para ciclismo, mergulho, corrida, etc.
- Distribuidores automáticos: distribuidores automáticos de bebidas, de garrafas (quentes ou frias), de produtos sólidos, de dinheiro, etc.

A diretiva RoHS e a legislação de cada país ou Estado-Membro proíbe especificamente, a partir de 1º de julho de 2006, a comercialização na União

Européia de equipamentos elétricos e eletrônicos que contenham metais pesados identificados como nocivos, como por exemplo o chumbo, o cádmio, o mercúrio, o cromo hexavalente ou os retardadores de chamas bromados (bifenil polibromado, PBB e éter difenílico polibromado, PBDE), mesmo em pequenas concentrações. Esta diretiva se aplica a todos os sistemas concluídos (equipamentos prontos para serem comercializados), componentes e subcomponentes de sistema (partes, peças e acessórios de equipamentos), incluindo placas de circuito integrado, componentes eletrônicos baseados em semicondutores, cabos e conectores, soldas e juntas de soldas, caixas e gabinetes e placas ou módulos adicionais de equipamentos eletrônicos em geral. Exclusões são feitas no Anexo I da diretiva RoHS³.

3.2.2. Descarte de equipamentos eletroeletrônicos (WEEE)

A diretiva que trata sobre o resíduo proveniente de equipamentos eletrônicos (WEEE) complementa a diretiva que trata das substâncias que possuem restrições quanto a sua utilização (RoHS) ao introduzir controles para a redução do fluxo crescente de geração de resíduos de equipamentos.

A diretiva WEEE e a legislação de cada país ou Estado-Membro atribui aos fabricantes de equipamentos elétricos e eletrônicos a responsabilidade pela reciclagem do equipamento completo no final de seu ciclo de vida de acordo com as práticas e serviços oficiais mantidos na ocasião pelo governo de cada Estado-Membro ou jurisdição. Isso deve encorajar os produtores a projetarem equipamentos elétricos e eletrônicos de uma forma ambientalmente mais eficiente, considerando todos os aspectos de gerenciamento de resíduos desde o princípio².

O âmbito de aplicação da diretiva WEEE abrange os equipamentos citados na diretiva RoHS e os equipamentos listados a seguir ²:

- Equipamentos médicos (exceto implantáveis e infectados): equipamentos de radioterapia, diálise, ventiladores pulmonares, equipamentos de medicina nuclear, equipamentos para detecção, controle, tratamento, etc.
- Instrumentos de monitoração e controle: detectores de fumaça, reguladores de temperatura, termostatos, equipamentos para pesagem de uso doméstico e laboratorial, etc.

3.3. Controle ambiental dos equipamentos eletromédicos

Considera-se equipamento eletromédico qualquer produto médico cujo funcionamento depende de fonte de energia elétrica ou qualquer outra fonte de potência distinta da gerada pelo corpo humano ou gravidade e que funciona pela conversão desta energia. Estes equipamentos, incluindo os seus acessórios são destinados a aplicações em seres humanos, com finalidades médicas, odontológicas, laboratoriais ou fisioterápicas. São utilizados para diagnóstico, tratamento, monitoração e/ou embelezamento e estética. São energizados por meio de rede de alimentação elétrica ou fonte de alimentação interna. Cada vez mais, com o aumento de consumo e diminuição do tempo de vida dos mesmos, torna-se importante conhecer e ou acompanhar o descarte e disposição final destes dispositivos. Os equipamentos eletromédicos possuem a função de auxiliar o profissional de saúde (médico, enfermeira, dentista, etc.) nas suas funções e propiciar um meio de identificar, cada vez mais rápidos desvios na saúde humana^{12,13}. A diretiva RoHS não abrange os equipamentos eletromédicos, entretanto a WEEE os cobre integralmente².

Embora estejam cobertos pela diretiva WEEE, em particular, no Brasil a legislação de resíduos sólidos estabelece o descarte deste tipo de equipamento em aterros sanitários ou usinas de incineração¹⁴.

A regulamentação estabelecida pelo governo brasileiro é dividida em duas partes, sendo a primeira sob responsabilidade da Agência Nacional de Vigilância Sanitária, ANVISA e a segunda sob responsabilidade do Instituto Nacional de Metrologia, INMETRO. Afim de apresentar como o modelo nacional atua e em qual parte do processo podem ser inseridas as diretivas RoHS e WEEE, neste capítulo se apresenta como esses processos interagem.

3.4. Relação ANVISA-INMETRO e meio ambiente

A Agência Nacional de Vigilância Sanitária, ANVISA, é o órgão governamental responsável por regulamentar a comercialização de equipamentos médicos, odontológicos, estéticos, etc. Em destaque dentre os diversos regulamentos publicados pela ANVISA, a Resolução da Diretoria Colegiada, RDC 25, de 15 de fevereiro de 2001¹⁵, dispõe sobre a importação, comercialização e doação de equipamentos reciclados, reformados, revisados ou reprocessados. A

ANVISA veta a importação e/ou comercialização de produtos para saúde usados, ou seja, que são considerados fora do seu período de vida útil e não sofreram nenhum processo de adequação (reciclados, reformados, revisados ou reprocessados). Os produtos somente poderão passar pelas etapas de reciclagem, reforma, etc. se, além de já estarem previamente registrados ou declarados isentos de registro de acordo com a legislação sanitária, possuírem as mesmas características técnicas e operacionais do produto originalmente registrado na ANVISA, incluindo a rotulagem e instruções de uso (manuais) aprovadas em seu registro. A rotulagem deve estar fixada no equipamento para saúde, de forma indelével e a informação de que o produto é recondicionado, indicando o ano em que o recondicionamento foi realizado e ter assegurada a assistência técnica do equipamento para saúde, incluindo o fornecimento de componentes, partes e peças de reposição, durante o período previsto pela legislação, aplicável^{15, 16}.

O programa nacional de certificação, dentro do Sistema Brasileiro de Avaliação da Conformidade (SBAC), estabelece que é necessária a avaliação de uma linha de produção para a certificação do produto^{17, 18}.

Tratando-se de um produto reciclado, remanufaturado, recondicionado, etc. essa linha de produção não existe, inviabilizando parte do processo de certificação e inviabilizando a obtenção do número de registro do produto na ANVISA¹⁵.

Os produtos para a saúde, fabricados no Brasil, e seus devidos fabricantes, devem estar em conformidade com a Resolução da Diretoria Colegiada, RDC n° 32¹² e a Instrução Normativa, IN n° 8¹⁹. Estas regulamentam a certificação compulsória dos equipamentos elétricos, sob regime de vigilância sanitária, e estabelecem as normas técnicas adotadas para fins de certificação de conformidade dos equipamentos elétricos, sob o regime de Vigilância Sanitária.

A Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) delegou ao Instituto Nacional de Metrologia (INMETRO) a certificação de determinados equipamentos (Instrução Normativa, IN n° 8)¹⁹. Cabe, atualmente ao INMETRO, a acreditação de organismos certificadores para a realização das auditorias em fábricas e análise dos documentos necessários para a certificação de acordo com os requisitos da Portaria INMETRO n°350¹⁸ que trata da regulamentação de avaliação da conformidade para equipamento eletromédico. Uma vez que todo o

processo seja avaliado e aprovado, o fabricante obtém um certificado para o produto em questão, que deve ser apresentado a ANVISA para obtenção do registro (autorização de venda) do produto. O registro é válido por cinco anos.

A ANVISA tem tomado ações que visam responsabilizar cada vez mais o fabricante pelo acompanhamento e controle dos equipamentos após a venda, solicitando a apresentação de procedimentos que garantam que a implementação e eficácia de tais medidas atinjam níveis exequíveis²⁰. Entre estas ações, a criação de sistema de vigilância.

A Tecnovigilância é o sistema monitoramento para queixas e eventos adversos dos produtos para a saúde após a comercialização. A abrangência desta ação está estabelecida em todos os produtos para saúde, incluindo os equipamentos eletromédicos. O foco principal é manter a garantia da segurança, protegendo a saúde da população. A partir de janeiro 2007 a janeiro 2011, foram publicados 193 alertas da Tecnovigilância (números 851 a 1044), sendo que 60 dos 193 são relacionados a equipamentos eletromédicos, correspondentes a mais de 30% dos alertas emitidos pela Tecnovigilância^{21,22}.

De acordo com Guarneri²³, as empresas precisam do desenvolvimento da logística reversa. A logística reversa é um procedimento que estabelece o retorno de um produto para a sua origem através de um canal de recolhimento e/ou distribuição. Embora com uma participação considerável na redução dos custos e na construção de uma imagem corporativa ambientalmente responsável, ainda não é um processo normalmente adotado como rotina nas indústrias²³.

O desenvolvimento dos procedimentos de logística reversa ainda estão na fase inicial e as empresas não possuem claramente definidas as aplicações da mesma e os sistemas de controle para tal. Uma aplicação de metodologia foi desenvolvida a partir do WMS (*Warehouse Management System*) tradicional, estabelecendo uma forma economicamente viável de gerenciamento de resíduos dentro de uma empresa com resultados satisfatórios em termos organizacionais, de tempo e de custos. A falta de tais políticas e metodologias podem incorrer em problemas ambientais e econômicos²⁴.

As restrições por parte dos órgãos governamentais (ANVISA e INMETRO) para a adoção de normas de gestão de sistemas de qualidade preveem a implementação de uma metodologia que seja capaz de localizar os produtos eletromédicos comercializados e em casos mais críticos, políticas internas de

recolhimento do produto ao término de sua vida útil ou ainda, em caso de um evento adverso detectado após a comercialização^{17,18}.

Estudos realizados mostram que o retorno de equipamentos eletrônicos está entre 10 a 12% da totalidade de produtos fabricados. O recolhimento dos produtos fabricados não é efetivo devido a diversos fatores, tais como: baixo volume de itens movimentados dentro do setor de equipamentos eletrônicos após a vida útil do produto e a ausência de elos na cadeia produtiva favorecendo o retorno do produto²⁵.

3.5. Diretiva RoHS e a substituição de elementos nocivos

Os equipamentos eletrônicos, em geral, possuem em seus componentes diversas substâncias nocivas à saúde e ao meio ambiente tais como o chumbo, o mercúrio, o cádmio, o berílio, etc. O contato com esses elementos pode trazer complicações levando o ser vivo à morte. Caso esses materiais sejam dispersos no meio ambiente poluirão o solo, o lençol freático e o ar²⁶.

Dentre os diversos elementos que podem ser encontrados em equipamentos eletrônicos, os sugeridos como mais comuns e seus efeitos aos seres humanos são os apresentados na Tabela 1.

Por exemplo, segundo a diretiva RoHS, a liga de chumbo e estanho presente nas placas de circuito impresso para a soldagem de componentes, não deveria ser mais utilizada²⁷. Entretanto, continua sendo a liga mais utilizada para a soldagem de componentes eletrônicos, contendo 63% em massa de estanho e 37% em massa de chumbo. Verifica-se que esta liga, mesmo que usada em pequenas quantidades, é constituída por um dos metais que é veementemente restringido pela RoHS²⁸.

Considerando que atualmente, muitos produtos eletrônicos contendo chumbo foram concebidos e produzidos em grande escala, sem a consideração aos requisitos da RoHS e WEEE, torna-se imperativo o desenvolvimento de meios para evitar o descarte destes ao meio ambiente²⁹.

Atualmente, muitos produtos eletrônicos contendo chumbo continuam sendo concebidos e produzidos em grande escala, sem considerar os requisitos da RoHS e WEEE. Deste modo, como medida paliativa é imperativo o desenvolvimento de meios e medidas para se evitar o descarte destes ao meio

ambiente. O chumbo é um dos elementos que recomenda-se fortemente que não seja mais utilizado na fabricação de equipamentos eletrônicos²⁹.

Tabela 1 – Lista de elementos e seus efeitos nos seres humanos

Elemento	Efeitos
Arsênio	Câncer (seios paranasais), doenças de pele, prejudica o sistema nervoso.
Berílio	Causa câncer no pulmão.
Cádmio	Câncer de pulmões e próstata, lesão nos rins, danos aos ossos, causa envenenamento.
Chumbo	Saturnismo (cólicas abdominais, tremores, fraqueza muscular, lesão renal e cerebral), causa danos ao sistema nervoso e sanguíneo.
Cobalto	Fibrose muscular (endurecimento do pulmão) que pode levar à morte.
Cromo	Asma(bronquite); câncer
Mercúrio	Intoxicação do sistema nervoso central, causa danos ao fígado.
Níquel	Câncer de pulmão e seios paranasais.
Retardantes de chama bromados	Causam desordem hormonais, nervosas e reprodutivas.

3.6. Diretiva WEEE e os processos de reuso de componentes

A aplicação de processos de uso de materiais pode ser realizada em diversas partes e peças de equipamentos eletrônicos.

As tecnologias atualmente adotadas apresentam várias opções para a recuperação e/ou reutilização dos componentes descartados dos equipamentos eletrônicos com base nos processos convencionalmente utilizados na fabricação de componentes. Tendo como referência as placas de circuito impresso (PCI), cuja composição média é apresentada na Tabela 2, apresentar-se-á alguns dos

processos convencionais de fabricação de materiais, direcionados a recuperação de materiais descartados³⁰.

Sob o ponto de vista de Veit e Bernardes²⁷, a separação magnética e separação eletrostática mostrou-se muito eficiente para a obtenção de frações concentradas em metais. A partir das sucatas de placas de circuito impresso foi possível recuperar os metais separadamente, em especial o cobre, possibilitando que o metal seja empregado novamente em outros processos produtivos.

Tabela 2 – Composição de uma PCI³⁰

	Principais constituintes	%
Não metais	Vidro, plástico, resinas	>70%
Metais	Cobre	~16%
	Solda (Pb/Sn)	~4%
	Ferro/Ferrite	~3%
	Níquel	~2%
	Prata	~0,05%
	Ouro	~0,03%
	Paládio	~0,01%
	Bismuto, Antimônio e Tântalo	<0,01%

Os processos pirometalúrgicos são processos que utilizam elevadas temperaturas favorecendo a fusão total ou parcial dos componentes. Tem por objetivo, em função das características iniciais, a obtenção de metais ou ligas magnéticas com diversos graus de pureza³⁰. Dentre estes processos, destacam-se a calcinação e a ustulação. O primeiro é caracterizado pela elevação de temperatura para a remoção da parte volátil, ou orgânica. O segundo processo é caracterizado pelo aquecimento do material para permitir que reações químicas ocorram. Por este processo, as placas de circuito impresso são previamente submetidas a tratamentos térmicos para a eliminação da parte orgânica. Esse processo também é muito utilizado na recuperação de zinco, presente em pilhas e baterias à base de Ni-Mn e de cádmio nas pilhas à base de Ni-Cd³¹.

Os processos hidrometalúrgicos (ou via úmida), são particularmente utilizados na recuperação de metais presentes em catalisadores de veículos automotores (molibdênio, cobalto, níquel e alumínio) com grande eficiência. A

partir da combinação apropriada de técnicas de extração por solventes, precipitação seletiva e passagem por coluna de troca iônica Valverde, Paulino e Afonso conseguiram recuperar os componentes principais da fase ativa de um catalisador (níquel ou cobalto e molibdênio) e seu suporte (alumínio) com alto rendimento e elevado grau de pureza³².

Entre as várias rotas que utilizam a hidrometalurgia, a lixiviação é umas das mais conhecidas. A lixiviação empregada por S. Helena³³ se mostrou bastante eficiente na remoção de metais presentes em placas de circuito impresso. Entretanto, este processo apresenta como desvantagem o uso de soluções, em geral, compostas de cianeto, ácido nítrico e outros com propriedades venenosas e/ou corrosivas que também apresentam forte risco ambiental³⁴.

Eletrometalurgia refere-se a processos de obtenção de metais através da eletrólise, ou separação eletrostática. A eletrólise utiliza a energia elétrica para geração de energia química para as reações e pode ser dividida em duas partes: a eletrólise ígnea (ausência de água) e a eletrólise em meio aquoso^{34, 35}.

A separação eletrostática é definida pela escolha de materiais polarizados e submetidos em um campo elétrico. Este processo possibilita a separação e reciclagem de metais e não metais a partir de resíduos de equipamentos eletrônicos ou placas de circuito impresso de forma bastante eficaz, sem impactos negativos ao meio ambiente favorecido principalmente, em materiais finamente dispersos³⁶.

A biometalurgia que utiliza a ação das bactérias em processos que envolvem aplicações metalúrgicas é uma das mais inovadoras tecnologias particularmente destinada à recuperação de cobre e metais preciosos. Este processo permite a reciclagem de metais reduzindo a procura de recursos naturais e o alto consumo de energia³⁷.

A biometalurgia ou biolixiviação representa um baixo custo e baixo nível de consumo de energia, considerada como "tecnologia limpa" em relação a algumas técnicas de tratamento convencional de resíduos^{38,39}.

O processo mecânico é uma alternativa para separação em frações de metais - polímeros e cerâmicos⁴⁰. Os processos mecânicos podem ser predecessores dos tratamentos acima citados. Esse procedimento tem a finalidade de aumentar a eficácia dos processos químicos e elétricos citados anteriormente.

3.6.1. Reuso de materiais não metálicos de placas de circuito impresso

Os não-metais reciclados a partir de PCIs podem ser reutilizados, por exemplo, como enchimentos no reforço de compósitos de polipropileno. Testes mostram que a presença de não-metais também melhoram a resistência ao calor e aumenta a temperatura de início de amolecimento do polímero. Este fato aumenta o potencial de aplicação destes materiais em temperaturas elevadas. Sob o ponto de vista dimensional, as partículas que melhor contribuição ofereceram para o aumento do desempenho mecânico dos polímeros foram as classificadas como finas (menor que 150 mesh) e médias (entre 80 e 150 mesh). Em estudos realizados observou-se que adições otimizadas de partículas não metálicas em polipropileno proporcionaram um aumento porcentual nas seguintes propriedades mecânicas: resistência à tração (28,4%), módulo de elasticidade (62,9%), resistência à flexão (87,8%) e o módulo de flexão dos compósitos de polipropileno (133,0%)⁴¹. Os não-metais podem trazer grandes benefícios sociais e econômicos e, ao mesmo tempo, evitar poluição ambiental, como um novo material reciclado.

A utilização de não metais também pode abranger diversos itens decorativos a partir de processos de conformação e na aplicação de tijolos para a construção civil. Ainda é possível citar entre outras utilizações, a aplicação em piso de barcos, pára-choques de automóveis, etc⁴².

3.7. Inertização em vidro como rota para valorização de resíduos

O vidro é um material atrativo para a inertização de resíduos perigosos e que devido às suas propriedades físico-químicas e químicas apresentam características de durabilidade, estabilidade a intempéries, etc. Ainda, devido ao seu arranjo estrutural é possível fazer adições de elementos químicos tais como cobre, o chumbo, o níquel, etc. Preservando seu caráter vítreo. A inserção destes elementos na estrutura do vidro pode resultar em produtos com resistência química, e conseqüentemente reduzindo o risco ambiental⁴³.

Vários tipos de vidros podem ser produzidos com características distintas, como resultado das amplitudes possibilidades de composição química e da história de processo utilizado. Dentre estes, os vidros silicatos obtidos por fusão e resfriamento é a mais usual. De acordo com as suas formulações, os vidros

silicatos são classificados em quatro grupos principais: vidro silicato tipo soda-cal; vidro silicato com chumbo; vidro tipo boro-silicato; e vidro tipo alumino-silicato. Os vidros silicato, tipo soda-cal, representam a quase totalidade da produção industrial de vidros, sendo os mais utilizados em aplicações diversas, tais como: embalagens, vidros domésticos, vidros planos, lâmpadas incandescentes, entre outras. Sua constituição tem como óxidos principais o SiO_2 , o Na_2O e o CaO , podendo apresentar quantidades menores de outros óxidos, como o de Al_2O_3 e MgO ⁴³.

De acordo com Silva, a utilização de resíduos metálicos na composição do vidro é uma alternativa ambientalmente viável, pelo fato deste material apresentar, em geral, características físico-químicas que garantem uma elevada resistência à corrosão e por ser uma estrutura relativamente aberta, permitindo incorporar com certa facilidade, em sua estrutura, metais pesados nocivos ao meio ambiente. Como os vidros podem acomodar em suas estruturas diversos elementos, estes materiais são ideais para a retenção de resíduos, inclusive os que apresentam composições muito complexas. Em adição, o aproveitamento funcional dos metais na estrutura do vidro constitui um desafio a ser alcançado contribuindo para a valorização dos produtos gerados⁴³.

3.8. Aplicações atuais do gerenciamento de resíduos de equipamentos eletrônicos

As quantidades globais de resíduos de equipamentos eletrônicos possuem uma tendência ascendente no mundo inteiro com uma indicação de que esta tendência continuará ininterruptamente durante algum tempo devido ao surgimento de novas tecnologias e produtos eletrônicos a preços acessíveis. No entanto, há necessidade de investigações, especialmente no que diz respeito a dados atuais confiáveis sobre a quantidade de resíduos gerados pelo uso e descarte destes equipamentos, e ações sobre o armazenamento e ou captura para reutilização ou reciclagem. Aparentemente, os dados atualmente divulgados são muito inferiores aos reais e técnicas precisam ser desenvolvidas para a estimar melhor estes valores⁴⁴.

Para as nações em desenvolvimento, a reciclagem informal tem o potencial para contribuir para a reciclagem destes resíduos, se suas operações puderem

ser conduzidas em linha com as necessárias normas de segurança. Entretanto, é conhecido que as ações de controle que envolve atos legislativos são lentas em termos mundiais e, em alguns casos, inexistentes^{44, 45}.

Dentre a variedade de resíduos, os provenientes de equipamentos eletrônicos merecem atenção especial principalmente devido a presença de metais perigosos⁴⁶.

A reciclagem destes equipamentos, possui um benefício direto, que atinge a população de baixa renda que atua na atividade, aumentando seus respectivos padrões de vida. Entretanto a regulamentação do profissional neste sector deveria ser a procedente do poder legislativo de cada país⁴⁵.

Entre a grande variedade de equipamentos usados na área da saúde, o estimulador neuromuscular foi escolhido para este estudo por ser amplamente utilizado em hospitais e clínicas particulares e apresentar componentes reutilizáveis e/ou descartáveis após o uso. Considerando-se que estes dispositivos são descartados e enviados normalmente a aterros sanitários, uma das formas de mitigar o impacto ambiental provocado por estas ações é reduzindo ou reconduzindo o emprego de tais componentes para uso, por exemplo, como nova matéria prima. Não foram encontrados estudos que quantificassem os estimuladores neuromuscular comercializados no Brasil.

Uma possibilidade viável devido ao elevado volume de produção é o uso de metais presentes em equipamentos eletromédicos em materiais vítreos largamente utilizados pelo setor cerâmico tanto como produtos (vidros silicatos) ou como insumos cerâmicos (pigmentos corantes, fritas e esmaltes)^{46, 47}.

4. Materiais e Métodos

4.1. Material

O equipamento escolhido para este estudo foi um estimulador neuromuscular de fabricação nacional, devido a sua ampla utilização em hospitais, clínicas e uso doméstico. As características principais do equipamento são apresentadas na Tabela 3.

O estimulador neuromuscular possui diversos tipos de metais aplicados em componentes eletrônicos (capacitores, circuitos integrados, transistores, etc.). Estes metais apresentam potencial para uso funcional em materiais cerâmicos.

Tabela 3 – Características do estimulador neuromuscular

Equipamento	Estimulador neuromuscular
Modelo	Stim Cell
Frequência média	2500 Hz
Tensão	100-240V
Fabricante	Advice Master

Para o processo de vitrificação foram utilizados os seguintes reagentes, de pureza comercial: SiO₂, 98% em massa; Na₂CO₃ - Nuclear, 95,0 % em massa; NaOH - Nuclear, 97,0 % em massa; K₂CO₃ - Carlo Erba, 99,0% em massa; CaO - Nuclear, 95,0 % em massa; H₂BO₃ - Química Moderna, 97,0% em massa; e, Al₂O₃ - Alcoa A1000.

4.2. Desmontagem e classificação dos componentes

O equipamento foi previamente submetido a um processo de limpeza e desinfecção (álcool 70%) e cuidadosamente desmontado, evitando danos às suas partes e peças, utilizando-se ferramental adequado.

Baseando-se nos critérios estabelecidos pelas diretivas RoHS e WEEE (item 3.2), após a desmontagem do equipamento selecionou-se os componentes agrupando-os de acordo com a presença de elementos perigosos, volume ou massa utilizados no equipamento e potencial de substituição.

Os componentes selecionados foram inicialmente funcionalmente agrupados em transformadores, fios e cabos em cobre, liga de soldagem e placas de circuito

impresso. Alguns destes componentes, quando pertinente, seus elementos foram analisados, e posteriormente agrupados por tipo de material e a fração de cada material determinada. Os demais componentes não foram considerados neste estudo por apresentarem a possibilidade de recuperação e reciclagem por processos convencionalmente estabelecidos.

Os transformadores utilizados nos equipamentos médicos em geral são de pequeno porte e fabricados com cobre, polímeros, papel e um meio para a condução de campo magnético constituído, em geral, de metais tais como ferro, silício, níquel, manganês, cromo, vanádio, cobalto e alumínio, ou a combinação de todos estes⁴⁸.

O estimulador neuromuscular utiliza cabos de cobre para a alimentação do circuito de geração de corrente elétrica e para o fornecimento de corrente até o paciente. Internamente, a quantidade de cabos é reduzida devido à interligação dos componentes serem realizados diretamente sobre placas de circuito impresso.

Para garantir a conexão elétrica entre os componentes de um circuito eletrônico, é necessário que estes componentes estejam adequadamente fixados, ou seja, mecanicamente sustentados e imóveis e um meio de conexão condutiva para que cada componente possa realizar a sua função dentro de um circuito eletrônico. Desenvolveu-se, ao longo do tempo, placas de sustentação e conexão de componentes eletrônicos, chamadas de placas de circuito impresso. Porém, somente a placa não é suficiente para garantir a conexão e a imobilidade de cada componente. Para garantir o suporte mecânico e a condutividade elétrica entre um componente eletrônico e a placa de circuito impresso, uma liga de metal de chumbo e estanho foi desenvolvida. Além de fixação mecânica e condutividade, a liga de soldagem também tem a função de proteger o cobre da placa de circuito impresso contra corrosão³⁴.

As placas de circuito impresso, utilizadas foram previamente desconectadas e removidas do produto. Neste equipamento estas placas apresentam as dimensões de 100x72mm, 300x140mm e 90x350mm (*dual layer* - termo utilizado identificando que a placa de circuito impresso possui trilhas em cobre em duas superfícies).

Os transformadores foram removidos por corte das conexões e segregados.

4.3. Avaliação segundo a diretiva RoHS

Considerando-se que o objetivo estabelecido para a diretiva RoHS é a restrição ao uso de determinadas substâncias, amostras de algumas partes do equipamento foram analisadas por fluorescência de raios X para a determinação da composição química dos mesmos. Os valores determinados foram comparados com os valores estabelecidos ou sugeridos pela diretiva RoHS.

A massa total de cada componente analisado foi medida direta ou indiretamente.

A liga de soldagem presente no equipamento foi avaliada em função de sua quantidade média nas ilhas de soldagem das placas de circuito impresso. Sabendo-se que o chumbo tem uso muito restrito, determinou-se a quantidade de liga de chumbo e estanho aplicada ao produto, considerando-se a quantidade de liga aplicada em cada ilha de solda de componente. Ilha é neste caso, se refere à cada região da placa de circuito impresso destinado à fixação de componente eletrônico por meio de soldagem ou seja, ponto de solda sobre a placa.

A estimativa do valor foi obtido executando a soldagem de quarenta pontos de soldagem em componentes utilizados no equipamento através do processo PTH (*Pin Through Hole*), em cada ilha. Após a secagem, o material empregado na soldagem foi removido com um sugador de solda manual acionado por mola. O material recolhido pelo sugador foi em seguida pesado em uma balança analítica da marca Mettler Toledo, modelo AG204, 200g e resolução de 0,00001g.

4.4. Avaliação segundo a diretiva WEEE

Para cada componente, a separação e a determinação da composição foi realizada segundo os procedimentos a seguir.

4.4.1. Transformadores

Os transformadores foram separados das placas de circuito impresso utilizando-se alicate de corte. No equipamento analisado, estes componentes são da marca Lucontec e foram segregados por tamanho, sendo oito transformadores de corrente (os menores) e transformador de entrada de alimentação (maior). A massa de cada material que compõe os transformadores foi determinada utilizando-se uma balança Shimadzu, modelo BL3200H, com capacidade para 3.200g e valor de uma divisão de 0,01g.

Os transformadores foram desmontados individualmente e numa primeira etapa a pilha de chapas de aço que constituem o meio magnético do transformador foi removida. Numa segunda etapa foram removidas as espiras de cobre e a pós a separação do papel isolante presente entre as mesmas, estas foram finalmente separadas do suporte polimérico do transformador. Os materiais obtidos nestes equipamentos foram reunidos em quatro grupos: aço, cobre, plástico e papel.

As partes do transformador foram mecanicamente separadas, ou seja, a remoção e separação de seus diferentes materiais. O cobre foi removido pelo corte das espiras. Nesse mesmo corte foi possível remover o papel isolante e o polímero que retém as espiras.

4.4.2. Fios e cabos

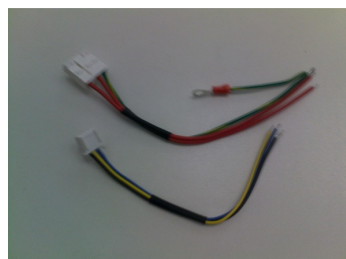
O estimulador neuromuscular utiliza cabos de cobre para a alimentação do circuito de geração de corrente elétrica (Figura 1a) e para o fornecimento de corrente até o paciente (Figura 1b). Internamente, a quantidade de cabos (Figura 1c e Figura 1d) é reduzida devido à interligação dos componentes serem feitos através da placa de circuito impresso.



(a)



(b)



(c)



(d)

Figura 1 - Cabos condutores elétricos: (a) de alimentação; (b) de paciente; (c) interno para alimentação e proteção (terra); (d) interno de conexão ao circuito de paciente.

Os cabos foram separados do equipamento em três subgrupos, de acordo com sua função: cabeamento de alimentação, cabeamento interno e conexões de paciente. Esta separação foi realizada por cisalhamento utilizando-se um alicate de corte. O cobre foi removido da capa de PVC isolante e ambos agrupados aos materiais de espécies similares.

A massa total de PVC e cobre presente em cada subgrupo, foi determinada utilizando-se uma balança Shimadzu, modelo BL3200H, com capacidade para 3.200g e valor de uma divisão de 0,01g.

4.4.3. Placas de circuito impresso

As placas de circuito impresso teve suas dimensões e massa determinadas com uma escala de aço inox de 50mm e balança semi-analítica (Shimadzu, modelo BL3200H).

As placas de circuito impresso, utilizadas na fabricação do estimulador neuromuscular, com dimensões de 100x72mm, 300x140mm e 90x350mm (*dual layer* - termo utilizado identificando que a placa de circuito impresso possui trilhas em cobre em duas superfícies), foram previamente desconectadas e removidas do produto, aqui denominadas *e-waste*.

Os componentes eletrônicos fixados foram triturados juntamente com as placas. Este material granulado foi classificado por peneiramento (< 65 mesh) e amostras de 15g foram separadas e destinadas à análise por fluorescência de Raios X e, após a análise, o material foi reintegrado à amostra.

4.4.4. Procedimento de adequação à WEEE

Como procedimento para a recuperação do material descartado selecionou-se as placas de circuito impresso devido à sua complexidade estrutural e diferentes classes de materiais envolvidos em sua composição.

Após a moagem, homogeneização e classificação granulométrica, como descritos no ítem anterior, uma parte deste material foi submetido a tratamento térmico visando a remoção da parte da orgânica deste componente. Com este propósito uma amostra (aproximadamente 40g) foi condicionada em uma navícula de alumina (Figura 2a) e tratada termicamente, utilizando-se uma taxa de aquecimento de 10°C/min. até a temperatura de 300°C por duas horas. Em seguida aquecendo-a a temperatura de 1300°C, com a mesma taxa, fazendo-se

patamares 2 horas a cada 100°C, com o objetivo de melhor homogeneizar a temperatura. A atmosfera utilizada neste ensaio foi ar normal. O tratamento foi realizado em um forno tipo mufla (EDG Equipamentos Ltda., modelo 3P-S) (Figura 2b).

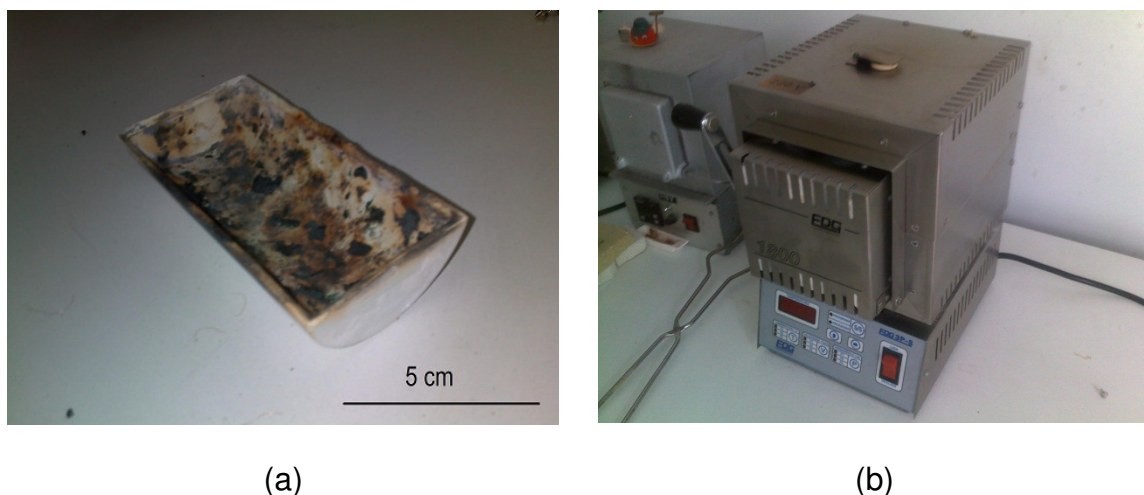


Figura 2 - (a) Forno tipo mufla e (b) navícula de alumina (porta amostra) utilizada no tratamento térmico das PCIs

Após a calcinação, o resíduo foi desagregado e classificado até <65 mesh (< 240 microns).

Amostras do resíduo calcinado foram enviadas para análise por fluorescência de raios X afim de se determinar os elementos remanescentes.

4.4.5. Atendimento à WEEE – incorporação de resíduo de PCI em vidro

Nesta etapa, baseando-se em trabalhos anteriores foi realizado ensaio de incorporação em matrizes vítreas dos resíduos das PCI tendo como critério o uso de temperaturas de fusão $\leq 1300^{\circ}\text{C}$, de forma a se evitar a sublimação de Ni, Cu, Pb ou Zn. Foram calculadas duas composições de vidro soda-cal-borosilicato tendo como base de cálculo, de acordo com os diagramas de equilíbrio dos sistemas $\text{CaO-Na}_2\text{O-SiO}_2$ e $\text{B}_2\text{O}_3\text{-CaO-SiO}_2$ (8), representos na Figuras 3a e 3b, respectivamente. A concentração de CaO (óxido modificador R^{2+}) foi de 20 % em massa. Os vidros resultantes foram denominados como vidros T20 com o sufixo “HW” (*Hospital Waste*) e serão, neste estudo, considerados vidros de referência.

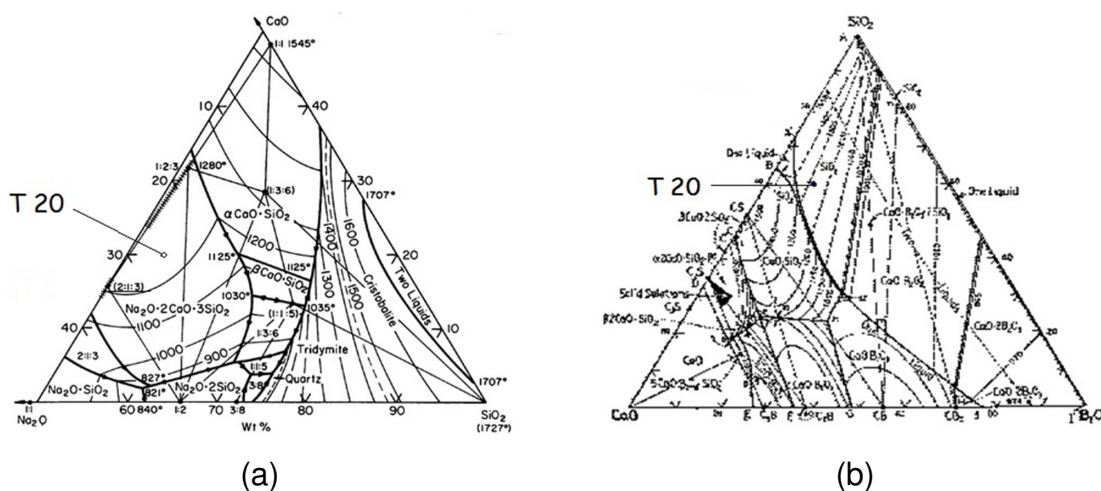


Figura 3 – (a) Diagrama $\text{Na}_2\text{O}:\text{CaO}:\text{SiO}_2$ e (b) Diagrama $\text{B}_2\text{O}_3:\text{CaO}:\text{SiO}_2$

Supondo-se que o Ca^{2+} pode ser substituído por metais também de transição, o resíduo eletrônico (e-Waste) pode ser incorporado nesta série de vidros, desde que se considere a equivalência molar dos cátions e a valência típica destes metais, no vidro (Fe^{3+} , Al^{3+} , Cu^{2+} , Zn^{2+} , Ni^{2+} , Pb^{2+}). Por exemplo, 1,0 mol Fe^{3+} equivalente a 1,5 mol de Ca^{2+} ; 1,0 mol Cu^{2+} equivalente a 1,0 mol de Ca^{2+} , etc. Partindo-se destas relações, composições contendo o mesmo equivalente em resíduo foram respectivamente denominadas como T15HW e T20HW, os quais acomodaram 30 e 40 % em massa de resíduo eletrônico calcinado. Estes vidros serão citados neste trabalho como os da série THW. A composição é apresentada na Tabela 4. Observa-se nessa tabela que a diferença em massa entre os vidros de referência e seus respectivos derivados contendo o resíduo eletrônico é devida a diferença de massa entre o CaO e os metais que o substituem, sendo mantida a proporção molar conforme os critérios de formulação adotados⁴³.

Utilizando-se como base de preparação 30g de mistura, fez-se os cálculos necessários para a fabricação do vidro baseado na Tabela 7 e foi estabelecida quantidade de elementos químicos conforme Tabela 4.

Tabela 4 – Tabela de massa de elementos químicos para a fabricação de vidro

Componente	Massa (g)
Resíduo	10,08
RFS – Sílica	6,35
H ₃ BO ₃	3,57
NaOH	8,27
CaO	1,20
K ₂ O	0,33
Al ₂ O ₃	0,0

Os componentes da Tabela 4 foram homogeneizados em almofariz de porcelana e acondicionado em cadinho de alumina e submetido a fusão em um forno resistivo vertical (Lindenberg/Blue – Blue M eletric CP 56724C), a uma taxa de aquecimento de 10 °C por minuto até 1500 °C, permanecendo nesse patamar por duas horas. Após a fusão da composição vítrea, as amostras foram vertidas em um molde de aço carbono(SAE 1050), de simetria prismática, previamente aquecido a 500 °C. Este molde foi confeccionado de acordo com o esquema ilustrado na Figura 4.

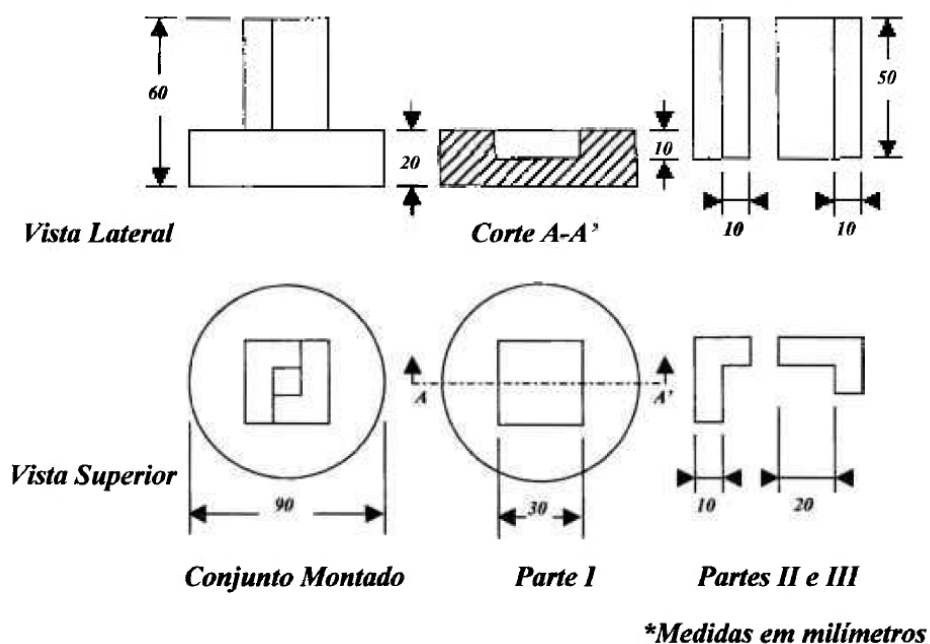


Figura 4 – Desenho esquemático do molde utilizado para verter o vidro fundido

4.4.6. Técnicas de caracterização

A fluorescência de raios-X foi utilizada para determinar a composição química tanto dos materiais de partida como dos vidros obtidos. Para esta na análise, utilizou-se amostras na forma de pó (mesh 65, <210 µm).

A técnica de difração de raios X foi utilizada para identificar possíveis fases cristalinas presentes ou avaliar o grau de amorfização do vidro. Os parâmetros do ensaio adotados foram: ângulo 2θ entre 10° e 80° com passos de 0,05° e tempo de medida de 5s.

A técnica de espectrofotometria no infravermelho com transformada de Fourier (FT-IR) foi utilizada neste estudo para identificar os grupamentos funcionais que compõe a estrutura de diversos materiais, cujos modos de vibração interagem com os comprimentos de onda dos raios emitidos pela fonte de infravermelho.

4.4.7. Representação esquemática proposta para parte experimental

A Figura 5 apresenta de forma sucinta, as principais etapas da parte experimental deste trabalho para atender os requisitos da diretiva RoHS e a possibilidade de rota para a conformidade com a diretiva WEEE.

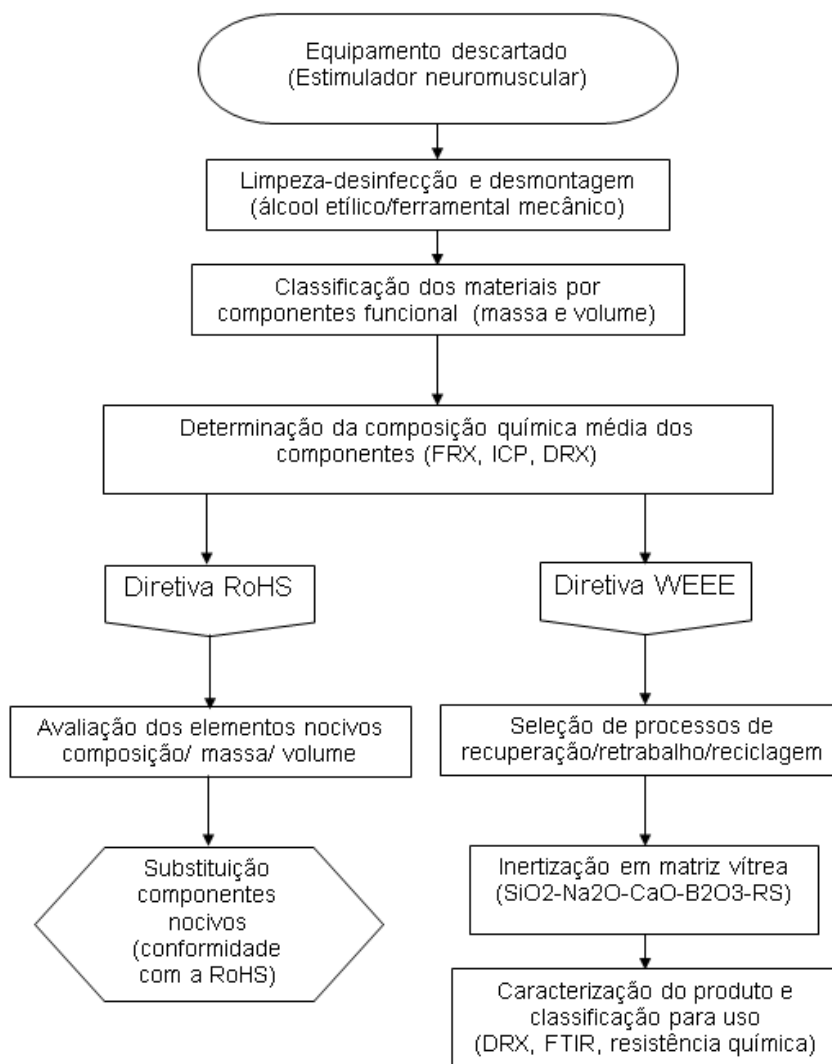


Figura 5 – Diagrama de blocos das etapas propostas para o procedimento experimental

5. Resultados e Discussão

5.1. Estimulador neuromuscular: funções e composição

O equipamento em estudo é um estimulador neuromuscular que se baseia na utilização de corrente elétrica controlada para a estimulação de músculos e nervos²⁶.

O estimulador neuromuscular é composto por gabinete, circuitos eletrônicos agrupados em três placas de circuito impresso, transformadores, cabos internos e externos, etc.

5.2. Avaliação RoHS

5.2.1. Avaliação das placas de circuito impresso – componentes presentes nas soldas de componentes

O estimulador neuromuscular, conforme especificação do fabricante, utiliza a liga de chumbo-estanho na soldagem dos componentes na proporção 63/37, ou seja, 63% de estanho e 37% de chumbo em massa.

Durante a etapa de classificação foram encontradas 2332 ilhas de soldagem nas placas de circuito impresso do estimulador neuromuscular. Considerando 1mg de material de solda para cada ilha no equipamento existe aproximadamente 2,332g da liga de chumbo e estanho, o que corresponde a 0,07% da massa total do equipamento.

Embora o índice de chumbo represente menos de 0,1% da massa do equipamento, este valor é suficiente para estar em desacordo com os requisitos da diretiva RoHS. Pois o chumbo, mesmo em pequena quantidade, não foi mitigado e não está sob as considerações do anexo I da RoHS. Deste modo, seria necessário aplicar métodos como os adesivos de soldagem ou solda por prata ao invés de ligas com chumbo (*Lead-Free*) para eliminar o chumbo do equipamento^{49, 50}.

Avaliação de algumas soluções foram encontradas, para substituir as soldas à base de chumbo e estanho, como o uso de adesivos condutores com a finalidade de fixar componentes. Ainda que em fase inicial está se utilizando com bons resultados os adesivos condutivos isotrópicos, na montagem de

componentes eletrônicos em placas de circuito impresso com tecnologia SMD (Surface Mount Device). As temperaturas de cura destes adesivos são inferiores às temperaturas de fusão das pastas de solda e, portanto, são menos agressivas ambientalmente, quando utilizadas nos componentes e placas de circuito impresso. Por outro lado, ainda são necessários ensaios mecânicos e testes de confiabilidade a fim de se avaliar a vida útil de produtos eletrônicos montados com esse tipo de material. Além da variação de condições climáticas (temperatura, umidade e pressão) às quais em geral, são submetidos os equipamentos eletrônicos durante a sua vida útil, também deve –se considerar as condições de manuseio e de transporte, que podem danificar a soldagem^{28, 51}.

Os componentes eletrônicos são tradicionalmente soldados com liga de chumbo e estanho, sendo que o primeiro elemento, possui alta toxicidade e os resíduos partidos do processo de sua obtenção e reciclagem podem contaminar o solo, o ar e a água. Com o intuito de minimizar essas ocorrências, fabricantes de produtos eletrônicos, para atenderem também aos requisitos da RoHS, necessitariam de um sistema de soldagem diferente do que é comumente aplicado no Brasil e em países que possuem legislação restritiva ao chumbo. As ligas de chumbo e estanho não satisfazem os requisitos da diretiva RoHS. Sendo assim, uma solução encontrada e estabelecida no mercado é conhecida como Lead-Free ou Pb-Free⁴⁰.

Deste modo, a RoHS possui impacto global, atingindo toda a cadeia de fornecedores em diversos segmentos e colocando significativos desafios inovadores, principalmente quanto à eliminação do chumbo na solda.

5.3. Adequação do procedimento segundo a Diretiva para descarte de resíduos elétrico e eletrônico (WEEE)

Os componentes selecionados neste estudo que compõem o eletroestimulador analisados sob as orientações da Diretiva WEEE são apresentados a seguir:

5.3.1. Transformadores do eletroestimulador descartado

A desmontagem dos transformadores geraram os seguintes materiais: papel, cobre, plástico e aço.

Estes materiais podem ser enviados com certa facilidade para os seus processos de reciclagem já estabelecidos. Os materiais ferromagnéticos (aço) podem ser reciclados como aço convencional. Não existe, agregado ao material utilizado no núcleo do transformador, elementos químicos com alto valor agregado que sejam economicamente viáveis à separação de um elemento químico separadamente como por exemplo, o cobre das espiras do transformador.

Os plásticos podem ser utilizados em materiais estruturados desde que sejam avaliadas as condições de uso. Os plásticos possuem comportamento estrutural que depende em geral, das condições de temperatura e taxa de deformação. A temperatura é um fator limitante, pois à medida que se esta aumenta, o módulo de elasticidade diminui. Tratando-se de materiais estruturais, a perda de rigidez é um aspecto crítico, pois é indesejável o surgimento de deformações excessivas que podem causar o colapso da estrutura^{52, 53, 54}.

O papel, embora em pequena quantidade, pode ser armazenado e enviado a recicladores de papel comercialmente estabelecidos. Basicamente o papel pode ser reciclado entre sete e dez vezes, prolongando a vida útil deste material. Esse número é devido a vida útil da fibra de celulose que compõe a estrutura do papel que perde as suas funções entre 7 e 10 vezes após ser submetida ao processo de reciclagem⁵⁵.

A Tabela 5 apresenta a determinação dos elementos e suas respectivas massas encontradas nos transformadores do estimulador neuromuscular.

Tabela 5 – Avaliação (em massa) dos principais componentes utilizados na construção dos transformadores, após o uso

	Aço		Cobre		Papel		Plástico		Massa total	
	(g)	(%)	(g)	(%)	(g)	(%)	(g)	(%)	(g)	(%)
Transformador de alimentação	389	60	233	36	4	1	17	3	643	100
Transformador de corrente	36	46	25	32	5	6	13	16	79	100

5.3.2. Fios e cabos

Estes componentes são constituídos basicamente pelo polímero cloreto de polivinila e cobre metálico.

Os processos mais eficazes para a reciclagem destes componentes são a elutriação e separação por meio denso. A importância da aplicação de um processo de reciclagem neste componente é para a remoção do cobre que pode ser reciclado e possui alto valor agregado³⁰.

O estudo apresentado por Araújo apresenta métodos de reciclagem e separação de resíduos de cabos, porém o mesmo não contempla os plugues. Para o estimulador neuromuscular, aplicam-se os métodos citados por Araújo aos cabos de alimentação, cabos de paciente e cabeamento interno, pois todos são de cobre, revestidos com PVC (cloreto de polivinila)³⁰.

De acordo com Araújo, o PVC é um composto que deriva de duas matérias primas: etileno e cloro. Existem quatro tipos de PVC básicos e o PVC flexível é o polímero utilizado no revestimento de fios e cabos elétricos. A presença do átomo de cloro dá a característica natural de não propagar chama (característica desejada em fios e cabos elétricos)³⁰.

A elutriação consiste em um aparelho para uma separação granulométrica tendo como princípio de funcionamento a colocação do produto (neste caso, mistura de cobre e PVC) na forma de polpa aquosa, ou seja, despejado em proporção conhecida em um fluido de transporte, onde o material mais denso é deslamado, ficando retido, enquanto o material menos denso é transportado a outro local por arraste do fluido. Foi evidenciado que esse processo, embora se obtenha um alto grau de pureza (próximo de 100%), o alto consumo de fluido é o ponto negativo. Para uma amostra de aproximadamente 200g, foi consumido 100 litros de água em uma vazão de 85 ml/s. Sendo a amostra colocada no elutriador o cobre é sedimentado e o PVC arrastado a outro recipiente³⁰.

O processo de separação por meio denso é o método baseado na força gravitacional com um fluido de densidade conhecida e intermediária entre os componentes da amostra que se deseja separar. Para os fios e cabos, um fluido que possua densidade entre $8,92 \text{ g/cm}^3$ (cobre) e $1,35 \text{ g/cm}^3$ (PVC). Para este caso, utilizou-se solução aquosa de cloreto de cálcio, com densidade de $1,41 \text{ g/cm}^3$. O flutuado foi o PVC e o depositado foi o cobre. A separação se dá pelo

recolhimento do PVC da superfície do fluido. Para que esse processo seja executado com êxito, é necessária a garantia de separação entre o PVC e o cobre. A utilização de um moinho de facas para obter-se a granulometria de 3 mm é necessária, pois o método não é eficaz em partículas menores que 3 mm. Em grãos maiores o método também pode ser aplicado, porém é necessário garantir o descolamento mecânico entre PVC e cobre dentro da mesma amostra, para que exista flutuação do PVC e submersão do cobre³⁰.

A massa aproximada dos cabos encontrados no equipamento está apresentado na Tabela 6. A separação do cobre e do PVC foi realizada com um estilete e um alicate universal.

Tabela 6 – Tabela de massa de cobre e PVC encontrados nos cabos

	Cobre		PVC (g)		Massa total (g)	
	(g)	(%)	(g)	(%)	(g)	(%)
Cabeamento de alimentação	125	85	22	15	147	100
Cabeamento interno	37	84	7	16	44	100
Conexão de paciente	325	85	57	15	382	100

Nos cabos, a quantidade de cobre é de aproximadamente 85% da sua constituição, sendo considerada, quando em grande quantidade, um alto valor agregado.

5.3.3. Placas de circuito impresso avaliação segundo a WEEE

A amostra apresentou, nas análises de fluorescência de Raios X, os elementos listados na Tabela 7. Estes resultados são parte dos requisitos para o processo de inertização do resíduo (amostra) em vidro.

Observa-se, a partir destas análises que o conteúdo em chumbo e estanho na liga utilizada é respectivamente 38% e 62% em massa, validando o que foi declarado pelo fabricante, e não atendendo ao requisito da RoHS.

Conforme apresentado por Veit e Bernades²⁷, encontrou-se, em ambas amostras, quantidades semelhantes de cobre (18% e 16%), liga de chumbo e estanho (4% em duas amostras analisadas). Elementos como Silício não foram

identificados por Bernardes, e na amostra em questão foi encontrado mais de 43% de sua composição.

O bromo encontrado (aproximadamente 12%) indica a presença de retardadores de chamas bromados (bifenil polibromado, PBB ou éter difenílico polibromado, PBDE) utilizados comumente na confecção de placas de circuito impresso para atender normas^{56, 57} de contenção de propagação de chama.

Tabela 7 – Elementos encontrados na amostra da placa de circuito impresso do estimulador neuro-muscular – após trituração

Elemento	Quantidade na amostra (% em massa)
Silício	43,64
Cobre	18,67
Bromo	12,02
Cálcio	11,33
Ferro	5,86
Estanho	2,66
Chumbo	1,63
Níquel	1,34
Zinco	0,82
Antimônio	0,72
Titânio	0,67
Enxofre	0,35
Prata	0,17
Estrôncio	0,13

Até o presente momento não foram encontrados estudos que apontem para novos compostos na produção de placas de circuito impresso que substituam os retardadores de chama à base de bromo e que atendam os requisitos de normas de segurança⁵⁶ para equipamentos eletromédicos.

5.4. Valorização e inertização de materiais descartados

Considerando a massa inicial de 40,3g (antes da calcinação) e a massa final após a calcinação de 35,3g. Verifica-se que houve perda de massa de cerca de 12% (5,0g) durante o tratamento térmico de calcinação.

A amostra calcinada foi enviada para análise por fluorescência de raios X e os resultados são os apresentados na Tabela 8.

Tabela 8 – Elementos encontrados na amostra da placa de circuito impresso do estimulador neuro-muscular – após calcinação

Elemento	Valor obtido em % mássica
Cobre	35,65
Silício	24,97
Ferro	12,12
Estanho	5,97
Alumínio	5,30
Cálcio	5,17
Chumbo	2,85
Manganês	2,64
Zinco	1,66
Níquel	1,09
Enxofre	0,90
Antimônio	0,88
Titânio	0,41
Estrôncio	0,25
Tório	0,07
Bromo	0,05
Zircônio	0,03

Como se observa, após a calcinação predominantemente os elementos encontrados foram o cobre e o silício.

Após a formulação e homogeneização da composição do vidro (Tabela 4), fusão da mesma e vertimento em molde prismático, o vidro resultante apresentou o aspecto ilustrado na Figura 6. A composição química final dos vidros é apresentada na Tabela 9 e o espectro de difração de raios X, na Figura 7.

Foi evidenciada a incorporação dos metais alumínio, cobre, ferro, estanho, chumbo, manganês, zinco, níquel, estrôncio e antimônio (Figura 7).

O difratograma de Raios X correspondentes ao vidro (T20-HW), indica estrutura amorfa característica para os vidros silicatos. Contudo, a análise do

difratograma indica que além da fase amorfa vítrea, ocorre a formação de fase cristalina, correspondente ao óxido de Ferro (FeO, PDF89-0687). apresentados na Figura 7.

Tabela 9 – Composição encontradas na amostra de vidro

Composição	Quantidade na amostra (%)
SiO ₂	36,62
Al ₂ O ₃	21,83
CuO	19,37
CaO	7,15
Fe ₂ O ₃	6,62
SnO	2,81
PbO	1,11
MnO	1,10
K ₂ O	1,09
ZnO	0,96
NiO	0,83
Sb ₂ O ₃	0,36
SrO	0,14

Entretanto, também se observa-se que está presente (Tabela 9) e que ocorreu a incorporação dos metais silício, alumínio, cobre, ferro, estanho, chumbo, manganês, zinco, níquel, estrôncio e antimônio.



(a)



(b)

Figura 6 – Amostras do vidro soda cal modificado com boro com 40% de resíduo, (a) seção transversal e (b) seção longitudinal da amostra

O espectrograma obtido por FTIR para o vidro T20-HW é mostrado na Figura 8. A análise do espectro indica que para este vidro ocorre a predominância dos arranjos da sílica Q4 e Q3, os quais estão fortemente associados aos cátions Na^+ . Para este vidro observa-se a participação ativa dos metais na estrutura, formando silicatos de metais. Por outro lado, pode-se observar que parte dos metais esta segregada da estrutura. Este resultado esta de acordo com o difratograma de raios-x (Figura 7) onde se observa a formação de cristais de FeO.

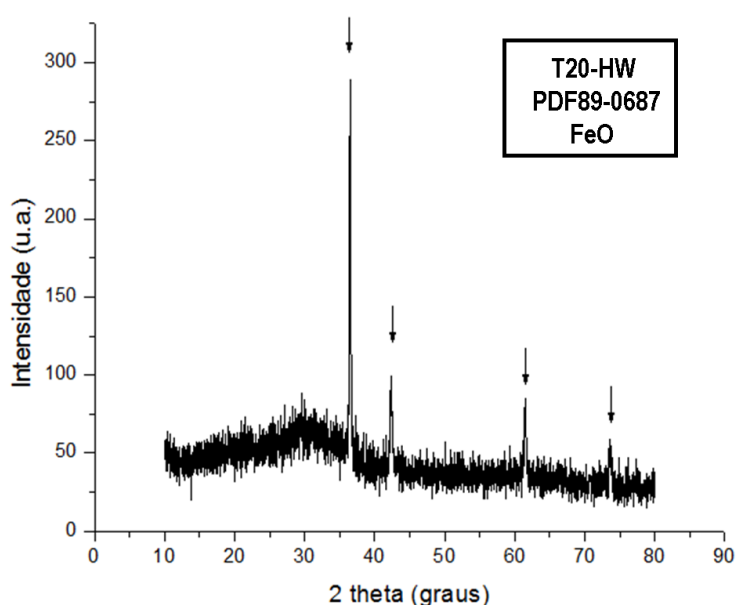
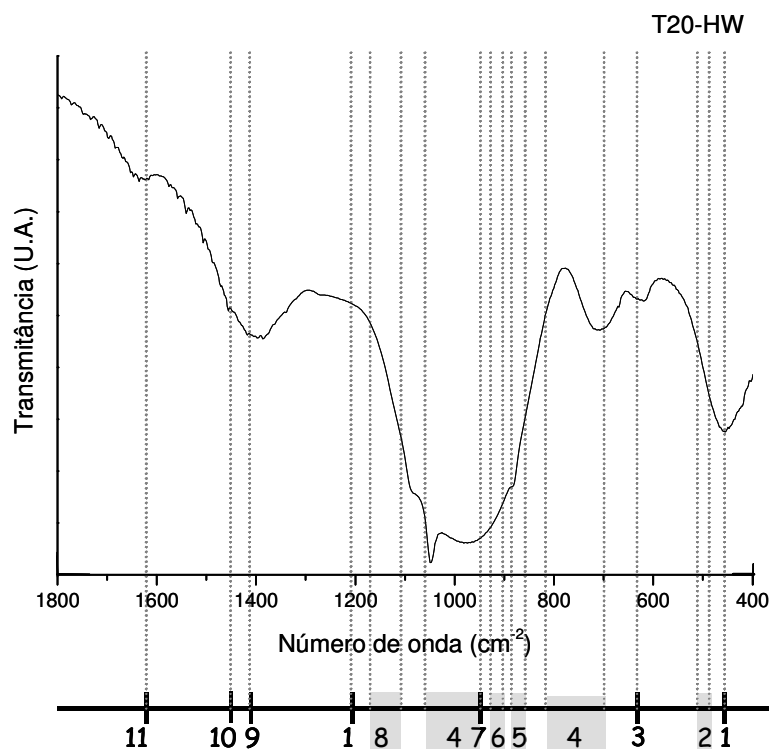


Figura 7 – Difratograma de raios-X para o vidro T20-HW

É interessante notar, que neste vidro foram adicionadas quantidades significativas de cobre e ferro, sugerindo que o cobre foi totalmente incorporado na estrutura e que apenas parte do ferro se apresenta na forma de silicatos. O arranjo estrutural observado nestes espectros esta de acordo com a hipótese apresentada por Silva, A.C. et al para a formação na rede vítrea de grupos $\text{Si-O}-(\text{Cr}^{3+}, \text{Ni}^{2+}, \text{Cu}^{2+})$, sobre a participação de metais na rede vítrea. Esta hipótese também aborda a participação de Fe na rede, quando se considera a substituição do modificador CaO por metais de transição^{58, 59, 60}.

Na Figura 8, observa-se no espectrograma de FTIR, a presença de boro estrutural e boro segregado, indicando o excesso deste na formação da rede vítrea. Este resultado e a observada segregação do FeO , claramente indica, que o

cobre, ferro e boro competem entre si para posicionarem-se como modificadores e/ou formadores secundários na rede vítrea, como sugerido por Silva, A.C. et al⁵⁸.



1 - Si-O,[Q⁴]; 2 - Óxidos metálicos segregados; 3 - Si-O-B Estrutural;
 4 - Silicatos de metais; 5 - Si-O[NB],[Q⁰]; 6 - Si-O[NB][Q¹]; 7 - Si-O[NB],[Q²];
 8 - Si-O[NB],[Q³]; 9 - B-O Livre; 10 - Na-O; e, 11 - Água livre

Figura 8 – Espectrograma de FTIR para amostra de vidro T20-HW

Deste modo, é perfeitamente possível, utilizar os metais presentes nas PCI em vidros silicatos de boa resistência como os vidros desenvolvidos por Silva, *et al.*⁵⁸.

Cabe destacar a partir de uma perspectiva analítica que a WEEE, ao contrário do observado na RoHS, tende a ter impactos regionais, principalmente devido ao fato da indústria de reciclagem se desenvolver preferentemente em torno das fontes de descarte. Entretanto, não se tem registro quantitativo sobre os seus efeitos inovadores e de estímulo ao desenvolvimento de produtos. Com a observação do equipamento estimulador neuromuscular, que é composto de partes e peças provenientes da indústria eletro-eletrônica foi possível identificar que o mesmo pode ser desenvolvido utilizando conceitos já estabelecidos para outros mercados onde as Diretivas RoHS e WEEE são utilizadas e possivelmente

sem acrescentar significativo custo de processo, ou seja o processo produtivo continua o mesmo.

5.5. Aspectos logísticos finais

Como panorama econômico ilustrativo, sugere-se a consideração da taxa de Pigou. Segundo Pigou, o custo da logística reversa e do retorno do produto a uma linha de retrabalho, reciclagem ou reaproveitamento atualmente é externalizado. Este custo é considerado externalizado porque o fabricante não atua em métodos para mitigar o dano causado pelo produto por ele produzido e nem com o retorno do mesmo à origem. Com a aplicação das diretivas RoHS e WEEE, é permitido ao fabricante internalizar esse custo. Desta forma, o custo que atualmente é externalizado, transformar-se-ia em custo internalizado, ou seja, o fabricante, sendo responsável por cada unidade por ele fabricada inseriria no seu programa o retorno do equipamento ao término de sua vida útil. Adicionalmente, o fabricante seria o retentor do seu resíduo eletrônico, com a possibilidade de valorizá-lo e obter uma nova linha produtiva, ou ainda, fornecer este resíduo, tratado ou não, como fonte de matéria prima a outro setor produtivo. Garantindo assim a redução na extração de matéria prima da natureza e a quantidade de resíduo sólido despejado no meio ambiente.

Embora as diretivas RoHS e WEEE não sejam obrigatórias aos equipamentos eletromédicos devido ao fato do volume de fabricação representar uma pequena parcela dos equipamentos eletrônicos. Deste modo, a aplicação destas diretivas evidenciam um comprometimento com o meio ambiente e com a sociedade onde habitam todos os seres.

6. Conclusão

Foram estabelecidos procedimentos de aplicação das diretivas europeias RoHS (*Restriction of the Use of Certain Hazardous Substances in Electrical and Electronic Equipment*) e WEEE (*Waste Electrical and Electronic Equipment*) para equipamentos eletromédicos de fabricação nacional. Sendo que a RoHS, para esta classe de equipamentos, constitui uma contribuição inédita.

Os procedimentos desenvolvidos neste trabalho apontaram possíveis modificações para a liga de soldagem utilizada na fixação dos componentes eletrônicos. Ao se submeter o equipamento descartado à Diretiva RoHS, verificou-se que é possível atendê-la com pequenas modificações dos materiais utilizados.

A diretiva RoHS apresentou impacto maior de inovação do que a diretiva WEEE.

Devido a aspectos voltados para ações globais envolvendo produtos e processos, constatou-se que as ações necessárias para atender as sugestões da diretiva RoHS devem ser também de âmbito global para atingir de forma eficiente toda a cadeia de fornecedores em diversos segmentos e colocando desta forma, significativos desafios inovadores, como neste estudo, verificou-se para a necessária substituição do chumbo na solda.

Verificou-se que a WEEE apresenta impactos regionais sob o ponto de vista ambiental, devido ao fato da indústria de reciclagem se desenvolver preferentemente em torno das fontes de descarte.

A observação do equipamento estimulador neuromuscular, sob a ótica WEEE, permitiu estabelecer uma rota para inertização/valorização do resíduo gerado a partir do produto descartado, incorporando elementos químicos considerados prejudiciais ao meio ambiente.

Em atendimento à WEEE, verificou-se com êxito a possibilidade de se incorporar o resíduo das placas de circuito impresso calcinadas em matrizes vítreas, destinando e inertizando metais pesados presentes nestes componentes.

A inserção de até 40% do resíduo de PCI calcinado na composição de vidros soda-cal, modificados com boro, permitiu a obtenção de vidros e fritas após fusão na temperatura de 1300 °C por 2h30.

A obtenção de vidros soda-cal combinados com ferro e cobre resultaram em colorações que variaram de verde ao marrom apresentando potencial para aplicações comerciais em pigmentos e produtos cerâmicos destinados à arquitetura e/ou decoração, viabilizando o procedimento do tratamento por vitrificação do e-waste, de acordo com a diretiva WEEE. Um dos aspectos limitantes para a imediata aplicação.

Com o estudo realizado, considera-se viável a aplicação das diretivas RoHS e WEEE em equipamentos eletromédicos do ponto de vista tecnológico.

7. Propostas para a continuidade deste trabalho

Extender a metodologia utilizada neste estudo para aplicação das diretivas RoHs e WEEE aos demais componentes do equipamento e a outros equipamentos eletroeletrônicos produzidos no Brasil de forma adequá-los ao mercado internacional.

O vidro foi concebido a partir de metais provenientes de resíduos eletrônicos de equipamentos eletromédicos. A pigmentação produzida possui característica única e sua aplicação poderá futuramente ser aplicada na produção de vidros decorativos ou em cerâmicas com valorização do resíduo devido a exclusividade na coloração.

Há a conscientização de que o processo necessita de meios para a lavagem e/ou retenção e/ou condensação dos gases que são emitidos durante a queima do material orgânico presente na amostra/resíduo. Para o futuro é necessário que a queima seja em atmosfera controlada para evitar a perda de qualquer gás tóxico para a atmosfera.

Existe a previsão de inserção dos equipamentos eletromédicos serem incluídos na diretiva RoHS em 2012. Os fabricantes de equipamentos eletromédicos possuem pouca influência sobre a indústria de componentes eletrônicos e ainda não atingem níveis produtivos que justifiquem a obrigatoriedade de atendimento a RoHS, porém é possível embarcar na mesma estrutura que é desenvolvida para os eletrônicos de grande escala que atualmente já estão adequados à RoHS e garantir que o meio ambiente está sendo poupado de um dano futuro⁶¹.

8. Referências Bibliográficas

1. SCHLUEP, M.; HAGELUEKEN, C.; KUEHR, R.; MAGALINI, F.; MAURER, C.; MESKERS, C.; MUELLER, E.; WANG, F. **Recycling – from e-waste to resources**. Alemanha: Bonn, 2009 (*final report*). Disponível em: <http://www.unep.org> Acesso em: 21 maio 2010.
2. EUROPA. Directiva 2002/96/CE. Parlamento Europeu e do Conselho, de 27 de Janeiro de 2003, relativa aos resíduos de equipamentos eléctricos e electrónicos (REEE) - Declaração comum do Parlamento Europeu, do Conselho e da Comissão relativa ao Artigo 9º. **Jornal Oficial da União Européia**, Bélgica, Bruxelas, 27 janeiro 2003. Disponível em: < <http://eur-lex.europa.eu> > Acesso em 12 dezembro 2008.
3. EUROPA. Directiva 2002/95/CE. Parlamento Europeu e do Conselho, de 27 de Janeiro de 2003, relativa à restrição do uso de determinadas substâncias perigosas em equipamentos eléctricos e electrónicos. **Jornal Oficial da União Européia**, Bélgica, Bruxelas, 27 janeiro 2003. Disponível em: < <http://eur-lex.europa.eu> > Acesso em 12 dezembro 2008.
4. GOODMAN, P.; ROBERTSON C. **Review of Directive 2002/95/EC (RoHS) Categories 8 and 9**. Inglaterra: Leatherhead, 2006. (*final report*)
5. GUNTHER, W.M.R. **Resíduos sólidos no contexto da saúde ambiental**. 2008. Tese (Livre docência). Faculdade de Saúde Pública, USP, São Paulo, 136p. Disponível em: < <http://www.teses.usp.br> > Acesso em : 23 outubro 2010.
6. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Resíduos sólidos - classificação**. Rio de Janeiro: ABNT, 2004 (ABNT NBR 10004:2004).
7. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Procedimento para obtenção de extrato lixiviado de resíduos sólidos**. Rio de Janeiro: ABNT, 2004 (ABNT NBR 10005:2004).
8. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Procedimento para obtenção de extrato solubilizado de resíduos sólidos**. Rio de Janeiro: ABNT, 2004 (ABNT NBR 10006:2004).
9. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Amostragem de resíduos sólidos**. Rio de Janeiro: ABNT, 2004 (ABNT NBR 10007:2004).

10. ANSANELLI, S.L.M. Os impactos internacionais das exigências ambientais da união europeia para o setor de equipamentos eletro-eletrônicos. In: SEMANA PAULISTA DE PRODUÇÃO MAIS LIMPA, 4. e INTERNATIONAL WORKSHOP – ADVANCES IN CLEANER PRODUCTION, 1st, São Paulo, 2007. Disponível em : < <http://www.advancesincleanerproduction.net> > Acesso em 12 junho 2010.
11. BASTIAAN, C. J.; KRIKKE H. R. Handling WEEE waste flows: on the effectiveness of producer responsibility in a globalization world. *International Journal Advanced Manufacturer Technology*, 47:415-436, 2010.
12. AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA. **Dispõe sobre a certificação dos equipamentos elétricos sob regime de Vigilância Sanitária e dá outras providências**. Brasília: ANVISA, 2007. (RDC 32).
13. EUROPA. Directive 93/42/EEC. Parlamento europeu e do conselho, de 14 de junho de 1993, relativo a equipamentos médicos. *Jornal Oficial da União Europeia*, Bélgica, Bruxelas, 14 junho 2003. Disponível em: < <http://ec.europa.eu/> > Acesso em: 29 outubro 2010.
14. BRASIL. Lei nº12.305 de 02 de agosto de 2010. Política Nacional de Resíduos Sólidos. *Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil*, Brasília, DF, 02 de agosto de 2010. Disponível em: < <http://www.planalto.gov.br> > Acesso em: 03 setembro 2010.
15. AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA. **Dispõe sobre a importação, comercialização e doação de produtos para saúde usados e recondicionados**. Brasília: ANVISA, 2001 (RDC 25).
16. AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA. **Manual do usuário da resolução 185 – Orientações sobre o registro, cadastramento, alteração, revalidação e cancelamento de registro de produtos médicos**. Brasília: ANVISA, 2005
17. INMETRO. **Regulamento de avaliação da conformidade para equipamentos eletromédicos**. Rio de Janeiro. 2010 (Portaria 350).
18. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Produtos para a saúde – Sistemas de gestão da qualidade – requisitos para fins regulamentares**. Rio de Janeiro: ABNT, 2004 (ABNT NBR ISO 13485:2004).

19. AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA. **Estabelece as normas técnicas adotadas para fins de certificação de conformidade dos equipamentos elétricos sob regime de Vigilância Sanitária**. Brasília: ANVISA, 2007 (IN 8)
20. AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA. **Boas práticas de fabricação de produtos médicos**. Brasília: ANVISA, 2000 (RDC 59).
21. AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA. **Tecnovigilância**. Brasília: ANVISA, 2010. Disponível em: < <http://portal.anvisa.gov.br> > Acesso em: 13 janeiro 2011.
22. AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA. **Tecnovigilância – Alertas**. Brasília: ANVISA Disponível em: < <http://www.anvisa.gov.br> > Acesso em 13 janeiro 2011.
23. GUARNIERI, P.; KOVALESKI, J. L.; STADLER, C. C.; OLIVEIRA, I. L. **A Caracterização da logística reversa no ambiente empresarial em suas áreas de atuação: pós-venda e pós-consumo agregando valor econômico e legal**. Curitiba: CEPET/PR, 2006. Electronic Book / CEFET/PR, disponível em: < <http://ppgep.pg.cefetpr.br> > Acesso em 17 de janeiro de 2011.
24. GUARNIERI, P.; CHRUSCIACK, D.; OLIVEIRA, I. L.; HATAKEYAMA, K.; SCANDELARI, L. WMS – Warehoure Management System: adaptação proposta para o gerenciamento de logística reversa. **Revista produção**, v.16, n.1, p.126-139, ISSN 0103-6513, 2006
25. REIS, A.C.; CARMO, L.F.R.R.S.; NISHIOKA, I. Logística reversa e práticas correntes no setor de reciclagem. In: Congresso Nacional de Excelência em Gestão, 4, Rio de Janeiro, 2008.
26. FINCO, A. Projeto “e-waste – lixo eletrônico” do SENAI/SC em São Miguel do Oeste. **E-Tech: tecnologia para a competitividade industrial**, v.3, n.1, p. 79-97, 2010.
27. H.M.VEIT, A.M.BERNARDES. Reciclagem de sucatas eletrônicas através da combinação de processos mecânicos e eletroquímicos. In: CBECIMat – Congresso Brasileiro de Engenharia e Ciência dos Matérias, 17º, Foz do Iguaçu, PR, Brasil, Novembro 2006. Disponível em: < <http://www.ipen.br/cbcimat> > Acesso em 30 janeiro 2011.

28. SCHENKEL, E. A.; MAZON, T.; FUJIMOTO, F.; ELEUTÉLIO FILHO, S.; OLIVEIRA C. R. M.; PIMENTEL, M. B. C.; BIASOLI, M. T. Estudo de adesivos condutivos isotrópicos utilizados para a fixação de componentes eletrônicos. *Revista Matéria*, v. 11, n. 4, p. 420-426, 2006. Disponível em: < <http://www.materia.coppe.ufrj.br> > Acesso em 22 setembro 2010.
29. LIMA, R.M.R., ROMEIRO FILHO, E. A reciclagem de materiais e suas aplicações no desenvolvimento de novos produtos: um estudo de caso. In: Congresso Brasileiro e Gestão de Desenvolvimento de Produto, 3, 25-27 de setembro de 2001, Florianópolis, SC.
30. ARAÚJO, M.C.P.B. *Reciclagem de fios e cabos elétricos*. 2006. Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo, 83p. Disponível em: < <http://www.teses.usp.br> > Acesso em 21 fevereiro 2010.
31. TENÓRIO, J.A.S., ESPINOSA, D.C.R. O estado da arte em reciclagem de pilhas e baterias. In: Encontro Técnico da ASEC, 4, 20-21 agosto 2003, São Paulo, SP. Disponível em: < <http://www.asec.com.br> >, Acesso em: 30 de janeiro de 2011.
32. VALVERDE JUNIOR, I. M.; PAULINO, J. F.; AFONSO, J. C. Rota hidrometalúrgica de recuperação de molibdênio, cobalto, níquel e alumínio de catalisadores gastos de hidrotratamento em meio ácido. *Química Nova*, v.31, n.3, p. 680-687, 2008.
33. HELENA, R. S. *Estudo cinético e termodinâmico da utilização do tanino de acácia negra (Acacia mearnsii) na remoção de metais nobres para o processo de reciclagem de placas de circuito impresso*. 2009, Dissertação (Mestrado) – Pontifícia Universidade Católica de Rio Grande do Sul – PUCRS, Porto Alegre, RS, 65p. Disponível em: < <http://www3.pucrs.br> > Acesso em: 15 julho 2010.
34. COOMBS C. F.; *Coombs Printed Circuits Handbook*. 5. Ed. Los Altos, California: McGraw-Hill Companies, The, 2001.
35. White, D. *Metais e Metalurgia*. 9 Ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2005.
36. WU, J. LI, J. XU, Z. Electrostatic Separation for Recovering Metals and Non-metals from Waste Printed Circuit Boards, *Environmental Science Technology*, v.42, n.14, p.5272-5276, 2009.

37. CUI, J., ZHANG, L. Metallurgical recovery of metals from electronic waste: a review. ***Journal of Hazardous Materials*** n.158, p. 228-256, 2008. Disponível em: < <http://www.sciencedirect.com> > Acesso em: 09 outubro 2010.
38. HELMUT, B.; FARAMARZI, M. A. Microbe-metal-interactions for the biotechnological treatment of metal-containing solid waste. ***China Particuology***, v.4, n.2, p.93-97, 2006.
39. BRANDL, H. Microbial Leaching of Metals. ***H.J.Rehm & G. Reeds (Eds.) - Biotechnology***, v.10, p.192-206, 2001.
40. MEHL, E.L.M. ***Projeto de placa de circuito impresso com software Eagle***. Departamento de Engenharia Elétrica da Universidade Federal do Paraná, Curitiba: Creative Commons, 2008
41. ZHENG, Y., SHEN, Z., CAI, C., MA, S., XING, Y. The reuse of nonmetals recycled from waste circuit board as reinforcing fillers in the polypropylene composites. ***Journal of Hazardous Materials*** n.163, p.600-606, 2008. Disponível em: < <http://www.sciencenet.cn> > Acesso em: 09 outubro 2010.
42. PENG, M., DONG, X., GUANGHONG, D. Products made from nonmetallic materials reclaimed from waste printed circuit boards. ***Tsinghua Science and Technology***, v.12, n.3, p.276-283, 2007.
43. SILVA, A.C. ***Incorporação de resíduo galvânico em vidro silicato a partir de finos de sílica***. 2004. Dissertação (mestrado), Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares – IPEN/CNEN/SP. São Paulo. 103p. Disponível em: < <http://www.teses.usp.br> > Acesso em: 29 novembro 2010.
44. ONGONDO, F.O., WILLIAMS, I.D., CHERRETT, T.J. How are WEEE doing? A global review of the management of electrical and electronic wastes. ***Waste Management***, n.31, p.714-730, 2010.
45. OSIBANJO O., NNOROM I.C., The challenge of electronic waste (e-waste) management in developing countries. ***Waste Management Research***, n.25, p.489-501, 2007.
46. BERNADES, I.P.T.P. ***Reciclagem de Placas de Circuitos Eletrônicos***. Dissertação (mestrado), Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova Lisboa, Monte da Caparica, Portugal, 2009. 159p.
47. ABRAVIDRO. Desempenho global no setor vidreiro. ***Associação Brasileira de Distribuidores e Processadores de Vidros***. 01 março 2006, Notícias,

- p.1. Disponível em: < <http://www.andiv.com.br> > Acesso em: 01 dezembro 2010.
48. SINNECKER, J.P. Materiais magnéticos doces e materiais ferromagnéticos amorfos. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, v.22, n.03, p.396-406, 2000.
49. LIMA, R.M.R., ROMEIRO FILHO, E. A reciclagem de materiais e suas aplicações no desenvolvimento de novos produtos: um estudo de caso. Congresso Brasileiro e Gestão de Desenvolvimento de Produto, 3, 25-27 de setembro de 2001, Florianópolis, SC.
50. NOGUEIRA, C.L.A., QUEIROZ-NETO, J.P., MANZATO, L. O impacto do uso de solda lead-free no processo de tecnologia de montagem em superfície (SMT). In: Congresso de Pesquisa e Inovação da Rede Norte Nordeste de Educação Tecnológica, 2, 27-30 novembro 2007, João Pessoa, PB.
51. SMD SYSTEMS. **Montagem SMD – SMT/PTH**. Disponível em: <http://www.smdsystems.com/smtpth.htm>. Acesso em: 10 de outubro de 2010.
52. PARENTE, R.A. **Elementos estruturais de plástico reciclado**. 2006. Dissertação (mestrado), Escola de Engenharia de São Carlos. São Carlos, SP. 153p.
53. ÂNGULO, S.C., ZORDAN, S.E., JOHN, V.M. **Desenvolvimento sustentável e a reciclagem de resíduos na construção civil**. Departamento Engenharia de Construção Civil da Escola Politécnica – PCC/USP, São Paulo, 2009. Disponível em: www.iem.unifei.edu.br. Acesso em: 03 dezembro 2010.
54. VANDERPAN, C. Lead Free Material Requirements. In: EIPC - Winter Conference Barcelona and Table Top Exhibition on innovation and PCB Technologies, 7-10 novembro 2005, Northbrook, IL: Underwriters Laboratories, 2005.
55. BENDASSOLLI, J.A.; MORTATTI, J.; TRIVELIN, M. C., IGNOTO, R.F.; BONASSI, J.A.; TAVARES, G.A. Reciclagem de cobre proveniente de analisador automático de carbono e nitrogênio. *Química Nova*. v.25, n.4, p.312-315, 2002.

56. UNDERWRITERS LABORATORIES INC. **Standard for safety for medical electrical equipment**. Part 1: general requirements for safety. EUA, 2003. (UL60601-1).
57. UNDERWRITERS LABORATORIES INC. **Tests for flammability of plastic materials for devices and appliances**. EUA, 2010. (UL746)
58. SILVA, A.C. MELLO-CASTANHO, S. GUITIAN, F. MONTERO, I. ESTEBAN-CUBILLO, A. SOBRADOS, I. SANZ, J. MOYA, J.S. Incorporation of Galvanic Waste (Cr, Ni, Cu, Zn, Pb) in a Soda–Lime–Borosilicate Glass. *Journal American Ceramic Society*, v.91, n.4, p.1300–1305, 2008.
59. HOLLAND, D. MEKKI, A. GEE, I.A. MCCONVILLE, C.F. JOHNSON, J.A. APPELYARD, C.E. THOMAS, P.M. The structure of sodium iron silicate glass - a multi-technique approach. *Journal of Non-Crystalline Solids*, v.253, p.192-202,1999. Disponível em: < <http://www.sciencedirect.com> >, Acesso em: 22 julho 2010.
60. JACKSON, W.E. FARGES, F. YEAGER, M. MABROUK, P. A. ROSSANO, S. WAYCHUNAS, G. A. SOLOMON, E. I. BROWN JR., G.E. Multi-spectroscopic study of Fe(II) in silicate glasses: Implications for the coordination environment of Fe(II) in silicate melts. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, v.69, n.17, p.4315–4332, 2005. Disponível em: < <http://adsabs.harvard.edu> > Acesso em 30 agosto 2010.
61. GOODMAN, P. Medical Device Network. *Medical Device Network*. 1 março 2007. Disponível em: < <http://www.medicaldevice-network.com/features/feature1004/> > Acesso em: 08 de março de 2011.

Anexo I – Diretiva RoHS

Directiva 2002/95/CE do Parlamento Europeu e do Conselho, de 27 de Janeiro de 2003, relativa à restrição do uso de determinadas substâncias perigosas em equipamentos eléctricos e electrónicos

Jornal Oficial nº L 037 de 13/02/2003 p. 0019 - 0023

O PARLAMENTO EUROPEU E O CONSELHO DA UNIÃO EUROPEIA,

Tendo em conta o Tratado que institui a Comunidade Europeia e, nomeadamente, o n.º 1 do seu artigo 95.º,

Tendo em conta a proposta da Comissão(1),

Tendo em conta o parecer do Comité Económico e Social(2),

Tendo em conta o parecer do Comité das Regiões(3),

Deliberando nos termos do artigo 251.º do Tratado(4), à luz do projecto comum aprovado pelo Comité de Conciliação em 8 de Novembro de 2002,

Considerando o seguinte:

(1) As disparidades entre as medidas legislativas ou administrativas adoptadas pelos Estados-Membros em matéria de restrição do uso de substâncias perigosas em equipamentos eléctricos e electrónicos podem criar barreiras ao comércio e distorções da concorrência na Comunidade, podendo assim ter um impacto directo no estabelecimento e funcionamento do mercado interno. Parece, por conseguinte, necessário proceder à aproximação das legislações dos Estados-Membros neste domínio e contribuir para a protecção da saúde humana e para uma valorização e eliminação ecologicamente correctas dos resíduos de equipamentos eléctricos e electrónicos.

(2) O Conselho Europeu subscreveu, na reunião de Nice, realizada em 7, 8 e 9 de Dezembro de 2000, a resolução do Conselho, de 4 de Dezembro de 2000, relativa ao princípio da precaução.

(3) Em 30 de Julho de 1996, a Comissão adoptou uma comunicação sobre a análise da estratégia comunitária para a gestão dos resíduos, que salienta a necessidade de reduzir o teor de substâncias perigosas nos resíduos e aponta os potenciais benefícios da adopção de regras a nível da Comunidade para limitar a presença dessas substâncias em produtos e processos de produção.

(4) A resolução do Conselho, de 25 de Janeiro de 1988, relativa a um programa de acção da Comunidade de combate à poluição do ambiente provocada pelo cádmio(5) convida a Comissão a desenvolver, sem demora, medidas específicas para tal programa. A saúde humana tem também de ser protegida, pelo que se deve dar execução a uma estratégia global que restrinja, em particular, o uso de cádmio e incentive a investigação de substitutos. A referida resolução salienta que a utilização de cádmio deve ser limitada aos casos em que não existam alternativas adequadas e mais seguras.

(5) Os dados disponíveis indicam que as medidas de recolha, tratamento, reciclagem e eliminação de resíduos de equipamentos eléctricos e electrónicos (REEE), tal como estabelecidas na Directiva 2002/96/CE do Parlamento Europeu e do Conselho, de 27 de Janeiro de 2003, relativa aos resíduos de equipamentos eléctricos e electrónicos(6), são necessárias para diminuir os problemas de gestão de resíduos relacionados com os metais pesados em causa e com os retardadores de chama visados. Todavia, apesar dessas medidas, continuarão a ser introduzidas quantidades significativas de REEE nas actuais vias de eliminação. Mesmo que os REEE sejam objecto de recolha separada e submetidos a processos de reciclagem, é provável que o seu teor de mercúrio, cádmio, chumbo, crómio VI, PBB e PBDE ponha em risco a saúde ou o ambiente.

(6) Tendo em conta a viabilidade técnica e económica, a forma mais eficaz de garantir uma redução significativa dos riscos para a saúde e o ambiente relacionados com estas substâncias, que possa conseguir o nível escolhido de protecção na Comunidade, consiste na substituição das referidas substâncias nos equipamentos eléctricos e electrónicos por materiais seguros ou mais seguros. A restrição da utilização de tais substâncias é susceptível de fazer incrementar as possibilidades de reciclagem dos REEE e a sua rentabilidade económica e de fazer diminuir o seu impacto negativo sobre a saúde dos trabalhadores das instalações de reciclagem.

(7) As substâncias visadas pela presente directiva foram bem estudadas e avaliadas do ponto de vista científico e têm sido sujeitas a diferentes medidas, tanto a nível comunitário como a nível nacional.

(8) As medidas previstas na presente directiva têm em conta as orientações e recomendações internacionais existentes e baseiam-se na avaliação da informação científica e técnica disponível. Estas medidas são necessárias para

atingir o nível escolhido de protecção da saúde humana e animal e do ambiente, ponderados os riscos que poderiam decorrer para a Comunidade da não adopção de quaisquer medidas. As referidas medidas serão objecto de revisão permanente e, se necessário, ajustadas, de modo a tomar em conta os dados científicos e técnicos disponíveis.

(9) A presente directiva deve aplicar-se sem prejuízo das normas comunitárias sobre segurança e saúde e da legislação comunitária específica em matéria de gestão de resíduos, nomeadamente a Directiva 91/157/CEE do Conselho, de 18 de Março de 1991, relativa às pilhas e acumuladores contendo determinadas matérias perigosas(7).

(10) Deve ser tido em conta o desenvolvimento técnico dos equipamentos eléctricos e electrónicos sem metais pesados, PBDE e PBB. Logo que existam provas científicas, e tendo presente o princípio da precaução, deverá ser analisada a proibição de outras substâncias perigosas e a sua substituição por substâncias alternativas mais respeitadoras do ambiente e que assegurem pelo menos o mesmo nível de protecção dos consumidores.

(11) Devem ser concedidas dispensas da exigência de substituição nos casos em que esta não seja possível, do ponto de vista científico e técnico, ou caso seja provável que os impactos negativos no ambiente e na saúde causados pela substituição ultrapassem os benefícios para o homem e o ambiente dela decorrentes. A substituição das substâncias perigosas nos equipamentos eléctricos e electrónicos deve igualmente ser efectuada de forma compatível com a preservação da saúde e da segurança dos utilizadores de equipamentos eléctricos e electrónicos (EEE).

(12) Dado que a reutilização, renovação e extensão do ciclo de vida dos produtos são benéficas, torna-se necessário que haja disponibilidade de peças sobresselentes.

(13) A adaptação ao progresso científico e técnico das dispensas de cumprimento das exigências relativas à supressão progressiva e à proibição de substâncias perigosas deve ser efectuada pela Comissão mediante procedimento de comitologia.

(14) As medidas necessárias para dar execução à presente directiva devem ser adoptadas de acordo com a Decisão 1999/468/CE do Conselho, de 28 de

Junho de 1999, que fixa as regras de exercício das competências de execução atribuídas à Comissão(8),

ADOPTARAM A PRESENTE DIRECTIVA:

Artigo 1.o

Objecto

A presente directiva tem por objecto aproximar as legislações dos Estados-Membros em matéria de restrições ao uso de substâncias perigosas em equipamentos eléctricos e electrónicos e contribuir para a protecção da saúde humana e para uma valorização e eliminação, em boas condições ambientais, dos resíduos de equipamentos eléctricos e electrónicos.

Artigo 2.o

Âmbito de aplicação

1. Sem prejuízo do disposto no artigo 6.o, a presente directiva é aplicável aos equipamentos eléctricos e electrónicos abrangidos pelas categorias 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 e 10 definidas no anexo I A da Directiva 2002/96/CE (REEE), às lâmpadas eléctricas e aos aparelhos de iluminação de uso doméstico.

2. A presente directiva é aplicável sem prejuízo da legislação comunitária no domínio das normas de segurança e de saúde e do direito comunitário especial em matéria de gestão de resíduos.

3. A presente directiva não é aplicável a peças sobresselentes para reparação de, nem à reutilização de, equipamentos eléctricos e electrónicos colocados no mercado antes de 1 de Julho de 2006.

Artigo 3.o

Definições

Para efeitos do disposto na presente directiva, entende-se por:

a) "Equipamentos eléctricos e electrónicos" ou "EEE", os equipamentos cujo funcionamento adequado depende de correntes eléctricas ou campos electromagnéticos, bem como os equipamentos para geração, transferência e medição dessas correntes e campos pertencentes às categorias definidas no anexo I A da Directiva 2002/96/CE (REEE) e destinados a utilização com uma tensão nominal não superior a 1000 V para corrente alterna e 1500 V para corrente contínua;

b) "Produtor", qualquer pessoa que, independentemente da técnica de venda, incluindo a venda à distância nos termos da Directiva 97/7/CE do

Parlamento Europeu e do Conselho, de 20 de Maio de 1997, relativa à protecção dos consumidores em matéria de contratos à distância(9).

i) proceda ao fabrico e venda de equipamentos eléctricos e electrónicos sob marca própria,

ii) proceda à revenda, sob marca própria, de equipamentos produzidos por outros fornecedores, não sendo considerado produtor um revendedor caso a marca do produtor esteja aposta no equipamento, como prevê A subalínea i), ou

iii) proceda à importação ou exportação de equipamentos eléctricos e electrónicos para um Estado-Membro, como actividade profissional.

Quem proporcionar exclusivamente financiamento nos termos de, ou ao abrigo de, um acordo de financiamento, não será considerado "produtor" a menos que actue também como produtor na acepção das subalíneas i) a iii).

Artigo 4.o

Prevenção

1. Os Estados-Membros assegurarão que, a partir de 1 de Julho de 2006, os novos equipamentos eléctricos e electrónicos colocados no mercado não contenham chumbo, mercúrio, cádmio, crómio hexavalente, polibromobifenilo (PBB) e/ou éter de difenilo polibromado (PBDE). Medidas nacionais que restrinjam ou proíbam a utilização dessas substâncias em equipamentos eléctricos e electrónicos, e que hajam sido adoptadas em conformidade com a legislação comunitária antes da aprovação da presente directiva, poder-se-ão manter em vigor até 1 de Julho 2006.

2. O n.o 1 não se aplica às aplicações enumeradas no anexo.

3. Com base numa proposta da Comissão, o Parlamento Europeu e o Conselho decidirão, logo que estejam disponíveis provas científicas, e de acordo com os princípios de política relativa aos produtos químicos estabelecidos no sexto programa de acção para o ambiente, da proibição de outras substâncias perigosas e sua substituição por alternativas mais favoráveis ao ambiente que garantam, no mínimo, o mesmo nível de protecção dos consumidores.

Artigo 5.o

Adaptação ao progresso científico e técnico

1. As alterações necessárias para adaptar o anexo ao progresso científico e técnico para os fins que se seguem serão adoptadas de acordo com o procedimento previsto no n.o 2 do artigo 7.o:

a) Fixar, conforme necessário, os valores máximos de concentração até aos quais será tolerada a presença das substâncias referidas no n.º 1 do artigo 4.º em materiais e componentes específicos de equipamentos eléctricos e electrónicos;

b) Isentar materiais e componentes de equipamentos eléctricos e electrónicos do disposto no n.º 1 do artigo 4.º caso seja impraticável, por razões de ordem técnica ou científica, a sua eliminação ou substituição via alterações de concepção ou de materiais e componentes, ou ainda se for provável que os impactos negativos no ambiente e/ou na saúde decorrentes da sua substituição ultrapassem os benefícios ambientais para a saúde e/ou para a segurança dos consumidores dela resultantes;

c) Proceder a uma reapreciação de cada uma das isenções previstas no anexo pelo menos de quatro em quatro anos ou quatro anos após a inclusão de um novo elemento na lista, com o objectivo de estudar a hipótese de eliminar materiais e componentes de equipamentos eléctricos e electrónicos do anexo, caso seja técnica e cientificamente possível a sua eliminação ou substituição via alterações de concepção ou de materiais e componentes que não requeiram qualquer dos materiais e substâncias a que se refere o n.º 1 do artigo 4.º, desde que os impactos negativos para o ambiente, a saúde e/ou a segurança dos consumidores decorrentes da sua substituição não ultrapassem os possíveis benefícios ambientais, para a saúde e/ou para a segurança dos consumidores daí resultantes.

2. Antes de proceder à alteração do anexo, nos termos do n.º 1, a Comissão deverá consultar nomeadamente os produtores de equipamentos eléctricos e electrónicos, os operadores de instalações de reciclagem e tratamento, as organizações ambientalistas e as associações de trabalhadores e consumidores. As observações devem ser enviadas ao comité referido no n.º 1 do artigo 7.º A Comissão fornecerá um resumo das informações que receber.

Artigo 6.º

Revisão

Até 13 de Fevereiro de 2005, a Comissão procederá à revisão das medidas dela constantes, tomando em consideração os novos dados científicos, conforme necessário.

Em particular, a Comissão deverá, até essa data, apresentar propostas de inclusão no âmbito da presente directiva dos equipamentos pertencentes às categorias 8 e 9 do anexo I A da Directiva 2002/96/CE (REEE).

A Comissão deverá igualmente estudar a necessidade de adaptar a lista de substâncias do n.º 1 do artigo 4.º com base em factos científicos e tendo em conta o princípio da precaução, e apresentará ao Parlamento Europeu e ao Conselho as correspondentes propostas de adaptação, se adequado.

Nesta revisão, haverá que prestar particular atenção ao impacto de outros materiais e substâncias perigosas utilizadas em equipamentos eléctricos e electrónicos sobre o ambiente e a saúde humana. A Comissão examinará a viabilidade de substituir essas substâncias e materiais e, se for caso disso, apresentará ao Parlamento Europeu e ao Conselho propostas no sentido de alargar o âmbito do artigo 4.º

Artigo 7.º

Comité

1. A Comissão será assistida pelo comité instituído pelo artigo 18.º da Directiva 75/442/CEE do Conselho(10).

2. Nos casos em que se faça referência ao presente número, é aplicável o procedimento constante dos artigos 5.º e 7.º da Decisão 1999/468/CE, tendo-se em conta o disposto no seu artigo 8.º

O prazo previsto no n.º 6 do artigo 5.º da citada decisão é de três meses.

3. O comité aprovará o seu regulamento interno.

Artigo 8.º

Sanções

Os Estados-Membros determinarão as sanções aplicáveis ao incumprimento das disposições nacionais adoptadas em execução da presente directiva. As sanções previstas deverão ser eficazes, proporcionadas e dissuasivas.

Artigo 9.º

Transposição

1. Os Estados-Membros porão em vigor as disposições legislativas, regulamentares e administrativas necessárias para dar cumprimento à presente directiva até 13 de Agosto de 2004. Do facto informarão imediatamente a Comissão.

Quando os Estados-Membros adoptarem essas disposições, estas deverão incluir uma referência à presente directiva ou ser acompanhadas dessa referência aquando da sua publicação oficial. As modalidades dessa referência serão estabelecidas pelos Estados-Membros.

2. Os Estados-Membros comunicarão à Comissão o texto de todas as disposições legislativas, regulamentares e administrativas adoptadas no âmbito da presente directiva.

Artigo 10.o

Entrada em vigor

A presente directiva entra em vigor na data da sua publicação no Jornal Oficial da União Europeia.

Artigo 11.o

Destinatários

Os Estados-Membros são os destinatários da presente directiva.

Feito em Bruxelas, em 27 de Janeiro de 2003.

Pelo Parlamento Europeu

O Presidente

P. Cox

Pelo Conselho

O Presidente

G. Drys

(1) JO C 365 E de 19.12.2000, p. 195 e JO C 240 E de 28.8.2001, p. 303.

(2) JO C 116 de 20.4.2001, p. 38.

(3) JO C 148 de 18.5.2001, p. 1.

(4) Parecer do Parlamento Europeu de 15 de Maio de 2001 (JO C 34 E de 7.2.2002, p. 109), posição comum do Conselho de 4 de Dezembro de 2001 (JO C 90 E de 16.4.2002, p. 12) e decisão do Parlamento Europeu de 10 de Abril de 2002 (ainda não publicada no Jornal Oficial). Decisão do Parlamento Europeu de 18 de Dezembro de 2002 e decisão do Conselho de 16 de Dezembro de 2002.

(5) JO C 30 de 4.2.1988, p. 1.

(6) Ver página 24 do presente Jornal Oficial.

Anexo II – Diretiva WEEE

Directiva 2002/96/CE do Parlamento Europeu e do Conselho, de 27 de Janeiro de 2003, relativa aos resíduos de equipamentos eléctricos e electrónicos (REEE) - Declaração comum do Parlamento Europeu, do Conselho e da Comissão relativa ao Artigo 9.º

Jornal Oficial nº L 037 de 13/02/2003 p. 0024 - 0039

Directiva 2002/96/CE do Parlamento Europeu e do Conselho
de 27 de Janeiro de 2003

relativa aos resíduos de equipamentos eléctricos e electrónicos (REEE)

O PARLAMENTO EUROPEU E O CONSELHO DA UNIÃO EUROPEIA,

Tendo em conta o Tratado que institui a Comunidade Europeia e, nomeadamente, o n.º 1 do seu artigo 175.º,

Tendo em conta a proposta da Comissão(1),

Tendo em conta o parecer do Comité Económico e Social(2),

Tendo em conta o parecer do Comité das Regiões(3),

Deliberando nos termos do artigo 251.º do Tratado(4), à luz do projecto comum aprovado pelo Comité de Conciliação em 8 de Novembro de 2002,

Considerando o seguinte:

(1) Os objectivos da política ambiental da Comunidade são especialmente a preservação, protecção e melhoria da qualidade do ambiente, a protecção da saúde das pessoas e a utilização prudente e racional dos recursos naturais. Esta política baseia-se no princípio da precaução e nos princípios da acção preventiva, da correcção, prioritariamente na fonte, dos danos causados ao ambiente e do poluidor-pagador.

(2) O programa comunitário de política e acção relacionado com o ambiente e o desenvolvimento sustentável ("quinto programa de acção em matéria de ambiente")(5) refere que a concretização do desenvolvimento sustentável exige alterações significativas nos actuais padrões de desenvolvimento, produção, consumo e comportamento e advoga, nomeadamente, a redução do consumo desnecessário de recursos naturais e a prevenção da poluição. O referido

programa menciona os resíduos de equipamentos eléctricos e electrónicos (REEE) como um dos domínios-alvo a regular, com vista à aplicação dos princípios da prevenção, valorização e eliminação segura dos resíduos.

(3) A comunicação da Comissão, de 30 de Julho de 1996, relativa à análise da estratégia comunitária para a gestão dos resíduos refere que, nos casos em que não seja possível evitar a geração de resíduos, estes devem ser reutilizados ou valorizados, em termos energéticos ou dos seus materiais.

(4) Na sua resolução de 24 de Fevereiro de 1997 relativa a uma estratégia comunitária para a gestão dos resíduos(6), o Conselho insistiu na necessidade de promover a valorização dos resíduos, com o propósito de reduzir a quantidade de resíduos para eliminação e de poupar os recursos naturais, em especial por meio da reutilização, da reciclagem, da compostagem e da recuperação de energia a partir dos resíduos, e reconheceu que a opção em todos os casos particulares deve ter em linha de conta os efeitos ambientais e económicos, mas que, até se verificarem progressos científicos e tecnológicos e as análises do ciclo biológico serem melhoradas, a reutilização e a recuperação de materiais devem ser consideradas preferíveis se e na medida em que revelarem ser as melhores opções ambientais. O Conselho convidou igualmente a Comissão a dar o mais rapidamente possível um seguimento apropriado aos projectos do programa prioritário de fluxos de resíduos, incluindo REEE.

(5) O Parlamento Europeu, na sua resolução de 14 de Novembro de 1996(7), solicitou à Comissão que apresentasse propostas de directivas relativas a vários fluxos de resíduos prioritários, incluindo os resíduos eléctricos e electrónicos, e que baseasse essas propostas no princípio da responsabilidade do produtor. Na mesma resolução, o Parlamento Europeu solicitou ao Conselho e à Comissão que apresentassem propostas para redução do volume de resíduos.

(6) A Directiva 75/442/CEE do Conselho, de 15 de Julho de 1975, relativa aos resíduos(8), prevê que possam ser estabelecidas, através de directivas específicas, regras para casos especiais ou em complemento das previstas na Directiva 75/442/CEE quanto à gestão de determinadas categorias de resíduos.

(7) A quantidade de REEE gerados na Comunidade Europeia apresenta um crescimento rápido. O teor de componentes perigosos nos equipamentos eléctricos e electrónicos (EEE) constitui uma grande preocupação durante a fase

de gestão dos resíduos e a reciclagem dos REEE não é efectuada a um nível suficiente.

(8) O objectivo de melhoria da gestão dos REEE não pode ser atingido de forma eficaz pelos Estados-Membros isoladamente. Em especial, as diferentes aplicações nacionais do princípio de responsabilidade do produtor podem levar a disparidades substanciais nos encargos financeiros que pesam sobre os operadores económicos. A existência de diferentes políticas nacionais em matéria de gestão dos REEE prejudica a eficácia das políticas de reciclagem. Por esse motivo, os critérios essenciais deverão ser estabelecidos ao nível da Comunidade.

(9) As disposições da presente directiva devem aplicar-se a produtos e produtores, independentemente da técnica de venda, incluindo a venda à distância e por via electrónica. Nesta matéria, as obrigações dos produtores e distribuidores que utilizam canais de venda à distância e por via electrónica deverão, na medida do possível, assumir formas idênticas e obedecer a formas de execução idênticas, a fim de evitar que sejam outros canais de distribuição a suportar os custos decorrentes das disposições da presente directiva relativos a REEE de equipamentos que tenham sido vendidos à distância ou por via electrónica.

(10) A presente directiva deve abranger todos os equipamentos eléctricos e electrónicos utilizados pelos consumidores e os equipamentos eléctricos e electrónicos destinados a utilização profissional. A presente directiva deve aplicar-se sem prejuízo das normas sobre segurança e saúde do direito comunitário destinadas à protecção de todos os intervenientes em contacto com REEE, bem como da legislação comunitária especificamente referente à gestão de resíduos, e nomeadamente da Directiva 91/157/CEE do Conselho, de 18 de Março de 1991, relativa às pilhas e acumuladores contendo determinadas matérias perigosas(9).

(11) A Directiva 91/157/CEE deve ser revista tão rapidamente quanto possível, nomeadamente à luz da presente directiva.

(12) Ao prever a responsabilidade do produtor, a presente directiva incentiva a uma concepção e fabrico dos equipamentos eléctricos e electrónicos que contemplem plenamente e facilitem a sua reparação, eventual actualização, reutilização, desmontagem e reciclagem.

(13) A fim de salvaguardar a saúde e a segurança do pessoal dos distribuidores envolvido em operações de recepção e tratamento de REEE, os Estados-Membros deverão definir, em conformidade com a legislação nacional e comunitária em matéria de saúde e de segurança, em que condições a recepção poderá ser recusada pelos distribuidores.

(14) Os Estados-Membros devem incentivar a concepção e produção de equipamentos eléctricos e electrónicos que tenham em conta e facilitem a desmontagem e recuperação, nomeadamente a reutilização e reciclagem de REEE, seus componentes e materiais. Os produtores não deverão impedir - através da utilização de características de concepção ou de processos de fabrico específicos - a reutilização de REEE, salvo se tais características ou processos específicos proporcionarem vantagens de maior relevo, por exemplo no que respeita à protecção do ambiente e/ou aos requisitos de segurança.

(15) A recolha separada é a condição prévia para garantir um tratamento e reciclagem específicos dos REEE e é necessária para atingir o nível desejado de protecção da saúde humana e do ambiente na Comunidade. Os consumidores têm de contribuir activamente para o sucesso dessa recolha e devem ser incentivados a proceder à entrega dos REEE. Com este fim, devem ser criadas instalações adequadas para a entrega de REEE, incluindo centros de recolha públicos, onde os particulares possam entregar esses resíduos pelo menos sem encargos.

(16) A fim de atingir o nível de protecção escolhido e os objectivos ambientais harmonizados da Comunidade, os Estados-Membros deverão tomar medidas adequadas para reduzir o depósito de REEE como resíduos urbanos não triados e para alcançar um elevado nível de recolha separada dos REEE. No intuito de garantir que os Estados-Membros se esforçarão por criar sistemas de recolha eficientes, dever-se-lhes-á exigir que atinjam um elevado nível de recolha dos REEE provenientes de particulares

(17) É indispensável um tratamento específico dos REEE, a fim de evitar a dispersão de poluentes no material reciclado ou no fluxo de resíduos, sendo este o meio mais eficaz para garantir a conformidade com o nível escolhido de protecção do ambiente da Comunidade. Os estabelecimentos ou empresas que efectuem operações de reciclagem ou de tratamento devem cumprir normas mínimas para prevenir os impactos ambientais negativos ligados ao tratamento de

REEE. Dever-se-ão utilizar as melhores técnicas disponíveis de tratamento e de valorização e reciclagem, desde que assegurem a protecção da saúde humana e uma elevada protecção do ambiente. A definição das melhores técnicas disponíveis para o tratamento, valorização e reciclagem poderá ser aprofundada de acordo com os procedimentos previstos na Directiva 96/61/CE.

(18) Quando adequado, haverá que dar prioridade à reutilização dos REEE e seus componentes, subconjuntos e materiais consumíveis. Quando a reutilização não for preferível, todos os REEE separadamente recolhidos devem ser valorizados, contexto em que se deverá atingir um elevado nível de reciclagem e valorização. Além disso, os produtores devem ser incentivados a integrar material reciclado em equipamentos novos.

(19) Os princípios básicos relativos ao financiamento da gestão dos REEE devem ser estabelecidos a nível comunitário e os regimes de financiamento devem contribuir para taxas de recolha elevadas, bem como para a aplicação do princípio da responsabilidade do produtor.

(20) Os utilizadores de equipamentos eléctricos e electrónicos do sector doméstico devem ter a possibilidade de entregar os REEE pelo menos sem encargos. Os produtores devem, por conseguinte, financiar a recolha nas instalações de recolha, e o tratamento, valorização e eliminação dos REEE. A fim de dar ao conceito de responsabilidade dos produtores o maior efeito, cada produtor deve ser responsável pelo financiamento da gestão dos resíduos provenientes dos seus próprios produtos. Os produtores deverão poder optar por cumprir esta obrigação quer individualmente quer aderindo a um regime colectivo. Cada produtor, ao colocar o produto no mercado, deverá prestar uma garantia financeira a fim de evitar que os custos da gestão de REEE provenientes de produtos órfãos recaiam sobre a sociedade ou sobre os produtores remanescentes. A responsabilidade pelo financiamento da gestão de resíduos históricos deverá ser repartida por todos os produtores existentes, reunidos em regimes de financiamento colectivo para os quais contribuirão proporcionalmente todos os produtores existentes no mercado no momento em que os custos ocorram. Os regimes de financiamento colectivo não devem ter por efeito a exclusão de produtores, importadores e novos agentes que se dediquem a nichos de mercado ou a quantidades reduzidas. Durante um período de transição, dever-se-á permitir aos produtores que indiquem aos compradores, aquando da venda

de novos produtos e numa base voluntária, os custos da recolha, tratamento e eliminação dos resíduos históricos de forma ambientalmente sã. Os produtores que façam uso desta faculdade devem assegurar que os custos indicados devem assegurar que os custos indicados não excedam os custos reais.

(21) A informação dos utilizadores sobre a obrigação de não depositar os REEE como resíduos urbanos não triados e de recolher separadamente os REEE, bem como sobre os sistemas de recolha e o seu papel na gestão dos REEE é indispensável para o sucesso da recolha destes resíduos. Essa informação implica uma marcação adequada dos equipamentos eléctricos e electrónicos susceptíveis de ser deitados em caixotes de lixo ou meios semelhantes de recolha de resíduos urbanos.

(22) Para facilitar a gestão, e em especial o tratamento e a valorização/reciclagem dos REEE, é importante que os produtores forneçam informações sobre a identificação dos componentes e materiais.

(23) Os Estados-Membros deverão assegurar-se que as infra-estruturas de inspecção e controlo permitam verificar o correcto cumprimento do disposto na presente directiva, tendo em conta, inter alia, a Recomendação 2001/331/CE do Parlamento Europeu e do Conselho, de 4 de Abril de 2001, relativa aos critérios mínimos aplicáveis às inspecções ambientais nos Estados-Membros.(10)

(24) Para o acompanhamento da concretização dos objectivos da presente directiva são necessárias informações sobre o peso ou, caso tal não seja possível, sobre o número de equipamentos eléctricos e electrónicos colocados no mercado na Comunidade, bem como sobre as taxas de recolha, reutilização (incluindo, na medida do possível, a reutilização de aparelhos inteiros), valorização/reciclagem e exportação de REEE recolhidos nos termos da presente directiva.

(25) Os Estados-Membros podem optar por pôr em prática determinadas disposições da presente directiva por via de acordos entre as entidades competentes e os sectores económicos visados, desde que para o efeito sejam cumpridos determinados requisitos especiais.

(26) A adaptação de determinadas disposições da presente directiva ao progresso científico e técnico, a lista de produtos a contemplar para o efeito, o tratamento selectivo dos materiais e componentes dos REEE, os requisitos técnicos para o seu armazenamento e tratamento e o símbolo utilizado na

respectiva marcação devem ser determinados pela Comissão mediante procedimento comitológico.

(27) As medidas necessárias para dar execução à presente directiva devem ser adoptadas de acordo com a Decisão 1999/468/CE do Conselho, de 28 de Junho de 1999, que fixa as regras de exercício das competências de execução atribuídas à Comissão(11),

ADOPTARAM A PRESENTE DIRECTIVA:

Artigo 1.o

Objecto

A presente directiva tem por objectivo, prioritariamente, a prevenção de resíduos de equipamentos eléctricos e electrónicos (REEE) e, adicionalmente, a reutilização, reciclagem e outras formas de valorização desses resíduos, de modo a reduzir a quantidade de resíduos a eliminar. Pretende igualmente melhorar o comportamento ambiental de todos os operadores envolvidos no ciclo de vida dos equipamentos eléctricos e electrónicos, por exemplo produtores, distribuidores e consumidores, e, em especial, dos operadores directamente envolvidos no tratamento de REEE.

Artigo 2.o

Âmbito de aplicação

1. A presente directiva é aplicável aos equipamentos eléctricos e electrónicos pertencentes às categorias definidas no anexo I A, desde que o equipamento em causa não faça parte de outro tipo de equipamento não abrangido pela presente directiva. O anexo I B contém uma lista de produtos que são abrangidos pelas categorias definidas no anexo I A.

2. A presente directiva é aplicável sem prejuízo da legislação comunitária no domínio das normas de segurança e de saúde e do direito comunitário específico em matéria de gestão de resíduos.

3. Os equipamentos associados à defesa dos interesses essenciais de segurança dos Estados-Membros, as armas, as munições e o material de guerra, ficam excluídos do âmbito de aplicação da presente directiva. Tal não se aplica, porém, aos produtos não destinados a fins especificamente militares.

Artigo 3.o

Definições

Para efeitos do disposto na presente directiva, entende-se por:

a) "Equipamentos eléctricos e electrónicos", ou "EEE", os equipamentos cujo adequado funcionamento depende de correntes eléctricas ou campos electromagnéticos, bem como os equipamentos para geração, transferência e medição dessas correntes e campos, pertencentes às categorias definidas no anexo I A e concebidos para utilização com uma tensão nominal não superior a 1000 V para corrente alterna e 1500 V para corrente contínua;

b) "Resíduos de equipamentos eléctricos e electrónicos" ou "REEE", os equipamentos eléctricos ou electrónicos que constituem resíduos, nos termos da alínea a) do artigo 1.º da Directiva 75/442/CEE, incluindo todos os componentes, subconjuntos e materiais consumíveis que fazem parte do produto no momento em que este é descartado;

c) "Prevenção", as medidas destinadas a reduzir a quantidade e a nocividade para o ambiente dos REEE, seus materiais e substâncias;

d) "Reutilização", qualquer operação através da qual os REEE ou os seus componentes sejam utilizados para o mesmo fim para que foram concebidos; a "reutilização" inclui o prosseguimento da utilização do equipamento ou dos respectivos componentes que forem entregues a centros de recolha, distribuidores, instalações de reciclagem ou fabricantes;

e) "Reciclagem", o reprocessamento, no âmbito de um processo de produção, dos materiais residuais para o fim original ou para outros fins, com exclusão da valorização energética, que significa a utilização de resíduos combustíveis como meio de produção de energia através de incineração directa, com ou sem outros resíduos, mas com recuperação do calor;

f) "Valorização", qualquer das operações aplicáveis previstas no anexo II B da Directiva 75/442/CEE;

g) "Eliminação", qualquer das operações aplicáveis previstas no anexo II A da Directiva 75/442/CEE;

h) "Tratamento", qualquer actividade realizada após a entrega dos REEE numa instalação para fins de despoluição, desmontagem, retalhamento, valorização ou preparação para a eliminação, e qualquer outra operação executada para fins de valorização e/ou eliminação dos REEE;

i) "Produtor", qualquer pessoa que, independentemente da técnica de venda, incluindo a venda à distância, nos termos da Directiva 97/7/CE do Parlamento

Europeu e do Conselho, de 20 de Maio de 1997, relativa à protecção dos consumidores em matéria de contratos à distância(12):

i) proceda ao fabrico e venda de equipamentos eléctricos e electrónicos sob marca própria,

ii) proceda à revenda, sob marca própria, de equipamentos produzidos por outros fornecedores, não se considerando como produtor o revendedor caso a marca do produtor seja aposta no equipamento, conforme se prevê na subalínea i), ou

iii) proceda à importação ou exportação de equipamentos eléctricos e electrónicos para um Estado-Membro, enquanto actividade profissional.

Quem proceder exclusivamente ao financiamento, ao abrigo de, ou nos termos de, um acordo de financiamento, não será considerado "produtor", a menos que actue também como produtor na acepção das subalíneas i) a iii);

j) "Distribuidor", qualquer pessoa que forneça comercialmente equipamentos eléctricos ou electrónicos a quem os vá utilizar;

k) "REEE provenientes de particulares", os REEE provenientes do sector doméstico, bem como os REEE provenientes de fontes comerciais, industriais, institucionais e outras que, pela sua natureza e quantidade, sejam semelhantes aos REEE provenientes do sector doméstico;

l) "Substância ou preparação perigosa", qualquer substância ou preparação que deva ser considerada perigosa nos termos da Directiva 67/548/CEE do Conselho(13) ou da Directiva 1999/45/CE do Parlamento Europeu e do Conselho(14).

m) "Acordo de financiamento", qualquer acordo ou disposição relativa ao empréstimo, locação ou venda diferida que se reporte a qualquer equipamento, independentemente de os termos desse acordo ou disposição preverem a transferência da propriedade desse equipamento ou a possibilidade de tal transferência.

Artigo 4.o

Concepção dos produtos

Os Estados-Membros incentivarão a concepção e produção de equipamentos eléctricos e electrónicos que tenham em conta e facilitem o desmantelamento e valorização, em especial a reutilização e reciclagem de REEE, seus componentes e materiais. A esse propósito, os Estados-Membros

tomarão medidas adequadas para que os produtores não impeçam, através de características de concepção ou processos de fabrico específicos, a reutilização dos REEE, a menos que essas características ou processos de fabrico específicos apresentem vantagens de maior relevo, por exemplo no que respeita à protecção do ambiente e/ou aos requisitos de segurança.

Artigo 5.o

Recolha separada

1. Os Estados-Membros tomarão medidas adequadas para reduzir o depósito de REEE como resíduos urbanos não triados e para alcançar um elevado nível de recolha separada de REEE.

2. Relativamente aos REEE provenientes de particulares, os Estados-Membros assegurarão, até 13 de Agosto de 2005:

a) A criação de sistemas que permitam aos detentores finais e aos distribuidores entregar esses REEE, pelo menos sem encargos. Os Estados-Membros garantirão a disponibilidade e acessibilidade dos meios de recolha necessários, tendo nomeadamente em conta a densidade populacional;

b) Que os distribuidores, ao fornecerem um novo produto, sejam responsáveis por assegurar que os resíduos possam ser-lhes entregues, pelo menos sem encargos, à razão de um por um, desde que esses resíduos sejam de equipamentos equivalentes e desempenhem as mesmas funções que os equipamentos fornecidos. Os Estados-Membros podem derrogar à presente disposição, desde que assegurem que a entrega dos REEE não seja, por esse motivo, dificultada para o detentor final e que tais sistemas continuem a ser gratuitos para o detentor final. Os Estados-Membros que façam uso desta faculdade informarão a Comissão do facto;

c) Sem prejuízo do disposto nas alíneas a) e b), os produtores poderão instalar e explorar sistemas de retoma individuais e/ou colectivos para os REEE provenientes de particulares, desde que sejam conformes aos objectivos da presente directiva;

d) Tendo em conta as normas nacionais e comunitárias em matéria de saúde e de segurança, os Estados-Membros certificar-se-ão de que os REEE susceptíveis de pôr em risco a saúde e a segurança do pessoal devido a contaminação possam ser recusados pelos postos de recolha, para efeitos do

disposto nas alíneas a) e b). Os Estados-Membros adoptarão disposições específicas para esses REEE.

Os Estados-Membros podem prever disposições específicas para a entrega de REEE tal como previsto nas alíneas a) e b) se os equipamentos não contiverem os componentes essenciais ou se contiverem outros resíduos que não sejam REEE.

3. No caso de REEE que não sejam provenientes de particulares, e sem prejuízo do disposto no artigo 9.o, os Estados-Membros assegurarão que os produtores, ou terceiros por sua conta, procedam à recolha dos referidos resíduos.

4. Os Estados-Membros assegurarão que todos os REEE recolhidos nos termos dos n.os 1 e 2 supra sejam transportados para instalações de tratamento autorizadas nos termos do artigo 6.o, a não ser que os aparelhos sejam reutilizados como um todo. Os Estados-Membros garantirão que a reutilização prevista não constitua uma forma de contornar a presente directiva, nomeadamente no que se refere aos artigos 6.o e 7.o A recolha e o transporte de REEE recolhidos em separado serão efectuados de forma que permita as melhores reutilização e reciclagem possíveis dos componentes ou aparelhos inteiros passíveis de reutilização ou reciclagem.

5. Sem prejuízo do disposto no n.o 1, os Estados-Membros assegurarão que seja atingida, o mais tardar em 31 de Dezembro de 2006, uma taxa mínima de recolha separada de quatro quilogramas, em média, por habitante e por ano, de REEE provenientes de particulares.

O Parlamento Europeu e o Conselho, deliberando sob proposta da Comissão, e tendo em conta a experiência técnica e económica adquirida nos Estados-Membros, fixarão um novo objectivo imperativo até 31 de Dezembro de 2008. Esse objectivo poderá assumir a forma de uma percentagem da quantidade de equipamentos eléctricos e electrónicos vendidos a particulares nos anos anteriores.

Artigo 6.o

Tratamento

1. Os Estados-Membros garantirão que os produtores, ou terceiros agindo por conta dos mesmos nos termos da legislação comunitária, criem sistemas para proceder ao tratamento dos REEE utilizando as melhores técnicas disponíveis em

matéria de tratamento, valorização e reciclagem. Esses sistemas podem ser criados pelos produtores, a título individual ou colectivamente. A fim de garantir o cumprimento do disposto no artigo 4.o da Directiva 75/442/CEE, esse tratamento incluirá, no mínimo, a remoção de todos os fluidos e um tratamento selectivo de acordo com o disposto no anexo II da presente directiva.

Poderão ser introduzidas no anexo II outras tecnologias de tratamento que garantam um nível pelo menos idêntico de protecção da saúde humana e do ambiente de acordo com o procedimento a que se refere o n.o 2 do artigo 14.o

Para efeitos de protecção do ambiente, os Estados-Membros podem adoptar normas mínimas de qualidade para o tratamento e recolha de REEE. Os Estados-Membros que optem por tais normas de qualidade informarão delas a Comissão, que as publicará.

2. Os Estados-Membros garantirão que qualquer estabelecimento ou empresa que efectue operações de tratamento obtenha uma autorização das autoridades competentes, de acordo com o disposto nos artigos 9.o e 10.o da Directiva 75/442/CEE.

A dispensa da autorização referida no n.o 1, alínea b), do artigo 11.o da Directiva 75/442/CEE pode ser aplicável às operações de valorização de REEE, desde que, antes do registo, as autoridades competentes procedam a uma inspecção para verificar a conformidade com o artigo 4.o da Directiva 75/442/CEE.

A inspecção verificará:

- a) O tipo e as quantidades de resíduos a tratar;
- b) Os requisitos técnicos gerais a observar;
- c) As precauções de segurança a tomar.

A referida inspecção terá lugar pelo menos uma vez por ano e os resultados serão comunicados pelos Estados-Membros à Comissão.

3. Os Estados-Membros garantirão que qualquer estabelecimento ou empresa que efectue operações de tratamento proceda ao armazenamento e tratamento dos REEE em conformidade com os requisitos técnicos definidos no anexo III.

4. Os Estados-Membros velarão por que a autorização ou o registo referidos no n.o 2 incluam todas as condições necessárias ao cumprimento do disposto nos

n.os 1 e 3, bem como à consecução dos objectivos de valorização previstos no artigo 7.o

5. As operações de tratamento podem também ser efectuadas fora do respectivo Estado-Membro ou da Comunidade Europeia, desde que a transferência dos REEE seja efectuada em conformidade com o disposto no Regulamento (CEE) n.o 259/93 do Conselho, de 1 de Fevereiro de 1993, relativo à fiscalização e ao controlo das transferências de resíduos no interior, à entrada e à saída da Comunidade(15).

Os REEE exportados da Comunidade nos termos dos Regulamentos (CEE) n.o 259/93 e (CE) n.o 1420/1999 do Conselho, de 29 de Abril de 1999, que estabelece regras e procedimentos comuns aplicáveis às transferências de determinados tipos de resíduos para certos países não membros da OCDE(16), bem como do Regulamento (CE) n.o 1547/1999 da Comissão, de 12 de Julho de 1999, que determina em conformidade com o Regulamento (CEE) n.o 259/93 do Conselho os processos de controlo a aplicar às transferências de certos tipos de resíduos para certos países onde não é aplicável a Decisão C(92) 39 final da OCDE(17), só contarão para o cumprimento das obrigações e objectivos dos n.os 1 e 2 do artigo 7.o da presente directiva se o exportador puder provar que a operação de valorização, reutilização e/ou reciclagem ocorreu em condições equivalentes aos requisitos da presente directiva.

6. Os Estados-Membros incentivarão os estabelecimentos ou empresas que efectuem operações de tratamento a introduzir sistemas certificados de gestão ambiental nos termos do Regulamento (CE) n.o 761/2001 do Parlamento Europeu e do Conselho, de 19 de Março de 2001, que permite a participação voluntária de organizações num sistema comunitário de ecogestão e auditoria (EMAS)(18).

Artigo 7.o

Valorização

1. Os Estados-Membros garantirão que os produtores, ou terceiros agindo por conta dos mesmos, a título individual e/ou colectivo, nos termos da legislação comunitária, criem sistemas para proceder a valorização de REEE recolhidos em separado, em conformidade com o disposto no artigo 5.o Os Estados-Membros darão prioridade à reutilização dos aparelhos inteiros. Até à data referida no n.o 4, esses aparelhos não serão tidos em consideração para o cálculo dos objectivos estabelecidos no n.o 2.

2. No que respeita aos REEE enviados para tratamento de acordo com o disposto no artigo 6.o, os Estados-Membros garantirão que, até 31 de Dezembro de 2006, os produtores atinjam os seguintes objectivos:

a) Relativamente aos REEE pertencentes às categorias 1 e 10 do anexo I A:

- a taxa de valorização será aumentada para um mínimo de 80 % do peso médio por aparelho, e

- a percentagem de reutilização e reciclagem de componentes, materiais e substâncias será aumentada para um mínimo de 75 % do peso médio por aparelho;

b) Relativamente aos REEE pertencentes às categorias 3 e 4 do anexo I A:

- a taxa de valorização será aumentada para um mínimo de 75 % do peso médio por aparelho, e

- a percentagem de reutilização e reciclagem de componentes, materiais e substâncias será aumentada para um mínimo de 65 % do peso médio por aparelho;

c) Relativamente aos REEE pertencentes às categorias 2, 5, 6, 7e 9 do Anexo I A:

- a taxa de valorização será aumentada para um mínimo de 70 % do peso médio por aparelho, e

- a percentagem de reutilização e reciclagem de componentes, materiais e substâncias será aumentada para um mínimo de 50 % do peso médio por aparelho;

d) Relativamente a lâmpadas de descarga de gás, a taxa de reutilização e reciclagem de componentes, materiais e substâncias atingirá um mínimo de 80 % do peso das lâmpadas.

3. Os Estados-Membros garantirão que, para efeitos de cálculo destes objectivos, os produtores ou terceiros agindo por conta dos mesmos, mantenham registos da quantidade de REEE, respectivos componentes, materiais ou substâncias, que entrem (input) ou saiam (output) da instalação de tratamento e/ou que entrem (input) na instalação de valorização ou reciclagem.

A Comissão deverá estabelecer, de acordo com o procedimento previsto no n.o 2 do artigo 14.o, normas circunstanciadas para o controlo do cumprimento, pelos Estados-Membros, dos objectivos previstos no n.o 2, incluindo

especificações dos materiais. A Comissão deverá propor estas medidas o mais tardar 13 de Agosto de 2004.

4. Com base numa proposta da Comissão, o Parlamento Europeu e o Conselho estabelecerão novos objectivos para os anos seguintes em matéria de valorização e reutilização/reciclagem, incluindo, nos casos adequados, a reutilização de aparelhos inteiros e a valorização ou reutilização/reciclagem dos produtos pertencentes à categoria 8 do anexo I A, até 31 de Dezembro de 2008. Para o efeito, tomarão em consideração as vantagens ambientais dos equipamentos eléctricos e electrónicos em uso, como uma maior eficiência na utilização dos recursos em resultado da evolução no domínio dos materiais e tecnologias. Haverá também que ter em conta o progresso técnico na reutilização, valorização e reciclagem, nos produtos e materiais, bem como a experiência adquirida pelos Estados-Membros e pela indústria.

5. Os Estados-Membros incentivarão o desenvolvimento de novas tecnologias de valorização, reciclagem e tratamento.

Artigo 8.o

Financiamento para REEE provenientes de particulares

1. Os Estados-Membros garantirão, o mais tardar até 13 de Agosto de 2005, que os produtores assegurem, pelo menos, o financiamento da recolha, tratamento, valorização e eliminação em boas condições ambientais dos REEE provenientes de particulares entregues nas instalações de recolha criadas ao abrigo do n.o 2 do artigo 5.o

2. No que se refere aos produtos colocados no mercado após 13 de Agosto de 2005, cada produtor será responsável pelo financiamento das operações a que se refere o n.o 1 relacionadas com resíduos dos seus próprios produtos. Os produtores podem optar por cumprir esta obrigação individualmente ou aderindo a um sistema colectivo.

Os Estados-Membros assegurarão que cada produtor forneça uma garantia, ao colocar o produto no mercado, indicando que a gestão de todos os REEE será financiada, e que os produtores marquem claramente os seus produtos de acordo com o n.o 2 do artigo 11.o Essa garantia deve assegurar que as operações a que se refere o n.o 1, e relacionadas com o produto, serão financiadas. A garantia pode assumir a forma de participação do produtor em regimes adequados ao

financiamento da gestão dos REEE, de um seguro de reciclagem ou de uma conta bancária bloqueada.

Os custos da recolha, tratamento e eliminação ambientalmente sã não serão indicados separadamente aos compradores aquando da venda de novos produtos.

3. A responsabilidade pelo financiamento dos custos de gestão dos REEE de produtos colocados no mercado antes do termo do prazo a que se refere o n.o 1 (resíduos "históricos") será assumida por um ou mais sistemas para os quais todos os produtores existentes no mercado quando ocorrerem esses custos contribuirão proporcionalmente, por exemplo, na proporção da respectiva quota de mercado por tipo de equipamento.

Os Estados-Membros garantirão que, durante um período de transição de oito anos (10 anos para a categoria 1 do anexo I A) a partir da entrada em vigor da presente directiva, seja permitido aos produtores indicarem aos compradores, aquando da venda de novos produtos, os custos da recolha, tratamento e eliminação de forma ambientalmente sã. Os custos indicados não devem exceder os custos reais.

4. Os Estados-Membros velarão por que os produtores que forneçam equipamentos eléctricos ou electrónicos através da comunicação à distância cumpram também os requisitos previstos no presente artigo para o equipamento fornecido no Estado-Membro em que residir o comprador desse equipamento.

Artigo 9.o

Financiamento para os REEE provenientes de utilizadores não particulares

Os Estados-Membros garantirão, o mais tardar até 13 de Agosto de 2005, que o financiamento dos custos de recolha, tratamento, valorização e eliminação em boas condições ambientais dos REEE provenientes de utilizadores não particulares colocados no mercado após 13 de Agosto de 2005 seja assegurado pelos produtores.

O financiamento dos custos de gestão dos REEE de produtos colocados no mercado antes de 13 de Agosto de 2005 (resíduos "históricos") será assegurado pelos produtores. Alternativamente, os Estados-Membros poderão prever que os utilizadores não particulares sejam também parcial ou totalmente responsáveis por esse financiamento.

Os produtores e utilizadores não particulares podem, sem prejuízo do disposto na presente directiva, celebrar acordos que estipulem outros métodos de financiamento.

Artigo 10.o

Informação dos utilizadores

1. Os Estados-Membros garantirão que sejam prestadas aos utilizadores de equipamentos eléctricos e electrónicos para uso doméstico as informações necessárias sobre:

- a) A obrigação de não eliminar REEE como resíduos urbanos não triados e de proceder à recolha separada dos REEE;
- b) Os sistemas de recolha e retoma ao seu dispor;
- c) O seu papel em termos de contribuição para a reutilização, reciclagem e outras formas de valorização dos REEE;
- d) Os potenciais efeitos sobre o ambiente e a saúde humana advenientes da presença de substâncias perigosas nos equipamentos eléctricos e electrónicos;
- e) O significado do símbolo apresentado no anexo IV.

2. Os Estados-Membros adoptarão medidas adequadas para que os consumidores participem na recolha de REEE e sejam encorajados a facilitar o processo de reutilização, tratamento e valorização.

3. Com vista a reduzir ao mínimo a eliminação de REEE como resíduos urbanos não triados e de facilitar a sua recolha separada, os Estados-Membros garantirão que os produtores procedam a uma marcação adequada, com o símbolo apresentado no anexo IV, dos equipamentos eléctricos e electrónicos colocados no mercado depois de 13 de Agosto de 2005. Em casos excepcionais, se necessário devido à dimensão ou função dos produtos, o símbolo será impresso na embalagem dos equipamentos eléctricos e electrónicos, nas instruções de utilização e na garantia do equipamento eléctrico e electrónico.

4. Os Estados-Membros podem exigir aos produtores e/ou aos distribuidores que forneçam algumas ou todas as informações referidas nos n.os 1 a 3, nomeadamente nas instruções de utilização ou no ponto de venda.

Artigo 11.o

Informação para instalações de tratamento

1. A fim de facilitar a reutilização e o tratamento dos REEE de forma ambientalmente sã, incluindo a manutenção, melhoramento, renovação e

reciclagem, os Estados-Membros zelarão por que os produtores forneçam informações sobre a reutilização e tratamento de cada novo tipo de EEE, no prazo de um ano desde a colocação do equipamento no mercado. Essas informações identificarão, na medida em que tal seja necessário aos centros de reutilização e instalações de tratamento ou reciclagem para cumprirem o disposto na presente directiva, os diversos componentes e materiais dos EEE, bem como a localização das substâncias e preparações perigosas contidas nos EEE. Essas informações serão disponibilizadas aos centros de reutilização e instalações de tratamento ou reciclagem pelos produtores de EEE, sob a forma de manuais ou por meios electrónicos (por exemplo, CD-ROM, serviços em linha).

2. Os Estados-Membros assegurarão que qualquer produtor de um equipamento eléctrico ou electrónico colocado no mercado após 13 de Agosto de 2005 seja claramente identificável através de uma marca no equipamento. Além disso, para que seja possível determinar inequivocamente a data de colocação no mercado, uma marca a por no equipamento especificará que este foi comercializado após 13 de Agosto de 2005. A Comissão promoverá, com este fim, a elaboração de normas europeias.

Artigo 12.o

Informações e apresentação de relatórios

1. Os Estados-Membros elaborarão um registo de produtores e recolherão informações, incluindo estimativas fundamentadas, numa base anual, sobre as quantidades e categorias de equipamentos eléctricos e electrónicos colocados no seu mercado e, por qualquer meio, nele recolhidos e reutilizados, reciclados e valorizados, bem como exportados, em termos de peso ou, se tal não for possível, de número.

Os Estados-Membros zelarão por que os produtores que forneçam equipamentos eléctricos ou electrónicos através da comunicação à distância dêem informações sobre o cumprimento do disposto no n.o 4 do artigo 8.o e sobre as quantidades e categorias de equipamentos eléctricos e electrónicos colocados no mercado do Estado-Membro de residência dos compradores desses equipamentos.

Os Estados-Membros zelarão por que as informações requeridas sejam transmitidas à Comissão de dois em dois anos, no prazo de 18 meses a contar do termo do período abrangido. As primeiras informações deverão abranger os anos

de 2005 e 2006. As informações serão fornecidas de acordo com um modelo que será adoptado no prazo de um ano a contar da entrada em vigor da presente directiva, em conformidade com o procedimento previsto no n.º 2 do artigo 14.º e tendo em vista a criação de bases de dados sobre os REEE e o seu tratamento.

Os Estados-Membros assegurarão uma troca de informações adequada a fim de cumprir o disposto no presente número, nomeadamente em relação às operações de tratamento referidas no n.º 5 do artigo 6.º

2. Sem prejuízo do disposto no n.º 1, os Estados-Membros enviarão à Comissão, de três em três anos, um relatório sobre a aplicação da presente directiva. O relatório será redigido com base num questionário ou num esquema elaborado pela Comissão de acordo com o procedimento previsto no artigo 6.º da Directiva 91/692/CEE do Conselho, de 23 de Dezembro de 1991, relativa à normalização e à racionalização dos relatórios sobre a aplicação de determinadas directivas respeitantes ao ambiente⁽¹⁹⁾. O questionário ou esquema será enviado aos Estados-Membros seis meses antes do início do período abrangido pelo relatório. O relatório será enviado à Comissão no prazo de nove meses a contar do termo do período de três anos a que se refere.

O primeiro relatório trienal abrangerá o período de 2004 a 2006.

A Comissão publicará um relatório sobre a aplicação da presente directiva no prazo de nove meses após a recepção dos relatórios dos Estados-Membros.

Artigo 13.º

Adaptação ao progresso científico e técnico

As alterações necessárias para adaptar o n.º 3 do artigo 7.º, o anexo I B (em especial com vista à possível inclusão de aparelhos de iluminação de uso doméstico, lâmpadas de incandescência e produtos fotovoltaicos, ou seja painéis solares), o anexo II (especialmente tendo em conta o desenvolvimento técnico em matéria de tratamento de REEE) e, anexos III e IV ao progresso científico e técnico serão adoptadas de acordo com o procedimento referido no n.º 2 do artigo 14.º

Antes de proceder à alteração dos anexos, a Comissão deverá inter alia consultar os produtores de equipamentos eléctricos e electrónicos, os operadores de instalações de reciclagem e de tratamento e as organizações ambientalistas, bem como as associações de trabalhadores e de consumidores.

Artigo 14.º

Comité

1. A Comissão será assistida pelo comité instituído pelo artigo 18.o da Directiva 75/442/CEE.

2. Nos casos em que se faz referência ao presente número, é aplicável o procedimento constante dos artigos 5.o e 7.o da Decisão 1999/468/CE, tendo-se em conta o disposto no seu artigo 8.o

O prazo previsto no n.o 6 do artigo 5.o da citada decisão é de três meses.

3. O comité aprovará o seu regulamento interno.

Artigo 15.o

Sanções

Os Estados-Membros determinarão as sanções aplicáveis ao incumprimento das disposições nacionais adoptadas em execução da presente directiva. As sanções previstas deverão ser eficazes, proporcionadas e dissuasivas.

Artigo 16.o

Inspeção e controlo

Os Estados-Membros assegurarão que a inspeção e o controlo permitam verificar a correcta aplicação da presente directiva.

Artigo 17.o

Transposição

1. Os Estados-Membros porão em vigor as disposições legislativas, regulamentares e administrativas necessárias para dar cumprimento à presente directiva até 13 de Agosto de 2004. Do facto informarão imediatamente a Comissão.

Quando os Estados-Membros adoptarem essas disposições, estas deverão incluir uma referência à presente directiva ou ser acompanhadas dessa referência aquando da sua publicação oficial. As modalidades dessa referência serão estabelecidas pelos Estados-Membros.

2. Os Estados-Membros informarão a Comissão de todas as disposições legislativas, regulamentares e administrativas adoptadas no âmbito da presente directiva.

3. Desde que sejam cumpridos os objectivos previstos na presente directiva, os Estados-Membros poderão transpor as disposições do n.o 6 do artigo 6.o, do n.o 1 do artigo 10.o e do artigo 11.o mediante acordos entre as autoridades

competentes e os sectores económicos envolvidos. Esses acordos devem cumprir os seguintes requisitos:

- a) Os acordos devem ser executórios;
- b) Os acordos devem especificar os objectivos e os prazos correspondentes;
- c) Os acordos serão publicados no jornal oficial nacional ou num documento oficial igualmente acessível ao público e enviados à Comissão;
- d) Os resultados obtidos devem ser fiscalizados periodicamente, comunicados às autoridades competentes e à Comissão e postos à disposição do público nas condições previstas no próprio acordo;
- e) As autoridades competentes devem assegurar-se que os progressos alcançados no âmbito do acordo serão analisados;
- f) Em caso de incumprimento do acordo, os Estados-Membros devem executar as disposições pertinentes da presente directiva através de medidas legislativas, regulamentares ou administrativas.

4. a) A Grécia e a Irlanda que, globalmente, por:

- falta de infra-estruturas de reciclagem,
- circunstâncias geográficas, como um grande número de pequenas ilhas e a existência de zonas rurais e montanhosas,

- terem uma baixa densidade populacional, e
- terem um baixo nível de consumo de EEE,

não podem atingir o objectivo de recolha referido no n.º 5, primeiro parágrafo, do artigo 5.º ou os objectivos de valorização referidos no n.º 2 do artigo 7.º e que, nos termos do n.º 2, terceiro parágrafo, do artigo 5.º da Directiva 1999/31/CE do Conselho, de 26 de Abril de 1999, relativa à deposição de resíduos em aterros(20),

podem requerer a prorrogação do prazo previsto nesse artigo, podem beneficiar de uma prorrogação dos prazos referidos nos n.º 5 do artigo 5.º e no n.º 2 do artigo 7.º da presente directiva, por um máximo de 24 meses.

Estes Estados-Membros devem informar a Comissão das suas decisões, o mais tardar aquando da transposição da presente directiva.

b) A Comissão informará os outros Estados-Membros e o Parlamento Europeu das referidas decisões.

5. Num prazo de cinco anos a contar da entrada em vigor da presente directiva, a Comissão deverá apresentar um relatório ao Parlamento Europeu e ao

Conselho com base na experiência da sua aplicação, especialmente sobre os sistemas de recolha separada, tratamento, valorização e financiamento. Além disso, o relatório dever-se-á basear na evolução tecnológica, na experiência adquirida, nas exigências ambientais e no funcionamento do mercado interno. O relatório deverá, se for caso disso, ser acompanhado de propostas de revisão das disposições necessárias da presente directiva.

Artigo 18.o

Entrada em vigor

A presente directiva entra em vigor na data da sua publicação no Jornal Oficial da União Europeia.

Artigo 19.o

Destinatários

Os Estados-Membros são os destinatários da presente directiva.

Feito em Bruxelas, em 27 de Janeiro de 2003.

Pelo Parlamento Europeu

O Presidente

P. Cox

Pelo Conselho

O Presidente

G. Drys

(1) JO C 365 E de 19.12.2000, p. 184 e JO C 240 E de 28.8.2001, p. 303.

(2) JO C 116 de 20.4.2001, p. 38.

(3) JO C 148 de 18.5.2001, p. 1.

(4) Parecer do Parlamento Europeu de 15 de Maio de 2001 (JO C 34 E de 7.2.2002, p. 115), posição comum do Conselho de 4 de Dezembro de 2001 (JO C 110 E de 7.5.2002, p. 1) e decisão do Parlamento Europeu de 10 de Abril de 2002 (ainda não publicada no Jornal Oficial). Decisão do Parlamento Europeu de 18 de Dezembro de 2002 e decisão do Conselho de 16 de Dezembro de 2002.

(5) JO C 138 de 17.5.1993, p. 5.

(6) JO C 76 de 11.3.1997, p. 1.

(7) JO C 362 de 2.12.1996, p. 241.

(8) JO L 194 de 25.7.1975, p. 47. Directiva com a última redacção que lhe foi dada pela Decisão 96/350/CE da Comissão (JO L 135 de 6.6.1996, p. 32).

(9) JO L 78 de 26.3.1991, p. 38. Directiva alterada pela Directiva 98/101/CE da Comissão (JO L 1 de 5.1.1999, p. 1).

(10) JO L 118 de 27.4.2001, p. 41.

(11) JO L 184 de 17.7.1999, p. 23.

(12) JO L 144 de 4.6.1997, p. 19.

(13) JO L 196 de 16.8.1967, p. 1. Directiva com a última redacção que lhe foi dada pela Directiva 2001/59/CE (JO L 225 de 21.8.2001, p. 1).

(14) JO L 200 de 30.7.1999, p. 1. Directiva alterada pela Directiva 2001/60/CE (JO L 226 de 22.8.2001, p. 5).

(15) JO L 30 de 6.2.1993, p. 1. Regulamento com a última redacção que lhe foi dada pelo Regulamento (CE) n.º 2557/2001 da Comissão (JO L 349 de 31.12.2001, p. 1).

(16) JO L 166 de 1.7.1999, p. 6. Regulamento com a última redacção que lhe foi dada pelo Regulamento (CE) n.º 2243/2001 da Comissão (JO L 303 de 20.11.2001, p. 11).

(17) JO L 185 de 17.7.1999, p. 1. Regulamento com a última redacção que lhe foi dada pelo Regulamento (CE) n.º 2243/2001.

(18) JO L 114 de 24.4.2001, p. 1.

(19) JO L 377 de 31.12.1991, p. 48.

(20) JO L 182 de 16.7.1999, p. 1.

ANEXO I A

Categorias de equipamentos eléctricos e electrónicos abrangidos pela presente directiva

1. Grandes electrodomésticos
2. Pequenos electrodomésticos
3. Equipamentos informáticos e de telecomunicações
4. Equipamentos de consumo
5. Equipamentos de iluminação
6. Ferramentas eléctricas e electrónicas (com excepção de ferramentas industriais fixas de grandes dimensões)
7. Brinquedos e equipamento de desporto e lazer
8. Aparelhos médicos (com excepção de todos os produtos implantados e infectados)
9. Instrumentos de monitorização e controlo

10. Distribuidores automáticos

ANEXO I B

Lista dos produtos e funções que deverão ser considerados para efeitos da presente directiva e que estão abrangidos pelas categorias do anexo I A

1. Grandes electrodomésticos

Grandes aparelhos de arrefecimento

Frigoríficos

Congeladores

Outros aparelhos de grandes dimensões utilizados na refrigeração, conservação e armazenamento de alimentos

Máquinas de lavar roupa

Secadores de roupa

Máquinas de lavar loiça

Fogões

Fornos eléctricos

Placas de fogão eléctricas

Microondas

Outros aparelhos de grandes dimensões utilizados para cozinhar ou transformar os alimentos

Aparelhos de aquecimento eléctricos

Radiadores eléctricos

Outros aparelhos de grandes dimensões para aquecimento de casas, camas, mobiliário para sentar

Ventoinhas eléctricas

Aparelhos de ar condicionado

Outros equipamentos de ventilação, ventilação de exaustão e condicionamento

2. Pequenos electrodomésticos

Aspiradores

Aparelhos de limpeza de alcatifas

Outros aparelhos de limpeza

Aparelhos utilizados na costura, tricot, tecelagem e outras formas de transformar os têxteis

Ferros de engomar e outros aparelhos para engomar, calandrar e tratar o vestuário

Torradeiras

Fritadeiras

Moinhos, máquinas de café e aparelhos para abrir ou fechar recipientes ou embalagens

Facas eléctricas

Aparelhos para cortar o cabelo, secadores de cabelo, escovas de dentes eléctricas, máquinas de barbear, aparelhos de massagem e outros aparelhos para o cuidado do corpo

Relógios de sala, relógios de pulso e aparelhos para medir, indicar ou registar o tempo

Balanças

3. Equipamentos informáticos e de telecomunicações

Processamento centralizado de dados:

Macrocomputadores (mainframes)

Minicomputadores

Unidades de impressão

Equipamentos informáticos pessoais:

Computadores pessoais (CPU, rato, ecrã e teclado incluídos)

Computadores portáteis "laptop" (CPU, rato, ecrã e teclado incluídos)

Computadores portáteis "notebook"

Computadores portáteis "notepad"

Impressoras

Copiadoras

Máquinas de escrever eléctricas e electrónicas

Calculadoras de bolso e de secretária

Outros produtos e equipamentos para recolher, armazenar, tratar, apresentar ou comunicar informações por via electrónica

Sistemas e terminais de utilizador

Telecopiadoras

Telex

Telefones

Postos telefónicos públicos

Telefones sem fios

Telefones celulares

Respondedores automáticos

Outros produtos ou equipamentos para transmitir som, imagens ou outras informações por telecomunicação

4. Equipamentos de consumo

Aparelhos de rádio

Aparelhos de televisão

Câmaras de vídeo

Gravadores de vídeo

Gravadores de alta fidelidade

Amplificadores áudio

Instrumentos musicais

Outros produtos ou equipamentos para gravar ou reproduzir o som ou a imagem, incluindo sinais ou outras tecnologias de distribuição do som e da imagem por outra via que não a telecomunicação

5. Equipamentos de iluminação

Aparelhos de iluminação para lâmpadas fluorescentes, com excepção dos aparelhos de iluminação doméstica

Lâmpadas fluorescentes clássicas

Lâmpadas fluorescentes compactas

Lâmpadas de descarga de alta intensidade, incluindo lâmpadas de sódio sob pressão e lâmpadas de haletos metálicos

Lâmpadas de sódio de baixa pressão

Outros equipamentos de iluminação ou equipamento destinado a difundir ou controlar a luz, com excepção das lâmpadas de incandescência.

6. Ferramentas eléctricas e electrónicas (com excepção de ferramentas industriais fixas de grandes dimensões)

Berbequins

Serras

Máquinas de costura

Equipamento para tornejar, fresar, lixar, triturar, serrar, cortar, tosar, brocar, fazer furos, puncionar, dobrar, encurvar, ou para processos similares de tratamento de madeira, metal e outros materiais

Ferramentas para rebitar, pregar ou aparafusar ou remover rebites, pregos ou parafusos, ou para usos semelhantes

Ferramentas para soldar ou usos semelhantes

Equipamento para pulverizar, espalhar, dispersar ou para tratamento de substâncias líquidas ou gasosas por outros meios

Ferramentas para cortar relva ou para outras actividades de jardinagem

7. Brinquedos e equipamento de desporto e lazer

Conjuntos de comboios eléctricos ou de pistas de carros de corrida

Consolas de jogos de vídeo portáteis

Jogos de vídeo

Computadores para ciclismo, mergulho, corrida, remo, etc.

Equipamento desportivo com componentes eléctricos ou electrónicos

Caça-níqueis (slot machines)

8. Aparelhos médicos (com excepção de todos os produtos implantados e infectados)

Equipamentos de radioterapia

Equipamentos de cardiologia

Equipamentos de diálise

Ventiladores pulmonares

Equipamentos de medicina nuclear

Equipamentos de laboratório para diagnóstico in vitro

Analisadores

Congeladores

Testes de fertilização

Outros aparelhos para detectar, evitar, controlar, tratar, aliviar doenças, lesões ou deficiências

9. Instrumentos de monitorização e controlo

Detectores de fumo

Reguladores de aquecimento

Termóstatos

Aparelhos de medição, pesagem ou regulação para uso doméstico ou como equipamento laboratorial

Outros instrumentos de controlo e comando utilizados em instalações industriais (por exemplo, em painéis de comando)

10. Distribuidores automáticos

Distribuidores automáticos de bebidas quentes

Distribuidores automáticos de garrafas ou latas quentes ou frias

Distribuidores automáticos de produtos sólidos

Distribuidores automáticos de dinheiro

Todos os aparelhos que forneçam automaticamente todo o tipo de produtos

ANEXO II

Tratamento selectivo de materiais e componentes de resíduos de equipamentos eléctricos e electrónicos (REEE) nos termos do n.º 1 do artigo 6.º

1. No mínimo, as substâncias, preparações e componentes a seguir indicados devem ser retirados de todos os REEE recolhidos separadamente:

- condensadores com policlorobifenilos (PCB) nos termos da Directiva 96/59/CE do Conselho, de 16 de Setembro de 1996, relativa à eliminação dos policlorobifenilos e dos policlorotrifenilos (PCB/PCT)(1),

- componentes contendo mercúrio, como interruptores ou lâmpadas de retro-iluminação,

- pilhas e baterias,

- placas de circuitos impressos de telemóveis em geral e de outros aparelhos, se a superfície das placas de circuito impresso for superior a 10 centímetros quadrados,

- cartuchos de toner, líquido e pastoso, bem como de toner de cor,

- plásticos contendo retardadores de chama bromados,

- resíduos de amianto e componentes contendo amianto,

- tubos de raios catódicos,

- clorofluorcarbonetos (CFC), hidroclorofluorcarbonetos (HCFC) hidrofluorcarbonetos (HFC), hidrocarbonetos (HC),

- lâmpadas de descarga de gás,

- ecrãs de cristais líquidos (com a embalagem, sempre que adequado) com uma superfície superior a 100 centímetros quadrados e todos os ecrãs retro-iluminados por lâmpadas de descarga de gás,

- cabos eléctricos para exterior,

- componentes contendo fibras cerâmicas refractárias, tal como definidos na Directiva 97/69/CE da Comissão, de 5 de Dezembro de 1997, que adapta ao

progresso técnico a Directiva 67/548/CEE do Conselho respeitante à classificação, embalagem e rotulagem das substâncias perigosas(2),

- componentes contendo substâncias radioactivas, com excepção dos componentes que estejam abaixo dos limiares de isenção estabelecidos no artigo 3.o e no anexo I da Directiva 96/29/Euratom do Conselho, de 13 de Maio de 1996, que fixa as normas de segurança de base relativas à protecção sanitária da população e dos trabalhadores contra os perigos resultantes das radiações ionizantes(3),

- condensadores electrolíticos que contenham substâncias que causam preocupação (altura: > 25 mm, diâmetro > 25 mm ou volumes de proporções semelhantes).

Estas substâncias, preparações e componentes devem ser eliminados ou valorizados em conformidade com o disposto no artigo 4.o da Directiva 75/442/CEE.

2. Os componentes a seguir enumerados dos REEE recolhidos separadamente devem ser tratados conforme indicado:

- tubos de raios catódicos: o revestimento fluorescente deve ser retirado,
- equipamentos contendo gases que empobrecem a camada de ozono ou tenham um potencial de aquecimento global (GWP) superior a 15, como os que se encontram na espuma e nos circuitos de refrigeração: os gases têm que ser devidamente extraídos e devidamente tratados. Os gases que empobrecem a camada de ozono têm que ser devidamente tratados em conformidade com o Regulamento (CE) n.o 2037/2000 do Parlamento Europeu e do Conselho, de 29 de Junho de 2000, relativo às substâncias que empobrecem a camada de ozono(4),

- lâmpadas de descarga de gás: o mercúrio deve ser retirado.

3. Atendendo a considerações de carácter ambiental e ao interesse da reutilização e da reciclagem, os pontos 1 e 2 devem ser aplicados por forma a não impedir uma reutilização ou reciclagem ambientalmente correctas dos componentes ou aparelhos completos.

4. No âmbito do procedimento previsto no n.o 2 do artigo 14.o, a Comissão deverá avaliar prioritariamente se as referências:

- às placas de circuitos impressos para telemóveis, e
- aos ecrãs de cristais líquidos,

devem ser alteradas.

(1) JO L 243 de 24.9.1996, p. 31.

(2) JO L 343 de 13.12.1997, p. 19.

(3) JO L 159 de 29.6.1996, p. 1.

(4) JO L 244 de 29.9.2000, p. 1. Regulamento com a última redacção que lhe foi dada pelo Regulamento (CE) n.º 2039/2000 (JO L 244 de 29.9.2000, p. 26).

ANEXO III

Requisitos técnicos em conformidade com o n.º 3 do artigo 6.º

1. Locais para armazenamento (incluindo armazenamento temporário) de REEE antes do tratamento, sem prejuízo do disposto na Directiva 1999/31/CE:

- superfícies impermeáveis para áreas adequadas apetrechadas com sistemas de recolha de derramamentos e, quando apropriado, decantadores e purificadores-desengorduradores,

- revestimentos à prova de intempéries para áreas adequadas.

2. Locais para tratamento de REEE:

- balanças para medição do peso dos resíduos tratados,

- superfícies impermeáveis e revestimentos à prova de intempéries para áreas adequadas apetrechadas com sistemas de recolha de derramamentos e, quando apropriado, decantadores e purificadores-desengorduradores,

- armazenamento adequado de peças sobresselentes desmontadas,

- contentores adequados para armazenamento de pilhas, condensadores com PCB/PCT e outros resíduos perigosos, como resíduos radioactivos,

- equipamento para tratamento de águas, de acordo com os regulamentos no domínio da saúde e do ambiente.

ANEXO IV

Símbolo para marcação dos equipamentos eléctricos e electrónicos

O símbolo que indica a recolha separada de equipamentos eléctricos e electrónicos é constituído por um contentor de lixo barrado com uma cruz, conforme indicado infra. O símbolo deve ser impresso de forma visível, legível e indelével.

Declaração comum do Parlamento Europeu, do Conselho e da Comissão
relativa ao

Artigo 9.º

Financiamento no que respeita aos REEE provenientes de outros utilizadores que não os particulares

"Registando que foram suscitadas preocupações quanto às eventuais implicações financeiras, para os produtores, da actual formulação do artigo 9.o, o Parlamento Europeu, o Conselho e a Comissão vêm exprimir a intenção, que lhes é comum, de apreciar essas questões logo que haja oportunidade. Caso tais preocupações tenham fundamento, a Comissão declara ter a intenção de propor que o artigo 9.o da directiva seja alterado. O Parlamento Europeu e o Conselho comprometem-se a reagir com celeridade a qualquer proposta nesse sentido, de acordo com os respectivos procedimentos internos."