

CENTRO UNIVERSITÁRIO NOSSA SENHORA DO
PATROCÍNIO

ALEXIS DE PONTES MALDONADO

**DIRETIVA ROHS NO BRASIL:
ADEQUAÇÃO DA INDÚSTRIA PARA ATENDIMENTO
DOS REQUISITOS**

ITU

2008

ALEXIS DE PONTES MALDONADO

**DIRETIVA ROHS NO BRASIL:
ADEQUAÇÃO DA INDÚSTRIA PARA ATENDIMENTO
DOS REQUISITOS**

Trabalho apresentado ao Curso de Pós-Graduação em Ecologia e Gestão Ambiental do Centro Universitário N^a Sra. do Patrocinio como pré-requisito para obtenção do Grau de Especialista em Ecologia e Gestão Ambiental.

ITU

2008

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho à Adriana, que sempre me incentivou a prosseguir e ao nosso Felipe, que espero assimile também o amor pela ciência e pela natureza.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus, pela oportunidade da vida e pela bênção do discernimento.

À Adriana, esposa e amiga e ao Felipe, filho amado, que pacientemente compreenderam minha ausência durante parte do tempo de convívio familiar.

Aos meus pais Nilton e Maria, que me possibilitaram a vida, e aos meus avós Antonio e Francisca, que dentro de sua simplicidade, tudo fizeram para que me tornasse digno e alcançasse meus objetivos.

Ao Prof. Dr. Hélio Rubens Jacintho Pereira Júnior coordenador do curso de Gestão Ambiental e que nos possibilitou uma visão mais clara da ciência.

Ao Prof. Ms Marcel Cardozo, verdadeiro educador e incentivador da produção de conhecimento.

Ao Prof. Ms João Carlos Teixeira Mendes, pelos exemplos de um trabalho bem realizado e pela possibilidade de participarmos de forma prática.

Enfim, a todos os professores, à Instituição e aos amigos que fiz durante o período deste curso.

*“Não creio ser um homem que saiba,
tenho sido sempre um homem que
busca.”*

Herman Hesse

MEMORIAL DE FORMAÇÃO

Geralmente, o ato de falar ou escrever sobre si mesmo nunca é uma tarefa fácil. Encontramos dificuldades e bloqueios que muitas vezes nos ofuscam a memória, ainda que involuntariamente, fazendo com que nos esqueçamos de certos fatos ou acontecimentos. Por outro lado, também é uma excelente oportunidade de exercitarmos e colocarmos em prática o que nos recomendava o grande pensador Sócrates: *“Conhece-te a ti mesmo”*.

Venho de uma família de imigrantes espanhóis que aportaram no Brasil no início do séc. XX, dirigindo-se ao interior de São Paulo, parte indo trabalhar nas lavouras de café de São Manuel e outros tornando-se comerciantes e exportadores de laranja da região de Sorocaba, onde puderam aproveitar o auge dessa atividade e mais tarde, infelizmente, também sofreram com seu declínio, não restando muitos recursos aos meus bisavós e avós que, por sua vez, pertenceram à classe operária e ferroviária local. Resumindo, uma típica e simples família sorocabana, como tantas outras que conheço.

Tios do meu avô paterno dedicaram-se ao ramo artístico, sendo os fundadores do primeiro cine-teatro da cidade, o Alhambra, onde encenavam, em espanhol, peças escritas por autores ibéricos e também onde se apresentavam filmes da época. Infelizmente, hoje nem o prédio deste teatro existe mais (não por falta de nosso esforço em tentar preservá-lo). Essa família, os Santisteban, ainda hoje mantém representantes no meio artístico, como um ator de televisão e outro como um dos fundadores do grupo musical Pholhas, famoso nos anos 70.

Pode-se imaginar que, meus avós pertencendo à classe operária, não tinham muitas oportunidades e regalias, ainda mais por terem se casado em pleno período da Segunda Grande Guerra.

Para os menos privilegiados, a necessidade de trabalhar tinha prioridade aos estudos. Portanto, era comum entre as crianças, mesmo muito jovens,

deixarem a escola para trabalhar. Meu pai, com esforço, conseguiu terminar o secundário; minha mãe já não teve a mesma sorte.

Porém, a “sorte” de meu pai não chegou a valer-lhe de muita coisa, pois ele faleceu aos 28 anos de idade, quando eu contava com apenas 5 meses de vida. Minha mãe e eu tivemos de vir morar com meus avós paternos, pois ela precisava trabalhar e não havia quem pudesse tomar conta de mim, além deles.

Com o passar dos anos e a situação financeira de minha mãe um pouco mais estável, ela resolveu sair da casa de meus avós. Porém, eu já estava muito apegado a eles e lá permaneci. A pouca instrução deles nunca foi empecilho para que me orientassem da melhor forma possível, dentro do que estava ao seu alcance. Sou-lhes eternamente grato por isso.

Com esforço, fui o segundo da família a conquistar o diploma universitário, fato que me dá certo orgulho. O primeiro foi meu tio, que após um período afastado da escola pelo trabalho, cursou o supletivo depois de adulto e ingressou na faculdade, licenciando-se em História pela antiga Faculdade de Filosofia de Sorocaba (atual UNISO), em meados da década de 80.

Já eu, desde pequeno, sempre cultivei uma grande curiosidade e uma forte tendência para os questionamentos, avanços e descobertas das ciências e para o conhecimento de um modo geral. Folheava, lia e relia avidamente a coleção de livros que pertenciam ao meu tio e que abarrotavam nossa estante; assistia com grande interesse documentários de TV (o que ainda hoje me dá muito prazer), como a célebre série Cosmos, apresentada pelo Dr. Carl Sagan, programas sobre vida animal, etc. Apesar da pouca idade, entre 6 e 8 anos, lembro-me de discorrer aos colegas de turma sobre os assuntos que aprendia. Tudo, claro, dentro de meu entendimento de criança. Mas já estava plantada ali a semente de algo que ao florescer direcionaria o caminho de minha vida.

Ao longo da adolescência, tornei-me freqüentador assíduo da Biblioteca Municipal de Sorocaba, onde passava prazerosamente algumas horas, buscando publicações interessantes para mim. Fascinava-me o fato de ter ao meu alcance uma variedade tão grande de informações, tudo isso antes do advento da

internet. Aliás, esse recurso fantástico de que dispomos hoje em dia pode facilitar-nos a busca de informações, mas não substitui de forma alguma o prazer de se ter um bom livro entre as mãos, poder tocar e virar suas páginas, sentir o cheiro e a textura do papel, ler num ritmo natural.

Mas, como nem todos os caminhos são retos e objetivos, por falta de melhores opções ou mesmo falta de uma orientação especializada, minha formação acadêmica não seguiu o rumo que talvez fosse natural.

Em 1993 vim a ingressar na Faculdade de Tecnologia de Sorocaba, para a qual fui atraído pela possibilidade de cursar disciplinas ligadas às ciências. Confesso que só depois vim a compreender de maneira mais clara que a finalidade dos cursos oferecidos pela instituição era, basicamente, formar profissionais para atuar no ramo industrial.

Durante o primeiro ano da graduação, como não tinha atividade remunerada, inscrevi-me como professor eventual da rede estadual de ensino e passei a substituir as aulas dos professores titulares, quando estes faltavam. Na época, encarava apenas como uma forma de renda alternativa, uma vez que estava empolgado com o que aprendia no curso e pretendia aplicar esse conhecimento no meio corporativo. E também porque não era muito estimulante ser substituto, pois era praticamente impossível dar continuidade a qualquer atividade que durasse mais que o período de uma aula.

Enquanto aluno do curso, sentia-me empolgado e envolvido pelos conhecimentos que adquiria, pelas pesquisas, experiências e demonstrações das quais participava. Graduei-me em 1996, na modalidade de Processos de Produção Mecânica, período em que já trabalhava em indústria da cidade. E foi a partir daí que, ao passar dos anos, fui percebendo que alguma coisa parecia estar errada, algo me faltava. A atividade que vinha desempenhando não era aquilo que esperava enquanto estudante.

Em busca de um caminho que me levasse à realização pessoal, recordando a fase em que me envolvi com o ensino, em 1999 ingressei num curso de especialização em Educação Matemática, oferecido pela Universidade de

Sorocaba - UNISO. E foi aí que, em contato com grandes orientadores como o Prof. Dr. Luiz Barco¹ e o Prof. Dr. Sérgio Lorenzato², encontrei o caminho que gostaria de seguir e dedicar-me: a carreira acadêmica. Infelizmente, por motivos pessoais e de doença na família que abalaram-me profundamente naquela ocasião, não cheguei a concluir o curso, apesar de ter assistido a todas as aulas.

Casei-me em 2000, e, naturalmente, surgiram outras prioridades. Mas sou muito grato à minha companheira Adriana, que mesmo assim, apóia me em minhas decisões e ajuda me a ir em busca do que quero. Hoje, temos um filho de um ano de idade e que nos trás muita alegria.

Continuo ainda atuando dentro de empresas, mas sempre cultivando a vontade latente de redirecionar a carreira, planejando, esforçando-me e investindo para atingir esse objetivo. Por essa razão, nesta instituição busco o aperfeiçoamento que muito ajudará a obter a oportunidade de ingressar num curso de mestrado.

Nunca é tarde para irmos em busca de nossos sonhos e realizações. Como disse um escritor que admiro muito, Richard Bach: *“Eis um teste para saber se você terminou sua missão na Terra: se você está vivo, não terminou.”*

1 Pós-doutorado pela ECA-USP

2 Pós-doutorado pela Université Laval, Canadá

Resumo

Os aparelhos eletrônicos, hoje tão comuns em nossas vidas, costumam trazer componentes em cuja fabricação são utilizados materiais tóxicos, como por exemplo, metais pesados. Visto que hoje os avanços tecnológicos são extremamente rápidos, há uma substituição igualmente rápida dos aparelhos que se tornam obsoletos e que na maioria das vezes são descartados inadequadamente. A preocupação com o aumento da geração desse tipo de resíduo fez com que as autoridades européias estipulassem as diretivas RoHS, WEEE e EuP, com o objetivo de estender aos fabricantes a responsabilidade sobre esses materiais e promover o desenvolvimento de componentes menos agressivos ao meio e mais fáceis de manejar. Este trabalho busca discorrer sobre os impactos causados ao ambiente e ao ser humano, sobre como os fabricantes estabelecidos no Brasil são afetados por essas diretivas e o que se tem feito quanto ao manejo e disposição desses resíduos, uma vez que no país não existe, até o momento, legislação específica para esse tipo de material. Para tanto, buscou-se um levantamento bibliográfico das principais fontes de pesquisa disponíveis e o acompanhamento do processo produtivo de uma empresa estabelecida na cidade de Sorocaba.

Palavras-chaves: Gestão de resíduos, lixo eletrônico, substâncias nocivas, impacto ambiental.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Áreas de influência das diretivas.....	26
Figura 2 - Prioridades no gerenciamento de resíduos.....	40
Figura 3 - Comparação entre componentes PTH e SMT.....	42
Figura 4 - Tecnologia PTH – processo de wave-solder.....	43
Figura 5 - Tecnologia SMT – processo de reflow.....	43
Figura 6 - Comparação entre solda comum e solda lead-free.....	44
Figura 7 - Etiquetas de identificação.....	45

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Substâncias banidas pela RoHS.....	29
Tabela 2 – Concentração das substâncias encontradas em computadores.....	31
Tabela 3 - As 11 substâncias mais presentes em computadores.....	32

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	15
1.1 Situação problema.....	17
1.2 Objetivo.....	18
1.3 Delimitação do estudo.....	19
1.4 Questionamento da pesquisa.....	19
1.5 Metodologia.....	20
2 REFERENCIAL TEÓRICO.....	21
2.1 Controle da poluição.....	21
2.1.1 Princípio da prevenção.....	22
2.1.2 Princípio do poluidor pagador.....	23
2.1.3 Princípio da precaução.....	23
2.1.4 Responsabilidade estendida ao fabricante.....	24
2.2 A regulamentação européia.....	24
2.2.1 A indústria eletrônica.....	25
2.3 Diretivas para o ramo eletroeletrônico.....	27
2.3.1 EuP.....	27
2.3.2 WEEE.....	28
2.3.3 RoHS.....	29
2.4 Substâncias mais comuns encontradas em eletroeletrônicos.....	30
2.5 Aspectos que determinam a toxicidade.....	32

2.6 Efeitos nocivos da substâncias banidas.....	34
2.6.1 Chumbo.....	34
2.6.2 Cádmio.....	35
2.6.3 Cromo hexavalente.....	36
2.6.4 Mercúrio.....	36
2.6.5 Retardadores de chama.....	37
2.7 Panorama da diretiva RoHS no Mundo.....	37
2.7.1 China RoHS.....	37
2.7.2 Estados Unidos.....	38
2.7.3 A abordagem da legislação brasileira.....	39
 3 OBSERVAÇÃO DE CAMPO.....	41
3.1 A solda lead-free.....	41
3.2 Outros Componentes.....	45
3.3 Verificação e Controle.....	45
 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	46
4.1 Gases e líquidos.....	46
4.2 Sólidos.....	46
 5 CONCLUSÕES.....	49
REFERÊNCIAS.....	50
BIBLIOGRAFIA CONSULTADA.....	52
ANEXO A.....	54
ANEXO B.....	61

1 INTRODUÇÃO

Se puxarmos por nossas memórias até algumas décadas atrás, é bem provável que não nos lembremos de termos tomado conhecimento do que efetivamente seria impacto ambiental, contaminação ou degradação ecológica. Mas também é provável que isso se deva à pouca atenção que as mídias de massa dispensavam ao assunto, visto que tais impactos sempre existiram, assim como sempre existiram pessoas preocupadas com o problema. Claro que com o crescimento populacional, o avanço das tecnologias e o aumento assustador da produção de bens de consumo, tais impactos também atingem níveis alarmantes. E algo que tem chamado a atenção dos pesquisadores é o acúmulo crescente de um tipo de resíduo relativamente novo – o lixo eletrônico ou e-waste.

As modernas tecnologias têm barateado muito o custo dos aparelhos eletrônicos, fazendo com que faixas cada vez maiores da população tenham acesso a eles. Paralelamente, essas mesmas tecnologias tornam-se obsoletas muito rapidamente, induzindo ou mesmo obrigando as pessoas a adquirirem novos aparelhos. Os produtos já são projetados com um período de vida pré-determinado. Sabe-se que quando um novo modelo é lançado, o seu substituto já está em produção ou pelo menos em fase de desenvolvimento.

A questão é: o que fazemos com esses produtos obsoletos? Nos moldes econômicos de algum tempo atrás, podia-se tentar a venda desses bens, como objetos de segunda mão. Porém, hoje em dia, isso não é compensador, pois a desvalorização é muito grande e as facilidades de aquisição de produtos novos é considerável. Então, aqueles aparelhos que já não se prezam às exigências do consumidor, acabam indo parar no lixo mesmo. Some-se a estes os danificados ou com defeito que não compensam serem reparados. Dados comprovam que mais de 50% dos computadores postos de lado não apresentam nada de errado, apenas são considerados antigos (HEAD; HRÓARSSON, 2006, apud PUCKET et al, 2002, p.11).

Quando esses computadores, por exemplo, são descartados, uma fração bem pequena deles é reaproveitada ou tem seus componentes reciclados, sendo que a maior parte acaba indo parar em aterros ou incineradores. O lixo comum, porém, está longe de ser o melhor destino para esses materiais, pois na maior parte das vezes, trazem elementos altamente tóxicos em sua constituição e que quando manejados ou depositados de maneira inadequada podem causar muitos danos ao meio e à integridade dos seres vivos.

Os métodos atuais de disposição e descarte não apresentam um manejo correto desses aparelhos eletrônicos obsoletos e apesar de os usuários, sejam indivíduos ou pequenas empresas, carregarem certa parte da culpa por não escolherem o método de descarte mais adequado, a responsabilidade maior recai sobre o fabricante, detentor das melhores e mais adequadas técnicas para o manejo do material.

Felizmente, instituições e autoridades competentes realmente preocupados com o problema já buscam medidas para minimizar esse impacto, estabelecendo normas para a fabricação dos componentes e promovendo a transferência ao fabricante da responsabilidade quanto ao destino do produto, ao final de sua vida útil.

Nesse sentido, o Diretório Geral da Comissão Européia para o Ambiente estabeleceu diretrizes a serem seguidas pelos fabricantes para o desenvolvimento de produtos eco-eficientes, para a restrição do uso de materiais nocivos na produção e para o controle dos resíduos gerados nos processos produtivos e ao final da vida útil do equipamento.

Por outro lado, questiona-se como o resto do mundo, e no caso deste estudo o Brasil, estão respondendo a tais mudanças. Estarão nossos processos industriais preparados, ou será uma transição dolorosa?

1.1 SITUAÇÃO PROBLEMA

A responsabilidade que é repassada aos fabricantes quanto ao destino final dos produtos e as normas e condições estabelecidas pelas organizações competentes têm forçado a uma mudança nos projetos e processos produtivos, já que a corporação que não consegue se adaptar a essas diretrizes acaba perdendo mercado. Porém, no Brasil, como em vários países em desenvolvimento, ainda não existe legislação específica para a gestão de resíduos eletrônicos, ficando as empresas aqui instaladas condicionadas às suas próprias normas internas ou às exigências de seus clientes, quando prestadoras de serviço de manufatura.

Empresas de telefonia móvel como a LG (fabricante) e a TIM (operadora), dentre outras, apresentam programas e pesquisas realizadas com a finalidade de reduzir o impacto causado pelo crescimento desse mercado. Estima-se que de 10% a 20% dos 67 milhões de aparelhos celulares que circulam no país sejam descartados todos os anos e, que apenas 30% do total de baterias sejam devolvidas e recicladas. O restante acaba parando no lixo comum, podendo contaminar solos e lençóis freáticos (BEIRIZ, 2005, p.17).

O descarte não controlado de materiais eletrônicos tem causado sérios problemas às populações dos países em desenvolvimento, pois muitos vêem nesse tipo de lixo uma fonte de renda, dele extraindo materiais raros e de valor relativamente elevado. Algumas empresas, buscando uma saída mais fácil para o problema, promovem o envio da sucata eletrônica gerada nos países ricos para países em desenvolvimento sob a fachada de “doação de equipamento”. A Silicon Valley Toxic Coalition (2003) estima que de 50% a 80% do material descartado em países desenvolvidos é exportado. O destino mais comum para esses equipamentos são os países da Ásia, que têm interesse em receber a sucata, pois retiram os metais preciosos nela presentes. Assim que chegam a esses destinos, os equipamentos são desmontados por trabalhadores de baixa renda e os materiais separados. Porém a falta de cuidado com o processamento das partes, que muitas vezes é feito sem o devido preparo e até mesmo ao ar livre, tem sido o caminho mais rápido para a poluição do meio ambiente e geração de males (BEIRIZ, 2005). Além de raros, alguns desses materiais e os processos inadequados utilizados para recuperá-los são extremamente tóxicos e contaminantes, podendo levar, inclusive, à morte. Para se obter metais preciosos como o ouro e a prata que é aplicado às

placas de circuito, por exemplo, conta-se com a utilização de ácidos extremamente concentrados. Já materiais de baixo valor, como o plástico dos gabinetes, são simplesmente descartados em enormes pilhas (HEAD; HRÓARSSON, 2006). Esses plásticos, contudo, trazem em sua constituição elementos que possuem propriedades anti-chama e anti-estática e que são altamente nocivos.

O relatório “*Exporting Harm – The High-Tech Transhing of Ásia*” elaborado pela Basel Action Network-BAN (BEIRIZ, 2005, apud BASEL, 2002, p.18) alerta para os problemas de queima ao ar livre do plástico das máquinas, exposição dos metais pesados constituintes das ligas de solda, despejo de ácidos em rios, além do descarte generalizado do lixo eletrônico (BEIRIZ, 2005).

Apesar de tudo, hoje já existe uma nova gama de empresas sérias, especializadas em reciclagem de equipamentos eletro-eletrônicos. Entretanto, seu número ainda é pequeno frente à quantidade de material gerado.

Essas empresas prestadoras de serviço, na maior parte das vezes atuam como parceiras dos fabricantes que já adotam a política de responsabilidade sobre seus produtos e se encarregam de dar o destino adequado aos materiais. Como o foco principal do fabricante é produzir, o processo de coleta, manipulação e destino do material descartado é repassado a essas empresas, que são homologadas e operam em conformidade com as normas e diretrizes vigentes.

1.2 OBJETIVO

O objetivo deste estudo é demonstrar a gravidade do impacto causado pelo lixo eletrônico, também conhecido como *e-waste* ; apresentar a importância, o que representam e de que forma são aplicadas as diretivas WEEE, EuP e RoHS, e por fim pesquisar o que efetivamente já está sendo aplicado pelas indústrias de eletro-eletrônicos instaladas no Brasil.

1.3 DELIMITAÇÃO DO ESTUDO

Este trabalho se delimita ao assunto da diminuição do impacto gerado pelos resíduos durante o processo produtivo ou após o fim da vida útil (EOL ou *end-of-life*) de componentes e equipamentos eletrônicos, nada tendo a ver com o chamado lixo virtual ou digital, que prolifera pela *internet* e infecta programas de computador.

Tratando-se este trabalho da problematização da geração de resíduos industriais, especificamente do ramo eletroeletrônico, sendo que outros tipos de poluição não serão abordados.

O foco do estudo é a diretiva RoHS, pois é a que mais tem demonstrado efeito na indústria de computadores e eletrônicos. Outras diretivas são mencionadas quando necessário e quando relacionadas com a RoHS.

O tema reciclagem também não é abordado profundamente no estudo, por não ser esse o foco, podendo apenas ser ocasionalmente citado quando pertinente aos esclarecimentos.

1.4 QUESTIONAMENTO DA PESQUISA

O questionamento que se busca responder é saber como as indústrias eletrônicas instaladas no Brasil estão alinhadas e capazes de desenvolver suas atividades atendendo aos requisitos para redução do impacto gerado pelos resíduos eletrônicos que, apesar de não serem claramente contemplados pela legislação brasileira, certamente logo se tornarão exigências globais, e aqueles que não se adequarem, naturalmente acabarão sendo eliminados do mercado

1.5 METODOLOGIA

O trabalho se constitui fundamentalmente numa pesquisa não experimental, bibliográfica, elaborada à partir de material publicado sobre o assunto.

As principais fontes de dados foram normas, livros, artigos, revistas especializadas e estudos anteriormente realizados. Por se tratar de um assunto relativamente novo, boa parte do material pesquisado também veio da internet.

Também contém informações colidas em observação de campo, uma vez que o autor atua como Auditor de Qualidade em empresa de manufatura de eletrônicos e está envolvido profissionalmente com o contexto do problema.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Pelo estudo da Ecologia, sabe-se que todo fenômeno natural que ocorre na natureza causa um impacto, positivo ou negativo, sobre o meio. Essas perturbações naturais, geradas sem a participação ou influência antrópicas, fazem parte dos ciclos do planeta e podem ser consideradas como fatores geradores da biodiversidade.

Já a influência que o homem exerce sobre o meio não é considerada natural, e o impacto gerado por suas ações, na maior parte das vezes, é negativo. Dentre esses impactos, temos a poluição ambiental, que pode ser definida como qualquer ação ou omissão do homem que cause um desequilíbrio nocivo ao meio ambiente, pela descarga de material ou energia sobre as águas, o solo e o ar, sendo que o responsável pela sua geração pode ser uma pessoa física ou jurídica, de direito público ou privado (VALLE, 2002).

A esse material descartado dá-se o nome de resíduo, que é definido pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) como materiais decorrentes das atividades humanas, gerados como sobras de processos ou que já não se prestam à finalidade para qual foram originalmente produzidos.

Devemos lembrar, porém, que nem todo o resíduo é nocivo, existindo aqueles que podem ser utilizados para outros fins ou aqueles que podem ser absorvidos por outros processos.

2.1 CONTROLE DA POLUIÇÃO

Tradicionalmente, as normas estabelecidas para o controle da poluição procuram garantir a mínima qualidade do ar, da água e do solo, estabelecendo os níveis máximos de poluentes que uma companhia ou atividade pode despejar no ambiente. Entretanto, esse tipo de abordagem vem sofrendo diversas críticas, pois

considera apenas o final do ciclo, tentando impedir que uma carga excessiva de poluentes seja despejada no ambiente, mas nada fazendo para prevenir sua entrada no processo produtivo (HEAD; HRÓARSSON, 2006, apud PHIPPS, 1995, p.25).

Os estudos mais recentes procuram vislumbrar o problema do controle da poluição sob o ponto de vista do ciclo de vida dos produtos, desde sua fabricação até o momento em que são destruídos, inclusive quando traços residuais dos materiais ainda podem permanecer no ambiente. Esse enfoque tem exercido uma imensa influência nas atividades industriais (HEAD; HRÓARSSON, 2006). A Análise do Ciclo de Vida é abordada pelas normas ISO/ABNT da série 14040.

A aplicação da legislação sobre poluição e questões ambientais em geral orienta-se por meio de princípios internacionalmente aceitos e que justificam a mudança do ponto de vista da abordagem do final do ciclo para uma abordagem do ciclo de vida completo do produto, sendo eles: o princípio da precaução, o princípio da prevenção, o princípio do poluidor-pagador e a evolução destes, a responsabilidade estendida ao fabricante.

2.1.1 PRINCÍPIO DA PREVENÇÃO

Fundamenta-se no conceito de que é melhor prevenir um problema do que arcar com as consequências de um dano muitas vezes irreversível. Procura-se identificar a origem dos resíduos, evitar ou reduzir sua geração e limitar ao máximo sua nocividade, acrescentando-se ainda a busca pela utilização mais eficiente de energia e materiais.

2.1.2 PRINCÍPIO DO POLUIDOR-PAGADOR

Aqueles que poluem ou degradam devem pagar pelos danos causados ao meio através de penas previstas, no Brasil, pela Lei de Crimes Ambientais nº 9605/98. Tais penas podem variar, conforme a gravidade do crime, desde restrição de direitos até a própria privação de liberdade, passando por outras modalidades, como multas cujo montante será utilizado em projetos governamentais de restauração, ou ainda ocorrências em que o causador do dano é obrigado a arcar diretamente com os custos de uma recuperação.

2.1.3 PRINCÍPIO DA PRECAUÇÃO

Quando existe dúvida quanto aos riscos ambientais de um empreendimento, processo ou produto, onde os efeitos são desconhecidos mas tendem à negatividade, medidas devem ser tomadas a fim de se evitar a concretização dos danos, mesmo que tais medidas impliquem na suspensão da ação. Isso quer dizer que o empreendedor não pode iniciar qualquer atividade sem um estudo prévio sobre sua abrangência e que consequências essa atividade traria.

Daí a obrigação legal de se conseguir as licenças ambientais respectivas previamente à instalação de qualquer empreendimento ou atividade potencialmente poluidora. As principais diretrizes para a execução do licenciamento ambiental estão expressas na Lei 6938/81 e nas Resoluções CONAMA 001/86 e CONAMA 237/97. Destacamos como a característica mais expressiva do processo de licenciamento ambiental no Brasil a participação da sociedade nas tomadas de decisão, por meio da realização de audiências públicas.

2.1.4 RESPONSABILIDADE ESTENDIDA AO FABRICANTE

A responsabilidade estendida ao fabricante, ou em inglês EPR - *extended producer responsibility*, também pode ser considerada como um princípio semelhante ao princípio do poluidor-pagador, porém com características mais abrangentes. O termo foi elaborado por Thomas Lindhqvist para explicar as mudanças observadas na política ambiental europeia durante os anos oitenta e início dos noventa (HEAD; HRÓARSSON, 2006).

Lindhqvist definiu a EPR como uma estratégia de proteção ambiental com o objetivo de reduzir ao máximo o impacto provocado por um produto, tornando o seu fabricante responsável por todo o ciclo de vida desse produto, inclusive por sua coleta, reciclagem e disposição final (HEAD; HRÓARSSON, 2006, apud LINDHQVIST, 1992, p.27).

2.2 A REGULAMENTAÇÃO EUROPÉIA

A União Europeia é uma poderosa e complexa estrutura legal, constituída por mais de vinte nações e a maioria das leis por ela elaboradas nascem em forma de diretivas que são direcionadas a todos os Estados Membros, devendo estes levá-las à pauta de seus congressos individuais para que se criem leis nacionais baseadas nessas diretivas. Assim, os padrões em que as leis são escritas são os mesmos, porém podem variar muito de nação para nação, o que causa muitos problemas quanto a sua implementação e efetividade (HEAD; HRÓARSSON, 2006).

Portanto, uma política bem orientada para a solução de um problema que seja comum a todos os Estados Membros tem maiores chances de sucesso e de aperfeiçoamento ao longo do tempo. Como exemplo, pode-se citar a

regulamentação que limita o uso de metais pesados na fabricação dos produtos, que já está em pauta a pelo menos quarenta anos e que cujos esforços ainda continuam para que se reduza cada vez mais a utilização desses metais.

Como a indústria eletroeletrônica tem uma posição de destaque na utilização de metais pesados, houve a necessidade de se estabelecer diretivas específicas para ela.

2.2.1 A INDÚSTRIA ELETRÔNICA

Pode-se dizer que o problema dos resíduos eletroeletrônicos começou a ser oficialmente abordado pela convenção da Basiléia de 1989, onde se determinou normas para redução da geração de resíduos perigosos, bem como o monitoramento dos impactos gerados pelas operações de armazenamento, reutilização e reciclagem desses produtos (BEIRIZ, 2005, p.35).

Essa abordagem foi amadurecendo e o caso foi tomando uma dimensão tamanha, que durante os últimos anos, três diretivas foram estabelecidas pela Comissão das Comunidades Européias especificamente para tratar do problema dos resíduos de equipamentos eletroeletrônicos. Tais diretivas são interligadas entre si e estão fortemente relacionadas com o princípio da EPR, o princípio do poluidor-pagador, o princípio da prevenção e o princípio da precaução e fazem uma abordagem sobre todo o ciclo de vida dos equipamentos eletroeletrônicos (HEAD; HRÓARSSON, 2006).

As categorias de produtos consideradas para fins de controle são:

- a) Equipamentos eletrodomésticos
- b) Equipamentos de Informática e telecomunicações
- c) Equipamentos eletrônicos em geral

- d) Luminárias e material elétrico em geral
- e) Ferramentas elétricas e eletrônicas (exceto máquinas industriais de grande porte)
- f) Brinquedos e equipamentos esportivos e de lazer

As diretivas que regem as indústrias européias que fabricam tais produtos são:

- a) 2002/95/EC RoHS – *Restricition of the Use of certain Hazardous Substances*, que restringe o uso de substâncias nocivas;
- b) 2002/96/EC WEEE – *Waste Electrical and Electronic Equipment* que trata dos resíduos gerados e
- c) 2005/32/EC EuP – *Ecodesign for Energy-using Products* que orienta quanto ao desenvolvimento de produtos ecologicamente eficientes.

Cada uma dessas diretivas é focada numa determinada fase do ciclo de vida do produto, como demonstra o diagrama da figura 1:

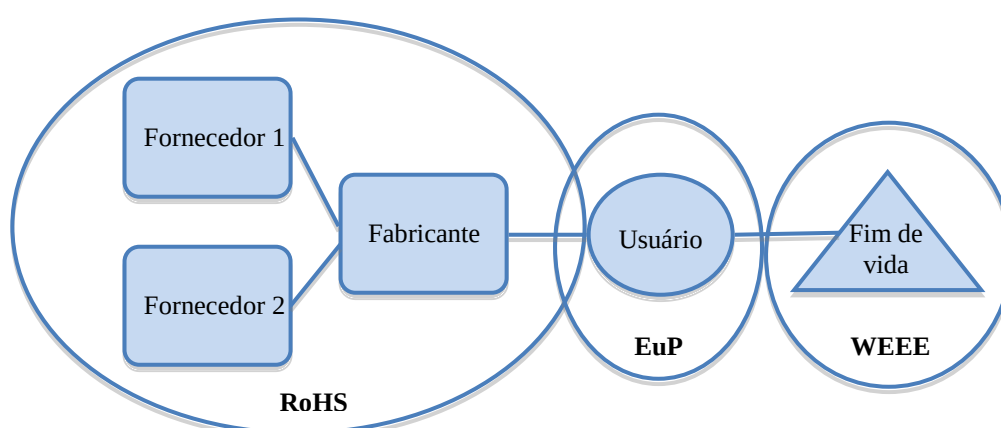


Fig. 1 – áreas de influência das diretivas
Fonte: RoHS Compliance: is the global electronics industry ready? (2006)

Pode-se observar que a diretiva RoHS afeta, além do próprio fabricante do equipamento, também os fornecedores de componentes; a diretiva EuP afeta os recursos e o consumo de energia pela utilização do aparelho pelo usuário e a diretiva WEEE delega os procedimentos de manejo dos resíduos ao final da vida útil do produto, quando este é descartado. Fecha-se, então, todo o ciclo de vida do produto. Essas diretrizes devem ser observadas pelos fabricantes já na fase de projeto, residindo aí o princípio de extensão das responsabilidades.

2.3 DIRETIVAS PARA O RAMO ELETROELETRÔNICO

As diretivas não estão aqui apresentadas em ordem cronológica, mas de maneira que se leve à compreensão dos objetivos do estudo.

2.3.1 EuP

Os aparelhos que se utilizam de energia para funcionar ou EuPs – *energy-using Products* são responsáveis pelo consumo de boa parte dos recursos naturais e de energia, além de causarem uma série de outros impactos. Pela grande variedade de marcas e modelos oferecidos atualmente, pode-se observar também os vários níveis de impacto causados por equipamentos que desempenham a mesma função e muitas vezes oferecem performances semelhantes. Buscando a redução do consumo de energia e a preservação dos recursos, o aperfeiçoamento do projeto dos produtos e de técnicas e ações que promovam o desenvolvimento sustentável devem ser encorajados (JORNAL OFICIAL DA UNIÃO EUROPÉIA., nº L191, 22/07/2005 p. 0029 – 0058).

O Parlamento Europeu considera que o *ecodesign* ou desenho ecológico

é um fator crucial para as estratégias de preservação de recursos e redução de impactos. Atua como uma abordagem preventiva, otimizando a performance ambiental dos produtos e ainda mantendo suas qualidades funcionais.

Em 06 de julho de 2005, o Conselho e o Parlamento Europeus estabelecem a diretiva 2005/32/EC que fica conhecida como EuP, incentivando os fabricantes a desenvolverem produtos que utilizem energia de forma mais eficiente, tentando tornar possível a redução do consumo de eletricidade sugerida pela Comissão do Programa Europeu para Mudanças Climáticas (ECCP).

Seguindo os preceitos de *ecodesign*, as ações devem ser tomadas ainda na fase de projeto, já que tanto a eficiência quanto a poluição causada durante o ciclo de vida dos produtos é determinada neste estágio, assim como a maioria dos custos envolvidos.

2.3.2 WEEE

Em 30 de julho de 1996, a Comissão Européia formada para a criação de estratégias para a preservação do meio ambiente estabelece que em casos que não seja possível evitar a geração de resíduos, estes devem ser reutilizados ou valorizados, em termos energéticos ou de seus materiais. Em 24 de fevereiro de 1997, a Comissão insistiu na necessidade de se promover a valorização dos resíduos, com o intuito de reduzir a quantidade descartada e preservar os recursos naturais, por meio da reciclagem, reutilização e da recuperação de energia (JORNAL OFICIAL DA UNIÃO EUROPÉIA, nº L 037, 13/02/2003 p. 0024 – 0039) .

Dando seguimento a esse processo, entra em vigor em 13 de fevereiro de 2003 a diretiva 2002/96/EC WEEE – Resíduos de Equipamentos Eletro-eletrônicos, como parte dessa estratégia para o controle de resíduos industriais e é considerada uma sub-diretiva de uma mais generalizada estabelecida em 15 de julho de 1975, que é a 75/442/EEC (HEAD; HRÓARSSON, 2006, p.32).

Basicamente, a diretiva WEEE, como ficou conhecida, tem o propósito de expandir o reuso, a reciclagem ou a destruição limpa dos equipamentos eletro-eletrônicos. Estabelece que os resíduos desses produtos devem ser coletados e manejados separadamente dos outros tipos de resíduos, sendo que os fabricantes ou importadores dos aparelhos serão responsáveis por recolher de volta seus produtos, quando descartados pelo usuário. Os resíduos deverão ser direcionados da forma mais eficiente e adequada possível: reutilização, reciclagem ou destruição dentro dos parâmetros normalizados.

2.3.3 RoHS

Em 30 de Julho de 1996, a Comissão adotou 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 adoção de regras a nível da Comunidade para limitar a presença dessas substâncias em produtos e processos de produção (JORNAL OFICIAL DA UNIÃO EUROPEIA nº L037, 13/02/2003 p. 0019 – 0023).

Dando continuidade a um processo que já vinha se desenvolvendo e sendo aperfeiçoado ao longo dos anos, em 27 de janeiro de 2003, a Comissão para o meio ambiente do Conselho e Parlamento Europeus implementa a diretiva 2002/95/CE RoHS relativa a restrição do uso de determinadas substâncias perigosas em equipamentos elétricos e eletrônicos.

A diretiva RoHS restringe o uso de chumbo, mercúrio, cádmio, cromo hexavalente, bifenil polibromado (PBB) e eter difenil polibromado (PBDE) como componentes dos produtos ou no processo produtivo dos equipamentos elétricos e eletrônicos aos limites máximos descritos na tabela 1:

Item	Substâncias Banidas	RoHS Limite por peso ¹
1	Chumbo	0.1% (1000ppm)
2	Mercúrio	0.1% (1000ppm)
3	Cádmio	0.01% (100ppm)
4	Cromo Hexavalente	0.1% (1000ppm)
5	Polybrominated biphenyls (PBB)	0.1% (1000ppm)
6	Polybrominated diphenylethers (PBDE)	0.1% (1000ppm)

¹: Baseado em Material Homogêneo

Tab. 1 – substâncias banidas pela diretiva RoHS
Fonte: Flextronics Int.

O objetivo da RoHS é banir ou reduzir a níveis aceitáveis os metais pesados e substâncias inibidoras de chama dos equipamentos e permitir o reuso e o manejo dos resíduos de forma segura. Devido aos danos que causam à saúde, esses materiais requerem tratamento diferenciado, pois seus efeitos permanecem latentes até o final da vida do produto, quando são descartados e surge o risco de exposição. Como os fabricantes têm a responsabilidade de recolher e destinar os resíduos (diretiva WEEE), é mais vantajoso evitar o uso de substâncias perigosas na fabricação do que depois ter de arcar com os custos do tratamento dos resíduos. Esse pode ser considerado um dos fatores do sucesso da Rohs (HEAD; HRÓARSSON, 2006).

A RoHS é uma diretiva fundamentalmente proibitiva, não trazendo qualquer orientação sobre como fabricar sem a utilização de metais pesados. Naturalmente, ela força um entendimento entre fornecedores, importadores e fabricantes, quando estes não podem aceitar componentes que contenham as substâncias banidas. Tais fatos acabam gerando efeitos globais na cadeia de suprimentos, pois em qualquer parte do mundo em que haja um fornecedor, este terá que estar em conformidade com os requisitos do cliente.

Assim, a tendência da RoHS e outras diretivas a ela atreladas é se difundirem mundo afora, até porque, notadamente na indústria eletrônica, por razão de custos, as unidades produtivas estão sendo transferidas para países menos desenvolvidos. Isso não quer dizer que nesses países, por não possuírem legislação específica, os fabricantes estarão isentos das diretivas, já que os produtos são enviados para o mundo todo.

2.4 SUBSTÂNCIAS MAIS COMUNS ENCONTRADAS EM ELETROELETRÔNICOS

As substâncias que compõem os aparelhos eletro-eletrônicos podem

facilmente ultrapassar o número de 1000 variedades distintas, incluindo toda sorte de metais, polímeros, aditivos e afins, como pode-se verificar na tabela 2, que toma como exemplo um computador modelo desktop.

Based on a desktop computer weighing about 30kg (Adapted from SVTC, 1999)

Name	Content (% of total wt)	Use/Location
silica	24.8803	glass, solid state devices/CRT,PWB
plastics	22.9907	includes organics, oxides other than silica
iron	20.4712	structural, magnetivity/(steel) housing,CRT, PWB
aluminum	14.1723	structural, conductivity/housing, CRT, PWB, connectors
copper	6.9287	conductivity/CRT, PWB, connectors
lead	6.2988	metal joining, radiation shield/CRT, PWB
zinc	2.2046	battery, phosphor emitter/PWB, CRT
tin	1.0078	metal joining/PWB, CRT
nickel	0.8503	structural, magnetivity/(steel) housing,CRT, PWB
barium	0.0315	getter in vacuum tube/CRT
manganese	0.0315	structural, magnetivity/(steel) housing,CRT, PWB
silver	0.0189	conductivity/PWB, connectors
beryllium	0.0157	thermal conductivity/PWB, connectors
cobalt	0.0157	structural, magnetivity/(steel) housing,CRT, PWB
tantalum	0.0157	capacitors/PWB, power supply
titanium	0.0157	pigment, alloying agent/(aluminum) housing
antimony	0.0094	diodes/housing, PWB, CRT
cadmium	0.0094	battery, bluegreen phosphor emitter/housing, PWB, CRT
bismuth	0.0063	wetting agent in thick film/PWB
chromium	0.0063	Decorative, hardener/(steel) housing
mercury	0.0022	batteries, switches/housing, PWB
germanium	0.0016	semiconductor/PWB
gold	0.0016	connectivity, conductivity/PWB, connectors
indium	0.0016	transistor, rectifiers/PWB
ruthenium	0.0016	resistive circuit/PWB
selenium	0.0016	rectifiers/PWB
arsenic	0.0013	doping agents in transistors/PWB
gallium	0.0013	semiconductor/PWB
palladium	0.0003	connectivity, conductivity/PWB, connectors
europium	0.0002	phosphor activator/PWB
niobium	0.0002	welding allow/housing
vanadium	0.0002	red phosphor emitter/CRT
yttrium	0.0002	red phosphor emitter/CRT
platinum	0	thick film conductor/PWB
rhodium	0	thick film conductor/PWB

Tab. 2 – concentrações das substâncias encontradas num computador
Fonte: RoHS Compliance: Is the global industry ready? (2006)

Muitos desses elementos apresentam alguma toxicidade, porém, para fins de regulamentação, foram avaliados os efeitos das 12 substâncias que são utilizadas em maior quantidade em porcentagem de peso, constituindo-se de 10 elementos (ferro, alumínio, cobre, chumbo, zinco, estanho, níquel, bário, manganês e prata), um composto (sílica) e uma categoria de produtos sintéticos de composição variável (plásticos) (HEAD; HRÓARSSON, 2006).

Dentre essas substâncias, a que apresenta maiores riscos à saúde é o chumbo e as menos tóxicas são o ferro e o zinco (os plásticos não foram considerados nesta compilação devido sua grande variedade de composições e

consequente variedade de níveis toxicológicos).

Na tabela 3 há um comparativo entre os materiais mais abundantes em computadores e aqueles que possuem efeitos mais tóxicos.

(Adapted from PEERH, 2003 and SVTC, 1999)

Most Prevalent Elements in Computers	Major Toxicity Elements*	Minor Toxicity Elements*
silica iron aluminium copper lead** zinc tin nickel barium manganese silver	chromium** arsenic lead** mercury** nickel	iron zinc

Tab. 3 – as 11 substâncias encontradas em maior quantidade num computador
Fonte: RoHS Compliance: Is the global industry ready? (2006)

Pode-se notar que das 11 substâncias mais abundantes, apenas uma é regulamentada pela diretiva RoHS; dentre as que possuem maior poder toxicológico, três são RoHS e apenas duas estão entre as mais abundantes.

2.5 ASPECTOS QUE DETERMINAM A TOXICIDADE

Pelos dados apresentados na tabela pode-se questionar por que apenas seis elementos são considerados de uso restrito pela diretiva RoHS. Isso se explica pelo fato de que foram consideradas certas características de contaminação inerentes a cada elemento, chegando-se a lista dos mais nocivos.

Conforme levantado por Beiriz (2005), essas características são:

- a) Concentração do contaminante;

- b) Persistência ou período de tempo que uma substância permanece em um ambiente;
- c) Mobilidade ou migração no ambiente, o que pode ser até mais importante do que a quantidade de massa do contaminante;
- d) Biomagnificação ou aumento da concentração na medida que passa por vários níveis da cadeia alimentar;
- e) Estimativa de danos em relação ao alvo mais sensível (vida intra-uterina, pós-parto ou idade adulta)

Já a US Environmental Protection Agency (2008) considera nocivo o material que apresente qualquer das seguintes características:

- a) Toxicidade;
- b) Flamabilidade;
- c) Corrosividade;
- d) Reatividade química (pode reagir quando exposto a outros elementos ou a certas condições ambientais).

Para Head et al (2006), também são fatores determinantes na avaliação do potencial toxicológico das substâncias:

- a) Carcinogenia (propensão a provocar cânceres);
- b) Misturas químicas;
- c) Fatores ecológicos;
- d) Intoxicação neurológica;
- e) Intoxicação do sistema reprodutor;
- f) Problemas de desenvolvimento;

g) Mutações genéticas.

Grande parte dos problemas relacionados à liberação de materiais tóxicos no ambiente deve-se à técnicas impróprias de manejo, como o despejo em aterros comuns e a incineração. No caso dos aterros que não sejam controlados e adequados ao tipo de despejo, os materiais nocivos podem penetrar e contaminar o solo e lençóis freáticos. Segundo estudos já realizados, cerca de 70% dos metais pesados encontrados em aterros provém do lixo eletrônico. Já no caso da incineração, as diversas substâncias são liberadas diretamente na atmosfera (HEAD; HRÓARSSON, 2006).

2.6 EFEITOS NOCIVOS DAS SUBSTÂNCIAS BANIDAS

2.6.1 CHUMBO

O chumbo (Pb), devido seu baixo custo, baixo ponto de fusão e facilidade de escoamento ou refluxo (reflow) é o metal mais utilizado na indústria eletrônica, principalmente nas soldas, quando é combinado com estanho.

Paralelamente às suas vantagens produtivas, o chumbo também possui inúmeras propriedades tóxicas que há milhares de anos, desde o início de sua utilização pela humanidade, têm provocado danos à saúde e ao ambiente. É um material cumulativo, difícil de ser eliminado pelo organismo e há suspeitas de ser cancerígeno, além de prejudicar o sistema nervoso central e o sistema imunológico. Altera a composição do sangue, afeta os rins e os processos cerebrais, causando alterações psicológicas. Por fim, a intoxicação aguda leva à morte. Atualmente, estima-se que a concentração de chumbo no sangue é 500 vezes maior a que era encontrada em seres humanos anteriores à era industrial.

O chumbo também está presente na indústria de pigmentos para tintas,

na indústria do vidro, fabricação de baterias, soldagem, fabricação de plásticos e notadamente também é encontrado no petróleo de qualidade inferior que é comercializado em países subdesenvolvidos.

Já em países desenvolvidos como Alemanha, Bélgica, Nova Zelândia, Suécia e Inglaterra a concentração de chumbo no sangue dos habitantes chegou a cair cerca de 78%, devido a aplicação de legislação específica que praticamente banuiu o material da indústria (BEIRIZ, 2005).

2.6.2 CÁDMIO

O cádmio (Cd) é utilizado na fabricação de detectores infravermelhos, pigmentos, semicondutores, como revestimento superficial para metais e plásticos e notadamente em baterias. Na indústria eletrônica seu uso é difundido em função de suas características de soldabilidade, boa condutividade elétrica e calorífica e baixa resistividade.

Segundo informa Beiriz (2005), cerca de 80% do consumo mundial de cádmio se dá nos EUA, Japão, Bélgica, Alemanha, Grã Bretanha e França.

Entretanto, é um elemento altamente tóxico que pode causar câncer, problemas reprodutivos e de crescimento. A sua inalação pode afetar os brônquios e causar danos permanentes aos pulmões (US EPA 2000) e seu acúmulo no organismo se dá principalmente nos rins, fígado e ossos, podendo afetar gravemente esses órgãos (BEIRIZ, 2005).

No ambiente, o cádmio tende a se ligar ao material orgânico do solo, além de possuir a característica de bioacumulação nos ecossistemas aquáticos e terrestres (HEAD; HRÓARSSON, 2006).

2.6.3 CROMO HEXAVALENTE

O cromo hexavalente ou cromo 6 é uma variante do elemento cromo (Cr) e é utilizado na indústria eletrônica na forma de cromato de zinco, nos processos de revestimento anticorrosivo.

O cromo 6 é extremamente tóxico quando inalado ou ingerido, podendo causar problemas respiratórios, neurológicos, gastrointestinais e hemorragias. Quando em contato direto com a pele, pode gerar queimaduras (US EPA, 2000c).

2.6.4 MERCÚRIO

O mercúrio (Hg) é o único metal que se apresenta em estado líquido à temperatura ambiente e é utilizado na composição de gases das lâmpadas fluorescentes, em pequenas lâmpadas para computadores portáteis, câmeras digitais e monitores tela plana.

Também pode-se acrescentar:

É utilizado na produção de gás cloro e da soda cáustica, em termômetros, em amálgamas dentárias e em pilhas. O mercúrio é facilmente absorvido pelas vias respiratórias quando está sob forma de vapor ou poeira em suspensão e também é absorvido pela pele. A ingestão ocasional do mercúrio na forma líquida não é considerado grave, porém quando inalado sob a forma de vapores aquecidos é muito perigoso. A exposição do mercúrio pode ocorrer ao se respirar ar contaminado, por ingestão de água, comida contaminada ou ainda em tratamentos dentários. Em altos teores, o mercúrio pode prejudicar o cérebro, o fígado, o desenvolvimento de fetos e causar vários distúrbios neuropsiquiátricos (BEIRIZ, 2005, p.59).

Head et al (2006) informam que quando exposto ao ambiente, o mercúrio tem uma grande facilidade de se mover pelo ar, solo e água. Uma vez liberado no meio, pode converter-se em metilmercúrio, sua forma mais tóxica. Neste nível, pode atravessar a membrana celular e se acumular nos organismos.

2.6.5 RETARDADORES DE CHAMA

Os retardadores de chama polibromados PBB e PBDE são compostos orgânicos não-inflamáveis largamente usados na indústria eletrônica, podendo ser encontrados nos invólucros dos componentes, nas placas de circuito, cabos e partes plásticas, onde são incorporados às matérias-primas que compõem esses itens. Por esse motivo, os resíduos desses materiais são difíceis de tratar.

Os danos relacionados a esses compostos, ainda que não muito claros, incluem câncer do fígado, debilidade do sistema imunológico, disfunções endócrinas, disfunções do sistema reprodutor e de crescimento. Quando liberados no meio ambiente, por meio de incineração ou despejo inadequado em aterros, apresentam comportamento bioacumulativo em organismos e ecossistemas (HEAD; HRÓARSSON, 2006, p.52 apud Lincoln et al, 2005).

2.7 PANORAMA DA DIRETIVA RoHS NO MUNDO

2.7.1 CHINA RoHS

A República Popular da China, um dos maiores produtores de eletrônicos do mundo atualmente, através do seu Ministério da Indústria da Informação, dentre outras, também elaborou sua diretiva para controle de substâncias nocivas, conhecida como China RoHS. Visto que inúmeras empresas estrangeiras mantêm seus parques industriais naquele país por questão de custos e tendo seus produtos distribuídos pelo mundo todo, é natural que as diretivas de controle também acompanhassem essas empresas.

A China RoHS, efetivada em 01 de março de 2007, está de acordo com a “Lei para a Promoção da Produção Limpa da República Popular da China”, a “Lei para a Prevenção e Controle da Poluição Ambiental por Resíduos Sólidos da República Popular da China” e outras normas reguladoras (AeA, 2006). Segue os mesmos moldes da RoHS européia, além de prever que outras substâncias ou elementos especificados pelo Estado possam ser acrescentados à lista das outras seis já definidas.

Entretanto, a China ainda é um dos países mais poluídos do mundo e os esforços para a reversão desse quadro estão apenas começando.

2.7.2 ESTADOS UNIDOS

Os EUA, apesar de representarem o maior mercado mundial, ainda não possuem uma legislação nacional consolidada quanto ao controle de substâncias tóxicas em eletroeletrônicos, porém já existem alguns esforços nesse sentido. Podemos citar o caso do estado da Califórnia, pioneiro das ações ambientais americanas e sua *California RoHS Law*, também baseada na RoHS européia, porém com algumas diferenças.

Enquanto a RoHS européia se aplica a qualquer dispositivo eletroeletrônico, a California RoHS é limitada apenas aos chamados *covered electronic devices*, que são dispositivos de vídeo específicos. As substâncias que têm seu uso regulado são as mesmas, com exceção do PBB e PBDE, que são liberados pela California RoHS.

A California RoHS também não pode proibir a venda de aparelhos que não se enquadrem na categoria de *covered electronic devives*, mesmo que possuam concentração de substâncias restritas acima dos níveis permitidos e mesmo que sejam banidos pela RoHS européia (CALIFORNIA DEPT. OF TOXIC SUBSTANCES CONTROL, 2007).

Entretanto, muitas empresas americanas adotam diretivas de controle internamente, por si mesmas, pois seus produtos são distribuídos mundialmente e teme-se que sejam banidos de certos mercados por não atenderem os requisitos locais.

2.7.3 A ABORDAGEM DA LEGISLAÇÃO BRASILEIRA

O Brasil também não possui ainda uma legislação específica para o controle de resíduos eletroeletrônicos e o que mais se aproxima dos padrões da RoHS são as Resoluções CONAMA 257/99 e CONAMA 263/99 acerca da destinação de pilhas e baterias descartadas, classificando as substâncias que devem ser controladas e responsabilizando os fabricantes e importadores pela disposição adequada desses produtos, em função de suas características tóxicas.

Pela Resolução CONAMA 257/99 fica estabelecido que os comerciantes e redes de assistência técnica autorizadas são obrigados a aceitar a devolução das unidades usadas, que devem ser adequadamente armazenadas para depois serem repassadas aos fabricantes. Estes, por sua vez, deverão promover estudos para a substituição ou redução a níveis aceitáveis das substâncias tóxicas contidas nos produtos. Mais detalhes podem ser consultados na transcrição integral das Resoluções CONAMA 257/99 e CONAMA 263/99, no anexo A.

Além dessas resoluções federais, cada estado brasileiro possui autonomia e critérios próprios de documentação para destinação e transporte de resíduos perigosos (VALLE, 2002 p.101). Em São Paulo há o Certificado de Aprovação de Destinação de Resíduo Industrial – CADRI e a Lei nº 11387 de 2003 que estabelece um Plano Diretor de Resíduos Sólidos. No estado do Paraná há a lei nº 12493 de 1999 que impõe regras aplicadas à geração, acondicionamento, armazenamento, coleta, transporte, tratamento e destinação de resíduos sólidos.

Segundo Beiriz (2005), há um grande interesse da Associação Brasileira

da Indústria Elétrica e Eletrônica – ABINEE em adequar seus membros para que atendam a uma legislação mais rigorosa que naturalmente se desenvolverá a partir da atual e para que também possam atender aos requisitos de legislações estrangeiras, a fim de promover a exportação. O grande desafio será custear a logística reversa para coletar e processar os produtos descartados no estrangeiro.

Valle (2002) apresenta na figura 2 a escala de prioridades do gerenciamento de resíduos:

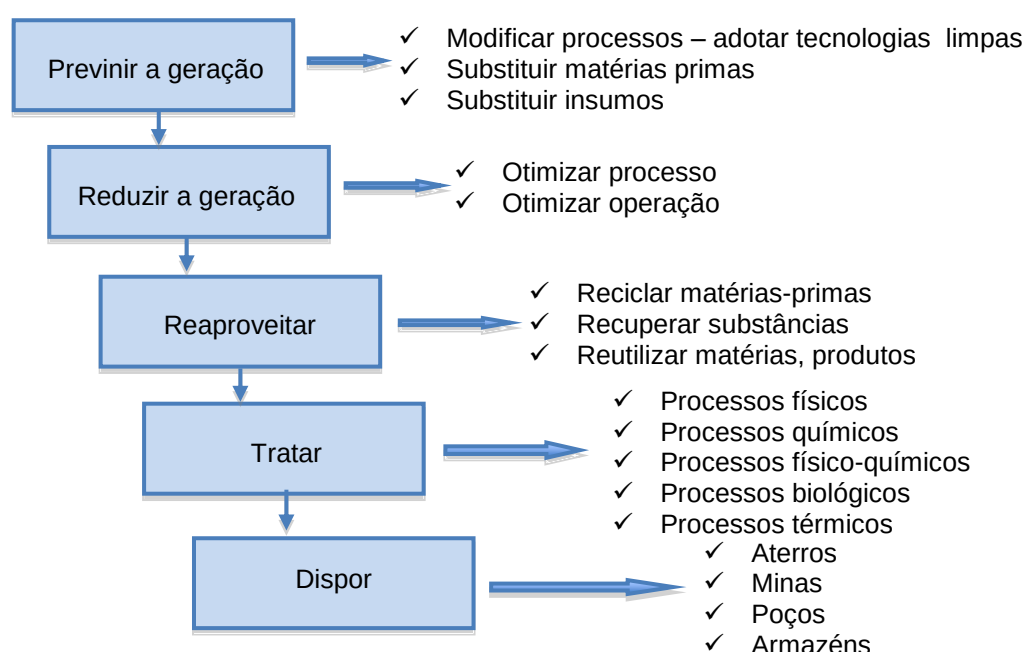


Fig. 2 – Prioridades do gerenciamento de resíduos
Fonte: Qualidade Ambiental – ISO 14000 (2002)

A partir dessas informações, podemos inferir que a legislação brasileira de resíduos está num caminho de aperfeiçoamento, rumo ao nivelamento com os padrões mundiais.

3 OBSERVAÇÃO DE CAMPO

A observação foi realizada em Sorocaba, SP, nas instalações de manufatura pertencentes à Flextronics, empresa de origem americana e com sede em Cingapura. Durante o acompanhamento do processo produtivo de impressoras da marca HP, pôde-se observar na prática a abrangência da aplicação da diretiva RoHS. Apesar de não ser uma exigência legal no Brasil, essa é uma exigência do cliente, proprietário da marca, que comercializa os produtos globalmente e que por esse motivo deve atender aos padrões internacionais.

O cliente, neste caso, contrata os serviços da empresa para que fabrique seu produto, terceirizando assim mão-de-obra e instalações. A empresa contratada deve, portanto, seguir os padrões estabelecidos pelo contratante.

No caso estudado, a diretiva RoHS foi sendo implementada gradualmente, inicialmente não em todos os modelos, mas a partir de 2007 sendo estendida a toda a linha. Vale salientar que os produtos RoHS eram destinados ao mercado europeu e os “não-RoHS”, como são chamados, eram os que se destinavam a mercados que não possuíam restrições quanto a utilização de metais pesados. Era pouco prático, porém, manter-se dois processos para o mesmo produto, até porque as questões ambientais são uma preocupação global e cedo ou tarde alcançariam uma abrangência maior.

3.1 A SOLDA *LEAD-FREE*

Apesar da legislação brasileira ainda permitir a utilização de ligas de solda com chumbo, uma das primeiras mudanças implementadas foi a substituição da solda comum pela *lead-free* ou livre de chumbo. Isso se justifica porque a maior concentração de chumbo encontrado num equipamento eletrônico aparece como integrante da liga de solda, além do fato de a soldagem ser o único processo de

transformação¹ realizado na empresa, já que as outras etapas são operações de montagem, onde componentes comprados são agregados entre si até a concepção final do produto.

A Soldagem é um processo onde quimicamente e mecanicamente dois metais são unidos a um ponto baixo de fusão. A soldagem se dá a uma temperatura de 40°C acima do ponto de fusão da liga da solda. Isto vale para qualquer tipo de soldagem, inclusive a soldagem eletrônica (NOGUEIRA et al, 2007).

A substituição da solda convencional pela lead-free envolve uma série de fatores a ser considerados, como seleção dos materiais da liga, comportamento funcional, produtividade, segurança, entre outros.

A nova liga a ser utilizada necessita manter os mesmos padrões de qualidade, confiabilidade e durabilidade que a original. Além de tudo isso, deve ser homologada pelo cliente.

Na montagem dos componentes na placa de circuito, são utilizadas duas tecnologias: a PTH ou *plate through hole* e a SMT ou *surface mount technology*. Na figura 3 podemos verificar as diferenças entre os componentes das duas tecnologias.



Fig. 3 – Comparação entre capacitores

Na Tecnologia PTH os componentes possuem terminais longos ou do tipo pino e são montados manual ou automaticamente em furos na placa, sendo depois soldados pelo processo de *wave soldering* ou solda por onda (figura 4).

¹ Entenda-se transformação quando for observada alguma diferença, ao se comparar as características da matéria no estado inicial com as características no estado final (PROGRAMA EDUCAR USP, 2007).

Neste processo, a máquina de solda possui um cadinho onde são fundidos barras ou lingotes da liga de solda.

O metal fundido então é impulsionado em forma de onda, de maneira a tocar o lado da placa onde os terminais dos componentes se sobressaem, promovendo assim a soldagem.

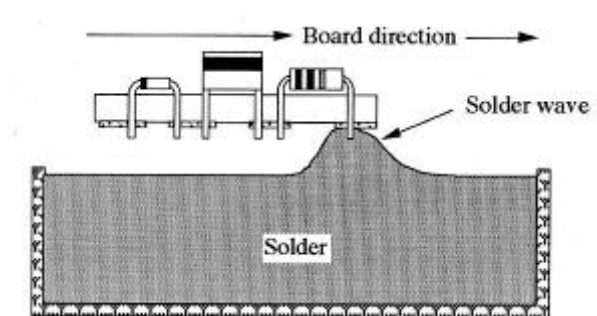


Fig. 4 – Processo de wave solder

Fonte: RoHS Compliance: is the global electronics industry ready? (2006)

Na tecnologia SMT (figura 5), o componente não possui terminais alongados e é apenas posicionado sobre a placa, dispensando a necessidade de furação. Isso reduz dramaticamente o tamanho dos componentes e o espaço entre eles numa montagem, além de permitir o aproveitamento dos dois lados da placa. No processo SMT, a montagem é automática e a soldagem é feita com a utilização de pasta de solda, que é previamente depositada sobre a placa, nos locais ou *pads* onde o componente será alocado, seguindo depois ao forno onde a pasta passará por um processo de refusão ou *reflow* que promoverá a soldagem.

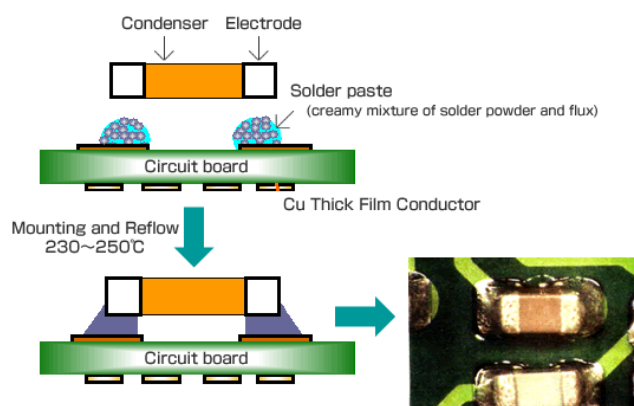


Fig. 5 – Processo SMT

Fonte: NOF Corporation, Japan

A presença do chumbo na liga de solda garante certas propriedades que são desejadas no processo de soldagem, como baixo ponto de fusão, molhabilidade (capacidade de cobrir espaços, quando fluida), propriedades mecânicas e elétricas, além do baixo custo. Essas características representam um desafio quando se trata de substituir a liga convencional por ligas sem chumbo, pois estas devem possuir comportamento físico adequado, garantindo que as propriedades esperadas sejam mantidas. Um dos maiores problemas enfrentados durante a migração de uma liga para outra é a alta temperatura de fusão da solda lead-free, que é por volta de 227° C, enquanto que a liga tradicional funde a 180° C (NOGUEIRA et al, 2007).

A aparência da soldagem com ligas sem chumbo é diferente, apresentando um aspecto rugoso que poderia ser confundido como defeito, mas não o é. Pode-se comparar essa diferença na figura 6:

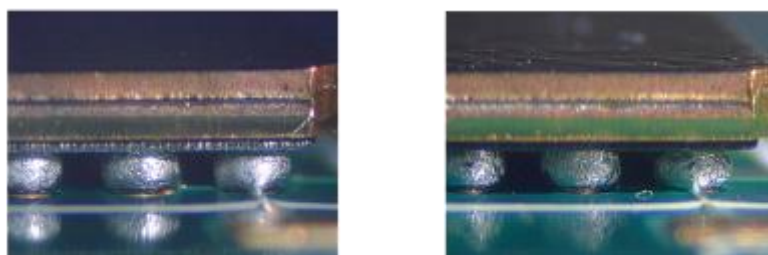


Fig. 6 – Comparação entre solda comum e lead-free

Fonte: O impacto do uso de solda lead-free no processo de tecnologia de montagem em superfície (2007)

Na primeira imagem, temos uma soldagem com liga de chumbo, de aspecto brilhante. Na segunda imagem, temos uma liga sem chumbo, onde nota-se o aspecto rugoso e de aparência porosa. Para fins de inspeção, pode-se concluir que a identificação visual dos dois tipos de liga é relativamente fácil.

Muitas formulações de ligas tem sido desenvolvidas e em substituição ao chumbo têm-se utilizado metais mais nobres, como prata (Ag) e cobre (Cu), entre outros. Isso naturalmente encarece o preço final dessas ligas, mas reduz os impactos causados pelo alto potencial tóxico do chumbo.

Com a grande variedade oferecida, a seleção da liga mais adequada ao processo ou tipo de produto vai depender de uma série de fatores a serem considerados, como propriedades físicas e mecânicas, comportamento durante o

processo, fatores comerciais (custo) e ambientais, além da qualidade. No caso observado, foi escolhido um único tipo de pasta para SMT e um de lingote para PTH que atendem aos requisitos solicitados e que podem ser utilizado por toda a linha de produtos.

3.2 OUTROS COMPONENTES

Os outros itens utilizados na manufatura do equipamento, como componentes, placas de circuito, cabos, plásticos, embalagens, inclusive ferramentas e materiais consumidos durante o processo também devem atender os requisitos da diretiva RoHS. Todos esses itens são homologados previamente pelo cliente contratante do serviço de manufatura, ficando vetada a substituição de qualquer item por um que não esteja homologado.

3.3 VERIFICAÇÃO E CONTROLE

A verificação, controle e manutenção do padrão RoHS dos materiais é feito por meio de certificados emitidos pelos fornecedores, como o exemplo do anexo B, e por meio de auditorias internas. Todos os materiais e equipamentos são devidamente identificados com etiquetas como as da figura 7 e todos os funcionários recebem o treinamento específico, comprovado por um selo de certificação que é colado no crachá de identificação pessoal.

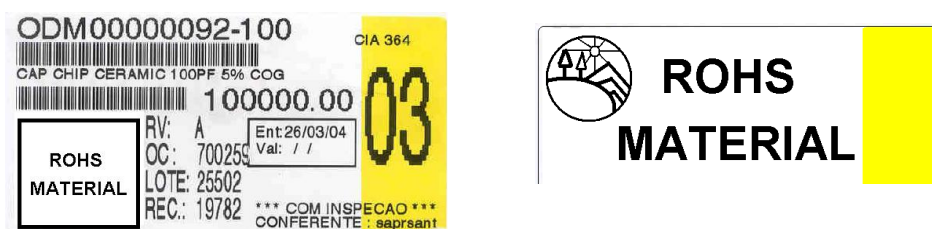


Fig. 7 – Etiquetas para identificação de material RoHS

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Como já apontado anteriormente, atualmente não existem no Brasil regulamentação legal para o tratamento adequado do material eletroeletrônico descartado. Assim, a iniciativa privada é quem assume totalmente a gestão dos resíduos, se deseja alcançar e manter os padrões exigidos pelas diretivas de controle internacionais.

4.1 GASES E LÍQUIDOS

No caso dos equipamentos de soldagem (fornos e *wave-solders*), estão todos acoplados a exaustores que sugam os gases produzidos pelo aquecimento das placas e pela fusão da liga de solda e os conduzem a um sistema de filtragem, impedindo que sejam liberados no ambiente.

A água utilizada no resfriamento desses equipamentos percorre um circuito fechado, que apenas é completado periodicamente na medida do volume da água que evapora. Se houver necessidade de descarte dessa água, a mesma é direcionada à estação de tratamento.

4.2 SÓLIDOS

Os resíduos sólidos gerados durante o processo produtivo, como materiais impregnados com pasta de solda, placas de teste, componentes danificados, etc. são tratados de maneira diferencial dos outros tipos de resíduos.

Existem na empresa procedimentos para a correta manipulação,

segregação e coleta desses resíduos, sendo todo esse processo devidamente documentado e tendo sua eficácia verificada mediante auditorias, cujos dados são utilizados em projetos de melhoria contínua e reportados ao cliente.

A pasta de solda, adesivo para componentes e líquido de fluxo são resíduos químicos considerados classe 1² e por esse motivo são incinerados, assim como qualquer material que seja por eles contaminados. Tais materiais não podem ser reaproveitados, pois perdem rapidamente suas propriedades quando expostos ao ar. A incineração é realizada por uma empresa especializada em serviços ambientais, devidamente homologada, localizada em Sorocaba, SP e segue os padrões estabelecidos pelas normas internacionais.

Já os rejeitos constituídos por componentes eletrônicos e placas de circuito são considerados resíduos classe 2³, não constituindo perigo imediato ao ambiente,

pois suas substâncias constituintes não são liberadas facilmente. Além disso, são materiais que estão de acordo com os padrões estabelecidos pela diretiva Rohs (JORNAL OFICIAL DA UNIÃO EUROPÉIA, nº L037 de 13/02/2003 p. 0019 – 0023).

Todo o material eletrônico rejeitado na empresa passa por um processo de análise para se verificar a possibilidade de reaproveitamento, reparo ou descarte, de acordo com a WEEE (JORNAL OFICIAL DA UNIÃO EUROPÉIA nº L 037 de 13/02/2003 p. 0024 – 0039). Todo esse procedimento também é documentado, sendo que semanalmente emite-se um relatório onde constam identificação, quantidade e motivo da rejeição, bem como o destino que foi dado ao material. No caso de descarte, o material que não pode ser reutilizado é destruído, para que se evite a possibilidade de desvio ou que acidentalmente esses itens retornem à linha de produção.

Uma outra empresa, especializada em lixo eletroeletrônico, com sede na Ásia e filial

² **Classe 1** - Resíduos Perigosos: são aqueles que apresentam riscos à saúde pública e ao meio ambiente, exigindo tratamento e disposição especiais em função de suas características de inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade e patogenicidade (Resolução CONAMA 23-96).

³ **Classe 2** - Resíduos Não-inertes: são os resíduos que não apresentam periculosidade, porém não são inertes; podem ter propriedades tais como: combustibilidade, biodegradabilidade ou solubilidade em água. São basicamente os resíduos com as características do lixo doméstico (Resolução CONAMA 23-96).

em Campinas, SP, é responsável pelo destino final dos resíduos, fazendo a coleta, o acondicionamento adequado e enviando para Cingapura, onde

existem empresas que dominam a tecnologia de separação e extração do material que pode ser reciclado.

Tudo o que foi aqui descrito refere-se a resíduos gerados dentro da empresa. Não existe, ainda, política de recolhimento de equipamentos usados, até porque não é um requisito das leis brasileiras.

5 CONCLUSÕES

Vivenciando o dia-a-dia de uma indústria eletrônica, um dos motivos que levaram à escolha do tema para este estudo foi a percepção de como as tecnologias se sobrepõem numa velocidade vertiginosa e o impacto que isso pode causar na vida das pessoas. Nem sempre é possível acompanhar essa velocidade de desenvolvimento e a sociedade sente-se pressionada. Essa pressão desencadeia acontecimentos que no final geram impactos, que pressionam as pessoas ainda mais, tornando-se um ciclo. A tecnologia provavelmente não vai parar, então, que se busque reduzir os impactos o máximo possível.

Com base nos dados colhidos e nas observações realizadas, pode-se concluir que a adoção global de regulamentações para a proteção ambiental é apenas uma questão de tempo. As empresas, é claro, tem como primeiro objetivo o lucro, mas, paradoxalmente, é essa mesma preocupação que tem feito com que as normas ambientais se espalhem mais rapidamente pelo mundo. Não é nada interessante perder uma fatia de mercado por deixar de atender requisitos dos consumidores.

Assim, respondendo a questão levantada no início da pesquisa, entende-se que as indústrias instaladas no Brasil, por estarem em condições de competitividade mundial, têm potencial e capacidade para atender as diretivas de controle, se já não o fazem. Reforça essa conclusão o fato de que grande parte dos fornecedores de materiais e componentes para o ramo eletrônico já seguem os padrões requisitados.

Como melhoria, sugere-se a ampliação da política de *take-back*, como a que já é praticada pelos fabricantes de baterias e por algumas operadoras de telefonia celular, onde o consumidor é incentivado a entregar seu equipamento antigo quando da aquisição de um novo.

REFERÊNCIAS

AeE AMERICAN ELECTRONICS ASSOCIATION. **AeA China RoHS Steering Committee Version**. Tradução livre em inglês do texto oficial da diretiva RoHS aplicada pelo governo chinês. Disponível em: http://www.aeanet.org/governmentaffairs/gabl_ChinaRoHS_final_March2006.asp. Acesso em 28 ago. 2008.

BEIRIZ, F. A. **Gestão ecológica de resíduos eletrônicos**: proposta de modelo conceitual de gestão. 2005. 129 f. Dissertação (Mestrado em Sistemas de Gestão) – Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2005.

CALIFORNIA DEPT. OF TOXIC SUBSTANCES CONTROL. **How Do the California Restrictions on the use of Certain Hazardous Substances (RoHS) Law and Regulations Compare to the European Union's RoHS Directive?** Disponível em: http://www.dtsc.ca.gov/HazardousWaste/RoHS_CAvEU.cfm Acesso em 28 ago. 2008.

COMISSÃO EUROPÉIA PARA O MEIO AMBIENTE. **Jornal Oficial nº L 037 de 13/02/2003 p. 0019 – 0023**. Disponível em: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CELEX:32002L0095:PT:HTML> Acesso em 18 nov. 2007.

COMISSÃO EUROPÉIA PARA O MEIO AMBIENTE. **Jornal Oficial nº L 037 de 13/02/2003 p. 0024 – 0039**. Disponível em: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CELEX:32002L0096:PT:HTML> Acesso em 19 nov. 2007.

COMISSÃO EUROPÉIA PARA O MEIO AMBIENTE. **Jornal Oficial nº L 191 de 06/07/2005 p. 0029 – 0059**. Disponível em: http://europa.eu.int/eur-lex/lex/LexUriServ/site/en/oj/2005/l_191/l_19120050722en00290058.pdf Acesso em 19 nov. 2007.

EPA US ENVIROMENTAL PROTECTION AGENCY. **Hazardous waste**. Traz informações e classificação de materiais nocivos. Disponível em: <http://www.epa.gov/epaoswer/osw/hazwaste.htm#specific>. Acesso em: 26 mai. 2008.

EPA US ENVIROMENTAL PROTECTION AGENCY (2000). **Cadmium Compounds**. Traz informações sobre efeitos tóxicos do elemento cádmio. Disponível em: <<http://www.epa.gov/ttn/atw/hlthef/cadmium.html>>. Acesso em: 22 jun. 2008.

EPA US ENVIROMENTAL PROTECTION AGENCY (2000). **Chromium Compounds**. Traz informações sobre efeitos tóxicos do elemento cromo. Disponível em: <<http://www.epa.gov/ttn/atw/hlthef/cromium.html>>. Acesso em: 26 jun. 2008.

HEAD, M.; HRÓARSSON, H. RoHS Compliance: is the global electronics industry ready? In: INTERNATIONAL MASTERS OF SCIENCE – ENVIROMENTAL POLICY AND THE GLOBAL CHALLENGE – INTERNATIONAL, REGIONAL AND GLOBAL PERSPECTIVE, 1st, 2006, Roskilde, Denmark, **Department of Enviroment, Technology and Social Studies**, Roskilde Universitetscenter, 2006, 161 f.

INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS. **Lei Nº 9605, de 12 de fevereiro de 1998**. Disponível em: <<http://www.ibama.gov.br/leiambiental/home.htm#crimesamb>> Acesso em 12 mar. 2008.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Resolução Nº 257, de 30 de junho de 1999**. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res99/res25799.html>> Acesso em 12 mar. 2008.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Resolução Nº 23, de 12 de dezembro de 1996**. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res96/res2396.doc>> Acesso em 10 abr. 2008.

NOGUEIRA, C. L. A.; QUEIROZ-NETO, J. P.; MANZATO, L. (2007). **O IMPACTO DO USO DE SOLDA LEAD FREE NO PROCESSO DE TECNOLOGIA DE MONTAGEM EM SUPERFÍCIE (SMT)**. Disponível em: <http://www.redenet.edu.br/publicacoes/arquivos/20080108_150514_INDU-066>. Acesso em 28 jun. 2008.

USP PROGRAMA EDUCAR. **Química: Materiais e transformações Parte 3 : Transformações**. Disponível em: <<http://educar.sc.usp.br/ciencias/quimica/qm1-3.htm>> Acesso em 10 abr. 2008.

VALLE, C. E. **Qualidade Ambiental: ISO 14000**. 4. ed. São Paulo: Editora SENAC São Paulo, 2002. 193p.

BIBLIOGRAFIA CONSULTADA

ABNT. **Norma NBR ISO série ISO 14001:** Sistemas de Gestão Ambiental. 2. ed. Rio de Janeiro: ABNT, 2004

ABNT. **Norma NBR ISO série ISO 14004:** Sistemas de Gestão Ambiental – Diretrizes gerais. 2. ed. Rio de Janeiro: ABNT, 2005

AMBIENTE BRASIL. **Resíduos de equipamentos elétricos e eletrônicos.** Disponível em: http://www.ambientebrasil.com.br/composer.php3?base=residuos/index.php3&cont_eudo=./residuos/artigos/artigo_ee.html Acesso em 13 fev. 2008.

AMBIENTE BRASIL (2003). **Tratamento de lixo tecnológico – no Brasil e na União Européia.** Disponível em: http://www.ambientebrasil.com.br/composer.php3?base=residuos/index.php3&cont_eudo=./residuos/artigos/trat_lixo.html Acesso em 13 fev. 2008.

CETESB. **Normas ABNT/CETESB/Legislação – Resíduos sólidos.** Disponível em: <http://www.cetesb.sp.gov.br/Solo/residuos/base2.pdf> Acesso em 12 mar. 2008.

CONAMA. **Resoluções do CONAMA por ano.** Disponível em: <http://www.lei.adv.br/conama01.htm> Acesso em 10 jan. 2008.

ELECTRONIC DESIGN (2005). **It's Time To Take Out The Trash.** Disponível em: <http://electronicdesign.com/Articles/ArticleID/11201/11201.html> Acesso em 10 jan. 2008.

EPA US ENVIROMENTAL PROTECTION AGENCY (2000). **Lead Compounds.** Traz informações sobre efeitos tóxicos do elemento chumbo. Disponível em: <http://www.epa.gov/ttn/atw/hlthef/lead.html>. Acesso em: 25 jun. 2008.

EPA US ENVIROMENTAL PROTECTION AGENCY (2000). **Mercury Compounds.** Traz informações sobre efeitos tóxicos do elemento mercúrio. Disponível em: <http://www.epa.gov/ttn/atw/hlthef/mercury.html>. Acesso em: 25 jun. 2008.

EPA US ENVIROMENTAL PROTECTION AGENCY (2006). **Polybrominated diphenyl ethers**. Traz informações sobre efeitos tóxicos dos PDBEs. Disponível em: <<http://www.epa.gov/oppt/pbde/>> Acesso em: 26 jun. 2008.

ANEXO A - Resolução CONAMA Nº 257, de 30 de junho de 1999

O Conselho Nacional do Meio Ambiente - Conama, no uso das atribuições e competências que lhe são conferidas pela Lei no 6.938, de 31 de agosto de 1981 e pelo Decreto no 99.274, de 6 de junho de 1990, e conforme o disposto em seu Regimento Interno, e Considerando os impactos negativos causados ao meio ambiente pelo descarte inadequado de pilhas e baterias usadas;

Considerando a necessidade de se disciplinar o descarte e o gerenciamento ambientalmente adequado de pilhas e baterias usadas, no que tange à coleta, reutilização, reciclagem, tratamento ou disposição final;

Considerando que tais resíduos além de continuarem sem destinação adequada e contaminando o ambiente necessitam, por suas especificidades, de procedimentos especiais ou diferenciados, resolve:

Art. 1º As pilhas e baterias que contenham em suas composições chumbo, cádmio, mercúrio e seus compostos, necessárias ao funcionamento de quaisquer tipos de aparelhos, veículos ou sistemas, móveis ou fixos, bem como os produtos eletro-eletrônicos que as contenham integradas em sua estrutura de forma não substituível, após seu esgotamento energético, serão entregues pelos usuários aos estabelecimentos que as comercializam ou à rede de assistência técnica autorizada pelas respectivas indústrias, para repasse aos fabricantes ou importadores, para que estes adotem, diretamente ou por meio de terceiros, os procedimentos de reutilização, reciclagem, tratamento ou disposição final ambientalmente adequada.

Parágrafo Único. As baterias industriais constituídas de chumbo, cádmio e seus compostos, destinadas a telecomunicações, usinas elétricas, sistemas ininterruptos de fornecimento de energia, alarme, segurança, movimentação de cargas ou pessoas, partida de motores diesel e uso geral industrial, após seu esgotamento energético, deverão ser entregues pelo usuário ao fabricante ou ao importador ou ao distribuidor da bateria, observado o mesmo sistema químico, para os procedimentos referidos no caput deste artigo.

Art. 2º Para os fins do disposto nesta Resolução, considera-se:

I - bateria: conjunto de pilhas ou acumuladores recarregáveis interligados convenientemente.(NBR 7039/87);

II - pilha: gerador eletroquímico de energia elétrica, mediante conversão geralmente irreversível de energia química.(NBR 7039/87);

III - acumulador chumbo-ácido: acumulador no qual o material ativo das placas positivas é constituído por compostos de chumbo, e os das placas negativas essencialmente por chumbo, sendo o eletrólito uma solução de ácido sulfúrico. (NBR 7039/87);

IV - acumulador (elétrico): dispositivo eletroquímico constituído de um elemento, eletrólito e caixa, que armazena, sob forma de energia química a energia elétrica que lhe seja fornecida e que a restitui quando ligado a um circuito consumidor.(NBR 7039/87);

V - baterias industriais: são consideradas baterias de aplicação industrial, aquelas que se destinam a aplicações estacionárias, tais como telecomunicações, usinas elétricas, sistemas ininterruptos de fornecimento de energia, alarme e segurança, uso geral industrial e para partidas de motores diesel, ou ainda tracionárias, tais como as utilizadas para movimentação de cargas ou pessoas e carros elétricos;

VI - baterias veiculares: são consideradas baterias de aplicação veicular aquelas utilizadas para partidas de sistemas propulsores e/ou como principal fonte de energia em veículos automotores de locomoção em meio terrestre, aquático e aéreo, inclusive de tratores, equipamentos de construção, cadeiras de roda e assemelhados;

VII - pilhas e baterias portáteis: são consideradas pilhas e baterias portáteis aquelas utilizadas em telefonia, e equipamentos eletro-eletrônicos, tais como jogos, brinquedos, ferramentas elétricas portáteis, informática, lanternas, equipamentos

ortográficos, rádios, aparelhos de som, relógios, agendas eletrônicas, barbeadores, instrumentos de medição, de aferição, equipamentos médicos e outros;

VIII - pilhas e baterias de aplicação especial: são consideradas pilhas e baterias de aplicação especial aquelas utilizadas em aplicações específicas de caráter científico, médico ou militar e aquelas que sejam parte integrante de circuitos eletro-eletrônicos para exercer funções que requeiram energia elétrica ininterrupta em caso de fonte de energia primária sofrer alguma falha ou flutuação momentânea.

Art. 3º Os estabelecimentos que comercializam os produtos descritos no art.1º, bem como a rede de assistência técnica autorizada pelos fabricantes e importadores desses produtos, ficam obrigados a aceitar dos usuários a devolução das unidades usadas, cujas características sejam similares às aquelas comercializadas, com vistas aos procedimentos referidos no art. 1º.

Art. 4º As pilhas e baterias recebidas na forma do artigo anterior serão acondicionadas adequadamente e armazenadas de forma segregada, obedecendo as normas ambientais e de saúde pública pertinentes, bem como as recomendações definidas pelos fabricantes ou importadores, até o seu repasse a estes últimos.

Art. 5º A partir de 1º de janeiro de 2000, a fabricação, importação e comercialização de pilhas e baterias deverão atender aos limites estabelecidos a seguir:

I - com até 0,025% em peso de mercúrio, quando forem do tipo zinco- manganês e alcalina-manganês;

II - com até 0,025% em peso de cádmio, quando forem do tipo zinco- manganês e alcalina-manganês;

III - com até 0,400% em peso de chumbo, quando forem do tipo zinco-manganês e alcalina-manganês;

IV - com até 25 mg de mercúrio por elemento, quando forem do tipo pilhas miniaturas e botão.

Art. 6º A partir de 1 de janeiro de 2001, a fabricação, importação e comercialização de pilhas e baterias deverão atender aos limites estabelecidos a seguir:

I - com até 0,010% em peso de mercúrio, quando forem do tipo zinco-manganês e alcalina-manganês;

II - com até 0,015% em peso de cádmio, quando forem dos tipos alcalina-manganês e zinco-manganês;

III - com até 0,200% em peso de chumbo, quando forem dos tipos alcalina-manganês e zinco-manganês.

Art. 7º Os fabricantes dos produtos abrangidos por esta Resolução deverão conduzir estudos para substituir as substâncias tóxicas potencialmente perigosas neles contidas ou reduzir o teor das mesmas, até os valores mais baixos viáveis tecnologicamente.

Art. 8º Ficam proibidas as seguintes formas de destinação final de pilhas e baterias usadas de quaisquer tipos ou características:

I - lançamento "in natura" a céu aberto, tanto em áreas urbanas como rurais;

II - queima a céu aberto ou em recipientes, instalações ou equipamentos não adequados, conforme legislação vigente;

III - lançamento em corpos d'água, praias, manguezais, terrenos baldios, poços ou cacimbas, cavidades subterrâneas, em redes de drenagem de águas pluviais, esgotos, eletricidade ou telefone, mesmo que abandonadas, ou em áreas sujeitas à inundação.

Art. 9º No prazo de um ano a partir da data de vigência desta resolução, nas matérias publicitárias, e nas embalagens ou produtos descritos no art. 1º deverão constar, de forma visível, as advertências sobre os riscos à saúde humana e ao meio ambiente, bem como a necessidade de, após seu uso, serem devolvidos aos revendedores ou à rede de assistência técnica autorizada para repasse aos fabricantes ou importadores.

Art. 10 Os fabricantes devem proceder gestões no sentido de que a incorporação de pilhas e baterias, em determinados aparelhos, somente seja efetivada na condição de poderem ser facilmente substituídas pelos consumidores após sua utilização, possibilitando o seu descarte independentemente dos aparelhos.

Art. 11. Os fabricantes, os importadores, a rede autorizada de assistência técnica e os comerciantes de pilhas e baterias descritas no art. 1º ficam obrigados a, no prazo de doze meses contados a partir da vigência desta resolução, implantar os mecanismos operacionais para a coleta, transporte e armazenamento.

Art. 12. Os fabricantes e os importadores de pilhas e baterias descritas no art. 1º ficam obrigados a, no prazo de vinte e quatro meses, contados a partir da vigência desta Resolução, implantar os sistemas de reutilização, reciclagem, tratamento ou disposição final, obedecida a legislação em vigor.

Art. 13. As pilhas e baterias que atenderem aos limites previstos no artigo 6º poderão ser dispostas, juntamente com os resíduos domiciliares, em aterros sanitários licenciados.

Parágrafo Único. Os fabricantes e importadores deverão identificar os produtos descritos no caput deste artigo, mediante a aposição nas embalagens e, quando couber, nos produtos, de símbolo que permita ao usuário distingui-los dos demais tipos de pilhas e baterias comercializados.

Art. 14. A reutilização, reciclagem, tratamento ou a disposição final das pilhas e baterias abrangidas por esta resolução, realizadas diretamente pelo fabricante ou

por terceiros, deverão ser processadas de forma tecnicamente segura e adequada, com vistas a evitar riscos à saúde humana e ao meio ambiente, principalmente no que tange ao manuseio dos resíduos pelos seres humanos, filtragem do ar, tratamento de efluentes e cuidados com o solo, observadas as normas ambientais, especialmente no que se refere ao licenciamento da atividade.

Parágrafo Único. Na impossibilidade de reutilização ou reciclagem das pilhas e baterias descritas no art. 10, a destinação final por destruição térmica deverá obedecer as condições técnicas previstas na NBR - 11175 - Incineração de Resíduos Sólidos Perigosos - e os padrões de qualidade do ar estabelecidos pela Resolução Conama no 03, de 28 de junho de 1990.

Art. 15. Compete aos órgãos integrantes do SISNAMA, dentro do limite de suas competências, a fiscalização relativa ao cumprimento das disposições desta resolução.

Art. 16. O não cumprimento das obrigações previstas nesta Resolução sujeitará os infratores às penalidades previstas nas Leis no 6.938, de 31 de agosto de 1981, e no 9.605, de 12 de fevereiro de 1998.

Art. 17. Esta Resolução entra em vigor na data de sua publicação.

RESOLUÇÃO CONAMA No 263, de 12 de novembro de 1999

O CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE - CONAMA, no uso das atribuições e competências que lhe são conferidas pela Lei no 6.938, de 31 de agosto de 1981, e pelo Decreto no 99.274, de 6 de junho de 1990, e conforme o disposto em seu Regimento Interno, e;

Considerando a necessidade de tornar explícita no Art. 6º da Resolução Conama n.º 257, de 30 de junho de 1999, a consideração do limite estabelecido no Art. 5º, inciso IV, da referida Resolução, para as pilhas miniatura e botão, resolve:

Art.1º. Incluir no Art. 6º da Resolução Conama n.º 257, de 30 de junho de 1999, o inciso IV, com a seguinte redação:

"IV - com até 25 mg de mercúrio por elemento, quando forem do tipo pilhas miniatura e botão."

Art. 2º Esta Resolução entra em vigor na data de sua publicação.

ANEXO B – CERTIFICADO DE ANÁLISE DE PASTA DE SOLDA FORNECIDO PELO FABRICANTE



Cookson Electronics

COOKSON ELECTRONICS AMAZONIA LTDA
Rua Tucunare 40 Sala E - D.I. - Castelo Branco
Manaus - AM
Fone (092) 614.7410 - 0800-102012 Fax (092) 613.1557

Certificado Nº: 333836
Quantidade:
Nº Pedido:

Certificado de Análise / Conformidade

Nome do Produto: 155179 - AMOSTRA DE BANHO LEAD-FREE SAC 305
Lote Nº: 734629/ 0
Cliente: XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX
S/ Código:

Fabricação / Análise: 11/04/07
Nota Fiscal:
Revisão Especificação:

Característica	Unidade	Especificação	Resultado	Método de Ensaio
Estanho (Sn)	% Peso	Diferença	96,5118	MAN.WI.CQ.0030
Chumbo (Pb)	% Peso	0,0000 - 0,1000	0,0550	MAN.WI.CQ.0030
Antimonio (Sb)	% Peso	0,0000 - 0,1000	0,0110	MAN.WI.CQ.0030
Bismuto (Bi)	% Peso	0,0000 - 0,1000	0,0136	MAN.WI.CQ.0030
Arsenio (As)	% Peso	0,0000 - 0,0300	0,0030	MAN.WI.CQ.0030
Ferro (Fe)	% Peso	0,0000 - 0,0200	0,0034	MAN.WI.CQ.0030
Cobre (Cu)	% Peso	0,0000 - 0,9500	0,4935	MAN.WI.CQ.0030
Zinco (Zn)	% Peso	0,0000 - 0,0010	0,0005	MAN.WI.CQ.0030
Alumínio (Al)	% Peso	0,0000 - 0,0010	0,0008	MAN.WI.CQ.0030
Cádmio (Cd)	% Peso	0,0000 - 0,0010	0,0004	MAN.WI.CQ.0030
Prata (Ag)	% Peso	2,8000 - 3,2000	2,8970	MAN.WI.CQ.0030
Níquel (Ni)	% Peso	0,0000 - 0,0100	0,0080	MAN.WI.CQ.0030
Índio (In)	% Peso	0,0000 - 0,0500	0,0020	MAN.WI.CQ.0030
Observação:				
LINHA 2 HP				

Asseguramos que o produto referido neste Certificado de Análise/Conformidade foi fabricado/analizado de acordo com instruções aplicáveis e controladas e em conformidade com as especificações requeridas listadas acima. Os resultados de análise são testes conduzidos utilizando métodos de ensaio documentados. As amostras para Qualidade Interna são retiradas no momento da fabricação e as amostras para análise externa são retiradas pelo cliente. Para armazenagem e estocagem, consulte o Boletim Técnico.

Químico Responsável

CRQ - 14400508 14ªR

Cookson Electronics

Este certificado é emitido eletronicamente, dispensando assinaturas.