

ANA CAROLINA CUNHA NORTE

CONSIDERAÇÕES GERAIS

SOBRE OS RESÍDUOS ELETRÔNICOS

Monografia apresentada à Comissão do Trabalho de Formatura do Curso de Graduação em Engenharia Ambiental, Instituto de Geociências e Ciências Exatas – Unesp, Campus de Rio Claro (SP), como parte das exigências para o cumprimento da disciplina Trabalho de Formatura no ano letivo de 2008.”

Orientador: Prof. Dr. Marcus Cesar Avezum Alves de Castro

Rio Claro (SP)

2008

ANA CAROLINA CUNHA NORTE

CONSIDERAÇÕES GERAIS

SOBRE OS RESÍDUOS ELETRÔNICOS

Monografia apresentada à Comissão do Trabalho de Formatura do Curso de Graduação em Engenharia Ambiental, Instituto de Geociências e Ciências Exatas – Unesp, Campus de Rio Claro (SP), como parte das exigências para o cumprimento da disciplina Trabalho de Formatura no ano letivo de 2008.”

Orientador: Prof. Dr. Marcus Cesar Avezum Alves de Castro

Rio Claro (SP)

2008

604.6 Norte, Ana Carolina Cunha
N863c Considerações gerais sobre os resíduos eletrônicos / Ana
Carolina Cunha Norte. - Rio Claro: [s.n.], 2008
44 f. : il., figs., tabs.

Trabalho de conclusão (Engenharia Ambiental) –
Universidade Estadual Paulista, Instituto de Geociências e
Ciências Exatas

Orientador: Marcus Cesar Avezum Alves de Castro

1. Resíduos. 2. Gestão ecológica. 3. E- waste. 4.
Logística reserva. I. Título.

Ficha Catalográfica elaborada pela STATI - Biblioteca da UNESP
Campus de Rio Claro/SP

DEDICATÓRIA

Dedico esse trabalho àqueles que acreditam que
podemos respeitar o meio ambiente
sem impedir que a tecnologia avance,
e aos que desejam acreditar.

AGRADECIMENTOS

Ao Professor Dr. Marcus Cesar Avezum Alves de Castro, orientador do projeto que aceitou a mim e minhas idéias sem pestanejar e mesmo sem gozar de muito tempo livre, que sempre incentivou a busca por mais e o engrandecimento da mente.

Aos professores Dr. Rodrigo Moruzzi e Dr. Samuel Samuel Conceição de Oliveira, pelo grande apoio que me deram durante a faculdade, pelas oportunidades e brilhantes aulas, agradeço de coração.

Ao senhor Geraldo, sucateiro localizado no bairro Santo Ifigênia, pelo seu acolhimento e sinceridade, contribuindo enormemente para minha tese.

Às bibliotecárias do *campus* Rio Claro, por me ajudarem tão atenciosamente com dúvidas nas referências bibliográficas.

A toda minha família, que sempre me apoiou e me orientou, companheira dos momentos alegres e difíceis, sem os quais eu não seria a pessoa que sou hoje.

A todos os amigos de Rio Claro, em especial a Thaís, Carolina, Liane e Natália, pela amizade, carinho, companheirismo, incentivo e cobrança recebidos em todos esses cinco anos de faculdade.

As minhas grandes amigas de São Paulo, Marina e Isadora, pela nossa amizade tão duradora e forte, por estarem ao meu lado nos bons e maus momentos e por compartilharmos o mesmo sonho.

A Artur, meu amigo, amor e pessoa indispensável, pelo amor, companheirismo, incentivo, cobrança e compreensão, aquele que me tornou uma pessoa melhor.

A Deus, pelo seu grande amor e benevolência, por toda a saúde, força e espiritismo que me abençoou.

EPÍGRAFE

“ A mente que se abre a uma nova idéia jamais voltará ao seu estado natural ”

Albert Einstein

"Há homens que lutam um dia e são bons.
Há outros que lutam um ano e são melhores.
Há os que lutam muitos anos e são muito bons.
Porém, há os que lutam toda a vida.
Esses são os imprescindíveis."

Bertolt Brecht

RESUMO

O avanço das novas tecnologias traz comodidade e melhorias à vida das pessoas. Mas junto a essa tecnologia cresce o consumismo e multiplicam-se produtos que logo caem em desuso, ora por terem atingido o fim do seu ciclo de vida, ora porque foram substituídos por modelos mais novos e mais avançados. Os eletrônicos pós-consumo seguem, então, sem rumo certo, podendo ser doados para entidades de pessoas carentes como forma de inclusão social, mas muitas vezes são jogados sem cuidados em lixões a céu aberto e aterros, de onde passam a contaminar solo e água com seus componentes tóxicos. O presente trabalho busca estudar o conceito de resíduos de eletrônicos, seus impactos ao meio ambiente e à vida humana, assim como o atual quadro de gerenciamento e disposição final desses resíduos nacional e internacionalmente, por fim trazendo ponderações de decisões internacionais que se adequariam ao cenário brasileiro.

ABSTRACT

As new technologies improve, people's lives gain in comfort and accessibility. However, along with these technologies comes a growth in "soon to fall into disuse" product consume, either because they have reached the end of their life cycle, or because they were substituted by newer and more advanced models. These electronic wastes are still with no certain destination, and could be donated to welfare companies, but the majority is thrown in wide open dumping grounds or landfills, where they can contaminate water and soil with their toxic components. This work seeks to evaluate the e-waste concept, their impacts in the environment and human life, as well as the current national and international e-waste management and destination, finally reflecting on international decisions that would be appropriate for the Brazilian system.

SUMÁRIO

Dedicatórias	i
Agradecimentos	ii
Epígrafe	iii
Resumo	iv
Abstract.	iv
1. Introdução e Justificativa	1
2. Objetivos	2
3. Revisão Bibliográfica	
3.1 Resíduos Eletrônicos	3
3.2 Análise do Ciclo de Vida	10
3.3 Logística Reversa	12
3.4 Normas e Aspectos Legais e Normativos	
3.4.1 Estados Unidos da América	14
3.4.2 Comunidade Européia	19
3.4.3 Brasil	22
4. Métodos e Etapas do Trabalho	26
5. Resultados e Discussões	27
6. Conclusões	30
7. Referências Bibliográficas	31

1. INTRODUÇÃO E JUSTIFICATIVA

A necessidade de facilidades e formas que servissem como uma extensão de suas capacidades sempre fez o ser humano buscar por novidades. Desde a invenção da roda na Antigüidade, passando pela escrita e pelo uso da água e da queima de carvão como força-motriz para maquinarias, até os atuais aparelhos eletrônicos e eletro-eletrônicos. A revolução não cessa e se acelera! Nas últimas décadas, vimos um chip se tornar minúsculo e sua capacidade de armazenamento de dados crescer cada vez maior, num aumento exponencial.

Tanta inovação em tão pouco tempo faz com que o ser humano compre cada vez mais, substituindo constantemente o novo pelo atual. Aparelhos que antes duravam por muitos anos, às vezes até mesmo por dezenas de anos, hoje caem em desuso bem mais cedo. A mídia contribui para inflar essa necessidade pueril, sempre mostrando os novos lançamentos, e fazendo com que se acredite que é impossível viver sem a última novidade no mercado.

O que é deixado pra trás, o que se tornou obsoleto e já não desejado, se acumula. Assim, os resíduos eletrônicos, também conhecidos em inglês como *e-waste*, adquirem uma dimensão preocupante, visto que seus números crescem na medida em que novos produtos são fabricados e adquiridos, sem preocupações com o que deve ser feito com eles no pós-consumo. São geladeiras, máquinas de lavar, celulares, computadores, tocadores de MP3, entre outros, que seguem esse caminho incerto, muitas vezes sendo descartados em lixões (que constituem a forma de descarte mais utilizada no Brasil – e também por isso a mais preocupante, já que não oferece proteção alguma ao meio ambiente).

A falta de leis específicas e de informativos a respeito desse material agrava ainda mais a situação, contribuindo diretamente com os impactos ambientais e a perda de saúde das pessoas. Os eletrônicos não são biodegradáveis, permanecem por dezenas e até centenas de anos no meio ambiente. Apesar da rica presença de metais nobres passíveis de reaproveitamento (como ouro, prata, cobre e estanho), apresentam alto índice de metais pesados que, uma vez em contato com o meio ambiente, podem se alastrar contaminando solos e águas, disseminando enfermidades graves e crônicas, podendo chegar a matá-los.

Por esse motivo, não basta apenas informar aos consumidores sobre os perigos que os eletrônicos representam à saúde e ao meio ambiente sem prover-lhes locais adequados e de fácil acesso para devolver esse material ao fim de sua vida útil. Assim qualquer resíduo perigoso, os resíduos eletrônicos requerem acondicionamento e destinação especial, além de leis e normas que os contemplem e estructurem a cadeia de funcionamento, responsabilizando adequadamente

fabricantes, governos e consumidores, além de promoverem o prolongamento de sua vida útil e diminuição do uso de componentes tóxicos e cancerígenos.

Visto que a produção de eletrônicos, e conseqüentemente também a geração de materiais obsoletos, se dá em velocidade crescente, tal respaldo legal requer urgência. O desejo não é impedir o desenvolvimento tecnológico, mas aliá-lo ao respeito e à proteção ao meio ambiente e à vida dos seres vivos

2. OBJETIVOS

O objetivo geral do trabalho é estudar os aspectos associados aos resíduos eletrônicos. Nesse sentido, são propostos os seguintes objetivos específicos:

- Pesquisar normas e resoluções que disciplinam o segmento no Brasil, na Comunidade Européia e nos Estados Unidos;
- Realizar uma análise comparativa das normas e resoluções levantadas.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 Resíduos Eletrônicos

De acordo com a Diretiva para Resíduos Elétricos e Equipamentos Eletrônicos, lei 2002/96/EC da Comunidade Européia, considera-se resíduo eletrônico, ou resíduo eletrônico, ou ainda *e-waste* (palavra em inglês que abrevia o termo *eletronic waste*, literalmente resíduo eletrônico), todo resíduo de aparelho movido a eletricidade ou campo eletromagnético, incluindo seus componentes, subconjuntos e materiais consumíveis que fazem parte do produto no momento em que é descartado, seja por ter se tornado obsoleto ou por ter atingido o fim de sua vida útil. Tais resíduos podem ser oriundos de uso doméstico, de grandes empresas, instituições ou uso governamental, e por fim o refugo (material de fábrica que não atingiu a qualidade padrão) dos fabricantes de eletrônicos. Entre outros, consideram-se exemplos de resíduo eletrônico: televisores, rádios, aparelhos celulares, computadores pessoais, eletrodomésticos portáteis, filmadoras, ferramentas elétricas e brinquedos eletrônicos.

Por conta do rápido avanço da tecnologia e a disputa globalizada de diversos fabricantes – os quais aliados ao estratagema do marketing que bombardeia os consumidores com propagandas, promoções e anúncios de novos lançamentos, criam um senso errôneo de necessidade material - o mercado de aparelhos eletrônicos se torna cada vez mais barato e acessível, promovendo o consumo desses equipamentos eletrônicos e eletroeletrônicos no mundo inteiro, propagando-se entre diversas classes sociais, e conferindo *status* aos donos dos últimos lançamentos.

De fato, o mercado de eletrônicos está aquecido, gozando de produção crescente e vendas em dezenas de milhares de unidades anuais. A figura 1 a seguir apresenta os cinco países em que ocorreram os maiores crescimentos de números de computadores pessoais per capita entre 1993 e 2000 (a média mundial foi de 181%):

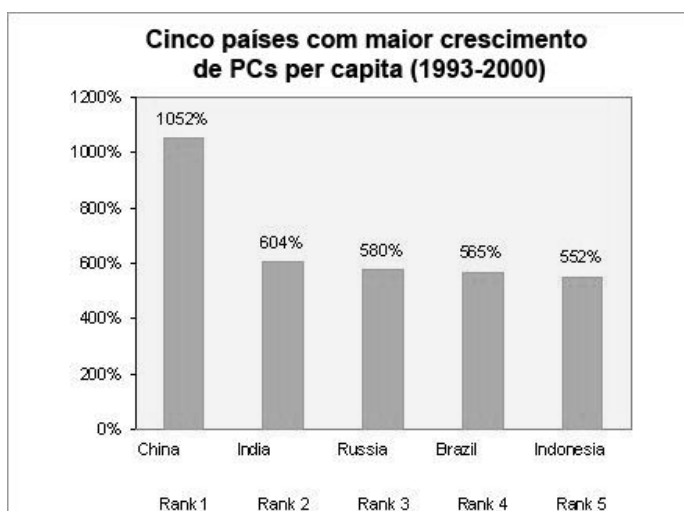


Figura 1 – Países com maiores índices de crescimento de consumo de computadores

Fonte: E-Waste Guide (2008)

Assim como a inovação tecnológica é ligeira e o consumo é voraz, também é célere a sua maior consequência: a obsolescência de aparelhos eletrônicos. Dessa forma, os ciclos de substituição desses aparelhos estão ficando cada vez menores, e muitas vezes aparelhos em perfeito estado de funcionamento são descartados. A estimativa da consultoria IT Data para os ciclos de substituição de eletrônicos no Brasil são de quatro anos para computadores quando utilizados em empresas e de cinco anos quando de uso doméstico, celulares tem uma vida ainda mais curta: em menos de dois anos são trocados por um aparelho mais tecnologicamente avançado, segundo Moreira (2007a).

As substituições estão mais ligadas ao fato desses aparelhos estarem obsoletos, ou seja, apresentarem desempenhos menores ou menos recursos que os lançamentos recentes, do que o esgotamento da sua capacidade em si. O relatório *Exporting Harm – The High-Tech Transhining of Ásia* elaborado pela *Basel Action Network* (BASEL ACTION NETWORK & SILICON VALLEY TOXICS COALITION, 2002) e pela Comissão de Tóxicos do Vale do Silício, explica muito bem o fenômeno da obsolescência dos eletrônicos, especialmente em países mais avançados em que o tempo de vida é ainda menor que do Brasil:

Quando antigamente consumidores compravam um aparelho sonoro ou conjunto de televisão com a expectativa que ele duraria uma década ou mais, a evolução tecnológica constantemente mais rápida combinada à rápida obsolescência dos produtos, efetivamente tornou tudo descartável. Consumidores agora raramente levam eletrônicos quebrados para o conserto conforme a substituição é agora freqüentemente mais fácil e barata que o reparo. O tempo de vida médio de um computador encolheu de quatro ou cinco anos para dois anos. Parte dessa rápida obsolescência é o resultado da rápida evolução tecnológica, mas também está

claro que tal obsolescência e a ética de jogar fora resultam num aumento massivo nos ganhos corporativos, particularmente quando a indústria de eletrônicos não têm de lidar com o fardo financeiro (...)

Considerando a produção de eletrônicos crescentes e os ciclos de substituição menores, percebe-se que o *e-waste* é uma forma de resíduo sólido que aumenta exponencialmente ano a ano. Estudos europeus estimam que o volume dos resíduos eletrônicos cresce de 3 a 5 % ao ano, cerca de três vezes mais que a média de crescimento do resíduo municipal (ARENSMAN, 2000). Hoje, os resíduos eletrônicos representam 5 % de todo o resíduo sólido de um município (BASEL..., 2002). A organização não-governamental Greenpeace calcula que mundialmente são geradas cinquenta milhões de toneladas anuais, segundo Moreira (2007b).

Além do problema do grande volume que os resíduos eletrônicos ocupam, preocupa o fato de seus materiais básicos constituintes (plástico, metal e vidro) não serem biodegradáveis, assim os eletrônicos demoram centenas de anos para degradarem naturalmente, permanecendo por um longo tempo no meio ambiente. Mas seu maior problema é a presença de metais pesados em sua constituição.

Os metais pesados preocupam pela longa duração que permanecem no meio ambiente e pelas características tóxicas que apresentam. Simone Pallone, na sua reportagem “Lixo eletrônico: redução, reutilização, reciclagem e recuperação” publicada na revista eletrônica ComCiência em 10/02/2008, cita como exemplo o caso do descarte indevido de um computador 286 (fabricado há 20 anos), com 1600 pontos soldados, o correspondente a 4 gramas de solda de chumbo, que pode levar à contaminação por arraste 600 metros cúbicos de solo. De fato, cerca de 70% de metais pesados (incluindo cádmio e mercúrio) encontrados em aterros provêm de resíduos eletrônicos (BASEL..., 2002).

Segundo a reportagem de Moreira (2007c), “Lixo eletrônico tem substâncias perigosas para a saúde humana”, os componentes tóxicos presentes nos materiais eletrônicos são diversos e trazem enfermidades crônicas aos seres vivos, podendo levá-los à morte em alguns casos.

A tabela 1 a seguir lista os metais pesados encontrados em resíduos eletrônicos, onde são encontrados e os danos causados ao homem.

Tabela 1 – Metais pesados e componentes tóxicos presentes em aparelhos eletrônicos e seus prejuízos a saúde humana

Material	Uso	Danos
Arsênico	Celular	Doenças de pele, prejuízo ao sistema nervoso e pode causar câncer no pulmão
Belírio	Computador, celular	Câncer no pulmão
Cádmio	Computador, monitores de tubo antigos, baterias de laptops	Envenenamento, danos aos ossos, rins e pulmões
Chumbo	Computador, celular, televisão	Sistema nervoso e sanguíneo
Mercúrio	Computador, monitor e TV de tela plana	Cerebrais e ao fígado
Retardantes de chamas (BRT)	Diversos componentes eletrônicos, para prevenir incêndios	Desordens hormonais, nervosas e reprodutivas

Fontes: Adaptado de *Greenpeace* e *E-Waste Guide* (2007)

A degradação causada pelos metais pesados já são notáveis em países com leis ambientais mais brandas e que manuseiam os resíduos eletrônicos sem os devidos cuidados. Na Ásia e na África, há diversos casos de províncias e cidades que tiveram a qualidade de vida severamente prejudicadas e grandes impactos ambientais gerados pela má manipulação e destinação do *e-waste*. Tais comunidades, após tentaram aproveitar metais nobres presentes nesses resíduos, descartam seus restos indesejados em leitos de rios, ou ainda os queimam, essa segunda medida ainda mais prejudicial, visto que a queima libera as tóxicas como micro partículas passíveis de inalação.

Um dos casos de desastre ambiental gerado pelo descarte imprudente de *e-waste* tem ocorrido em Taiwan. A manipulação ilegal de eletrônicos para reciclagem levou ao descarte de toneladas de resíduos, gerando paredes de circuitos eletrônicos de aproximadamente 2,5 metros às margens do rio Erren. Como consequência da falta de cuidado e do contato direto desse material com o meio ambiente, as águas do rio se tornaram altamente tóxicas, a ponto de matar em dois minutos um peixe que seja introduzido nessas águas. Não apenas a vida aquática, mas a

vida humana foi severamente afetada, reduzindo a expectativa de vida da população local para apenas cinquenta anos, de acordo com reportagem “*Living in Fear - A Story of E-waste Pollution on the Erren River in Taiwan*” divulgada pela Silicon Valley Toxics Coalition em 02/04/2008.

Infelizmente, no momento a tecnologia ainda não avançou o suficiente para que os metais pesados sejam substituídos ou mesmo dispensados dos aparelhos eletrônicos, afinal eles ajudam a conduzir a corrente elétrica, assim como são utilizados como medidas de segurança, como o retardante de chama.

Mas o que fazer com o material que não tem mais serventia?

Nas palavras de Realff et al (2004):

Durante a última década, a indústria de eletrônica foi bastante sucedida em desenvolver um mercado consumidor maciço para computadores, telefones celulares e outros equipamentos eletrônicos pessoais. O crescimento foi fenomenal, em particular para computadores pessoais. Mas essa rápida expansão agora apresenta um desafio de peso - como encontrar maneiras de, com segurança e economia, recuperar materiais que são embutidos nestes produtos, ao invés de simplesmente jogá-los fora. Isto requererá um investimento significativo de governos, indústria e indivíduos na tecnologia e na instrução para remodelar atitudes sociais à eliminação desses resíduos. Este problema multidimensional será o desafio pivô de como serão fechados os ciclos dos materiais abandonando-se o uso linear de material.

De acordo com Afonso (2008), 94% dos componentes dos computadores podem ser reciclados e recuperados por desmonte e segregação dos componentes principais. Os 6% não recicláveis correspondem a componentes que contêm uma grande junção de materiais de natureza química e física bastante diversa (metais, polímeros, soldas, resinas), como no caso dos circuitos impressos, difíceis de efetivar o reaproveitamento (informação verbal)¹.

A tabela 2, a seguir lista os elementos encontrados em um computador pessoal, sua localização, peso em relação ao peso total e quanto dele pode ser reciclável.

¹ Júlio Carlos Afonso, professor do Departamento de Química Analítica da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), em sua palestra na Semana da Inclusão Digital (realizada entre os dias 20 e 29 de abril de 2008)

Tabela 2 – Metais normalmente utilizados na composição de microcomputadores

Material		% em relação ao peso total	% reciclável	Localização
Fe	Ferro	20,471	80	Estrutura, encaixes
Al	Alumínio	14,172	80	Estrutura/conexões
Cu	Cobre	6,928	90	Condutores
Pb	Chumbo	6,298	05	Circuitos integrados, soldas, baterias
Zn	Zinco	2,204	60	Bateria
Sn	Estanho	1,007	70	Circuito, integrados
Ni	Níquel	0,850	80	Estrutura, encaixe
Ba	Bário	0,031	00	Válvula eletrônica
Mn	Manganês	0,031	00	Estrutura, encaixes
Ag	Prata	0,018	98	Condutivo
Be	Berílio	0,015	00	Condutivo térmico, conectores
Co	Cobalto	0,015	85	Estrutura
Ta	Tântalo	0,015	00	Condensador
Ti	Titânio	0,015	00	Pigmentos
In	Índio	0,001	60	Transistor, retificador
Au	Ouro	0,0016	98	Conexões, condutivo
Ge	Germânio	0,001	00	Semicondutor
Ga	Gálio	0,001	00	Semicondutor
V	Vanádio	0,0002	00	Emissor de fósforo vermelho

Fonte: *Microelectronics and Computer Technology Corporations* (2004)

Percebe-se a existência de um importante interesse econômico nos resíduos de aparelhos eletrônicos por esses possuírem componentes metálicos dispostos de forma bastante pura e em concentrações mais altas que as encontradas na natureza. Impulsionados pela escassez de recursos naturais e o alto preço que o ouro, a prata, o cobre, o ferro e o alumínio encontram atualmente no mercado, existem aqueles que montam empresas de extração desses minerais, ou ainda o fazem clandestinamente (e com alto risco de contaminação toxicológica por conta da falta de informação e mau manuseio desse material), um fenômeno denominado de “garimpo urbano”.

No Japão, onde há escassez de recursos minerais por causa da sua formação geológica, tem se tornado crescente o número de empresas que procuram metais em aparelhos eletrônicos descartados. Segundo estudo da *Yokohama Metal*, uma empresa de reciclagem de metais, uma tonelada de minério extraída de uma mina de ouro produz em média apenas 5 gramas do metal, enquanto uma tonelada de celulares descartados pode render 150 gramas ou mais, além de cerca de 100 quilos de cobre e três quilos de prata, entre outros metais, segundo Reuters... (2008)

Há um grande desafio à frente para o setor dos eletrônicos e eletrodomésticos. A fim de tornar seu ciclo de vida mais sustentável, é preciso desenvolver uma reestruturação dos processos, transformando-os de linear para cíclico, nos quais materiais do pós-consumo serão aproveitados como matéria-prima para a geração de novos produtos. Além da elaboração e aplicação de políticas internacionais e nacionais que contemplem as formas adequadas de descarte e reaproveitamento do *e-waste*, é preciso buscar tecnologias para redução do consumo de recursos naturais e melhor reaproveitamento dos materiais. Também é indispensável investir na conscientização dos consumidores com programas que incentivem a redução do consumo desnecessário de novos produtos eletrônicos, incentivando o aumento do ciclo de substituição e utilização de produtos semi-novos e usados, assim como a colaboração no descarte e destinação do material pós-consumo, a fim do mesmo poder ser reaproveitado.

3.2 Análise do Ciclo de vida

Durante a década de 60, as preocupações com o futuro esgotamento de recursos naturais e energia deram margem à elaboração de métodos para quantificar o uso desses recursos em projetos. Harold Smith publicou em 1963 um dos primeiros trabalhos sobre o assunto na “World Energy Conference” onde mostrou o cálculo das necessidades de energia para a fabricação de produtos químicos, assim dando origem à ferramenta de Análise do Ciclo de Vida.

Em março de 1993, a Análise de Ciclo de Vida recebeu padronização de termos, critérios e procedimentos pelo órgão SETAC (Society of Environmental Toxicology and Chemistry – Sociedade para Toxicologia e Química Ambiental) por meio da publicação do documento “A Conceptual Framework for Life – Cycle Impact Assessment”, o qual serviu de base para a primeira norma ISO referente ao tema e aprovada em 1997, a ISO 14040.

A Análise do Ciclo de Vida representa uma importante ferramenta de gestão para estudar as etapas de um produto, processo ou atividade ao longo de seu funcionamento, indo de seu início

ao final, passando por todas as etapas intermediárias. Essa fragmentação permite melhor visualizar as vantagens e desvantagens daquele objeto de estudo, além de auxiliar as tomadas de decisões, conseqüentemente contemplando a empresa com maior competitividade. Essa ferramenta é muito usada para medir o impacto de um produto ou processo ao meio ambiente, sendo comumente aplicada na gestão ambiental. Com a extensão da responsabilidade do fabricante para todo o ciclo de vida do produto, inclusive na destinação pós-consumo, ela passa a ser ainda mais imprescindível.

Segundo Martins O. (1999) a Análise do Ciclo de Vida é definida como “O estudo de todas as entradas e saídas de matéria e energia em todas as fases do ciclo de vida de um produto ou serviço, ou seja, desde a produção das matérias primas até a disposição final, passando por todos os processos de transformação envolvidos na produção dos mesmos”.

De acordo com a SETAC, a Análise do Custo de Vida pode ser feita em quatro etapas, tendo como possíveis enfoques os produtos (Product LCA), a matriz energética (Energy LCA), a infraestrutura e construções (Infrastructure LCA) ou a análise do ciclo de vida das cidades (City LCA):

- Definição de Objetivos e Limites: na primeira etapa, são definidos o escopo, os limites e registradas quaisquer considerações necessárias para conduzir o trabalho e seu grau de confiabilidade.
- Inventário do Ciclo de Vida, também chamado Life Cycle Inventory (LCI): na segunda etapa, há um levantamento das entradas e saídas em todas as etapas do ciclo de vida do produto, com a estimativa de carga ambiental, o que inclui a aquisição de matérias primas e energia, manufatura de materiais, fabricação do produto, embalagem, distribuição, uso, manutenção e destinação final.
- Análise de Impactos do Ciclo de Vida, também chamado Life Cycle Impact Assessment (LCIA): constituem dessa etapa a Classificação (em grupos relativamente homogêneos de impacto), Caracterização (estimativa de potencial impacto) e Valoração (determinação dos valores relativos ou pesos para os diferentes impactos) dos efeitos das cargas ambientais associadas ao ciclo de vida.
- Análise de Melhorias: a última etapa possui o objetivo de sugerir mudanças a fim de diminuir os danos ao meio ambiente através do uso de outra energia ou matérias-primas com base nos dados obtidos em todo o processo da ACV.

A análise de ciclo de vida para ser usada corretamente deve considerar as inter-relações dos diversos subsistemas envolvidos e destes com o meio ambiente. No caso de um

microcomputador, cada componente presente como papel, plástico, vidro e circuitos possuem seu próprio ciclo de vida, e após a manufatura há etapas de transporte, uso, destinação final (como reciclagem, reaproveitamento ou mesmo encaminhamento a aterros sanitários).

A partir dos resultados finais em dados quantitativos e qualitativos, pode-se propor alternativas e melhorias ao processo, como exclusão de etapas dispensáveis, uso de logística para reduzir custos e impactos, e uso de matéria-prima diferente ou oriunda de outro fornecedor. A Análise do Ciclo de Vida permite ainda estudar cenários diferentes de um mesmo processo, ou produtos diferentes, mas que desempenham a mesma função e através de comparações auxiliar a opção de qual dos cenários combina de melhor forma baixos danos ao meio ambiente com baixo custo de produção.

3.3 Logística Reversa

Consideravelmente recente, a Logística Reversa busca transformar o fluxo de produção linear em cíclico, onde o sistema segue exatamente a ordem reversa do habitual: o material provém do consumidor para abastecer o fornecedor.

O Conselho de Gestão de Logística (Council of Logistics Management – CLM) define a logística reversa como “a parte do processo da cadeia de suprimento que planeja, implementa e controla de modo eficiente e eficaz o fluxo direto e reverso e o estoque de bens, serviços e informação entre o ponto de origem e o ponto de consumo com o propósito de atender os requisitos dos clientes”. Em outras palavras, por meio de planejamento, controle e operação, a logística reversa busca retornar o produto da destinação final, ou ainda o encalhe de lojas que acabaram se tornando obsoleto, ao ciclo de negócios ou encaminhá-lo à disposição final adequada, agregando, desse modo, valor a um produto tido como dispensável.

A logística reversa pode ser trabalhada juntamente com o conceito de ciclo de vida, pois a cada momento do ciclo a logística reversa pode ser aplicada, contribuindo para a redução de perda com produtos que não seriam aproveitados. Assim, podemos dividi-la entre logística reversa pós-venda e logística reversa pós-consumo.

O material de pós-venda refere-se aquele que não foi consumado, como os que atingiram seu prazo de validade, de estoques excessivos no canal de distribuição, consignação ou problemas de qualidade. Seu retorno ao fabricante ou distribuidor pode ocorrer nas diversas fases

da distribuição direta e comumente seguem para o mercado secundário, em reformas, desmanches ou reciclagem.

Um bem de pós-consumo ocorre quando seu descarte é feito pela sociedade, os consumidores daquele bem. Dependendo do bem, seu descarte pode ocorrer entre dias a vários anos após sua aquisição, por tanto o plano de logística reversa deve ser elaborado e preparar para sua continuidade mesmo após a falência ou fim de atividades do fabricante.

Segundo Rogers & Tibben-Lembke (1999), as atividades da logística reversa consistem basicamente em coleta de materiais usados, danificados ou rejeitados, produtos fora de validade, e a embalagem e transporte do ponto do consumidor final até o revendedor. Com o retorno do produto, a empresa dispõe de algumas opções: devolução do material ao mercado, recondicionamento ou conserto, reciclagem, ou ainda disposição final em aterros.

A devolução do material para o fornecedor é priorizada e deve ser exercida sempre que possível por ser a alternativa mais rentável ao fabricante e a que gera menos resíduo ou subprodutos. Quando o produto retornado não tiver sido usado e se encontrar em condições ótimas, ele pode ser revendido imediatamente a outro cliente.

Quando o estado em que o produto voltou impede sua revenda imediata, esse pode ser submetido a um recondicionamento, conserto ou remanufatura, para então ser colocado à venda novamente. Para produtores que não possuem capacitação para recondicionar seus produtos, recomenda-se buscar o serviço de firmas terceirizadas especializadas. Em seguida, os produtos serão vendidos para mercados secundários com seus preços reduzidos, por não terem a mesma qualidade que seus originais, como ocorrem com os produtos eletrônicos.

Ainda, se o produto não puder ser recondicionado por alguma razão como estrutura danificada do material, condições legais ou restrições ambientais, a empresa poderá optar por retirar todo o material que seja aproveitável, incluindo todos os elementos passíveis de reciclagem, e encaminhar o restante a aterros sanitários apropriados. Produtos obsoletos ou que atingiram o fim de sua vida útil apresentam freqüentemente algumas peças ou componentes ainda em excelente estado de conservação, possibilitando sua entrada no mercado secundário, ou reutilização de certo material ou peça em outro produto.

A exeqüibilidade da logística reversa depende de diversos fatores, e do quão bem estruturado é o seu planejamento. Algumas medidas importantes a serem tomadas incluem: identificação e determinação de responsabilidades dos intermediários do fluxo reverso, profissionalização das parcerias (com aumento da eficiência das funções de coleta, armazenagem,

manuseio, processamento e transporte), estudos de localização das instalações, aplicação de sistemas de apoio à decisão e estudo de novos mercados para a demanda de recicláveis.

A despeito do conceito de logística reversa ser recente, carecer de melhor estrutura e demandar grande investimento, é um setor crescente, pois traz ganhos econômicos à empresa em médio ou longo prazo, além de conferir-lhe muito prestígio por sua preocupação econômica e ambiental.

A tabela 3 a seguir mostra o percentual de retorno em alguns ramos de negócio, com destaque para os eletrônicos e afins:

Tabela 3 - Percentual de retorno por ramo de negócio

Ramo de atividade	Porcentagem média de retorno
Editores de revistas	50 %
Editores de livros	20-30 %
Distribuidores de livros	10-20 %
Distribuidores de eletrônicos	10-12 %
Fabricantes de computadores	10-20 %
Fabricantes de CD-ROMs	18-25 %
Impressoras	4-8 %
Autopeças para a indústria automotiva	4-6 %

Fonte: Leite (2003)

3.4 Normas e Aspectos Legais e Normativos

3.4.1 Estados Unidos da América

Na era do capitalismo, os Estados Unidos da América se destacam como um país dominante, com altos indicadores de desenvolvimento tecnológico e econômico. Detém um dos maiores índices mundiais de Produto Interno Bruto, renda per capita, alfabetização e Índice de Desenvolvimento Humano, e algumas das maiores indústrias de eletrônicos e eletroeletrônicos nasceram lá, a área do Vale do Silício, na Califórnia é um grande pólo tecnológico com os

maiores grupos de pesquisa e desenvolvimento na eletrônica e informática, como a Apple, Google, Hewlett-Packard, Intel e Microsoft.

Não obstante os altos índices de desenvolvimento e consumo de bens, os EUA possuem poucas leis ambientais ou ainda leis incipientes quando comparadas à Comunidade Européia e outras nações desenvolvidas. Não raramente, governantes e representantes americanos se recusam a assinar protocolos e convenções internacionais pró meio ambiente por conta de seus interesses econômicos, como o Protocolo de Kyoto (ratificado em 1999 e tendo como objetivo a diminuição nas emissões de dióxido de carbono), ou ainda a Convenção de Basiléia (em vigor desde 1992, estabelece regras para a movimentação transfronteiriça de resíduos e líquidos perigosos).

Alegoricamente, não existem leis federais nos Estados Unidos que contemplem os resíduos eletrônicos, dando-lhe um direcionamento em seu pós-consumo. A única lei federal existente sobre materiais eletrônicos trata sobre os aparelhos de tubo de raio catódico (CRT, acrônimo para o termo em inglês *cathode ray tube*) e eletrônicos que contenham mercúrio, classificando-os como resíduos perigosos. Segundo essa lei, *40 CFR Parts 9, 260, 261, and 271*, de 28 de Julho de 2006, produtos que utilizem tubo de raios catódicos deverão ser enviados a estações especiais de reciclagem, com pena de multa àqueles que enviarem tais materiais a aterros ou incineradoras. A lei, porém possui como exceção o material proveniente de residências, ou de pequenos geradores, que nesse caso poderão ser descartados como resíduo comum, mesmo que testes de toxicologia dêem resultado positivo.

A despeito da falta de lei federal, alguns dos 50 estados norte-americanos se adiantaram para regulamentar a situação dos resíduos eletrônicos. Atualmente, são 17 estados com leis em vigor, incluindo a cidade de Nova Iorque - a primeira cidade a criar uma lei específica para gerenciamento de resíduos eletrônicos - e outros estados estudam projetos de leis.

A figura 2 a seguir ilustra os estados americanos que já possuem suas leis consolidadas, e os que estudaram sua aplicação no ano 2008:



Figura 2 – Estados americanos com leis ou projetos de lei para o e-waste

Fonte: *Eletronic TakeBack Coalition* (2008)

O primeiro estado a criar lei específica para o e-waste foi o estado da Califórnia em 2003, e até hoje é considerada uma das leis mais rigorosas e completas do país. O princípio de funcionamento da lei californiana é cobrar uma taxa aos consumidores no ato da compra de produtos eletrônicos novo, como: aparelhos com tubos de raios catódicos (incluindo televisões e monitores de computador); monitores LCD; laptop com displays LCD; televisões de LCD e plasma, e tocadores de DVD portáteis com telas LCD (adicionado em 31 de Dezembro de 2006).

As taxas coletadas são então aplicadas num fundo especial usado para cobrir custos de coleta e reciclagem desses futuros resíduos, incluindo de produtos “órfãos”- produtos cujos fabricantes faliram, ou pararam totalmente de funcionar. Ao consumidor entregar o aparelho a um centro de reciclagem, ele poderá pedir pela devolução de parte da taxa recolhida na ocasião da compra do equipamento. As taxas cobradas aos consumidores foram estabelecidas tendo em base o peso dos materiais e o tamanho da tela visível (medida diagonalmente), e estão sujeitas a atualização a cada um ou dois anos. A tabela 4 apresenta as taxas praticadas a partir de 2008.

Tabela 4 – Taxas cobradas na aquisição de eletrônicos no estado da Califórnia (EUA)

Tamanho de tela visível (medido diagonalmente)	Taxa de Reciclagem do Resíduo Eletrônico	
	Até 31 de Dezembro de 2008	Em efeito a partir de Janeiro de 2009
Entre 4 e 15 polegadas	US\$6	US\$8
Igual ou maior que 15 polegadas, e menor que 35 polegadas	US\$8	US\$16
35 polegadas ou mais	US\$10	US\$25

Fonte: *California Integrated Waste Management Board* (2008)

Diferentemente da Califórnia, os demais estados americanos optaram por leis que responsabilizem os fabricantes e revendedores ao invés de criar um fundo para coleta e reciclagem bancado por taxas pagas pelos consumidores. De modo geral, cada estado trata sua lei de *e-waste* independentemente, focando em um ou mais aspectos, podendo ser mais abrangentes ou menos rigorosos.

Entretanto, como se pode notar na tabela 5, a seguir, muitos estados limitam o escopo de suas leis aos resíduos sólidos mais conhecidos (monitores, televisões – tela plana ou tubos de raio catódico – e computadores), não tratando a totalidade de materiais elétricos e eletroeletrônicos que poderiam ser gerenciados e recuperados, com os estados de Arkansas e da Califórnia como únicas exceções (representando 14,28% da amostragem).

Tabela 5 – Comparação dos principais aspectos entre as leis de resíduos eletrônicos americanas estaduais

Estado	Tipos de E-waste descartados separadamente					Destinação aceita		Data de Efeito
	Computadores de mesa	<i>Laptops</i>	Monitores ou TVs com tubo de raio catódico	Monitores ou TVs de tela plana	Outros	Aterro	Incineração	
Arkansas	Sim	-	-	-	Equipamentos eletrônicos em geral	Sim	Não	1/1/2008
California	Sim	Sim	Sim	Sim	Variados aparelhos eletrônicos	Sim	Não	2002/2006
Connecticut	Sim	Sim	Sim	Sim		Sim	Sim	1/1/2011
Illinois	Não	Sim	Sim	Sim	Impressoras	-	-	1/1/2012
Maine	Não	Não	Sim	Não		Sim	Não	20/7/2006
Massachusetts	Não	Não	Sim	Não		Sim	Sim	1/4/2006
Minnesota	Não		Sim	Sim		Sim	Não	1/7/2006
Nova Iorque (cidade)	Sim	Sim	Sim	Sim	Impressoras, teclado e <i>mouse</i>	Sim	Sim	1/7/2009 (fabricantes) 1/7/2010 (consumidores)
New Hampshire	Não	Sim	Sim	Sim	Todos os dispositivos de exibição de vídeo	Sim	Sim	1/7/2007
New Jersey	Sim	Sim	Sim	Sim		Sim	Sim	1/1/2010
Noth Carolina	Sim	Sim	Sim	Sim	Teclados, mouses	Sim	Sim	1/1/2012
Oregon	Sim	Sim	Sim	Sim		Sim	Não	1/1/2010
Rhode Island	Sim	Sim	Sim	Sim		Sim	Não	1/1/2008
Minnesota	Não	-	Sim	Sim		Sim	Não	1/7/2006

Fonte: Eletronics TakeBack Coalition (2008)

Segundo a tabela 5, os materiais com tubos de raio catódico já são tratados por lei federal, percebe-se que os estados de Maine e de Massachusetts se limitam a apenas atenderem a lei federal. Por fim, pode-se perceber que enquanto a alternativa de aterrar os resíduos é aceita por todos, em contraparte, a incineração é uma alternativa contraditória, visto que metade dos estados listados este tipo de tratamento não é aceito.

3.4.2 Comunidade Européia

A Comunidade Européia, composta por 25 países-membros, é uma das poucas organizações internacionais que avançou substancialmente na questão dos resíduos eletrônico. Em 2002, foram criadas duas diretivas para gestão de tais resíduos, tratando sobre a diminuição de elementos tóxicos na fabricação, e no destino dos eletrônicos no pós-consumo: a Diretiva de Restrição do Uso de Certas Substâncias Nocivas (RoHS - *Restriction of Hazardous Substances Directive*), lei 2002/95/EC, e a Diretiva para Resíduo Elétrico e Equipamentos Eletrônicos (WEEE - *Waste Electrical and Electronic Equipment Directive*), lei 2002/96/EC, ambas se tornaram lei em toda Europa em fevereiro de 2003, e passaram a ser aplicadas a partir de julho 2006.

A Diretiva de Restrição do Uso de Certas Substâncias Nocivas exige que os fabricantes eliminem chumbo, mercúrio, cromo hexavalente, cádmio, bifenil polibromado (PBB) e éteres difenil polibrominado (PBDE) no estágio de fabricação e produção de equipamentos elétrico e eletrônico vendidos na União Européia. Para os casos especiais onde esses elementos podem ser utilizados (que incluem lâmpadas fluorescentes e tubos de raio catódico), as concentrações máximas permitidas são de 0,01% ou 1000 ppm para cádmio, e 0,1%, ou 1000 ppm para os demais, por peso de material homogêneo, ou seja, pelo peso de qualquer substância que pode ser teoricamente separada mecanicamente de um aparelho eletrônico. Os equipamentos eletrônicos que devem seguir a diretiva são:

- Eletrodomésticos pequenos e grandes;
- Equipamentos de informática;
- Equipamentos de telecomunicação (com exceções de alguns equipamentos estruturais em alguns países);

- Equipamentos de consumo (televisões, rádios, câmeras de vídeo, gravadores de som, amplificadores de som, instrumentos musicais, e outros que envolvam som e imagem);
- Equipamentos luminosos, incluindo lâmpadas incandescentes;
- Brinquedos e equipamentos de lazer e esportivos;
- Equipamentos automáticos (exemplo: torneiras e saboneteiras);

Além desses, há duas categorias sendo estudadas para serem ou não encaixadas na diretiva RoHS: aparelhos médicos e instrumentos de controle e monitoramento. Essa análise foi iniciada por pedido da própria comissão médica européia que alega que esses produtos são fabricados em pequena quantidade e possuem vida útil longa.

As baterias não estão listadas no escopo da Diretiva de Restrição do uso de certas Substâncias Nocivas por já possuírem uma diretiva própria na Europa, a lei 91/157/EEC. Tal diretiva foi atualizada em 2006, fixando os limites máximos permitidos para baterias e pilhas na Europa em 0.0005% (por peso total) para mercúrio e 0.002% para cádmio, exceto em pilhas botão, que possuem o limite máximo de 2% para mercúrio. Além disso, há obrigação de separar pilhas e baterias do resíduo comum, a fim de serem coletadas separadamente. Um símbolo orientando a segregação destes resíduos deve ser impresso nos produtos. O artigo 9 define que os estados da Comunidade Européia podem usar instrumentos como impostos diferenciados para incentivar baterias com menos componentes tóxicos e reciclagem.

Paralelamente a RoHS, a WEEE - Diretiva para Resíduo Elétrico e Equipamentos Eletrônicos - objetiva reter o aumento no desperdício de eletrônicos e equipamentos elétricos. Para tal, determinou que os produtores e distribuidores de aparelhos eletrônicos (a lista considerada é a mesma que da diretiva RoHS, com exceção das lâmpadas e luminárias domésticas) devem criar infraestruturas para coletar os resíduos eletrônicos pós-consumo, de forma que os consumidores domésticos tenham a possibilidade de entregar seus materiais sem serem cobrados. Além disso, tais fabricantes deverão dar um fim ecologicamente correto ao material coletado, preferencialmente pelo reuso ou remanufaturamento dos mesmos, ou então pela disposição final em aterros certificados e bem controlados.

A meta de coleta e segregação determinada pela diretiva WEEE para os fabricantes é o mínimo de quatro quilogramas por habitante ao ano, com inspeções anuais por autoridades competentes para verificar o tipo e quantidades de resíduos sendo tratados, os requisitos técnicos e as medidas de segurança tomadas. Determina-se ainda que todos os fabricantes que vendam equipamento elétrico e eletrônico nos e para os países da Comunidade Européia devem colocar etiquetas no equipamento para informar aos clientes de que este deve ser reciclado, e também

certificarem-se de que os respectivos produtos são devidamente eliminados ou reciclados após o ciclo de vida.

A figura 3 a seguir representa o símbolo a ser impresso nos produtos elétricos e eletroeletrônicos que fazem parte da diretiva, deve estar visível, legível e irremovível. Em seguida, a tabela 6 lista as taxas fixadas de recuperação mínima exigidas pela Diretiva WEEE:



Figura 3 – Figura utilizada nos equipamentos da diretiva WEEE

Fonte: DIRECTIVE 2002/96/EC (2003)

Tabela 6 – Taxas de recuperação exigidas na Comunidade Européia

Categoria	Mínimo de recuperação exigido (em porcentagem)	
	Recuperação por peso médio	Reuso ou reciclagem de componentes, materiais e substâncias
Eletrodomésticos grandes	80	75
Eletrodomésticos pequenos	70	50
Equipamentos de informática e telecomunicação	75	65
Equipamentos de consumo	75	65
Equipamentos de luz	70	50
Ferramentas elétricas e eletrônicas	70	50
Brinquedos e equipamentos de lazer e esportivos	70	50
Lâmpadas com gás	-	80
Instrumentos de monitoramento e controle	70	50
Equipamentos automáticos	80	75

Fonte: DIRECTIVE 2002/96/EC (2003)

Unindo a Diretiva para Resíduo Elétrico e Equipamentos Eletrônicos (*Waste Electrical and Electronic Equipment Directive* - WEEE) e a Diretiva de Restrição do Uso de Certas Substâncias Nocivas (RoHS – *Restriction of Hazardous Substances Directive*) foi criada a “Hierarquia do Lixo”, que mostra o ranking das melhores alternativas para os resíduos eletrônicos, e onde atuam cada diretiva:

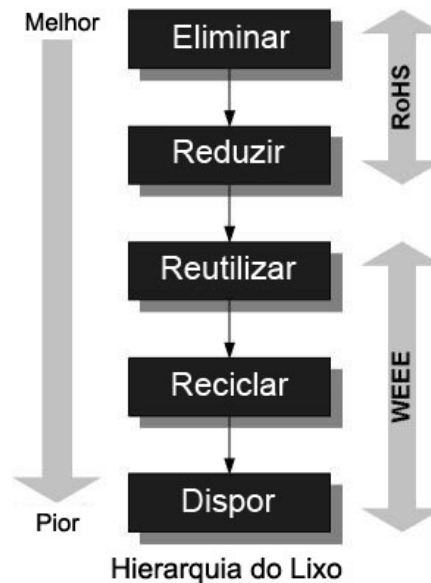


Figura 4 – Hierarquia do Lixo

Fonte: Cole-Parmer Technical Library (2006)

3.4.3 Brasil

Enquanto na Comunidade Européia e Estados Unidos as leis ambientais que tratam sobre resíduos eletrônicos estão sendo atualizadas e implementadas, com metas e sanções econômicas adequada aos seus resíduos, no Brasil discute-se a criação de leis que responsabilizem os geradores pela destinação. Algumas medidas já foram tomadas, como assinar a Convenção de Basiléia, um reconhecido esforço mundial que busca estabelecer regras para a movimentação transfronteiriça de resíduos e líquidos perigosos. Tal convenção entrou em vigor em maio de 1992, quatro anos após a realização da conferência diplomática promovida pela PNUMA (Programa da ONU para o Meio Ambiente), quando 105 países e a comunidade européia assinaram a Convenção. No Brasil ela foi ratificada pelo Decreto nº 875/93, com a Resolução

CONAMA nº 23/96 tratando sobre os procedimentos necessários a sua implementação. Em 1998, a Quarta Conferência das Partes aprovou três listas que dividiam os resíduos por tipo e destinação, desta forma, os aparelhos ou restos de aparelhos elétricos/eletrônicos foram classificados como resíduos perigosos sujeitos ao banimento, entrando na lista A (anexo VIII da Convenção).

Além disso, a única regulamentação vigente que trata sobre resíduos eletrônicos no Brasil é a resolução de número 257 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (Conama) de 30 de junho de 1999, que estabelece limites para o uso de substâncias tóxicas em pilhas e baterias, e imputa aos fabricantes a responsabilidade de ter sistemas para coleta destes materiais e encaminhá-los para reciclagem. Recentemente, em 4 de novembro de 2008, foi publicada a resolução 401 da Conama que reduziu os níveis máximos permitidos de chumbo, cádmio e mercúrio para pilhas e baterias, para níveis equivalentes aos tolerados pela Comunidade Européia. A tabela a seguir ilustra os limites máximos em território Brasileiro:

Tabela 7 – Limites máximos para pilhas e baterias da Conama 257/99 e Conama 401/08

Elemento químico	Conama 257/99	Conama 401/08	
		Pilha ou bateria do tipo zinco-manganês e alcalina-manganês	Baterias chumbo-ácido
Mercúrio	0,01	0,0005	0,005
Cádmio	0,015	0,002	0,01
Chumbo	0,2	0,1	

Fonte: Conselho Nacional do Meio Ambiente (1999, 2008)

Além da redução dos componentes tóxicos citados, a nova resolução Conama também exige dos fabricantes a responsabilidade pela educação ambiental. O seu artigo 14 obriga a: “Nos materiais publicitários e nas embalagens de pilhas e baterias, fabricadas no País ou importadas, deverão constar de forma clara, visível e em língua portuguesa, a simbologia indicativa da destinação adequada, as advertências sobre os riscos à saúde humana e ao meio ambiente, bem como a necessidade de, após seu uso, serem encaminhadas aos revendedores ou à rede de

assistência técnica autorizada.” De acordo com o artigo 19, todos os pontos de vendas de pilhas e baterias são obrigados a fornecerem pontos de recolhimento adequados.

Enquanto isso, a Política Nacional de Resíduos Sólidos (Projeto de Lei 203/91), uma importante ferramenta para combater a geração e o descarte indevido de *e-waste*, está tramitando desde 1991 na Câmara. Em setembro de 2007 seguiu para apreciação tendo recebido adendos, com atenção especial ao resíduo eletrônico, mas ainda não virou lei. Assim como a Diretiva WEEE da União Européia, a atual versão da Política Nacional dos Resíduos Sólidos responsabiliza o fabricante pelo gerenciamento do seu produto após o término da vida útil. O artigo 61 do projeto de lei diz que “os resíduos de equipamentos eletroeletrônicos deverão ser obrigatoriamente segregados na fonte geradora, coletados e destinados em conformidade com os procedimentos estabelecidos pelos órgãos competentes”. Tal obrigatoriedade é enfatizada no artigo 62 que estabelece que fabricantes, distribuidores, importadores, comerciantes e revendedores são responsáveis pelo gerenciamento dos resíduos eletroeletrônicos em todas suas fases, desde a geração até a disposição final. De acordo com essa legislação, os fabricantes teriam o prazo de dois anos, a partir da data de publicação, para se adequarem aos procedimentos específicos, contando como principal ferramenta a logística reversa, que prega o retorno do produto ao fim de sua vida útil ao fabricante para se tornar insumo de um novo produto.

Outra iniciativa para controlar o e-waste em âmbito nacional partiu do Projeto de Lei nº.2061/07. Pela proposta, o fabricante ou o importador de aparelhos eletrodomésticos e eletroeletrônicos assumirão a responsabilidade pela coleta, reciclagem e destino final dos produtos. Os comerciantes deverão instalar postos de coleta nas lojas a fim de recolher o material descartado pelos consumidores, posteriormente o mesmo será recolhido pelos importadores e distribuidores. Para os fabricantes estrangeiros, será exigida autorização do órgão ambiental a fim de os aparelhos eletrodomésticos e eletroeletrônicos importados poderem entrar no país, inclusive seus componentes e peças de reposição. Por fim, o projeto de lei determina que a reciclagem do *e-waste* terá prioridade quando for tecnicamente possível, economicamente viável e ambientalmente segura, conforme determinação do órgão ambiental competente. O autor do projeto explica que a coleta criteriosa, com prioridade para a reciclagem, “configura-se como necessidade premente tanto sob o ponto de vista ambiental, como econômico”.

Já no estado de São Paulo, a lei estadual nº. 12.300 de 16 de março de 2006, institui a Política Estadual de Resíduos Sólidos. Tal lei obriga, entre vários setores produtivos, que as indústrias de material elétrico, eletrônico e de comunicação elaborem o Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos, o qual deve contemplar “aspectos referentes à geração, segregação,

acondicionamento, armazenamento, coleta, transporte, tratamento e disposição final, bem como a eliminação dos riscos, a proteção à saúde e ao ambiente”. O Plano de Gerenciamento deverá integrar o processo de licenciamento de atividades e ser apresentado a cada quatro anos com detalhes dos resíduos (origem, quantidade), do plano de monitoramento e de prevenção à poluição, das medidas de redução de resíduos gerados, entre outros. Por fim, responsabiliza os geradores pelos seus resíduos, inclusive na ocorrência de incidentes que coloquem em risco o ambiente e a saúde pública, efetivos ou potenciais, respondendo ao princípio de poluidor-pagador.

Enquanto nenhuma lei nacional for aprovada e implementada, os resíduos eletrônicos continuarão sendo guardado em gavetas e armários onde não poderão contribuir para a geração de novos aparelhos eletrônicos, ou então serão descartados em aterros e lixões tornando passíveis de contaminação rios e solos. Da mesma forma, os produtores que não têm obrigações legais de diminuir o nível tóxico de seus produtos ou de cuidarem do seu reaproveitamento e reciclagem continuarão a gerar materiais com alto índice de metais pesados e que pouco beneficiarão aqueles que querem reaproveitar ao máximo seus constituintes.

4. MÉTODO E ETAPAS DE TRABALHO

O presente trabalho foi desenvolvido por meio de duas etapas sucessivas:

6.1 Levantamento de Dados

Pesquisa de Referências Bibliográficas: levantamento das referências bibliográficas, no qual o maior número possível de informações de qualidade e confiáveis com a temática de resíduos eletrônicos (assuntos como constituintes, impactos ao meio ambiente e ao ser humano, vida útil, reciclagem e reaproveitamento, números de venda no Brasil e legislações no Brasil e no mundo) foi coletado, assim como explicações e teorias para ciclo de vida e logística reversa.

6.2 Tratamentos das Informações

A partir das informações coletados sobre as legislações européias e norte-americanas a respeito de resíduos eletrônicos, foi montada uma tabela comparativa, com os aspectos mais relevantes. Por fim, ponderaram-se quais medidas internacionais teriam seriam mais exeqüíveis e encontrariam maior aceitabilidade no Brasil.

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Na vida política e de grandes corporações, muitas decisões são tomadas após o estudo aprofundado do que outros países, estados e mesmos concorrentes corporativos fizeram e fazem. Assim, a partir do estudo de casos bem sucedidos ou mesmo daqueles que não triunfaram, é possível esboçar quais medidas são as melhores a tomar, e quais situações se deseja evitar.

No que concerne aos resíduos eletrônicos, analisar como os demais países estão se estruturando para recebê-los e tratá-los pode orientar como o Brasil deverá tratar e disciplinar os resíduos eletrônicos.

A tabela 8 a seguir compara a atual legislação da Comunidade Européia por meio de suas diretivas e três estados representativos dos Estados Unidos: Califórnia (o único a utilizar um sistema de fundos financiado pelos consumidores e não fabricantes), Maine (localizado na costa leste dos EUA, um dos primeiros estados a criarem e a aprovarem a lei de controle de e-waste) e Washington (localizado na costa leste, sede da capital, cuja lei entrará em vigor em janeiro de 2009):

Tabela 8 – Comparação entre as leis da Europa, da Califórnia, de Maine e de Washington

Componente	Lei Européia	Lei da Califórnia	Lei de Maine	Lei de Washington
O que é reciclado – produtos dentro do escopo				
Que produtos	Basicamente, todos os aparelhos que requerem eletricidade ou baterias para funcionar	Televisões e monitores com telas diagonais maiores que 4 polegadas, CRTs, telas planas e <i>laptops</i>	Televisões e monitores CRTs com telas diagonais maiores que 4 polegadas.	Televisões e monitores com telas diagonais maiores que 4 polegadas, CRTs, telas planas, <i>laptops</i> e CPUs
Origem do material	Todo tipo de usuário da Comunidade Européia	Todos usuários da Califórnia	Apenas doméstica	Doméstica, caridade, pequenas empresas, escolas
Quem paga e como?				
Quem paga pela coleta, transporte e reciclagem?	Fabricantes, importadores, distribuidores e revendedores	Consumidores pagam taxa no ato da compra	Fabricantes (pelo transporte, reciclagem e parte da coleta), municípios (parte da coleta)	Fabricantes

Continuação

Como o financiamento do programa é implantado	Fabricantes devem se responsabilizar completamente pelo custo da coleta, segregação e recuperação	Consumidores pagam uma taxa que varia de 6 a 10 dólares por aparelho no ato da compra que irá para um fundo. Catadores e recicladores registrados ganham respectivamente 20 e 26 centavos por peso. Consumidores podem ser ressarcidos ao entregarem seus produtos	Municípios coletam o material e levam a agrupamentos que registrarão informações de quantas televisões e monitores são recebidos, com o nome do fabricante. Posteriormente, eles cobram dos fabricantes os custos de manejo, transporte, reciclagem e agrupamento	Produtores podem criar seu próprio sistema de logística reversa ou participar de um grupo global, administrado por terceiros.
Como os produtos são coletados	Fica a cargo dos responsáveis criar sistemas de coleta	Consumidores os levam a um centro de reciclagem do programa, evento ou programa municipal que colete o material	Municípios coletam os produtos e os leva a agrupamentos	Fabricantes podem se associar a coletores de <i>e-waste</i> existentes e encorajar varejistas, caridades, transportadoras, governos locais e outros a se tornarem coletores oferecendo compensação justa
Quem paga pelo material órfão	-	Consumidores. O dinheiro sai do fundo de arrecadamento	Produtores pagam uma parcela proporcional	Produtores pagam uma parcela proporcional
Metas para gerar incentivos e aumentar quantia de material reciclado				
Metas de coleta	Possui meta mínima de reciclagem	Não	Não	Não

Continuação

Incentivo para reuso	Empresas devem priorizar a reutilização	Não	Não	Companhias que usam material de caridade reutilizado conseguem 5% de crédito da sua fatia anual
Mecanismos para reduzir materiais tóxicos em produtos eletrônicos				
Bane produtos com certos materiais?	Sim	Sim	Não	Não
Bane exportação de resíduos perigosos para países em desenvolvimento?	Sim	Possui algumas restrições	Não	Não (estava no projeto de lei, mas foi retirado)

Com base na tabela 8, pode-se verificar que a Comunidade Européia possui leis mais abrangentes e rigorosas que as dos Estados Unidos, não apenas por contemplar em seu escopo diversos materiais elétricos e eletrônicos, mas por apresentar mecanismos que banem e reduzem materiais tóxicos, proposição de metas de reciclagem e incentivos fiscais. Em contrapartida, percebe-se que a Comunidade Européia dá maior liberdade aos fabricantes para esses elaborarem seus projetos de logística reversa e coleta dos resíduos eletrônicos, enquanto nos três estados americanos os procedimentos apresentam uma maior sistemática.

6. CONCLUSÕES

Com base nos documentos pesquisados, e nos levantamentos realizados, pode-se concluir que:

A Política Nacional de Resíduos Sólidos, ainda sem aprovação, objetiva responsabilizar os fabricantes e importadores pelos resíduos gerados (ou importados) o que mostra um alinhamento da política nacional com outros países que se adiantaram no equacionamento da problemática dos resíduos eletrônicos. Porém, existe a carência da definição de quais equipamentos devem ser classificados como resíduos eletrônicos, assim como ocorre na Comunidade Européia e nos Estados Unidos, e não apenas para pilhas, baterias e lâmpadas, como ocorre atualmente;

Considerando o estabelecimento da obrigatoriedade da reciclagem de resíduos eletrônicos, fomenta-se a criação de empresas especializadas nesse serviço, ocasionado a geração de emprego no segmento. Deve-se ponderar também a necessidade de reciclagem de resíduos eletrônicos como um todo, e não apenas para aqueles que apresentam maior periculosidade, tendo em vista o alto potencial de reciclagem, apresentada na literatura como acima de 80%;

Além disso, deve se ter em mente a revisão periódica dos limites máximos permitidos para elementos tóxicos nos equipamentos eletrônicos, e a médio prazo a eliminação dos mesmos;

Uma medida também de suma importância é a criação de incentivos fiscais para aqueles que adquirem produtos reutilizados ou remanufaturados - esse fim deve ser priorizado à reciclagem, por gerar menos subprodutos;

Outra medida a ser pesquisada é a possibilidade de se destinar parte dos impostos coletados na importação de eletrônicos para um fundo que subsidie linhas de financiamento para atividades ligadas a cadeia de reciclagem desses resíduos, tendo que os impostos que incidem sobre a importação de produtos eletrônicos é de 60%.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGENCIA DE PROTEÇÃO AMBIENTAL AMERICANA (EPA), 40 CFR Parts 9, 260, 261, and 271, 28 de julho de 2006 – gerencia o descarte de equipamentos que utilizem tubo de raios catódicos

ANDRADE, R. F. G. de. *Evidenciação dos Gastos Ambientais do Ciclo de Vida do Produto: uma aplicação do Custeio Baseado em Atividades na Indústria Eletrônica*. 2006. 225 f. Tese de Mestrado - Universidade de São Paulo.

ARENSMAN, R. Ready for Recycling?. **The Management Magazine For The Electronics Industry**, nov. 2000.

BASEL ACTION NETWORK & SILICON VALLEY TOXICS COALITION. *Exporting harm: The High tech Trashing of Asia*. 2002. 54 p. Disponível em: <www.ban.org/E-waste/technotrashfinalcomp.pdf> Acesso em: abr. 2008

BEIRIZ, F. A. S. *Gestão Ecológica de Gestão de Resíduos Eletrônicos: Proposta de Modelo Conceitual de Gestão*. 2005. 129 f. Tese de Mestrado. Universidade Federal Fluminense.

BOYADJIAN, J. C. *Análise do Ciclo de Vida de Projetos Industriais: Estudo de Caso*. 2007. 118 f. Tese de Mestrado. Universidade de São Paulo.

BRASIL, Projeto de Lei n.º 203/91 – institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos

BRASIL, Projeto de Lei n.º 2061/07 - dispõe sobre a coleta, a reciclagem e a destinação final de aparelhos eletrodomésticos e eletroeletrônicos inservíveis.

CALIFORNIA INTEGRATED WASTE MANAGEMENT BOARD. *Electronic Waste Recycling Fee*. Disponível em: <<http://www.ciwmb.ca.gov/electronics/act2003/Retailer/Fee/>> Acesso em: dez. de 2008

CONAMA, Resolução n.º 257, 30 de Junho de 1999 – gerencia o descarte e gerenciamento de pilhas e baterias usadas.

CONAMA, Resolução n.º 401, 04 de Novembro de 2008 – estabelece os limites máximos de chumbo, cádmio e mercúrio para pilhas e baterias comercializadas no território nacional e os critérios e padrões para o seu gerenciamento ambientalmente adequado.

COUNCIL OF LOGISTICS MANAGEMENT. *Reuse and Recycling Reverse Logistics Opportunities*. Illinois: Council of Logistics Management, 1993.

ELETRONICS TAKEBACK COALITION. *States Where You Can't Throw E-Waste Into the Trash*. 2008. 8 f. Disponível em: < http://www.e-takeback.org/docs%20open/Toolkit_Legislators/state%20legislation/States%20with%20Disposal%20Ban%20laws.pdf> Acesso em: dez. 2008

E-WASTE GUIDE. *PC Growth*. Disponível em: <http://ewasteguide.info/pc_growth>. Acesso em: jun. 2008.

GALDIANO, G. de P. *Inventário do Ciclo de Vida do Papel Offset Produzido no Brasil*. 2006. 303 f. Tese de Mestrado. Universidade de São Paulo.

JUNIOR, S. S. B. *Gestão Ambiental no Varejo: um Estudo das Práticas de Logística Reversa em Supermercados de Médio Porte*. 2007. 133 p. Tese de Mestrado. Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade de Ribeirão Preto.

LEITE, P. R. *Logística Reversa: Meio Ambiente e Competitividade*. São Paulo: Prentice Hall, 2003

MARTINS, O. S. *Análise do Custo de Vida como contribuição à gestão ambiental de processos produtivos e empreendimentos energéticos*. 1999. 155 p. Tese de Mestrado. Programa Interunidades de Pós Graduação em Energia, Universidade de São Paulo.

MATOS, D. A. de. *Logística Reversa, Balanced Scorecard e os Programas de Reciclagem de Recursos da USP/São Carlos e da UFSCar*. 2007. 241 f. Tese de Mestrado. Universidade de São Paulo.

MOREIRA, Daniela. *Brasil tem problema de estrutura e legislação para enfrentar lixo eletrônico*. IDG Now, São Paulo. Disponível em: <http://idgnow.uol.com.br/computacao_pessoal/2007/04/26/idgnoticia.2007-04-25.0842446258/> Acesso em: abr. 2008a

MOREIRA, Daniela. *Lixo eletrônico mundial cabe em trem capaz de dar a volta ao mundo*. IDG Now, São Paulo. Disponível em: <http://idgnow.uol.com.br/computacao_pessoal/2007/04/26/idgnoticia.2007-04-25.2669597646/> Acesso em: abr. 2008b

MOREIRA, Daniela. *Lixo eletrônico tem substâncias perigosas para a saúde humana*. IDG Now, São Paulo. Disponível em: <http://idgnow.uol.com.br/computacao_pessoal/2007/04/26/idgnoticia.2007-04-25.3237126805/> Acesso em: abr. de 2008c

PALLONE, Simone. *Resíduo Eletrônico: redução, reutilização, reciclagem e recuperação*. ComCiência. Disponível em: <<http://comciencia.br/comciencia/handler.php?section=8&edicao=32&id=379>> Acesso em: abr. 2008

PARLAMENTO EUROPEU, Diretiva 2002/95/EC, 27 de janeiro de 2003 – relativa à Diretiva de Restrição do uso de certas Substâncias Nocivas (RoHS)

PARLAMENTO EUROPEU, Diretiva 2002/96/EC, 27 de janeiro de 2003 – relativa à Diretiva para Resíduo Elétrico e Equipamentos Eletrônicos (WEEE)

REALFF, Matthew J.; RAYMOND, Michele; AMMONS, Jane C. E- waste an Opportunity. **Materials Today**, Atlanta, v.07, n. 01, p.40-45, jan. 2007. Disponível em: <http://www.sciencedirect.com/science?_ob=GatewayURL&_origin=MATERIALSTODAY&_urlVersion=4&_returnURL=&_method=citationSearch&_version=1&_piikey=S1369702104000549&md5=fbf13eebb9b64e26bc850d4a367da197> Acesso em: abr. 2008

RODRIGUES, A. C. *Resíduos de Equipamentos Elétricos e Eletrônicos*. 2004. 12 f.

ROGERS, D. S.; TIBBEN-LEMBKE. R. S. *Going Backwards: Reverse Logistics Trends and Practices*. Reno: University of Nevada, 1999. 203 f. Disponível em: <<http://www.rlec.org/reverse.pdf>> Acesso em: set. 2008

SANTOS, L. J. C. *Avaliação do Ciclo de Vida e Custeio do Ciclo de Vida de Evaporadores para Usinas de Açúcar*. 2007. 225 f. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

SILICON VALLEY TOXICS COALITION. *Living in Fear: A Story of E-waste Pollution on the Erren River in Taiwan*. Disponível em: <http://svtc.etoxtics.org/site/PageServer?pagename=taiwan_story> Acesso em: set. 2008

WILLIAMS, E. *International activities on E-waste and guidelines for future work*. Tokyo: United Nations University, 2005. 11 f. Disponível em: <<http://www.it-environment.org/publications/international%20ewaste.pdf>> Acesso em: jun. de 2008

YOSHIKAWA, Miho. *Urban miners look for precious metals in cell phones*. Reuters, Honjo (Japão). Disponível em: <<http://www.reuters.com/article/technologyNews/idUST13528020080427>> Acesso em: nov. 2008