



Tecnologia e Sociedade

ISSN: 1809-0044

revistappgte@gmail.com

Universidade Tecnológica Federal do

Paraná

Brasil

leis, Anderson Cesar

Riscos Socioambientais dos Resíduos Tecnológicos: uma análise do tema na legislação  
e suas implicações para a sociedade

Tecnologia e Sociedade, vol. 7, núm. 13, julio-diciembre, 2011  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Curitiba, Brasil

Disponível em: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=496650334008>

- ▶ Como citar este artigo
- ▶ Número completo
- ▶ Mais artigos
- ▶ Home da revista no Redalyc



Sistema de Informação Científica

Rede de Revistas Científicas da América Latina, Caribe, Espanha e Portugal  
Projeto acadêmico sem fins lucrativos desenvolvido no âmbito da iniciativa Acesso Aberto

# Riscos Socioambientais dos Resíduos Tecnológicos: uma análise do tema na legislação e suas implicações para a sociedade

*Socioenvironmental Risks of Technological Wastes: an analysis of the subject in the legislation and their implications for society*

Anderson Cesar leis

## Resumo

A falta de uma gestão eficiente de resíduos tecnológicos (resíduos de equipamentos eletrônicos, lâmpadas fluorescentes, pilhas e baterias), acarreta efeitos danosos ao meio ambiente e ao homem. O objetivo desse estudo é analisar a legislação relacionada aos resíduos tecnológicos e suas implicações para a sociedade. A fim de atingir esse objetivo, foi necessário identificar as causas e consequências ambientais, econômicas e sociais provenientes do descarte inadequado dos resíduos tecnológicos e sobre algumas propostas de soluções viáveis e seus benefícios. A metodologia utilizada foi pesquisa bibliográfica e a análise documental de legislações para obtenção de informações e dados sobre resíduos tecnológicos, relacionando-os às principais práticas visando identificar e apresentar algumas ações para minimizar o impacto relacionado ao descarte. O principal problema que os resíduos tecnológicos causam ao meio ambiente e ao homem são os efeitos ecotoxicológicos e doenças, respectivamente, associadas às substâncias tóxicas contidas nesses resíduos como os metais pesados mercúrio, chumbo, cádmio, entre outros. Uma gestão eficiente de resíduos tecnológicos implica em benefícios ambientais, econômicos e sociais.

**Palavras- Chave:** Resíduos tecnológicos. Riscos socioambientais. Ecotoxicologia

## Abstract

*The lack of an efficient management of technological wastes (wastes of electronic equipments, batteries and fluorescent lamps), cause harmful effects to the environment and to the human being. The objective of this study is to deepen the debate about the legislation related towards the issues of technological wastes. In order to reach this objective, it was necessary to identify the causes and environmental, economic and social consequences coming from the improper disposal of waste technology and about some proposals of solutions and their benefits. The methodology used was literature search and document analysis of legislation to obtain information and data about technological wastes, relating them to the main practices to identify and present some actions to minimize the impact related to inadequate disposal. The main damage that the technological wastes cause to the environment and to the people are the ecotoxicological effects and diseases, respectively, associated to the toxic substances contained in these wastes such as heavy metals mercury, lead, cadmium, among others. An efficient management of technological wastes implies in environmental, economic and social benefits.*

**Keywords:** Technological wastes. Socioenvironmental risks. Ecotoxicology.

## Introdução

Um dos maiores problemas ambientais que o mundo moderno enfrenta é o consumo de materiais eletrônicos e o descarte de seus rejeitos, além disso, as rápidas mudanças tecnológicas fazem com que os aparelhos eletrônicos se tornem obsoletos em pouco tempo, e como consequência geram uma quantidade cada vez maior de resíduos tecnológicos. No Brasil, existem poucos sistemas adequados para a coleta ou tratamento dos resíduos tecnológicos, sendo que esses resíduos acarretam sérios danos aos sistemas ecológicos e a saúde humana devido, principalmente, aos metais pesados que os compõem (GREENPEACE, 2007 apud SILVA, OLIVEIRA e MARTINS, 2007, p.14). Sendo assim, quando se fala em resíduos tecnológicos, o crescimento da quantidade de equipamentos vendidos e descartados é o que mais preocupa; o consumo e a produção em massa desses produtos colocam o mundo em um grande impasse sobre o que fazer com todos resíduos tecnológicos produzidos.

Um estudo da ONU sobre o tema, *Recycling – From e-Waste to Resources* (Reciclando – do

Lixo Eletrônico aos Recursos), lançado em fevereiro de 2010, pelo Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA), reuniu dados de onze países em desenvolvimento para estimar a geração atual e futura de resíduos eletrônicos, o estudo mostra que o Brasil não faz levantamento de dados e informações sobre o tema, esse fato é mais um impasse para a elaboração de um processo regulado de gestão dos resíduos tecnológicos em âmbito nacional.

Na Convenção de Basileia, um tratado internacional firmado em 1989, já estabelecia normas para a transferência transfronteiriça de resíduos e líquidos perigosos, tinha o objetivo de incentivar “a minimização da geração de resíduos perigosos, inclusive com mudanças nos próprios processos produtivos e a redução do movimento transfronteiriço desses resíduos” (RODRIGUES, 2007 apud SILVA, OLIVEIRA e MARTINS, 2007, p. 18). Esses autores explicam que “esse tratado pretende monitorar também o impacto ambiental das operações de depósito, recuperação e reciclagem que se seguem ao movimento transfronteiriço de resíduos perigosos”.

No entanto, ainda grande parte dos resíduos tecnológicos é exportada dos países ricos com destino para os países pobres da África e Ásia como Índia e China, onde os riscos operacionais da falta de segurança no trabalho de separação e desmonte comprometem a saúde de muitas pessoas que sobrevivem com a renda desses trabalhos (SILVA, OLIVEIRA e MARTINS, 2007, p.3).

Conforme Beck (2006), em sua obra “*La Sociedad del Riesgo Global*”, na sociedade globalizada, a ética é um elemento fundamental para a sustentação da transnacionalidade, o Estado além fronteiras, que busca equilibrar as transformações provenientes da globalização e o Direito, que procura adequar-se às demandas concretas e sempre renovadas de justiça, estabelecidas pela sociedade.

Contudo, nesse contexto, a preocupação nacional e internacional com os resíduos tecnológicos é recente, explicando a escassez de políticas públicas, leis e normas para sua gestão. Alguns exemplos legislativos estão presentes faz algum tempo na agenda de políticas públicas no Brasil, porém a aprovação pelo poder legislativo mostrou-se lenta, fato que sugere uma tendência de desinteresse ao tema, por parte do poder público. Um exemplo é a Política Nacional dos Resíduos Sólidos – PNRS (Lei n.º 12.305, de 2 agosto de 2010), na qual os resíduos tecnológicos estão incluídos, que foi aprovada em 2010 após 19 anos tramitando no poder legislativo.

Boa notícia é que alguns Estados se anteciparam e aprovaram legislações específicas. São Paulo, por exemplo, aprovou a Lei n.º 13.576, de 6 de Julho de 2009, na qual os resíduos tecnológicos são classificados como perigosos. No Estado do Paraná destaca-se a Lei Estadual n.º 15.851, de 10 de junho de 2008, que obriga as empresas produtoras, distribuidoras e que comercializam equipamentos de informática, instaladas no Estado do Paraná, a criar e manter o Programa de Recolhimento, Reciclagem ou Destrução de Equipamentos de Informática, sem agredir o meio ambiente.

Esses motivos justificam o objetivo desse trabalho, que é analisar a legislação sobre o tema e seus efeitos perante a sociedade. Para isso, foi necessário apresentar os principais riscos e vulnerabilidades socioambientais decorrentes do descarte inadequado dos resíduos tecnológicos e algumas das alternativas econômicas, sociais e ambientalmente sustentáveis para esses resíduos e seus respectivos benefícios. Os fatores ambientais, econômicos e sociais do diagnóstico atual dos resíduos tecnológicos são descritos neste estudo associados aos riscos e vulnerabilidades que podem ocasionar, bem como suas possíveis soluções.

Riscos nesse estudo estão relacionados aos perigos e oportunidades que as práticas de descarte desses resíduos podem acarretar, e envolvem várias vertentes do conhecimento. Nesse sentido, “*risco é um tema mediador que demanda uma nova divisão de trabalho entre a ciência, a política e a economia*” (BECK, 2007, p.23).

Vale ressaltar que a sociedade moderna aceita e implementa aparelhos eletrônicos no intuito de tornar a vida das pessoas mais prática e melhor, no entanto esses materiais podem causar efeitos indesejados para a coletividade se não forem bem gerenciados quando se tornam inutilizáveis.

No entanto, a prática do descarte desses resíduos, em sua maioria, é feita diretamente no lixo comum, pois a comunidade, as empresas e órgãos públicos, de um modo geral, desconhecem ou ignoram os efeitos adversos causados pelos componentes tóxicos desses materiais como o mercúrio e, em decorrência da ausência de uma legislação específica, não sabem como gerenciar os resíduos que contêm esse metal. Os resíduos tecnológicos, quando descartados inadequadamente no meio ambiente podem afetar a saúde pública e o meio ambiente, pois os componentes tóxicos presentes nos equipamentos eletrônicos e baterias, que podem pôr em risco a saúde dos seres humanos e outros seres vivos.

Nesse contexto, o principal problema relacionado aos resíduos tecnológicos é a contaminação por metais pesados e seus efeitos ecotoxicológicos, que serão explicitados nesse estudo.

## Metodologia

O objetivo da pesquisa do estudo em questão é a análise da legislação sobre os resíduos tecnológicos e suas implicações para a sociedade. Para isso, foi necessário identificar as consequências ambientais, econômicas e sociais decorrentes do descarte inadequado dos resíduos tecnológicos em uma sociedade com o desenvolvimento da tecnologia e o consumo crescente de produtos tecnológicos, e as soluções viáveis para esse impasse, e seus respectivos benefícios. Para responder à problemática deste estudo, cujo assunto foi os resíduos tecnológicos, foi necessário utilizar a pesquisa científica bibliográfica e a análise documental, para iniciar o processo de busca e atender ao objetivo delimitado.

Os recursos metodológicos utilizados nesse estudo foram a busca direta de informações, por meio da análise documental das principais legislações do Brasil, do Estado do Paraná e do Município de Curitiba que são relacionadas ao tema, e a busca indireta, por meio da pesquisa bibliográfica, ou seja, a exploração e análises da literatura que contêm informações já documentadas como artigos, livros, dissertações, teses, monografias, ou que foram divulgadas em seminários, sites, jornais e revistas. As fontes bibliográficas foram essenciais para o desenvolvimento do estudo e para analisar, associar e comprovar as idéias surgidas ao longo do desenvolvimento desta pesquisa.

A análise desse estudo consiste na identificação dos tópicos abaixo, e seguem a ordem mostrada na Figura 1:

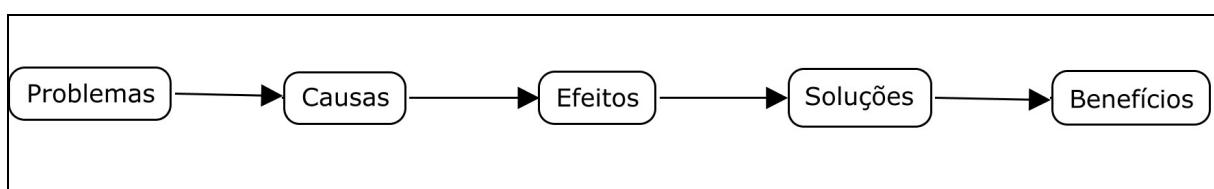


Figura 1 – Estrutura do procedimento metodológico de análise do estudo.

Fonte: o autor, 2011

Para fins desse estudo, o procedimento metodológico é descrito conforme as seguintes etapas:

- 1) Problemas – Primeiramente são identificados os problemas relacionados ao descarte dos resíduos tecnológicos, etapa da identificação dos problemas consiste no levantamento das questões que devem ser discutidas e/ou solucionados. Problemas, nesse estudo, são as questões relacionadas aos resíduos tecnológicos;
- 2) Causas – Após a identificação do problema são apontadas possíveis causas relacionadas. O reconhecimento das causas consiste na identificação dos motivos pelo qual esses problemas acontecem;
- 3) Efeitos - Os efeitos dessas causas são as consequências que o descarte inadequado dos resíduos tecnológicos podem acarretar, por isso constitui o passo subseqüente às causas. Efeitos podem tanto positivos quanto negativos;
- 4) Soluções – Identificado os efeitos, sugere-se nessa etapa algumas soluções possíveis. As soluções apontadas são as ações que podem ser implantadas para resolver os problemas sobre o tema;
- 5) Benefícios- Os benefícios das soluções constituem a última fase de análise desse estudo e os benefícios de uma gestão adequada dos resíduos tecnológicos são os aspectos positivos que essas soluções podem oferecer.

Apesar da estrutura do procedimento metodológico estar apresentada de forma linear, as causas, os efeitos, as soluções e benefícios podem gerar novos problemas, porém esse fato remete à limitação desse estudo, o qual não abordará os possíveis problemas secundários.

## Resíduos Tecnológicos, Definições e Implicações

Nessa seção são apresentados os principais conceitos, definições e implicações de resíduos tecnológicos, uma vez que o conceito do termo, mesmo quando complementar, é amplo. O Congresso Nacional do Brasil considera lixo tecnológico como:

(...) todo aquele gerado a partir de aparelhos eletrodomésticos ou eletroeletrônicos e seus componentes, incluindo os acumuladores de energia (baterias e pilhas), e produtos magnetizados, de uso doméstico, industrial, comercial e de serviços, que estejam em desuso e sujeitos à disposição final (CONGRESSO NACIONAL, 1998, Art. 1º).

Conhecidos também pela sigla e-waste (lixo eletrônico), os resíduos tecnológicos, segundo o

Instituto Brasileiro de EcoTecnologia (BIET – *Brazilian Institute of EcoTechnology*, 2010) “(...) compreende partes, peças, componentes ou resíduos da indústria mineral e de equipamentos de informática, incluídos a informação neles armazenada e os aparelhos eletrodomésticos e eletroeletrônicos”.

O Compromisso Empresarial para a Reciclagem (CEMPRE, 2010), classifica em três categorias os resíduos tecnológicos que se destacam no meio ambiente urbano:

- a) lâmpadas incandescentes, fluorescentes e LEDs;
- b) produtos eletroeletrônicos como eletrodomésticos, telefones celulares, computadores, impressoras, fotocopiadoras, entre outros;
- c) pilhas e baterias.

Os resíduos tecnológicos tiveram origem pela fixação do homem pelos avanços tecnológicos, pela lei da oferta e da procura, pela competitividade capitalista, pelo consumo elevado e o ritmo rápido da inovação tecnológica dos equipamentos eletrônicos, os quais se transformam em sucata rapidamente (FERREIRA e FERREIRA, 2008, p.158).

A definição dos resíduos tecnológicos abrange os resíduos de iluminação (lâmpadas fluorescentes), pilhas (recarregáveis ou não) baterias e celulares, eletrodomésticos, aparelhos de televisão, aparelhos de informática, CDs, DVDs, acessórios médico-hospitalares, brinquedos eletrônicos, caixas eletrônicos, baterias de automóveis, entre outros (WALDMAN, 2007, p. 2).

Portanto, pode-se definir que resíduos tecnológicos são todos aqueles resultantes de materiais eletroeletrônicos inutilizáveis e obsoletos, e lâmpadas fluorescentes, pilhas e baterias, popularmente conhecidos como “lixo tecnológico”.

## **Panorama dos Resíduos Tecnológicos no Brasil e no mundo**

Esta seção apresenta o panorama dos resíduos tecnológicos no Brasil e no mundo, com dados e taxas da quantidade de produção, consumo e descarte produtos que geram os resíduos tecnológicos.

No ano de 2010 foram vendidos 10,1 milhões de computadores e a venda de aparelhos celulares chegou a 48,8 milhões de unidades, segundo as projeções da Associação Brasileira de Indústria Elétrica e Eletrônica – ABINEE (2010).

O Brasil, por ano, descarta cerca de 96,8 mil toneladas de computadores (PNUMA, 2010), produz 800 milhões de pilhas comuns (ABREU, 2009, p. 1), e consome 100 milhões de lâmpadas fluorescentes (SANCHES, 2008, p.2). No mundo os resíduos tecnológicos correspondem a 50 milhões de toneladas de lixo produzido por ano, o que representa 5% do lixo produzido pela população mundial com um crescimento três vezes maior que os resíduos urbanos convencionais (GREENPEACE, [200-] apud BIET, 2010; FONSECA, 2008).

Apenas 1% dos resíduos eletrônicos produzidos no país tem um destino ambiental adequado e como o Brasil não possui números exatos da quantidade de resíduos eletrônicos que é reciclada, as estimativas foram baseadas no mercado formal (DIMANTAS, 2009).

No mundo, chegam ao final de vida útil, por dia, mais de 460 mil computadores e cerca de 550 milhões a cada ano se tornam obsoletos (BIET, 2010). Os resíduos tecnológicos correspondem a 5% da quantidade produzida de resíduos sólidos do mundo, quantia similar à das embalagens plásticas (GREENPEACE, (2007) apud BIET, 2010). Aqueles resíduos crescem no mundo a uma taxa três vezes maior que os resíduos urbanos convencionais (FONSECA, 2008).

O estudo da ONU sobre o tema, *Recycling – From e-Waste to Resources* (Reciclando – do Lixo Eletrônico aos Recursos), que foi lançado em fevereiro de 2010, pelo Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA), onde reuniu dados de onze países em desenvolvimento para estimar a geração atual e futura de resíduos eletrônicos, mostra que o Brasil é o maior produtor per capita de resíduos eletrônicos (0,5 kg/hab.ano) entre os países emergentes.

## **Riscos e Vulnerabilidades Socioambientais**

O acelerado processo de urbanização no Brasil ocorre em geral sem planejamento, o que ocasiona grandes problemas ambientais e sociais, que afetaram a qualidade e condições de vida nas cidades sendo que uma das consequências é a geração de uma quantidade de resíduos sólidos sem destinação adequada (CATAPRETA e HELLER, 1999).

O documento “Panorama de Resíduos Sólidos do Brasil 2010” da Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (ABRELPE), divulgado em abril de 2011, mostra que, do total de resíduos sólidos coletados no Brasil em 2010 (54.157.896 toneladas), 57,6%

possuem destinação adequada, ou seja, em aterros sanitários, que são considerados adequados do ponto de vista ambiental. Por outro lado, 42,4% têm destino final inadequado, ou seja, em aterros controlados ou lixões, que não possuem o conjunto de sistemas necessários para proteger o meio ambiente de contaminações. Essa é uma das razões pela qual os recursos naturais como o solo e a águas dos locais próximos de destinação encontram-se altamente degradados, fato decorrente muitas vezes da contaminação por resíduos sólidos descartados de maneira imprópria.

O mau uso e ocupação do solo em áreas urbanas são evidentes nas cidades brasileiras, muitas vezes é possível encontrar áreas de ocupações irregulares em antigas deposições de lixo, cuja população residente está sujeita a sofrer problemas de saúde e outros riscos. Os resíduos tecnológicos descartados inadequadamente nesses locais acentuam os problemas ambientais e de saúde pública, pois grande parte deles contém substâncias tóxicas como os metais pesados, entre outros. Além do mais, habitações sobre áreas de antigos lixões aumentam a probabilidade de desastres como desmoronamentos ou explosões que surgem a partir do acúmulo de gás metano proveniente da degradação do lixo e que fica confinado no interior do solo.

Os resíduos tecnológicos são um dos grandes passivos ambientais da atualidade, devido à escassez de normativas para a gestão adequada desses resíduos, que serão cada vez mais produzidos pela sociedade, dado o aumento da população mundial, da expectativa de vida e crescimento econômico dos países em desenvolvimento. Nesse sentido, os riscos que os resíduos tecnológicos podem oferecer estão associados ao descarte inadequado no meio ambiente e aos passivos ambientais existentes decorrentes de deposições antigas desses resíduos que causam danos crônicos por muitos anos e, muitas vezes, de difícil percepção como cânceres causados pela bioacumulação de metais pesados no organismo (MOREIRA, 2007; AZEVEDO e CHASIN, 2003).

Existem dois tipos de riscos ambientais: agudos e crônicos (SANCHEZ, 2006, p. 315). Os riscos agudos trazem um efeito danoso de forma imediata, enquanto os riscos crônicos manifestam seus efeitos a médio ou longo prazo e são de difícil visualização. No caso do descarte inadequado dos resíduos tecnológicos predomina os riscos crônicos associados, principalmente, aos metais pesados e outras substâncias tóxicas presentes em alguns equipamentos eletroeletrônicos, lâmpadas fluorescentes, pilhas e baterias. Geralmente são descartados juntamente com esses resíduos pequenas quantidades dessas substâncias e de forma contínua, trazendo somente efeitos a longo prazo, tornando difícil o reconhecimento das situações de risco, pois a contaminação por essas substâncias é difícil de ser visualizada nos compartimentos ambientais (água, ar e solo) e na biota.

Nessa perspectiva, Sanchez (2006, p. 314) explica que os riscos crônicos são menos evidentes, pois materiais ou efluentes contendo metais pesados ou outras substâncias tóxicas podem representar uma situação de risco, na medida em que esses poluentes se acumulam nos compartimentos ambientais e, em consequência, causam danos à flora, à fauna e a saúde humana. Os principais danos à saúde humana são cânceres, mortes prematuras, deformações genéticas e inúmeras outras enfermidades.

## **Efeitos Ecotoxicológicos dos Resíduos Tecnológicos**

Os resíduos tecnológicos são constituídos de diversas categorias de materiais como plásticos, vidros, metais, entre eles os perigosos metais pesados, que são tóxicos. Substâncias tóxicas presentes nos resíduos tecnológicos, quando lançadas no ambiente, causam contaminação e, consequentemente, geram alguns efeitos ecotoxicológicos (PAASIVIRTA, 1991; AZEVEDO e CHASIN, 2003). Os principais efeitos dos resíduos tecnológicos quando descartados inadequadamente no meio ambiente, são apresentados nessa seção.

Santos (2003) define ecotoxicologia como “a ciência que estuda os efeitos causados pelos agentes físicos, químicos e biológicos sobre organismos vivos, particularmente sobre populações e comunidades em seus ecossistemas”. Os estudos ecotoxicológicos são aqueles utilizados para detectar e avaliar a capacidade inerente do agente tóxico em produzir efeitos deletérios nos organismos vivos, sendo capaz de predizer os efeitos de contaminantes lançados na natureza. A autora explica que o objetivo dos estudos ecotoxicológicos é permitir a avaliação ambiental de substâncias nocivas ao meio ambiente.

O principal problema relacionado aos resíduos tecnológicos é a contaminação por metais pesados e seus efeitos ecotoxicológicos, que serão explicitados a seguir, por meio de conceitos e exemplos.

Os efeitos ecotoxicológicos dos componentes dos resíduos tecnológicos estão relacionados à contaminação por metais pesados, que são elementos químicos que possuem elevada densidade e peso molecular. Os metais pesados são encontrados naturalmente na natureza e são apenas considerados agentes contaminantes, quando são sintetizados em outros compostos associados a outros elementos químicos e usados para fins diversos como usos industriais. Agentes contaminantes, quando liberados no meio ambiente, alteram as propriedades físicas, químicas e

biológicas do meio, mesmo em concentrações baixas tendem a trazer danos imediatos ao meio. Quando essas substâncias são liberadas no meio ambiente podem contaminar o solo, a água e ar, e se acumular na biota, aumentando sua concentração através da cadeia alimentar em ordem crescente dos níveis tróficos mais baixos para os mais altos (PAASIVIRTA, 1991; AZEVEDO e CHASIN, 2003; SANTOS, 2003).

O comportamento e o destino das substâncias químicas no ambiente e nos organismos e os mecanismos de ações tóxicas são estudadas pela Ecotoxicocinética, segundo a qual, o comportamento das substâncias depende da quantidade, do organismo alvo, do tempo de exposição, das propriedades físico-químicas dos compostos e as interações entre ambos (AZEVEDO e CHASIN, 2003, p. 234, 235). “O período entre a liberação do contaminante e suas transformações e a imobilização é variável e depende: de suas características físicas e químicas, das características e do grau do compartimento ambiental em que foi liberada” (AZEVEDO e CHASIN, 2003, p. 237). Quanto mais tempo os contaminantes permanecerem no meio, mais transformações irão sofrer.

Os mecanismos de introdução, transporte, distribuição e transformações de agentes químicos nos organismos ocorrem por meio de três processos: bioacumulação, biomagnificação e bioconcentração, conforme apresentado na Figura 2. Para Azevedo e Chasin (2003, p. 238, 239) os termos recebem as seguintes definições:

- “Bioacumulação é o termo que descreve a transferência dos contaminantes do meio ambiente externo para um organismo, no qual as concentrações observadas são muito superiores às do meio.”
- “Biomagnificação é definida como o aumento da concentração dos contaminantes nos tecidos dos organismos à medida que se encontrem em um nível trófico superior.” Os contaminantes são transferidos ao longo da cadeia alimentar, sendo que a alimentação é principal fonte de aporte ao longo da cadeia alimentar.
- Bioconcentração pode ser definida como o aumento da concentração de contaminantes diretamente no meio ambiente externo (hidrosfera, atmosfera, litosfera), segundo Kendall et al. (2001 apud AZEVEDO & CHASIN, 2003, p. 237).

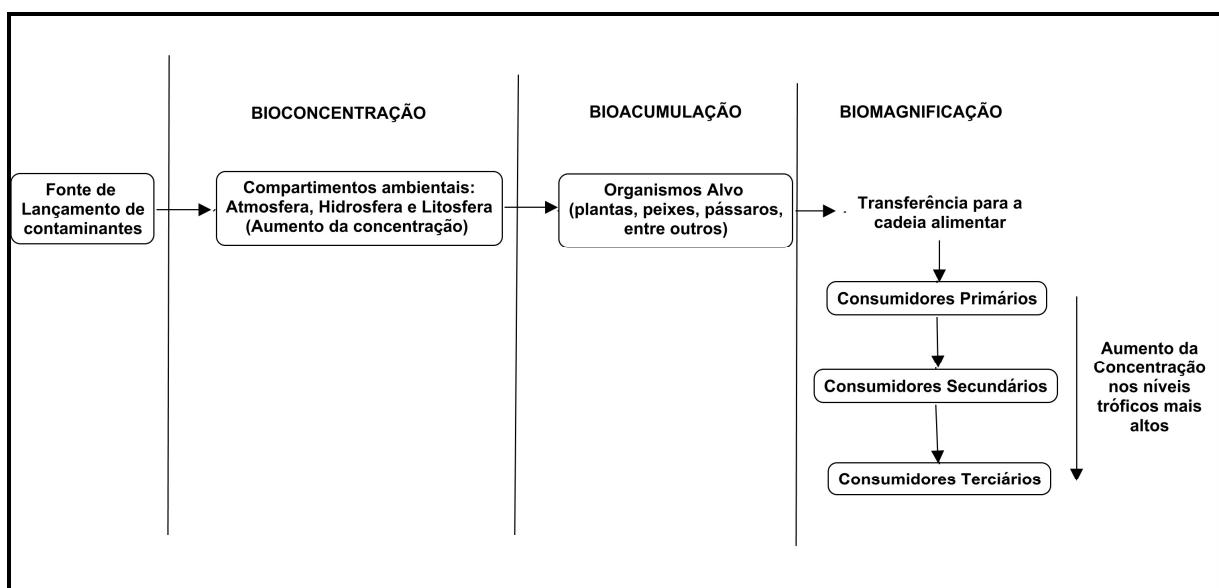


Figura 2 – Esquema do caminho percorrido pelos agentes químicos no meio ambiente.  
Fonte: Adaptado de AZEVEDO e CHASIN, 2010, p. 237-240.

Nesse contexto, as substâncias químicas relacionadas aos resíduos tecnológicos são os metais pesados. Em geral, são lipossolúveis e se concentram nos ossos, tecidos e sangue dos organismos, provocando inúmeras doenças. Pequenas quantidades de alguns metais como o manganês e o zinco, obtidas por meio de alimentos, são necessárias para os seres vivos realizarem algumas funções vitais, mas níveis excessivos são tóxicos. Outros metais pesados como o chumbo e o cádmio não possuem nenhuma função vital e causam danos mesmo em concentrações mínimas. (CARDOSO e CHASIN, 2001; AZEVEDO e CHASIN, 2003; SANCHEZ, 2006; GREENPEACE, 2007).

Quando os resíduos tecnológicos são descartados no meio ambiente podem contaminar os compartimentos ambientais e degradar a qualidade dos recursos naturais como as águas superficiais e subterrâneas e o solo, prejudicando suas disponibilidades para a sociedade. O principal efeito danoso é a bioacumulação por metais pesados, processo pelo qual os seres vivos podem concentrar esses compostos em níveis milhares de vezes maiores que os presentes no meio ambiente, podendo

atingir todos os níveis tróficos se transferindo ao longo da cadeia alimentar através do processo de biomagnificação (PAASIVIRTA, 1991; AZEVEDO e CHASIN, 2003).

No entanto, não são apenas os metais pesados que causam danos ao meio ambiente e à saúde humana. O alumínio, por exemplo, que corresponde 14% aproximadamente da composição dos resíduos tecnológicos pode causar efeitos danosos crônicos nos seres vivos (BIZZO e GRIGOLETTO, 2007; AZEVEDO e CHASIN, 2003).

## Exemplos de Políticas, Aplicações e Reciclagem de Resíduos Tecnológicos

Alguns avanços políticos e ações sobre essa temática estão sendo implantados, os principais avanços políticos e as principais aplicações e processo de reciclagem dos resíduos tecnológicos são descritos nessa seção.

Com as legislações aprovadas entre anos de 2008 a 2010 como a Lei n.º 12.305, de 2 de agosto de 2010 (Política Nacional dos Resíduos Sólidos - PNRS), Resolução CONAMA 401 de 2008, Lei n.º 13.576, de 6 de julho de 2009 do Estado de São Paulo, Lei n.º 15.851, de 10 de junho de 2008 do Estado do Paraná e a Lei Municipal n.º 13.509, de 8 de junho de 2010 de Curitiba, existe a tendência de um avanço positivo na gestão de resíduos tecnológicos no Brasil, no entanto, mesmo com a grande quantidade de produção, consumo e descarte de resíduos tecnológicos ainda não existem sistemas eficientes de coleta e reciclagem desses resíduos no país, e a população, em geral, possui atitude passiva, pois não tem informação e incentivo suficiente para proceder de forma adequada quanto o descarte e reciclagem.

A Política Nacional dos Resíduos Sólidos - PNRS (Lei n.º 12.305/10) responsabiliza toda a sociedade desde fabricante, comerciantes e consumidores para proceder a segregação adequada e retorno para o processo de reuso ou reciclagem dos resíduos (BRASIL, 2010). Uma das formas ambientalmente sustentáveis de retornar os resíduos para o processo produtivo, que foi estabelecida como obrigatória pela Lei n.º 12.305/10 é a logística reversa, que para sua eficácia depende que seja feita a segregação na fonte, pois se os resíduos estiverem misturados e/ou contaminados, a eficiência dos processos de reciclagem e reuso ficará comprometida e os resíduos perderão seu potencial de reciclagem ou de gerar trabalho e renda, e aumentará a exploração de recursos naturais.

O desenvolvimento e inovações de novas tecnologias para a reciclagem, segundo Oliveira (2010), devem atender alguns critérios como controle ambiental, saúde e segurança, tecnologia para recuperação de materiais, viabilidade econômica e preocupação social. O autor cita que a reciclagem de equipamentos eletroeletrônicos ocorre em três etapas diferentes, que devem possuir um operador especializado diferente para cada uma delas. As três etapas são as seguintes:

- a) Coleta;
- b) Separação, Desmontagem e Pré-Processamento (Mecânico; Manual);
- c) Processamento Final (Refino; Destinação).

O segundo estágio (Separação, Desmontagem e Pré-Processamento), é conhecido como manufatura reversa, cujo objetivo é liberar os diferentes materiais constituintes dos resíduos e direcioná-los para o processamento final. A manufatura reversa pode ser feita de forma manual, mecânica ou combinada. Substâncias prejudiciais devem ser removidas e armazenadas para receberem um tratamento adequado, enquanto os materiais valiosos precisam ser retirados para reuso ou serem enviados para um processo de recuperação (OLIVEIRA, 2010).

Segundo o autor, o estágio de processamento final tem o objetivo de fazer a separação final em diferentes materiais para serem usadas como matérias-primas (metais ferrosos, metais não ferrosos, vidros, plásticos, entre outros) e encaminhá-los para a reciclagem.

Toda a cadeia do processo da reciclagem, deve ser analisada, pois depende da eficiência de cada uma das etapas interdependentes e como estas são gerenciadas. Por exemplo, conforme Oliveira (2010), “[...] para um determinado metal a eficiência da coleta é de 50%, a eficiência da desmontagem e pré-processamento é de 70% e a eficiência de recuperação do material no processamento final é de 95%, o resultado líquido de reciclagem do material ao longo da cadeia é de 33%.”

Os principais objetivos para a reciclagem dos resíduos tecnológicos, segundo Oliveira (2010), são:

- a) Gerenciar as substâncias tóxicas presentes no resíduo eletroeletrônico de uma forma ambientalmente responsável, prevenindo contaminações secundárias ou terciárias;
- b) Recuperar materiais valiosos da forma mais efetiva possível;
- c) Criar negócios sustentáveis ambientalmente e economicamente (otimizando a eco-eficiência);
- d) Considerar as implicações sociais e o contexto locais das operações. (ex.: Oportunidades de

emprego, Habilidades Disponíveis, Educação, etc.).

A coleta especial desses resíduos já existe em algumas cidades brasileiras como Curitiba, onde caminhões da prefeitura ficam estacionados nos terminais de ônibus da cidade, cada qual em determinados dias da semana. Nesses locais a população pode fazer o descarte de lâmpadas fluorescentes, baterias e pilhas vencidas, cartuchos de tintas de impressão (*toners*), entre outros tipos de resíduos perigosos como latas de tintas, embalagens de inseticidas e remédios vencidos. Segundo Lopes (2008), a coleta especial em 2007 foi de aproximadamente 3.000 kg/mês de resíduos tóxicos, em média.

Os diferentes tipos de resíduos passam por tratamentos específicos de maneira a neutralizar ou inertizar a característica que lhe confere periculosidade, ou seja, características de inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade ou patogenicidade, conforme as especificações da ABNT NBR 10004:2004 (ABNT- Associação Brasileira de Normas e Técnicas, 2004). No caso dos resíduos tecnológicos, a característica predominante de periculosidade é a toxicidade. Alguns desses resíduos são até parcialmente recicláveis como as lâmpadas fluorescentes, por exemplo, que possuem alguns componentes que podem ser reciclados, mas somente após a recuperação do mercúrio (LOPES, 2008).

No estado do Paraná está presente o Instituto Brasileiro de Ecotecnologia (BIET), que desenvolve pesquisas, estudos, relacionadas com a reutilização, a reciclagem ou a destruição e disposição final, sem causar poluição ambiental, de resíduos da indústria mineral e de aparelhos eletrodomésticos e eletroeletrônicos, tem o objetivo de promover ações autossustentáveis e socioeducacionais. O BIET em parceria com empresas, sociedade e governos (federal, estaduais, municipais e internacionais) desenvolve projetos socioambientais em vários municípios por meio de rede de Centros de Educação, Estudos e Pesquisas Ecotecnológicas, onde fazem o gerenciamento de resíduos tecnológicos doados visando uma destinação final adequada com a geração de emprego e renda (BIET, 2010).

Nos Centros de Educação, Estudos e Pesquisas Ecotecnológicas do BIET são promovidas ações socioeducacionais onde jovens estudam robótica com os equipamentos doados. Os equipamentos passíveis serem reutilizados são recuperados e doados para entidades que promovem ações de inclusão digital e tecnológica. Parte dos resíduos pode ser destinada à empresas que reciclem ou reutilizem os materiais de forma sustentável. Outra parte, principalmente os tóxicos, é destinada às instituições de ensino e pesquisa, “[...] visando obter ou gerar métodos e/ou processos que permitam a reintrodução de seus componentes na indústria - como matérias-primas ou produtos semiacabados - ou na natureza, desde que comprovadamente sem agredi-la”. Enquanto não existir uma solução brasileira, para o correto destino final de parte dos resíduos tecnológicos que não podem ser recicladas, esta deverá ser estocada de maneira ambientalmente segura (BIET, 2010).

Em São Paulo, na USP (Universidade de São Paulo), existe desde 2009, o projeto CEDIR (Centro de Descarte e Reúso de Resíduos de Informática), que implementa as práticas de reúso e descarte sustentável de resíduos eletrônicos, incluindo bens de informática e telecomunicações que ficam obsoletos, que ainda podem ou não serem recuperados, e tem como principal diferencial o desmonte, separação e reaproveitamento de todas as peças de eletrônicos. O CEDIR está instalado em um galpão de 400 m<sup>2</sup> com acesso para carga e descarga de resíduos, área com depósito para categorização, triagem e destinação de 500 a 1000 equipamentos por mês. Inicialmente o projeto recolhia apenas os resíduos de informática da própria Universidade de São Paulo, e em abril de 2010, o projeto foi aberto para o público em geral e não aceita resíduos de empresas (CCE – Centro de Computação Eletrônica da USP, 2010).

O projeto possui o objetivo de recolher os resíduos de informática, reparar e reutilizar num processo conhecido como recondicionamento de computadores, ou seja, “[...] os equipamentos e peças que ainda estiverem em condições de uso serão avaliados e enviados para projetos sociais, atendendo, assim, a população carente no acesso à informação e educação” (CCE – Centro de Computação Eletrônica da USP, 2010). Por meio da implantação de projetos como esse, é possível dar uma destinação sustentável para os equipamentos de informática no final de sua vida útil como a reciclagem e retorno para a cadeia produtiva dos materiais daqueles que não podem ser reutilizados e a inclusão digital realizada por projetos sociais com a utilização com equipamentos recuperados, portanto iniciativas como estas satisfazem requisitos ambientais, sociais e econômicos.

Muitas empresas têm implantado o Ecodesign em seus produtos. O Ecodesign consiste em uma ferramenta para reduzir a exploração de recursos naturais não-renováveis e o impacto ambiental dos produtos. Essa ferramenta deve atender alguns requisitos como a utilização de recursos naturais renováveis na fabricação, aumento da eficiência material e energética no processo produtivo, utilização de materiais não tóxicos para preservar a saúde, prevenção e redução na geração de resíduos na fabricação, vida estendida do produto (não-obsoléteza programada), baixo impacto ambiental do produto e aumento do potencial de reciclagem dos produtos (BIZZO e

GRIGOLETTO, 2007).

Considerando que essas ações e iniciativas são pontuais, é necessário que elaboração de diretrizes para a gestão dos resíduos tecnológicos no Brasil seja aperfeiçoada, visto que, segundo o PNUMA (2009), o Brasil é o maior produtor per capita de resíduos eletrônicos entre os países emergentes com 0,5 kg/hab.ano, e apenas 1% dos resíduos tecnológicos produzidos no país possui uma destinação final adequada.

### **Avaliação dos riscos e vulnerabilidades socioambientais decorrentes do descarte inadequado dos resíduos tecnológicos**

Para uma real avaliação dos riscos e vulnerabilidades socioambientais decorrentes do descarte inadequado dos resíduos tecnológicos, é preciso não somente levar em conta a realidade estabelecida, mas também no que elas estão apoiadas e nos resultados que apresentarão. Para amparar esta avaliação, a visão sobre alguns pontos da literatura produzida sobre o assunto é apresentado, resumidamente, no Quadro 1, e explicitado no decorrer desta seção.

PROBLEMAS	CAUSAS	EFEITOS	SOLUÇÕES	BENEFÍCIOS
Aumento do consumo de produtos eletroeletrônicos	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Avanço tecnológico;</li> <li>- Crescimento da indústria do setor eletroeletrônico;</li> <li>- Surgimento de novos produtos;</li> <li>- Obsolescência programada.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Geração crescente de quantidades de resíduos tecnológicos;</li> <li>- Contaminação e Poluição Ambiental;</li> <li>- Redução da vida útil de aterros sanitários.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Consumo e descarte consciente;</li> <li>- Educação Ambiental;</li> <li>- Criação de Centros e Cooperativas de Recuperação e Reciclagem de Resíduos Eletroeletrônicos;</li> <li>- Responsabilidade compartilhada.</li> </ul>	
Falta de uma gestão eficiente de resíduos tecnológicos no Brasil	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Falta e ineficiência de políticas públicas;</li> <li>- Não comprometimento das empresas do setor, em geral, com a questão ambiental.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Aumento dos riscos e vulnerabilidades socioambientais associados aos resíduos tecnológicos;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Criação de novas legislações em âmbito nacional, estadual e municipal;</li> <li>- Adequação à legislação existente como a PNRS;</li> <li>- Efetivação da legislação existente;</li> <li>- Comprometimento e envolvimento da sociedade.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Geração de emprego e renda;</li> <li>- Reaproveitamento das matérias-primas através da reciclagem;</li> <li>- Melhoria da Qualidade ambiental;</li> <li>- Criação de projetos socioambientais como os de inclusão digital.</li> </ul>
Efeitos ecotoxicológicos na biota	Descarte inadequado dos resíduos tecnológicos	<ul style="list-style-type: none"> <li>Bioacumulação e Biomagnificação de metais pesados;</li> <li>- Degradação da qualidade ambiental;</li> <li>- Danos à saúde pública;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Gestão e gerenciamento eficientes de resíduos tecnológicos com a participação de toda a sociedade.</li> </ul>	
Exportação de Resíduos tecnológicos para países subdesenvolvidos	<ul style="list-style-type: none"> <li>Não comprometimento de alguns países ricos para gerenciar esses resíduos em seus territórios;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Sistemas e processos inadequados de desmontagem desses resíduos;</li> <li>- Riscos operacionais;</li> <li>- Danos à saúde pública;</li> <li>- Degradação da qualidade ambiental</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Efetivação e renovação da Convenção de Basileia;</li> <li>- Pesquisa e desenvolvimento locais de tecnologias limpas de reciclagem e destinação desses resíduos.</li> </ul>	
Falta de inovações ambientalmente sustentáveis na fabricação e reciclagem de produtos eletroeletrônicos	<ul style="list-style-type: none"> <li>Não comprometimento de todas as empresas do setor e sociedade com essa questão ambiental</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Aumento da geração de resíduos tecnológicos;</li> <li>- Ampliação da obsolescência programada;</li> <li>- Custos elevados envolvidos no desenvolvimento de novas tecnologias de fabricação e reciclagem;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Incentivos à pesquisas em inovações de tecnologias limpas;</li> <li>- Ampliação do Ecodesign nas empresas produtoras;</li> <li>- Aumentar o tempo de vida útil dos produtos;</li> <li>- Reduzir as substâncias tóxicas nos produtos;</li> <li>- Logística e Manufatura Reversa;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Economia de matérias primas para o processo produtivo;</li> <li>- Redução na exploração de recursos naturais.</li> </ul>

Quadro 1 – Quadro resumo da avaliação dos riscos e vulnerabilidades socioambientais dos resíduos tecnológicos.

Fonte: Adaptado de GREENPEACE (2007); ABINEE (2010); BIET (2010); BRASIL (2010); CCE (2010); OLIVEIRA (2010); PNUMA (2009); AFFONSO (2008); SANCHES (2008); SANCHEZ (2006); FONSECA (2008); FERREIRA e FERREIRA (2008); RIBEIRO (2008); SILVA, OLIVEIRA e MARTINS (2007); BIZZO e GRIGOLETTO (2007); WALDMAN (2007); RODRIGUES (2007); SANTOS (2003); KENDALL et al (2001); PAASIVIRTA (1991); QASIM e CHIANG (1994);

Os problemas ambientais identificados causados pelos resíduos tecnológicos são a contaminação dos compartimentos ambientais, bioacumulação de metais pesados nos seres vivos como o chumbo, cádmio e mercúrio; áreas contaminadas por antigos lixões que comprometem vários usos tanto da água quanto do solo e prejudicam a saúde das pessoas que estão expostas a essas situações.

O avanço tecnológico, o crescimento da indústria do setor de tecnologia e eletroeletrônicos reflete diretamente no aumento da produção e consumo, que é associado ao processo de obsolescência programada dos produtos desse setor e fazem com que os resíduos tecnológicos façam parte cada vez mais do cotidiano da sociedade moderna, sem que existam medidas efetivas de controle dos resíduos gerados, contaminando o meio ambiente por meio do descarte inadequado.

Os principais efeitos ecotoxicológicos dos componentes tóxicos dos resíduos tecnológicos são provenientes, principalmente, dos metais pesados, e estão relacionados aos processos de bioconcentração, bioacumulação e biomagnificação. Os metais mais perigosos são o mercúrio, chumbo, estanho e cádmio por apresentarem maior ecotoxicidade. Essas substâncias, uma vez

liberadas no meio ambiente, aumentam sua concentração ao longo da cadeia alimentar podendo atingir o homem por meio da alimentação causando danos crônicos de saúde como efeitos teratogênicos e carcinogênicos (AZEVEDO e CHASIN, 2003).

Existe um número considerável de formas sustentáveis de aplicação de resíduos tecnológicos como a sua recuperação dos equipamentos que ainda estiverem em condições de uso para destinar para projetos educacionais de inclusão digital como os centros de triagem e recuperação como o CEDIR, em São Paulo, e o BIET, no Paraná.

Uma gestão eficiente de resíduos tecnológicos traz muitos benefícios ambientais como a redução da poluição e contaminação por meio da reciclagem dos componentes como os plásticos e metais e remoção das substâncias tóxicas como o mercúrio, chumbo e cádmio; econômicos como a redução de custos das empresas por meio da utilização de materiais recicláveis desses resíduos que retornam para a cadeia produtiva; e sociais como geração de emprego e renda por meio da criação de centros de triagem e desmonte desses resíduos como o BIET, que desenvolve pesquisas com resíduos tecnológicos e oferece projetos socioambientais e de inclusão digital.

No âmbito empresarial, algumas organizações têm começado a se preocupar com a destinação que seus produtos terão ao final de sua vida útil, devido às pressões de entidades ambientais e o surgimento de novas leis sobre o assunto. Segundo a Política Nacional dos Resíduos Sólidos (PNRS) todas as empresas são obrigadas a receber seus produtos pós-consumo e dar uma destinação adequada para eles (BRASIL, 2010).

O problema principal da reciclagem é que existem constituintes dos resíduos tecnológicos que ainda não podem ser recicláveis com as tecnologias disponíveis ou os custos são muito elevados. As empresas recicadoras consideram as telas de monitores, que levam 300 anos para se degradar, como a única parte dos computadores na qual não possuem nenhum interesse. As outras peças podem ser totalmente reaproveitadas. O percentual de resíduos tecnológicos que podem ser reaproveitados é de 90% da quantidade produzida atualmente com as tecnologias disponíveis (RIBEIRO, 2008 apud FERREIRA e FERREIRA, 2008, p. 163).

O mercado de reciclagem apresenta um grande potencial econômico, uma vez que os produtos eletroeletrônicos possuem grandes quantidades de materiais recicláveis em diferentes proporções, que podem voltar para a cadeia produtiva. Por exemplo, segundo Affonso (2008), um computador é constituído por conjunto de plástico (40%), metais (37%), eletrônicos (5%), borracha (1%) e de outros materiais (17%).

Os principais benefícios da reciclagem são a redução da poluição e contaminação ambiental, a redução na exploração de recursos naturais, o retorno de matérias-primas para a cadeia produtiva e a geração de emprego e renda. *“A reciclagem de uma tonelada de e-waste (resíduo eletrônico) equivale a evitar a emissão de 3 toneladas de CO<sub>2</sub>. Reciclar e-waste poderá gerar créditos de carbono”* (BIET, 2010). A eficácia da reciclagem dos resíduos tecnológicos depende de questões críticas como segurança operacional, custos envolvidos, inovações tecnológicas ambientalmente limpas (OLIVEIRA, 2010).

É importante ressaltar que toda a sociedade esteja envolvida com a responsabilidade da destinação adequada dos resíduos tecnológicos, conforme consta na Política Nacional dos Resíduos Sólidos.

## Considerações Finais

A elaboração de diretrizes para a gestão dos resíduos tecnológicos no Brasil deve ser uma prioridade, visto que na maioria dos municípios não existe coleta especial, com exceção de alguns como, por exemplo, Curitiba, onde são recolhidas três toneladas por mês desses resíduos Lopes (2008). No entanto, nos anos de 2008 a 2010 houve um avanço positivo com a aprovação da Política Nacional dos Resíduos Sólidos - PNRS (Lei n.º 12.305) em 2010 e de outras leis estaduais como a Lei n.º 13.576 do Estado de São Paulo aprovada em 2009 e da Resolução Conama 401 de 2008 em âmbito nacional, que estabelece limites máximos de chumbo, cádmio e mercúrio para pilhas e baterias e critérios e padrões para o seu gerenciamento ambientalmente adequado.

Para as legislações serem efetivadas, os indivíduos devem se sentir responsável por perante si mesmo e perante a sociedade, e ainda, conforme Beck, Giddens e Lash (1997, p. 207) existe a necessidade de uma “modernidade reflexiva” em uma sociedade globalizada: *“A ‘modernização reflexiva’ implica, assim, em um investimento no processo de individualização, em que o sujeito pode ser visto como [...] ator, planejador, prestidigitador e diretor de cena de sua própria biografia, identidade, redes sociais, compromissos e convicções.”*

No mundo contemporâneo, é primordial que exista uma concepção de ética de responsabilidade nas quais as ações humanas respeitem a capacidade de suporte da natureza e permitam uma permanência digna da vida humana e das outras espécies. Jonas (2006), alerta que a ciência e tecnologia atuais, incentivadas pela economia, estão gerando efeitos destrutivos sobre o meio

ambiente. Assim, existe a necessidade de regulamentar as práticas técnico-científicas, de modo que minimizem seus impactos negativos na natureza, uma vez que a “*ética tem a ver com o agir, a consequência lógica disso é que a natureza modificada do agir humano [pela ciência e tecnologia] também impõe uma modificação na ética*” (JONAS, 2006, p.29).

A situação desses resíduos no Brasil deve partir de várias vertentes, das iniciativas públicas, privadas e das próprias comunidades. No que se refere à implantação de uma gestão eficiente desses resíduos, deve ser de responsabilidade do setor público. Cabe, a princípio, à academia a disponibilização de informações sobre o tema e elaboração de estudos mais aprofundados. A vigilância e cobrança da atuação pública, referente à gestão eficaz desses resíduos, cabem à sociedade, assim como o papel de rever seus costumes de consumo e descarte de materiais prejudiciais meio ao ambiente.

Uma sugestão para trabalhos futuros é estudar as alternativas econômicas, sociais e ambientalmente sustentáveis separadamente para cada uma das categorias provenientes dos resíduos tecnológicos: equipamentos eletroeletrônicos, pilhas e baterias, e lâmpadas; pois permitirá um estudo mais aprofundado separadamente sobre elas.

## Referências

- ABREU, L. **Algumas informações sobre a disposição de pilhas e baterias.** IEL (Instituto Evaldo Lodi). Bolsas de Resíduos e Negócios. 2009. Disponível em: <[http://www.sfec.org.br/iel/bolsaderesíduos/Artigos/Artigo\\_Pilhas.pdf](http://www.sfec.org.br/iel/bolsaderesíduos/Artigos/Artigo_Pilhas.pdf)>. Acesso em: 01 jun. 2010.
- ABNT (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS). **ABNT NBR 10004:2004 – Classificação de Resíduos.** Rio de Janeiro, 2004.
- ABINEE (Associação Brasileira da Indústria Elétrica e Eletrônica). [200-]. Disponível em: <<http://abinee.org.br>>. Acesso em: 01 abr. 2010.
- ABRELPE (Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais). **Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil – 2010.** São Paulo, 2011.
- AFFONSO, J. C. **Semana da Inclusão Digital discute os 50 milhões de toneladas do lixo eletrônico.** TELEBRASIL (site), 16 de abril de 2008. Disponível em:<[http://www.telebrasil.org.br/artigos/outras\\_artigos.asp?m=725](http://www.telebrasil.org.br/artigos/outras_artigos.asp?m=725)>. Acesso em: 03 maio 2010.
- AZEVEDO, F. A. de; CHASIN, A. A. M. **As Bases Toxicológicas da Ecotoxicologia.** São Carlos: RiMa, 2003.
- BECK, U. **La Sociedad del Riesgo Global.** Madrid: Siglo XXI de España, 2006.
- \_\_\_\_\_. **Weltrisikogesellschaft: auf der Suche nach der verlorenen Sicherheit.** Frankfurt am Main: Suhrkamp, 2007.
- BECK, U.; GIDDENS, A.; LASH, S. (Organizadores). **Modernização Reflexiva: política, tradição e estética na ordem social moderna.** São Paulo: Editora da Universidade Estadual Paulista, 1997.
- BIET (Brazilian Institute of EcoTechnology – Instituto Brasileiro de EcoTecnologia). **Uma solução ecotecnológica para o lixo tecnológico eletroeletrônico.** Apresentação no II Seminário de Reciclagem de Lixo Tecnológico, realizado no dia 27 de maio de 2010 promovido pela TMK. Curitiba, 2010.
- BIZZO, W. A.; GRIGOETTO, E. M. **Gestão de Resíduos e Gestão Ambiental da Indústria Eletroeletrônica.** Apresentação da Abinee Tec 2007. Disponível em: <http://www.tec.abinee.org.br/2007/arquivos/s702.pdf>. ABINEE TEC 2007. Campinas, Faculdade de Engenharia Mecânica da Universidade Estadual de Campinas, 2007.
- BRASIL. **Lei n.º 12.305 de 2 de agosto de 2010 - Política Nacional dos Resíduos Sólidos.** Brasília, 2010.
- CARDOSO, L. M. N.; CHASIN, A. A. M. **Ecotoxicologia do cádmio e seus compostos.** 2001. 122 p. Cadernos de referência ambiental; v. 6. Salvador: CRA – Centro de Recursos Ambientais, 2001.

CATAPRETA, C. A. A.; HELLER, L. **Associação entre coleta de resíduos sólidos domiciliares e saúde, Belo Horizonte (MG), Brasil.** Rev. Panam Salud Pública 1999; 5:88-96. Belo Horizonte: Universidade Federal de Minas Gerais, Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, 1999.

CCE (Centro de Computação Eletrônica da USP). **CEDIR - Centro de Descarte e Reúso de Resíduos de Informática.** Disponível em: <<http://www.cce.usp.br/?q=node/266>>. Acesso em: 15 set. 2010.

CEMPRE (Compromisso Empresarial para a Reciclagem). **Eletroeletrônicos.** 2010. Disponível em: <[http://www.cempre.org.br/serv\\_eletroeletronicos.php](http://www.cempre.org.br/serv_eletroeletronicos.php)>. Acesso em: 01 jun. 2010.

CONAMA (Conselho Nacional do Meio Ambiente). **Resolução CONAMA n.º 401, de 4 de Novembro de 2008.** Brasília, 2008.

CONGRESSO NACIONAL. **Projeto de Lei n.º 4.178, de 1998.** Brasília, 1998.

CURITIBA. **Lei n.º 13.509, de 08 de junho de 2010.** Curitiba, 2010.

DIMANTAS, H. **Indústria quer varrer lixo eletrônico pra debaixo do tapete.** 2009. Disponível em: <<http://www.ecoblogs.com.br/2009/07/15/industria-quer-varrer-lixo-eletronico-pra-debaixo-do-tapete/>>. Acesso em: 27 jul. 2010.

FERREIRA, J. M. de B.; FERREIRA, A, C. **A sociedade da informação e o desafio da sucata eletrônica.** Artigo Publicado na Revista de Ciências Exatas e Tecnologia, Vol. III, n.º 3, ano 2008.

FONSECA, F. **O ciclo do Lixo Eletrônico.** Portal Lixo Eletrônico, 2008. Disponível em: <<http://lixeletronico.org/blog/o-ciclo-do-lixo-eletr%C3%B4nico-vis%C3%A3o-geral>>. Acesso em: 03 jul. 2010.

GREENPEACE. **Metais pesados:** contaminando a vida. 2007. Disponível em: <[http://www.greenpeace.org.br/toxicos/?conteudo\\_id=818&sub\\_campa%25a=0&img=15](http://www.greenpeace.org.br/toxicos/?conteudo_id=818&sub_campa%25a=0&img=15)>. Acesso em: 15 set. 2010

JONAS, H. **O Princípio Responsabilidade:** Ensaio de uma Ética para a Civilização Tecnológica. Rio de Janeiro: Contraponto; Ed. PUC-Rio, 2006.

KENDALL, R.J. et al. *Ecotoxicology*. In: KLAASSEN, C.D. *Toxicology: the basic science of poisons*. McGraw-Hill, 2001. 1.236 p.

LOPES, A. **Caminhão de lixo tóxico faz sucesso em Curitiba:** Lixo tóxico agora tem destino certo na capital paranaense. Reportagem publicada no Jornal Comunicação, Curitiba, 2008. Disponível em: <<http://www.jornalcomunicacao.ufpr.br/node/2933>>. Acesso em: 15 set. 2010.

MOREIRA, D. **Lixo Eletrônico tem substâncias perigosas para a saúde humana.** 2007. Disponível em: <[http://idgnow.uol.com.br/computacao\\_pessoal/2007/04/26/idgnoticia.2007-04-25.3237126805/](http://idgnow.uol.com.br/computacao_pessoal/2007/04/26/idgnoticia.2007-04-25.3237126805/)>. Acesso em: 28 maio 2008.

NASCIMENTO, E. de S.; CHASIN, A. A. M. **Ecotoxicologia do mercúrio e seus compostos.** 2001. 176 p. Cadernos de referência ambiental; v. 1. Salvador: CRA – Centro de Recursos Ambientais, 2001.

OLIVEIRA, M. W. M. de. **Tecnologia na Reciclagem dos Resíduos Eletrônicos.** Apresentação da empresa RecicloAmbiental no II Seminário de Reciclagem de Lixo Tecnológico, realizado no dia 27 de maio de 2010 promovido pela TMK. Curitiba, 2010.

PAASIVIRTA, J. **Chemical Ecotoxicology.** 210 p. Chelsea: Lewis Publishers, Inc., 1991.

PARANÁ. **Lei n.º 15.851, de 10 de junho de 2008.** Curitiba, 2008.

PNUMA (PROGRAMA DAS NAÇÕES UNIDAS PARA O MEIO AMBIENTE). **Recycling – From e-waste to resources.** Relatório elaborado pela ONU, 2009. Disponível em: <[http://www.unep.org/PDF/PressReleases/E\\_Waste\\_publication\\_screen\\_FINALVERSION-sml.pdf](http://www.unep.org/PDF/PressReleases/E_Waste_publication_screen_FINALVERSION-sml.pdf)> . Acesso em: 03 abr. 2010.

QASIM, S. R.; CHIANG, W. 1994. *Sanitary landfill leachate generation, control and treatment*. Lancaster: Techomic, 1994.

RIBEIRO, M. A. **Perigo do Lixo Tecnológico**. Jornal Diário da Manhã, 2008.

RODRIGUES, A. C. **Impactos sócio ambientais dos resíduos de equipamentos eletro e eletrônicos: estudo da cadeia pós-consumo no Brasil**. Universidade Metodista de Piracicaba (UNIMEP), Santa Bárbara do Oeste, SP, 2007.

SANCHES, E. S. S. **Logística Reversa de Pós-consumo do Setor de Lâmpadas Fluorescentes**. In: V Congresso Nacional de Engenharia Mecânica. Salvador, BA: Associação Brasileira de Engenharia e Ciências Mecânicas, 2008. Disponível em: <<http://portal.anhembi.br/publico/media/artigo-conem2008.pdf>>. Acesso em: 28 maio 2010.

SANCHEZ, L. H. **Avaliação de Impacto Ambiental**. Conceitos e Métodos. São Paulo: Oficina de Textos, 2006. 495 p.

SANTOS, E. R. dos. **Seminário Internacional Sobre Sistema de Qualidade Laboratorial - Ecotoxicologia**. IBAMA e MMA. 12 slides. São Paulo, 21 a 24 de Setembro de 2003.

SÃO PAULO. **Lei nº 13.576, de 6 de julho de 2009**. Institui normas e procedimentos para a reciclagem, gerenciamento e destinação final de lixo tecnológico. São Paulo, 2009. Disponível em: <[http://www.cetesb.sp.gov.br/licenciamento/legislacao/estadual/leis/2009\\_Lei\\_Est\\_13576.pdf](http://www.cetesb.sp.gov.br/licenciamento/legislacao/estadual/leis/2009_Lei_Est_13576.pdf)>. Acesso em: 02 abr. 2010.

SILVA, B. D.; OLIVEIRA, F. C.; MARTINS, D. L. **Resíduos Eletroeletrônicos no Brasil**. Santo André, 2007.

WALDMAN, M. **Lixo Eletrônico**: Resíduo Novo e Complexo. Apresentação do IIº Fórum Municipal Lixo e Cidadania. Poços de Caldas, 2007. Disponível em: <[http://www.mw.pro.br/mw/eco\\_lixo\\_eletronico.pdf](http://www.mw.pro.br/mw/eco_lixo_eletronico.pdf)>. Acesso em: 01 abr. 2010.