

**LOGÍSTICA REVERSA DOS RESÍDUOS DE EQUIPAMENTOS
ELETROELETRÔNICOS: ESTUDO DE CASO DOS COMPUTADORES DA
UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO**

Carlos Alberto Alves Barreto

carloss_barreto@yahoo.com.br

Bertrand Sampaio de Alencar

bertrandsa@uol.com.br

Resumo

Os resíduos de equipamentos eletroeletrônicos (REEE) constituem-se em um dos principais problemas relacionados aos resíduos sólidos da atualidade. Novas tecnologias podem significar importantes avanços no desenvolvimento da ciência, podendo contribuir para manutenção e preservação do meio ambiente. O acelerado processo de inovação tecnológica vem provocando problemas na gestão destes materiais, causando um progressivo aumento em comparação a outras classes de resíduos. Segundo o Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (UNEP), o Brasil está produzindo 0,5 Kg/ano/hab. de resíduos de equipamentos eletroeletrônicos oriundos de computadores, aos quais não tem sido dado um destino adequado. O aumento do consumo dos computadores está relacionado à obsolescência programada, que induz ao descarte dos equipamentos, estimulando o aumento do consumo e ampliando os riscos de degradação dos recursos naturais. A Lei nº 12.305, de 2/8/2010, que estabelece a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), exige a implementação do sistema de logística reversa e a responsabilidade dos produtores, distribuidores, comerciantes e importadores pelo tratamento e a destinação final dos REEE. Nesta nova estrutura de gerenciamento dos resíduos proposta pela PNRS, todos os envolvidos têm responsabilidades específicas e igualmente relevantes. A Universidade Federal de Pernambuco (UFPE) está adquirindo uma média de 1.165 computadores por ano. Este estudo avaliou o gerenciamento dos resíduos de computadores na UFPE, caracterizando o consumo destes, o fluxo dos resíduos do pós-consumo ao destino final, analisou a aplicabilidade da legislação e identificou indicadores que relacionam o consumo e o descarte com outras variáveis. Foi realizada pesquisa bibliográfica, levantamentos direto em campo, com foco nos setores de Patrimônio, Compras e junto a funcionários e professores. Os resultados obtidos demonstram a não aplicação da PNRS quanto ao processo de logística reversa dos REEE e, que o fluxo interno e o descarte vêm sendo efetuados de forma inadequada para uma significativa geração de REEE em função da quantidade de computadores adquiridos.

Palavras chaves: Resíduos Sólidos; Resíduos Eletroeletrônicos; Logística Reversa;

ABSTRACT

The Waste Electrical and Electronic Equipment (WEEE) is one of the main problems related to solid waste today. New technologies can mean important advances in the development of science, contributing to the maintenance and preservation of the environment. The accelerated process of technological innovation has led to problems in the management of these materials, causing a progressive increase in comparison to other classes of waste. According to United Nations Environment Programme (UNEP), Brazil produces 0.5 kg/year of WEEE arising from computers, which do not have the proper destination. The increased consumption of computers is related to planned obsolescence, which induces to the disposal of equipments, stimulating increased consumption and increasing the risk of degradation of natural resources. The Brazilian Law 12,305 from 8/2/2010, establishing the National Solid Waste Policy (PNRS) requires the implementation of reverse logistics system and imposes for the producers, distributors, dealers and importers the responsibility for WEEE treatment and final disposal. In this new management structure of the waste proposed by PNRS, everyone involved has specific and equally relevant responsibilities. The Federal University of Pernambuco (UFPE) is getting an average of 1.165 computers per year. This study evaluated the management of WEEE from computers at UFPE, featuring consumption of computers, the flow of the post-consumer WEEE to the final destination, examined the applicability of legislation and identified indicators that relate the consumption and disposal of these wastes with other variables. A bibliographical research, direct field survey, focusing on the sales sectors and among employees and teachers was held. The results demonstrate the non-application of PNRS as the reverse logistics process of WEEE, the internal flow and disposal of WEEE is being done improperly, there is a significant generation of WEEE on the quantity of purchased computers .

Key words: Solid Waste, Electronics Waste; Reverse Logistics; Planned Obsolescence.

1.INTRODUÇÃO:

Os resíduos dos equipamentos eletroeletrônicos (REEE) produzidos mundialmente é um sério problema a ser resolvido. Milhões de toneladas de resíduos eletroeletrônicos são gerados anualmente, causando problemas ambientais, sociais e de saúde.

Segundo a (UNEP, 2009) Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente, a geração dos REEE deve chegar a 40 milhões de toneladas por ano, cuja maior parcela destes resíduos é gerada nos países desenvolvidos, mas nem sempre descartadas nestes países.

O Brasil está descartando 96,8 mil toneladas métricas de PCs por ano, gerando 0,5 kg/hab. ano de REEE de computadores. Este volume é relativamente inferior ao da China que descarta 300 mil toneladas.

De acordo com (KANG & SCHOENUNG, 2005) não existe atualmente nenhum método para tratamento dos REEE e o destino destes resíduos são os lixões, aterros sanitários ou incineração.

O projeto de lei n° 203/1991 foi aprovado no Congresso Nacional na forma da lei n° 12.305/2010, de 3/8/2010, que trata da Política Nacional de Resíduos Sólidos, estabelece, dentre outras ações legais, a logística reversa como proposta para regular e responsabilizar os fluxos de pós-venda e pós consumo de algumas cadeias produtivas, dentre as quais, os resíduos eletroeletrônicos (REEE) descartados pelos consumidores (BRASIL, 2010).

Os centros acadêmicos distribuídos nas universidades públicas e privadas brasileiras são grandes consumidores de produtos eletroeletrônicos e, portanto, geradores de uma parcela considerável de REEE.

O descarte de computadores na Universidade Federal de Pernambuco, não segue a política pública adequada definida no marco regulatório específico que determina as formas adequadas de descarte dos REEE.

O presente estudo de caso tem por objetivo identificar, qualificar e quantificar os fluxos de entrada e saída dos equipamentos eletroeletrônicos, com foco nos computadores e periféricos, utilizados na UFPE, no sentido de mapear e estabelecer indicadores que relacionem o consumo e o descarte com outras variáveis, assim como propor sugestões para o descarte adequado destes resíduos.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA:

2.1 CONTEXTO DO PROBLEMA NA ATUALIDADE

O incremento de resíduos sólidos eletroeletrônicos gerados pelo setor de informática acontece sem praticamente estarem submetidos a um tratamento adequado para o seu destino final. Assim, consequentemente, surgem os impactos negativos, alguns irreversíveis, de forma direta e indireta ao meio ambiente e a sociedade.

Segundo a UNEP, (2009); (XAVIER *et al.*,2011) e (GUARNIERI,2011) a gestão dos resíduos eletroeletrônicos é processada de maneira incorreta por pessoal não qualificado, em países como a China, Índia e África que recebem uma grande quantidade destes resíduos dos Estados Unidos e Comunidade Europeia. O manuseio por parte da população destes países é realizada sem técnicas e equipamentos adequados (XAVIER *et al.*,2011).

A figura 1 mostra a manipulação dos REEE pela população, sem nenhum equipamento de proteção, em um ambiente em que não é permitido o descarte.

Figura1- Descarte Incorreto dos REEE



Fonte: SOUSAMU, 2010.

Segundo o CEMPRES: Compromisso Empresarial para Reciclagem, os resíduos eletrônicos já representam 5% de todo lixo produzido pela humanidade. O Brasil produz 2,6 Kg REEE, por hab/ano.

Dados estimativos baseados no mercado formal indicam que apenas 1% dos resíduos eletroeletrônicos tem um destino ambientalmente adequado (FEAM, 2010).

2.2 CARACTERÍSTICAS DOS RESÍDUOS ELETROELETRÔNICOS DOS COMPUTADORES

Os equipamentos elétricos e eletrônicos são formados de módulos básicos. Os comuns a estes produtos são: placas de circuitos impressos, cabos, cordões e fios, plásticos anti-chama, comutadores e disjuntores de mercúrio, equipamentos de visualização, como telas de tubos catódicos e telas de cristal líquido, leds e resistências (KANG e SHOENUNG, 2005).

Informações sobre algumas das substâncias que podem ser encontradas nos equipamentos eletroeletrônicos e seus prejuízos à saúde estão contidas no relatório de estudos de apresentação das propostas das diretivas (2002/96/EC) e (2002/95 EC) pela Comissão da Comunidade Europeia em 13/06/2000 ao Parlamento Europeu.

Quanto à redução de substâncias perigosas, as medidas tomadas pelas empresas se referem à checagem e controle (para eliminação de chumbo e cromo), bem como a fiscalização de fornecedores para os quais foram desenvolvidos guias verdes.

O avanço tecnológico está causando grandes inovações e têm acrescentado nestes produtos um maior potencial tecnológico, com diversidades do tipo de material utilizado em um único equipamento, o que tem provocado uma maior complexidade na desmontagem e descarte destes materiais (CARDOSO et al.;2007).

As placas de circuito impresso representam 3% do peso total dos resíduos eletroeletrônicos gerada dos equipamentos, (LONG et al.,2010;GUO et al.,2009). A sua industrialização representa um das principais partes dos equipamentos, para a quantidade atual de metais.

Figura2-Placa de Circuito Impresso com vários Componentes.



Fonte: Autor, 2013

Estas placas se forem descartadas de maneira incorreta, podem causar sérios danos ao meio ambiente. Se descartados em aterros sanitários ou lixões, a lixívia gerada pode infiltrar no solo e alcançar o lençol freático, podendo causar contaminação dos agentes receptores.

A legislação atual trata dos aspectos relacionados ao descarte e das formas de tratamento e destinação final dos resíduos eletroeletrônicos.

2.3 LEGISLAÇÃO APLICÁVEL

2.3.1 ADMINISTRAÇÃO PATRIMONIAL

O Decreto nº 99.658, de 30 de outubro de 1990, regulamenta, no âmbito da Administração Pública Federal, o reaproveitamento, a movimentação, a alienação e outras formas de desfazimento de material.

No artigo 4º do Decreto nº 99.658 de 30 de outubro de 1990, o material classificado como ocioso ou recuperável será cedido a outros órgãos que dele necessitem.

- a) ocioso - quando em perfeitas condições de uso não estiver sendo
- b) recuperável - quando sua recuperação for possível e orçar, no âmbito, a 50% (cinquenta por cento) de seu valor de mercado.

- c) antieconômico - quando sua manutenção for onerosa ou seu rendimento precário em virtude de uso prolongado, desgaste prematuro ou obsolescência.

O Decreto nº 4.507, de 11 de dezembro de 2002, em seu artigo 15, inciso III, define que quando o material for classificado como irrecuperável, pode ocorrer sua alienação “para instituições filantrópicas, reconhecidas de utilidade pública pelo Governo Federal, e as Organizações Cívicas de Interesse Público”.

2.3.2 POLÍTICA NACIONAL DE RESÍDUOS SÓLIDOS

A Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), aprovada pela Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010, em seguida normatizada pelo Decreto nº 7.401/2010. Foram criados o Comitê Interministerial da Política Nacional de Resíduos Sólidos e o Comitê Orientador para a Implantação dos Sistemas de Logística Reversa, com a finalidade de dar apoio para estruturar os setores envolvidos e implantar a legislação, mediante a articulação com os órgãos e entidades do governo.

A Lei traz algumas inovações, sendo a primeira a tratar, sobre a questão dos resíduos eletroeletrônicos, que contém metais pesados, altamente tóxicos.

No artigo 5º do Decreto sobre a Política Nacional dos Resíduos Sólidos que trata da responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida do produto, todos envolvidos na geração deverão ter participação na eficácia das medidas adotadas.

Os produtores e fabricantes terão responsabilidade pelo produto eletroeletrônico, mesmo após o fim da sua vida útil, obrigando-se a promover a logística reversa (art.33 da PNRS), mas, também, uma correta rotulagem ambiental para possibilitar a efetivação dessa logística (art 7º, inciso XV, da PNRS), (BRASIL, 2010).

2.3.3 LOGÍSTICA REVERSA

A logística reversa, de acordo com a PNRS (2010), é o instrumento de desenvolvimento econômico e social caracterizado pelo conjunto de ações, procedimentos e meios destinados a viabilizar a coleta e a restituição dos resíduos sólidos ao setor empresarial, para reaproveitamento, em seu ciclo ou em outros ciclos produtivos, ou outra destinação final ambientalmente adequada.

Trata-se de uma expressão utilizada para se referir ao papel da logística na reciclagem, disposição de resíduos e gerenciamento de materiais perigosos. A logística reversa é um dos principais instrumentos da PNRS (2010). Inclui todas as questões relacionadas com as atividades logísticas para cuidar da redução de fontes, reciclagem, substituição e reuso de materiais e descarte (STOCK,1992).

A logística reversa para os produtos eletroeletrônicos (computadores) deverá ser operacionalizada através dos Acordos Setoriais que será realizado com a participação de vários segmentos: Indústrias, Cooperativas de catadores e governo.

2.3.4 ACORDOS SETORIAIS

O Comitê Orientador para a Implementação de Sistemas de Logística Reversa-CORI, em conformidade com seu Regimento Interno aprovado pela Ministra de Estado do Meio Ambiente e publicado no Diário Oficial da União de 08 de abril de 2011 por meio de Portaria Ministerial nº 113, especialmente com o disposto no inciso II do caput e no parágrafo único do art. 2º, bem como nos § 1º e 2º do art. 11;

Considerando que os acordos setoriais são atos de natureza contratual, firmados entre o Poder Público e os fabricantes, importadores, distribuidores ou comerciantes, visando à implantação da responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida do produto.

Foi lançado no dia 13 de fevereiro de 2013 o edital número 01/2013 no Ministério do Meio Ambiente, referente aos resíduos eletroeletrônicos, com o prazo de 120 dias para encaminhamento de propostas ao comitê orientador. O edital determina que 17% de todos os equipamentos eletroeletrônicos comercializados no ano de 2012 deveram ser coletados e destinados. Esta meta deverá ser atingida no período de 5 anos, até 2017 com a implantação da logística reversa.

O edital estimula a atuação dos catadores através das associações e cooperativas. O documento ressalta a necessidade de capacitação técnica por parte dos catadores, considerando que os resíduos a serem manipulados são classificados como perigosos.

Considerados resíduos com um alto valor agregado, as cooperativas estão buscando a qualificação dos catadores para que estes possam atuar profissionalmente com este tipo de material (XAVIER e CAVALHO, 2014).

3. METODOLOGIA

O procedimento metodológico que foi utilizado no trabalho foi de natureza exploratória, proporcionou uma maior familiaridade com o problema, ou caso estudado através de levantamentos bibliográficos e entrevistas com as pessoas que convivem com o objeto, visando identificar hipóteses que possam vir a resolvê-lo (GIL, 1991).

Foram analisados os motivos, quantidade de equipamentos adquiridos, centros geradores, quantidade de equipamentos descartados e destino final dos computadores da UFPE.

Com o objetivo de prever a quantidade dos REEE que serão gerados na UFPE, até 2020, foi utilizado o modelo de regressão linear, sendo uma variável dependente (os resíduos em toneladas) e como variável independente o (ano).

As duas variáveis são identificadas como: X sendo a variável independente e Y uma variável dependente.

O modelo de regressão linear simples é dado pela seguinte expressão:

$$\hat{Y}_0 = \hat{\beta}_0 + \hat{\beta}_1 x_0$$

4. DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Estudos realizados sobre o ciclo de vida dos computadores utilizados na UFPE revelaram que servidores e professores estão descartando os equipamentos entre três e cinco anos gerando após a aquisição, uma quantidade razoável dos REEE nos departamentos da Universidade.

O patrimônio é o setor solicitado para receber os equipamentos que são descartados pelos departamentos e encarregado de dar o destino final pós- consumo dos computadores.

Dados obtidos junto ao Setor de Patrimônio da UFPE em julho de 2013 indicam que nos últimos cinco anos foram descartados 605 computadores, 568 monitores, 228 impressoras. Estes equipamentos foram doados para instituições filantrópicas, não havendo um acompanhamento junto às instituições sobre o destino correto destes equipamentos ao final do seu ciclo de vida.

Quantidade de equipamentos de informática descartado nos últimos cinco anos na UFPE

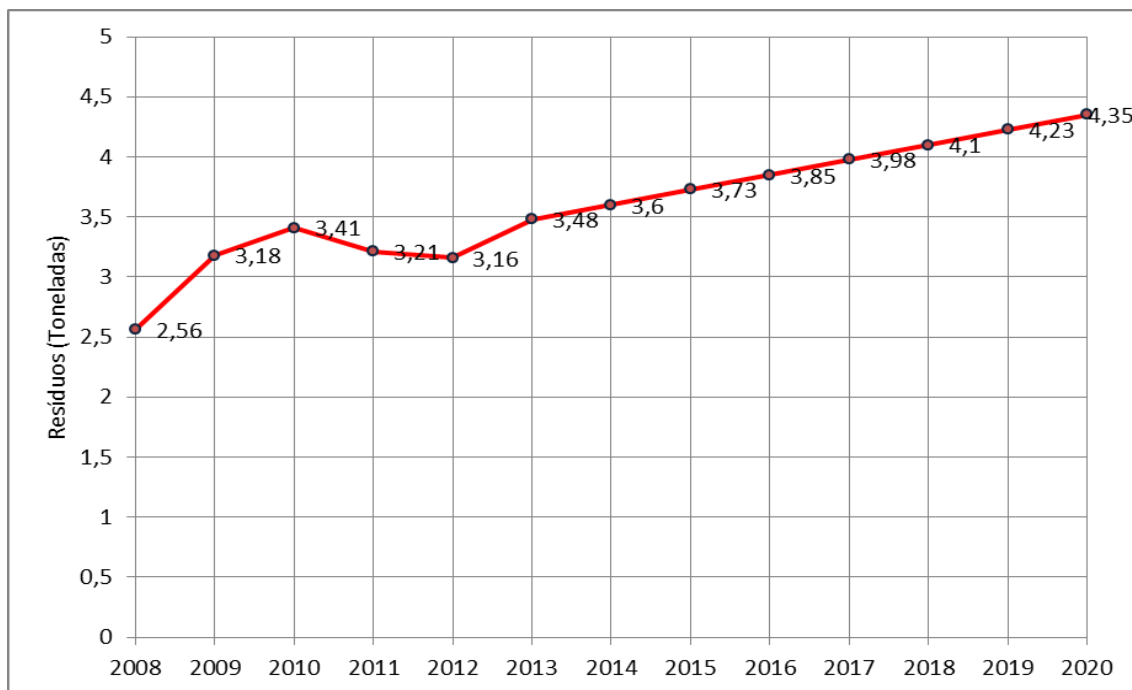
Ano	2008	2009	2010	2011	2012	Total (und.)	Peso (kg)
Computadores	86	115	134	142	128	605	8.470
Monitores	110	120	125	95	118	568	5.680
Impressoras	42	61	48	45	32	228	1.368
TOTAL	238	296	307	282	278	1.401	15.518

Fonte: Setor de Patrimônio, 2013.

Com os dados que foram obtidos no Setor de Patrimônio em relação ao descarte de computadores, impressoras e monitores, foi realizada uma estimativa da quantidade de resíduos que a UFPE vai gerar até 2020.

Os dados revelam que a UFPE, vem gerando aproximadamente 3,0 toneladas por ano de REEE nos últimos cinco anos, a estimativa é que até 2020 sejam gerados aproximadamente 4,3 toneladas por ano.

Projeção da quantidade de REEE- 2008 a 2020.



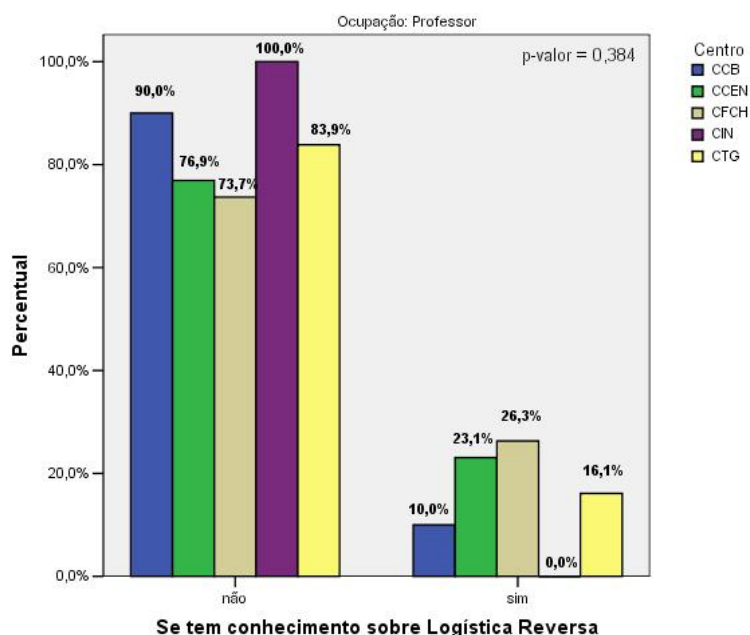
Fonte: Autor, 2014

4.1 LOGÍSTICA REVERSA NA UFPE

A implantação da logística reversa definida na PNRS, que foi regulamentada pelo Decreto nº 7.404/2010, determinou que o REEE por ser considerado perigoso, deve participar do processo de logística reversa.

O gráfico demonstra o percentual em relação aos centros pesquisados, sobre o conhecimento, pelos professores do processo da logística reversa que trata do descarte correto dos REEE de informática.

Conhecimento sobre logística reversa de computadores



Fonte: Autor, 2013.

Na pesquisa que foi realizada sobre o conhecimento da logística reversa dos computadores, ficou evidente que grande parte dos professores não têm conhecimento sobre este tipo de logística.

4.2 INDICADORES

Na pesquisa que foi realizada no Setor de Patrimônio e com os dados que foram obtidos sobre descarte de equipamentos que a universidade gerou nos últimos cinco anos, os números informados, possibilitaram identificar que existem, para a quantidade de REEE de computadores nos departamentos, algumas relações que permitem a criação de indicadores.

A relação entre quantidade de computadores adquiridos e o número atual de funcionários permitem arguir que existem na UFPE um índice de aproximadamente dois equipamentos para cada funcionário.

O estudo sobre o fluxo de entrada de computadores na universidade permitiu que alguns parâmetros fossem analisados, como o processo de compra realizado por professores através de projeto de pesquisa e de servidores setor de compras da UFPE.

A investigação sobre a vida útil do equipamento demonstrou fatores destacados por servidores, de que os componentes danificados são a causa do descarte dos computadores e os professores a obsolescência dos equipamentos.

5. CONCLUSÃO

O presente estudo de caso tratou especificamente dos resíduos sólidos de equipamentos eletroeletrônicos gerados a partir do uso de computadores e periféricos na UFPE. Os resultados que foram obtidos na pesquisa constatarem que não existe no *campus* um gerenciamento adequado dos resíduos dos equipamentos de informática.

O aumento do consumo destes equipamentos provocado pela expansão da UFPE, a crescente inovação tecnológica e a diminuição do tempo de vida útil são fatores que contribuem para o descarte dos equipamentos de informática.

Verifica-se na Universidade Federal de Pernambuco a inexistência de uma política adequada aos aspectos técnicos da logística reversa que indiquem a possibilidade de sustentabilidade para a questão dos resíduos eletroeletrônicos, assim como é necessária a adequação para a nova legislação, que transfere a responsabilidade pelo destino final dos REEE aos produtores, distribuidores, comerciantes, importadores e consumidores.

Constatou-se que é possível obter meios mais eficazes para efetivar uma logística reversa dos REEE de computadores da UFPE, nos aspectos legal e técnico, no sentido de garantir os fluxos reversos de pós-consumo destes equipamentos observando-se os aspectos ambientais, sociais e a viabilidade econômica, de sua utilização.

REFERÊNCIAS

ALENCAR, B.S.; BARRETO, C.A.A. Resíduos eletroeletrônicos em centros acadêmicos: destinação dos microcomputadores da UFPE. In: FORUM INTERNACIONAL DO MEIO AMBIENTE, João Pessoa, nov. 2012. **Anais da Conferência da Terra**. João Pessoa: UFPB, 2012.

BRASIL. Lei Nº 12.305, de 2 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos. Presidência da República. Casa Civil. Brasília, DF, 3 ago. 2010. Disponível em: www.planalto.gov.br/ccivil03/_ato2007-2010/2010/lei/I12305.htm>. Acesso em: 10 abr. 2012.

CALVÃO, Alexandre Mondaini et al. **O lixo computacional na sociedade contemporânea**. Cascavel: I ENINED- Encontro Nacional de Informática e Educação, 1999.

CARDOSO, R. S.; ADISSI, P. J.; XAVIER, L. H.; XAVIER, V. A. Ciclo de vida do produto, tecnologia e sustentabilidade: breve análise da gestão ambiental de resíduos sólidos no Brasil. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO – ENEGEP, 27., 2007, Foz do Iguaçu, PR. **Anais...**Foz do Iguaçu, 09 a 11 de outubro de 2007.

DECRETO Nº 99.658, de 30 de outubro de 1990. Regulamenta, no âmbito da Administração Pública Federal, o reaproveitamento, a movimentação, a alienação e outras formas de desfazimento de material. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Brasília, 31 out. 1990.

GIL, Antônio Carlos. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 6.ed. São Paulo: Atlas, 2008.

GUARNIERI, P. **Logística reversa: em busca do equilíbrio econômico e ambiental**. Recife: Clube de Autores, 2011.

KANG, H. Y.; SHOENUNG, J .M. Electronic waste recycling: a review of U.S. infrastructure and technology options. **Resources Conservation & Recycling**, v. 45, p.368-400, 2005.

LEITE, P.R. **Logística reversa: meio ambiente e competitividade**. 2.ed. São Paulo: Publicare, 2009.

MAGERA, M.C. Os **Caminhos do lixo: da obsolescência programada à logística reversa**. Campinas, SP: Editora Átomo, 2013

STOCK, J.R. **Reverse logistics.**, Oak Brook, IL: Council of Logistics Management, 1992.

UNEP. **Sustainable Innovation and Technology Transfer Industrial Sector Studies. Recycling from e-waste to resources..** Relatório da ONU acerca do lixo eletrônico no mundo, julho 2009. Disponível em: <
[http://www.unep.org/PDF/PressReleases/EWaste_publication_screen_FINALVERSIO
N-sml.pdf](http://www.unep.org/PDF/PressReleases/EWaste_publication_screen_FINALVERSION-sml.pdf)>. Acesso em: 27 out. 2011.

XAVIER; CARVALHO,T.C.M.B. **Gestão de resíduos eletroeletrônicos.** 1. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2014.