



Encontro Internacional sobre Gestão  
Empresarial e Meio Ambiente

## **A logística reversa dos computadores no Brasil**

**ANA CAROLINA GONÇALVES CAETANO**

Universidade Federal de Santa Catarina  
carol-caetano7@hotmail.com

**MÔNICA MARIA MENDES LUNA**

Universidade Federal de Santa Catarina  
monica.luna@ufsc.br

# **A LOGÍSTICA REVERSA DOS COMPUTADORES NO BRASIL**

## **REVERSE LOGISTICS OF COMPUTERS IN BRAZIL**

### **RESUMO**

Os avanços tecnológicos e o aumento do consumo de equipamentos eletroeletrônicos, em especial de computadores, são acompanhados de um aumento na geração de resíduos provenientes desses equipamentos, os quais se descartados de forma inadequada causam riscos ao meio ambiente e à saúde do ser humano. A Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), aprovada em 2010, atribui a responsabilidade pela estruturação e implementação dos sistemas de logística reversa dos resíduos aos fabricantes, importadores, distribuidores e comerciantes de produtos eletroeletrônicos e seus componentes. Apesar disso o envolvimento destas organizações nos canais reversos é ainda incipiente. Este artigo caracteriza a cadeia de suprimentos e a cadeia reversa dos computadores, com destaque para a identificação das organizações envolvidas na recuperação dos resíduos de equipamentos eletroeletrônicos (REEE). As atividades de logística reversa realizadas por algumas empresas fabricantes são identificadas, com base em dados secundários, e um estudo de caso em uma empresa gerenciadora de resíduos é apresentado com a descrição detalhada das atividades que esta realiza. Os resultados mostram que existem inúmeros canais reversos de REEE, mas estes são formados, principalmente, por empresas gerenciadoras de resíduos, associações de catadores ou organizações não governamentais.

Palavras-chave: Logística reversa. Computadores. Sistema de logística reversa. REEE.

### **ABSTRACT**

The technological advances and the increasing consumption of electrical and electronic equipment, especially computers, lead to an increase in the amount of equipment waste. The improper disposal of waste electrical and electronic equipment (WEEE) cause risks to the environment and health of human being. The Brazilian National Solid Waste Policy (PNRS), approved in 2010, assigns the responsibility for structuring and implementing of e-waste reverse logistics systems to electrical and electronic products manufacturers, importers, distributors and traders. Nevertheless, the involvement of these organizations in the reverse channels is still incipient. This paper presents the computer supply chain and reverse chain, in identifying organizations involved in the recovery of WEEE. Based on secondary data, we describe the reverse logistics activities carried out by some computer manufacturers and we also identify the activities developed by a waste management company through a case study. Results show that different WEEE reverse channels are used but in most cases these channels are formed by waste management companies, collectors' associations or non-governmental organizations.

Key Words: Reverse logistics. Computers. Reverse Logistics System. E-waste

## **1. INTRODUÇÃO**

O mercado de equipamentos eletroeletrônicos (EEE) é um dos que mais tem crescido nos últimos anos, resultado dos avanços tecnológicos e do aumento do consumo destes produtos. Segundo a Associação Brasileira da Indústria Elétrica e Eletrônica (2014, p.42), em 2012, havia 99 milhões de computadores em uso, ou um computador para cada dois brasileiros e, segundo a Fundação Getúlio Vargas, a estimativa em 2014 era de 140 milhões, ou dois computadores para cada três habitantes. Este aumento do consumo de produtos com curtos ciclos de vida – os computadores, por exemplo, apresentam vida útil entre 2 e 5 anos – leva a geração de volumes crescentes de resíduos de equipamentos eletroeletrônicos (REEE).

Os REEE representam cerca de 5% dos resíduos urbanos no mundo, com a mais alta taxa de crescimento dentre os vários tipos de resíduos sólidos (GREENPEACE, 2009). No Brasil, em 2014, foram gerados cerca de 7,0 kg de REEE por habitante (STEP, 2015). Considerando uma população aproximada de 200 milhões de habitantes, o volume de REEE gerado é superior a 1,4 milhões toneladas por ano.

Além dos elevados volumes de REEE gerados, estes contêm uma grande variedade de materiais, alguns altamente tóxicos. As potenciais consequências adversas para a saúde e meio ambiente relacionadas ao manuseio e tratamento incorreto de REEE tem contribuído para aumentar as preocupações em relação à gestão dos REEE. Por outro lado, os REEE apresentam um grande potencial de reinserção na cadeia produtiva e, como destacam Ongondo, Williams e Cherrett (2011, p.715), podem ser considerados como uma fonte valiosa de metais – cobre, alumínio e ouro são alguns metais presentes nos EEE. Os autores ainda ressaltam que quando os recursos presentes nos resíduos não são recuperados, matérias-primas têm de ser extraídas e processadas para fabricação de novos produtos, o que resulta em perda significativa de recursos e danos ao ambiente, decorrente das atividades de mineração, manufatura, transporte e do uso de energia associado a estas atividades.

Ao longo dos últimos anos pressões políticas, econômicas, sociais e ambientais estão promovendo mudanças neste cenário. No Brasil, a aprovação em 2010 da Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) vem contribuindo para este processo de mudança. A PNRS obriga fabricantes, importadores, distribuidores e comerciantes de EEE a estruturar sistemas de logística reversa, como forma de viabilizar a reutilização, reciclagem, tratamento e a disposição final adequada dos resíduos.

Este artigo apresenta uma caracterização da cadeia de suprimentos e da cadeia reversa dos computadores, um dos produtos de maior destaque dentre os EEE da linha verde. O trabalho, além de identificar as organizações que fazem parte dos canais reversos dos REEE, ainda descreve as atividades desenvolvidas por estas organizações. O trabalho está organizado em seis seções, incluindo esta introdução. As demais seções apresentam: i) uma revisão teórica, onde são abordados temas relacionados à logística reversa e aos equipamentos eletroeletrônicos, com destaque para os computadores; ii) os procedimentos metodológicos, que descreve as várias etapas da pesquisa com destaque para o estudo de caso realizado em empresa gerenciadora de resíduos; iii) a análise e discussão dos resultados e; iv) as conclusões do trabalho.

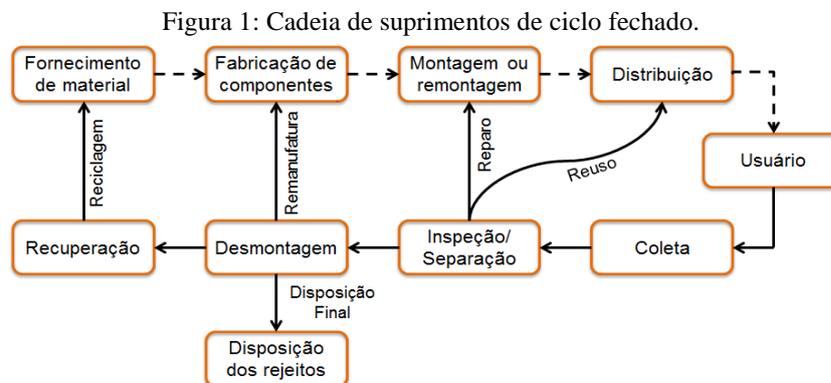
## **2. A LOGÍSTICA REVERSA**

A logística reversa (LR) é uma área da logística com foco na movimentação e gestão de produtos e recursos desde o ponto de consumo até o ponto de origem a fim de recuperar valor ou realizar o descarte adequado do produto (ROGERS; TIBBEN-LEMBKE, 1998; VITASEK, 2013). Esta vem sendo reconhecida, de acordo com Rodrigues e Pizzolato (2003 apud GUARNIERI, 2011, p. 49), como uma das fontes de vantagem competitiva das

empresas, devido a crescente disputa por mercados, os curtos ciclos de vida dos produtos, as pressões legais, a conscientização ecológica e as taxas de retorno relevantes em alguns segmentos do mercado. Além disso, o aumento da volatilidade da economia global e os sinais de esgotamento de recursos vêm forçando as empresas a explorarem maneiras de reutilizar produtos ou seus componentes e a restaurar materiais, energia e insumos de trabalho (ELLEN MACARTHUR FOUNDATION, 2013, p.2).

A visão de que as organizações produtivas devem ser responsabilizadas pelo gerenciamento do produto durante todo o ciclo de vida, incluindo o pós-consumo, fez com que as empresas procurassem se organizar para estruturar e implantar alternativas de sistemas de gestão de resíduos. Como destaca Xavier e Corrêa (2013), quando não é possível evitar ou minimizar a geração de resíduos, as alternativas consistem em reutilizar, recuperar, reciclar ou ainda, incinerar ou dar uma destinação final, alternativas menos desejáveis. Neste contexto, Leite (2009, p.19) define que o objetivo da LR pós-consumo é agregar valor aos bens ainda em condições de uso, mas inservíveis ao proprietário original, aos produtos que tenham alcançado o fim de sua vida útil, bem como os resíduos, podendo estes fluir por canais reversos de reuso, remanufatura, reciclagem ou serem encaminhados para disposição final.

Bei e Linyan (2005, p.19) exemplificam uma cadeia que combina a logística direta e a reversa a partir de uma visão holística, com objetivo de limitar a emissão e desperdícios de resíduos enquanto visa a prestação de serviços aos clientes a baixo custo. A cadeia de suprimentos de ciclo fechado, ou *closed-loop supply chain*, proposta pelo autor inclui as alternativas de reuso, reparo, remanufatura, reciclagem e disposição final. A Figura 1 ilustra este tipo de cadeia, onde o fluxo direto está representado pelas linhas tracejadas e o fluxo reverso pelas linhas sólidas.



Fonte: Adaptado de Bei e Linyan (2005).

### 3. OS COMPUTADORES E A LOGÍSTICA REVERSA

Os computadores são equipamentos eletroeletrônicos (EEE) – produtos cujo funcionamento depende do uso de corrente elétrica ou de campos eletromagnéticos (AGÊNCIA BRASILEIRA DE DESENVOLVIMENTO INDUSTRIAL, 2013, p.17) – compostos basicamente por metais ferrosos e não-ferrosos, plásticos, vidros, placas eletrônicas, além de cabos (TERRACYCLE, 2011).

Os computadores variam em termos de tamanho e capacidade destacando-se, entre os chamados computadores pessoais (PCs), os *desktops* e *laptops*. Os *desktops* são constituídos por componentes separados, sendo o principal deles a unidade de sistema, onde o monitor, *mouse* e teclado são conectados por meio de cabos (MICROSOFT, 2015). A unidade de sistema é, em sua maioria, uma caixa retangular, onde estão instalados os componentes eletrônicos que permitem o processamento de informações, sendo esses: gabinete, placa-mãe, placa de vídeo, processador, memória RAM, disco rígido ou *hard disc* (HD), fonte de

alimentação e *drive* ótico (JORDÃO, 2011; MICROSOFT, 2015). Os *laptops* são PCs mais leves que, ao contrário dos *desktops*, combinam a unidade de sistema, a tela e o teclado em um único gabinete (MICROSOFT, 2015). O Quadro 1 identifica os componentes dos computadores descritos.

Quadro 1: Componentes dos computadores.

Componente	Ilustração	Componente	Ilustração	Componente	Ilustração
Gabinete		Memória RAM		Placa-mãe	
HD		Monitor		Placa de vídeo	
Drive ótico		Processador		Fonte	
Mouse		Teclado		Cabos	

Fonte: Elaboração própria com base em Jordão (2011); Microsoft (2015); Submarino (2015).

Os computadores e os demais EEE, tornam-se resíduos de equipamentos eletroeletrônicos (REEE) ao alcançarem o final de sua vida útil (com ou sem perda de suas funcionalidades) (AGÊNCIA BRASILEIRA DE DESENVOLVIMENTO INDUSTRIAL, 2013, p.17; XAVIER; CORRÊA, 2013, p.64). Mas, o processo da LR tem início quando o usuário descarta seu computador, estando esse em condições de uso ou não (AGÊNCIA BRASILEIRA DE DESENVOLVIMENTO INDUSTRIAL, 2013, p.26). Esses REEE são, em geral, entregues pelos usuários em pontos de coleta ou recolhidos, no caso de grandes volumes, por empresas que fazem parte do canal reverso ou por catadores. Após a etapa de coleta, os REEE são encaminhados para estações de triagem, onde o mesmo é avaliado quanto à sua funcionalidade. Como destaca Gerbase e Oliveira (2012, p.1487) e Xavier e Côrrea (2013), aqueles produtos que não apresentam potencial de reuso ou remanufatura passam pelas seguintes etapas: i) desmontagem, sendo feita a separação dos componentes de acordo com o tipo de material; ii) descaracterização das peças e componentes, removendo informações como dados e logotipos; iii) compactação e/ou trituração; e iv) enfardamento. O material consolidado é encaminhado para a reciclagem, para dar origem à matéria-prima secundária, a qual poderá ser reinserida no processo produtivo.

Ao final deste processo, são gerados rejeitos – resíduos que não apresentam possibilidades de tratamento e recuperação – que são encaminhados a aterros sanitários para disposição final. Placas de circuito impresso (PCIs), monitores CRT e outros componentes dos computadores são classificados como resíduos perigosos e devem, no caso de constituírem rejeitos, serem eliminados em áreas licenciadas para este fim (AGÊNCIA BRASILEIRA DE DESENVOLVIMENTO INDUSTRIAL, 2013, p. 38-39).

### 3.1 A PNRS e as legislações em outros países.

No Brasil, foi promulgada, em 2 de Agosto de 2010, a Lei Federal nº 12.305/10 que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS). Esta lei estabelece a responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida do produto, ou seja, fabricantes, importadores, distribuidores, comerciantes, consumidores e os titulares dos serviços públicos de limpeza urbana e de manejo de resíduos sólidos são responsáveis por minimizar o volume de resíduos sólidos e rejeitos gerados, bem como por reduzir os impactos causados à saúde humana e à qualidade ambiental decorrentes do ciclo de vida dos produtos (BRASIL, 2010).

Dentre os artigos desta lei cabe destacar o 9º e o 33º, os quais tratam dos objetivos da lei e das responsabilidades das organizações que fazem parte da cadeia de suprimentos, respectivamente. O primeiro ressalta que “na gestão e gerenciamento de resíduos sólidos, deve ser observada a seguinte ordem de prioridade: não geração, redução, reutilização, reciclagem, tratamento dos resíduos sólidos e disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos”. O segundo trata da responsabilidade dos fabricantes, importadores, distribuidores e comerciantes de produtos eletroeletrônicos e seus componentes de estruturar e implementar sistemas de logística reversa, mediante retorno dos produtos após o uso pelo consumidor, de forma independente do serviço público de limpeza urbana e de manejo dos resíduos sólidos (BRASIL, 2010). A lei também prevê que sejam feitos acordos setoriais e termos de compromisso entre esses e o poder público, para implantação dos sistemas de logística reversa (SLR), estando o acordo setorial dos produtos eletroeletrônicos em fase de negociação.

Vale ressaltar que o princípio da responsabilidade compartilhada norteou a legislação brasileira, diferentemente dos países membros da União Europeia. Nestes países o princípio da responsabilidade estendida (*Extended Producer Responsibility*) atribui ao produtor a responsabilidade pelo tratamento dos resíduos. Sant’anna, Machado e Brito (2014) ao comparar ambos os princípios destacam:

A grande diferença é que o princípio de responsabilidade compartilhada, adotado pelo Brasil, não afasta a responsabilidade do poder público na gestão dos REEE; pelo contrário inclui a administração pública na categoria de corresponsável pelos resíduos, juntamente com iniciativa privada e a sociedade.

Para Barboza et al. (2014), a PNRS, se comparada a legislação internacional é, ao mesmo tempo, limitada e subjetiva em relação as responsabilidades do produtor. Para os autores, faltam metas claras, em especial se a lei 12.305/10 for comparada àquela de países como Japão e países membros da União Europeia.

Há ainda outras questões relacionadas à legislação brasileira que merecem destaque quando se trata da logística dos EEE e seus resíduos. No que se refere à produção de EEE, vários países, inclusive a Índia e a China, limitam a utilização de substâncias perigosas na fabricação de produtos eletroeletrônicos, diferentemente do Brasil, onde tal restrição é inexistente. Além disso, no Brasil também não existe regulamentação específica definindo as responsabilidades financeiras no custeio da LR, ao contrário da Suíça e estado da Califórnia, nos Estados Unidos, por exemplo, onde é estabelecido que a responsabilidade pelos custos de boa parte da reciclagem dos REEE é do consumidor, em forma de taxa que é revertida ao fundo dos produtores nestes países. Na China, são os fabricantes que pagam taxas a um fundo gerido pelo governo (SANT’ANNA; MACHADO; BRITO, 2014).

Outro ponto que vale ser salientado diz respeito às metas de reciclagem de REEE entre os países membros da União Europeia. Nesses países os produtores de EEE devem alcançar taxas entre 50% e 80% de reuso, reciclagem e recuperação de produtos, de acordo com a categoria dos produtos, sendo que, de acordo com Lehtinen (2006 apud OLIVEIRA; CAMARGO, 2009), a meta estabelecida é de 4,0 kg de REEE por habitante a cada ano. No Brasil, também não há definição de metas de reciclagem de REEE.

#### 4. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

O presente trabalho pode ser classificado, segundo seus objetivos, como uma pesquisa exploratória, tendo em vista que se busca descrever a organização da cadeia de suprimentos e da cadeia reversa dos computadores, além de caracterizar a estrutura do sistema de logística reversa, face as recentes mudanças na legislação. Em relação aos procedimentos técnicos, foram utilizados: i) a pesquisa bibliográfica, visando caracterizar a cadeia e o cenário da LR dos resíduos de computadores no Brasil; e ii) um estudo de caso, com o objetivo de descrever as atividades logísticas de uma empresa gerenciadora de REEE. O Quadro 2 apresenta os tipos de dados utilizados em cada etapa da pesquisa, assim como a natureza e as fontes.

Quadro 2: Coleta de dados.

<b>A CADEIA DE SUPRIMENTOS E A CADEIA REVERSA DOS COMPUTADORES</b>			
<b>Etapa</b>	<b>Dados</b>	<b>Natureza</b>	<b>Fontes</b>
Caracterização da cadeia de suprimentos	Secundários	Qualitativa	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Relatórios setoriais</li> </ul>
Identificação de atores envolvidos na LR, atividades realizadas e materiais processados	Secundários		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Artigos de periódicos nacionais</li> <li>• Teses e dissertações</li> <li>• Relatórios setoriais</li> <li>• Publicações virtuais de organizações</li> </ul>
	Primários		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Entrevistas na empresa gerenciadora de REEE</li> </ul>
<b>AS ATIVIDADES LOGÍSTICAS EM EMPRESA GERENCIADORA DE REEE</b>			
<b>Dados</b>		<b>Natureza</b>	<b>Fontes</b>
Primários		Qualitativa	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Entrevistas</li> <li>• Observação assistemática</li> </ul>
		Quantitativa	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Entrevistas</li> </ul>

Fonte: Elaboração própria.

##### 4.1 A cadeia de suprimentos e a cadeia reversa dos computadores

Para caracterizar a cadeia de suprimentos e a cadeia reversa dos computadores, buscou-se identificar fornecedores de insumos da indústria de computadores, fabricantes, demais organizações que participam dos canais de distribuição dos EEE e aquelas envolvidas na logística reversa.

Como os computadores são compostos principalmente de metais ferrosos e não-ferrosos, plásticos, vidros e placas eletrônicas, tem-se como matérias-primas desse produto, os minérios e o petróleo, obtidos na indústria extrativa. Na fabricação dos componentes dos computadores várias indústrias são integradas, tais como: plástico e borracha, minero-metalurgia, mecânica, química, eletrônica, componentes mecânicos e de materiais elétricos básicos (AGÊNCIA BRASILEIRA DE DESENVOLVIMENTO INDUSTRIAL, 2013, p.28). Os materiais e peças produzidos nessas indústrias constituem insumos das fabricantes de computadores que montam estes equipamentos.

A produção dos computadores é feita de forma modular e integrada, ou seja, os seus componentes e subcomponentes são reunidos em um conjunto de crescente complexidade. Cada um dos elementos pode ser manufaturado por fabricantes de diferentes partes do mundo; na produção brasileira de computadores muitos componentes são importados, especialmente de países do leste asiático (AGÊNCIA BRASILEIRA DE DESENVOLVIMENTO INDUSTRIAL, 2013, p.27-29). Na comercialização dos computadores aos usuários finais - pessoas físicas ou jurídicas - participam distribuidoras, grandes varejistas, pequeno comércio e sites de comércio eletrônico (*e-commerce*), além do chamado “mercado cinza” e das compras internacionais (AGÊNCIA BRASILEIRA DE DESENVOLVIMENTO INDUSTRIAL, 2013, p.33).

A cadeia reversa, por sua vez, tem início com o usuário que descarta o seu computador após o fim do seu ciclo de vida. Há diversos canais reversos pelos quais os REEE retornam à cadeia produtiva e dos quais participam: fabricantes, através de suas lojas representantes ou assistências técnicas; empresas de pequeno porte, que atuam no pré-processamento e reaproveitamento de EEE; cooperativas de catadores de material reciclável e sucateiros não regularizados.

Muitos fabricantes são responsáveis pela logística reversa dos equipamentos que comercializam, realizando desde a coleta até sua reciclagem ou disposição final, seja diretamente ou por meio de terceiros. O Quadro 3 apresenta um resumo das informações relativas às ações adotadas pelos fabricantes de computadores no processo de LR, coletadas com base em dados secundários. Pode-se identificar nesta pesquisa que alguns fabricantes terceirizam o processo de manufatura reversa (triagem, desmontagem e separação de materiais), como é o caso da Dell e a Apple. Em relação ao processo reciclagem, fica claro que todos os fabricantes pesquisados deixam esta atividade a cargo de empresas de reciclagem. Deve se destacar que alguns fabricantes como a Dell e Apple reutilizam componentes na fabricação de novos produtos e, a IBM revende computadores remanufaturados, principalmente a empresas que estão montando uma estrutura de redundância ou de recuperação de desastres e, na impossibilidade de remanufatura, revendem as peças a empresas de manutenção (DRSKA, 2014).

Quadro 3: Ações adotadas pelas fabricantes de computadores para a LR.

Fabricante	Coleta	Manufatura reversa	Ações adicionais
Dell	Agendada	Terceirizado	Inclusão digital e reutilização de materiais
Itautec	Agendada ou Pontos de coleta	Realizada pela empresa	-
HP	Agendada ou <i>Trade-in</i>	Realizada pela empresa	Reciclagem de outros materiais
Apple	Lojas representantes	Terceirizado	Reutilização de materiais
Positivo	Assistência técnica	Realizada pela empresa	Reciclagem de outros materiais
IBM	Não especificado	Realizada pela empresa	Venda de peças para empresas de manutenção

Fonte: Elaboração própria com base em Apple (2015a); Apple (2015b); Drska (2014); Dweck (2010); HP (2012); HP (2015a); HP (2015b); Itautec (2011); Positivo Informática (2010); Terra (2006).

Computadores descartados em campanhas ou em postos de coleta são, muitas vezes, encaminhados a empresas especializadas no pré-processamento de REEE ou a organizações não governamentais (ONGs), o que depende das ações e parcerias adotadas por esses, em suas atividades. Os computadores encaminhados a instituições sociais geralmente são revendidos ou utilizados em programas de inclusão digital, sendo o restante encaminhado a empresas de triagem e/ou pré-processamento (COMUNELLO, 2013). Também é comum que computadores que chegam até as cooperativas de catadores, sejam posteriormente enviados às empresas de pré-processamento, conhecidas como gerenciadoras de REEE, que realizam a manufatura reversa desse material. Estas gerenciadoras, após triagem dos materiais, os encaminham às empresas recicladoras que, de acordo com Estadão (2014), também recebem aparelhos de ONGs, fabricantes e lojistas.

Os materiais obtidos na manufatura reversa dos REEE que seguem para a reciclagem são: plásticos; metais ferrosos e não-ferrosos; placas de circuito impresso (PCIs) e componentes que necessitam de tratamentos especiais, tais como monitores e baterias (REVISTA QUÍMICA INDUSTRIAL, 2013).

Os componentes plásticos dos computadores são compostos por polímeros termoplásticos, que podem ser transformados, processados e reprocessados. A técnica de reciclagem mais utilizada no Brasil, neste caso, é a reciclagem mecânica, onde o plástico é transformado em grânulos que poderão ser reutilizados na produção de novos produtos. (GERBASE; OLIVEIRA, 2012, p.1488). Os plásticos isolantes dos fios e cabos elétricos não podem ser reutilizados na fabricação destes mesmos produtos por questões de segurança, sendo reutilizados, portanto, na fabricação de solados de calçados, mangueiras, manoplas, entre outros (NETO, 2002).

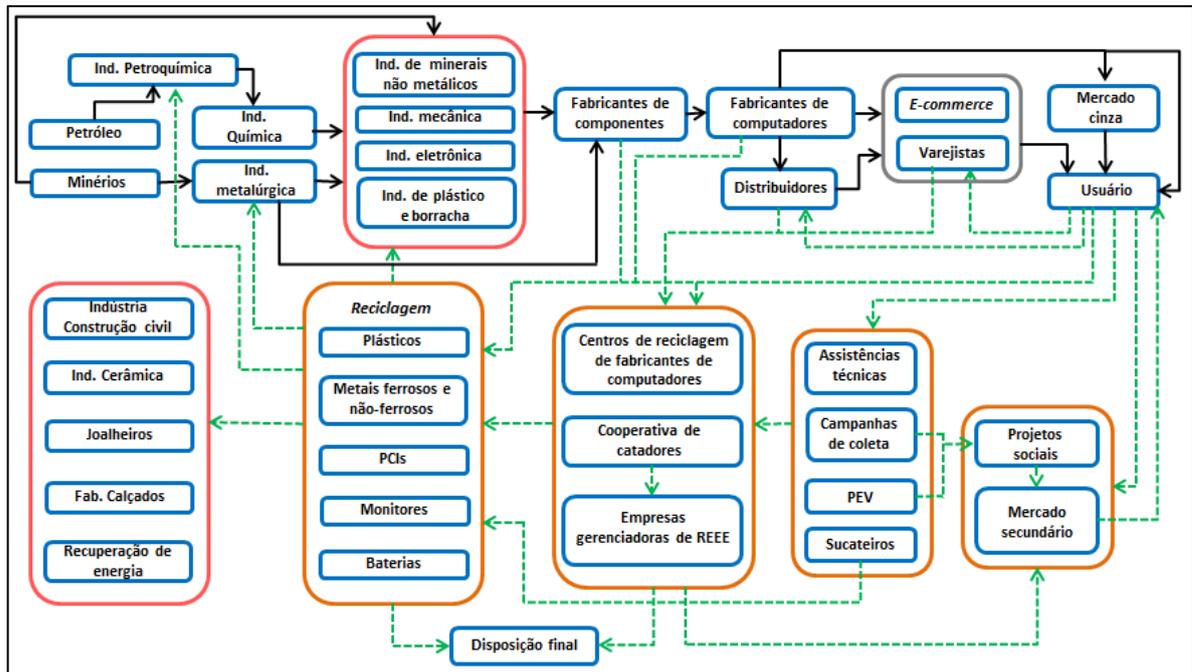
Os metais ferrosos são encaminhados às recicladoras, que produzem aços e minérios de ferro a partir dos resíduos, gerando produtos para os setores da construção civil, indústria, agropecuária e automotiva (GERDAU, 2015). Os metais preciosos das PCIs, como o ouro e a prata, correspondem a 80% de seu valor intrínseco, motivo pelo qual a maioria dos processos de reciclagem é direcionada a recuperação desses metais (DARBY; OBARA, 2005 apud MORAES, 2011, p.11). Após a reciclagem, os metais preciosos são revendidos a joalheiros e outras indústrias que os utilizam novamente apenas para os circuitos de telefones celulares (PORTAL RESÍDUOS SÓLIDOS, 2013). No Brasil ainda não existe processo de reciclagem para as PCIs, sendo estas apenas trituradas e, em seguida, exportadas para outros países, como Canadá, Bélgica e Cingapura (GERBASE; OLIVEIRA, 2012, p.1491).

A reciclagem das baterias é feita pela fundição, sendo o plástico reaproveitado como fonte de energia e a liga metálica enviada ao refino para gerar cobalto e níquel, que poderão ser utilizados na produção de novas baterias (ESTADÃO, 2014).

Com relação aos monitores, na reciclagem dos CRT as partes da carcaça e peças internas são separadas de acordo com os tipos de materiais, restando ao fim o CRT, que é composto pelo painel frontal, que contém pó de fósforo e alguns metais pesados em seu interior, e pelo funil de vidro, que contém o chumbo. O pó de fósforo é aspirado do painel e o vidro limpo é enviado à fundição, tornando-se matéria-prima secundária na fabricação de tijolos, telhas, materiais cerâmicos, entre outros. O funil de vidro, por sua vez, pode ir para fundição de chumbo, que irá utilizar um processo térmico para recuperar o metal (GERBASE; OLIVEIRA, 2012, p.1488). Dos monitores de LCD aproveita-se geralmente apenas o vidro, para geração de novos produtos, e o restante é incinerado, sendo que, em alguns casos, o monitor inteiro é encaminhado a aterros sanitários (INOVAÇÃO TECNOLÓGICA, 2009).

Ao final da desmontagem e triagem, aqueles materiais, componentes e peças que não apresentam possibilidade de reuso, remanufatura ou reciclagem, são encaminhados a aterros sanitários enquanto os classificados como perigosos são destinados a empresas especializadas para que ocorra sua disposição final adequada (FRANCO, 2008 apud AGÊNCIA BRASILEIRA DE DESENVOLVIMENTO INDUSTRIAL, 2013, p.39). Uma representação genérica da cadeia de suprimentos e da cadeia reversa dos computadores é mostrada na Figura 2, na qual estão identificados os atores que fazem parte da cadeia de suprimentos e os canais de distribuição diretos e reversos, representados por linhas cheias e tracejadas, respectivamente.

Figura 2: Cadeia de suprimentos dos computadores.



Fonte: Elaboração própria.

#### 4.2 As atividades logísticas em empresa gerenciadora de resíduos eletroeletrônicos

Visando compreender as atividades desempenhadas por uma das empresas que participa do canal reverso, uma microempresa gerenciadora de REEE localizada na grande Florianópolis, no estado de Santa Catarina, foi objeto de um estudo de caso ao longo de um semestre. Especializada na manufatura reversa e gerenciamento de REEE, a empresa atua na área desde 2008.

Na cadeia reversa da qual a empresa participa podem ser identificadas as seguintes organizações: os geradores; empresas intermediárias; empresas onde estão presentes os pontos de entrega voluntária (PEVs); além de empresas de beneficiamento.

Os geradores são aqueles que descartam os EEE, entre os quais se incluem as instituições públicas e privadas e pessoas físicas; as empresas intermediárias dizem respeito àquelas que realizam coleta e/ou triagem primária dos REEE, podendo ser uma associação de catadores, sucateiros e outras empresas gerenciadoras de REEE. Há ainda as empresas onde estão os Pontos de Entrega Voluntária (PEVs) – locais onde o usuário pode descartar os REEE de pequeno porte – e as empresas de beneficiamento, responsáveis pela separação e/ou reciclagem dos resíduos dos computadores.

A empresa gerenciadora recebe os REEE diretamente dos geradores ou dos PEVs. A coleta dos REEE, tanto nos geradores quanto nos PEVs, é realizada pela empresa gerenciadora, à exceção de pequenos volumes, caso em que os geradores transportam os resíduos até a empresa. Em Florianópolis, os PEVs onde a empresa analisada coleta REEE estão sob a responsabilidade de uma ONG parceira. Em algumas ocasiões, esta ONG e a Câmara de Dirigentes Logísticos (CDL) organizam campanhas de coleta de REEE, cujo material é encaminhado à empresa gerenciadora. Outros canais reversos ainda incluem empresas intermediárias, que coletam os REEE nos geradores, – como outras empresas gerenciadoras de REEE, inclusive de outras regiões do país, que não realizam manufatura reversa de alguns componentes – catadores e sucateiros. No caso de materiais provenientes de outros estados, a coleta fica a cargo de empresas terceirizadas de transporte.

A empresa gerenciadora analisada recebe, em média, de 20 a 40 toneladas de REEE por mês, sendo que os resíduos dos computadores representam cerca de 75% desse total. No recebimento dos REEE a empresa emite um certificado de destinação adequada dos resíduos.

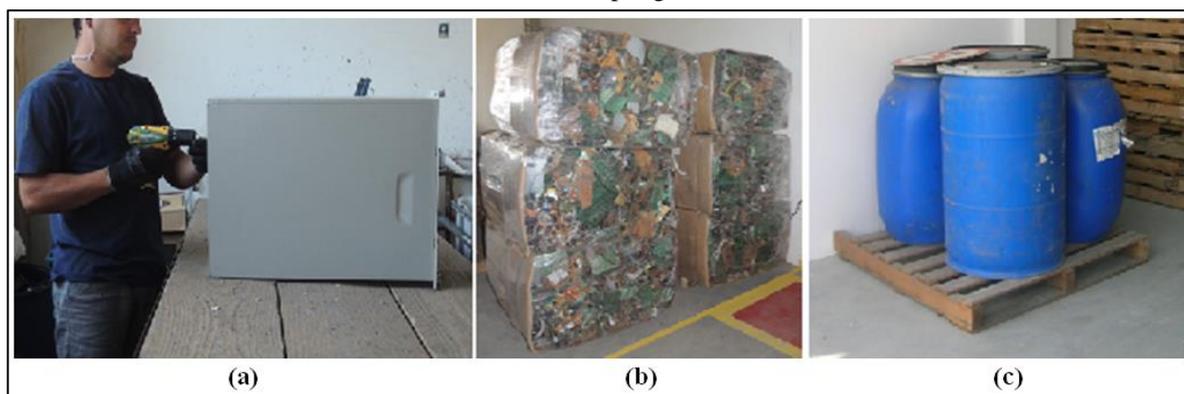
Os computadores e demais REEE recebidos pela empresa são identificados e pré-selecionados. Nesta pré-seleção, ou triagem, aqueles REEE com possibilidade de ser reaproveitados são encaminhados para a remanufatura e o restante segue para reciclagem ou disposição final adequada. Atualmente, um funcionário da empresa e um da ONG parceira são responsáveis pela remanufatura dos computadores. Os computadores remanufaturados pelo primeiro recebem um selo de garantia e são encaminhados para posterior venda a assistências técnicas e outros canais de revenda, enquanto os recuperados pelo segundo funcionário são encaminhados à ONG.

Os computadores que não podem ser remanufaturados seguem para a desmontagem (Figura 3a). Essa atividade é feita manualmente por dois funcionários devidamente treinados e protegidos com equipamentos de proteção individual (EPIs), os quais também realizam outras atividades, tais como a descaracterização, separação, classificação e armazenamento dos resíduos, descritas a seguir.

A descaracterização dos resíduos pode ser feita por meio de raspagens, furação, quebra ou prensagem. Feito isso, os resíduos seguem para a separação e classificação por tipos de materiais. Da unidade de sistema dos computadores são separadas as seguintes peças: PCIs, fonte, HDs, processador, *drives*, carcaça e fios, sendo que dos *laptops* também se separa a tela. Dos monitores de plasma, LCD e LED são separadas as carcaças e os materiais perigosos. Esses materiais são então acondicionados e, em seguida, é feita a pesagem e o armazenamento dos resíduos, exceto as PCIs, que passam ainda pelo processo de prensagem e enfardamento.

Os *drives* que possuem PCIs são desmontados para a retirada das mesmas, do contrário são encaminhados para empresa parceira que realiza a manufatura reversa dos mesmos. As PCIs, além dos processadores, são exportadas para empresas de beneficiamento (Figura 3b) e, em poucos casos, revendidas a gerenciadoras de REEE brasileiras que também os exportam.

Figura 3: (a) Processo de desmontagem do computador (b) PCIs enfardadas para exportação (c) armazenamento de resíduos perigosos.



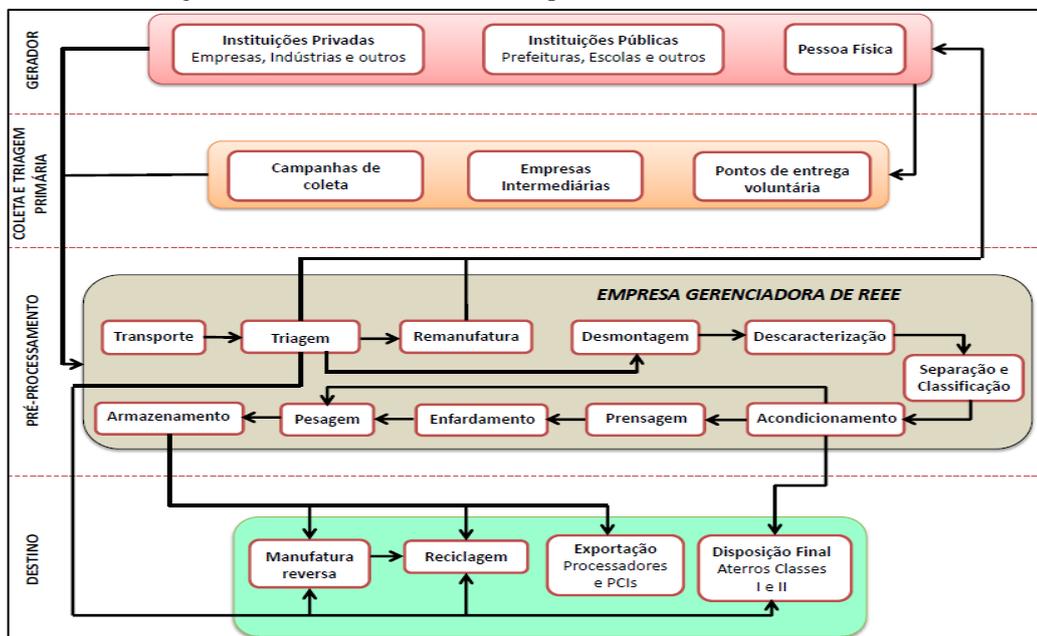
Fonte: Dados primários.

Os componentes como carcaças metálicas, fontes, monitores CRT, *mouses* e teclados são enviados a empresas parceiras que atuam na manufatura reversa desses componentes e que os encaminham para posterior beneficiamento, enquanto os fios são encaminhados a empresas que realizam o beneficiamento desse material, para reciclagem do cobre.

Por fim, as carcaças dos monitores de plasma, LCD e LED são enviadas a uma empresa parceira que faz a separação dos materiais poliméricos ou diretamente às empresas de beneficiamento de polímeros. Os materiais perigosos, tais como restos de PCIs, capacitores,

entre outros, inclusive o vidro, são destinados aos aterros industriais classe I, sendo armazenados em tambores como ilustra a Figura 3c. Na Figura 4, estão esquematizadas as atividades da LR dos computadores e o fluxo dos resíduos, desde o descarte até o retorno dos materiais à reciclagem.

Figura 4: Atividades da LR dos computadores e o fluxo dos resíduos.



Fonte: Elaboração própria.

No despacho de cada um dos resíduos citados são emitidas notas fiscais, além do Manifesto de Transporte de Resíduos (MTR). Além, disso, são repassados à empresa gerenciadora, certificados e declarações de destinação ambientalmente adequada.

A empresa gerenciadora se baseia na quantidade e tipo de PCI presente nos REEE para definição do preço na compra de material, pois como as PCIs são exportadas, o preço de venda sofre influência do valor do dólar. O transporte dos resíduos após processados pela empresa gerenciadora é, em geral, de responsabilidade das empresas compradoras.

Em relação aos custos de operação da empresa, o entrevistado, representante da empresa gerenciadora de resíduos, informou que a maior parcela dos custos refere-se à mão de obra e aluguel do galpão, que juntos representam cerca de 60% dos custos totais. É importante acrescentar que a significativa variação da necessidade de mão de obra contribui para elevação dos custos, pois, ao receber grandes carregamentos de REEE, a empresa contrata funcionários terceirizados a um custo mais alto. O transporte é citado como o segundo componente relevante dos custos da empresa, representando de 15% a 20% dos custos.

Dentre as maiores dificuldades enfrentadas no processo de manufatura reversa citadas pelo entrevistado está a necessidade de efetuar levantamento de informações em relação aos resíduos recebidos e vendidos, dado que estas informações devem ser prestadas aos órgãos do governo, como por exemplo, o Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA).

## 5. ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

A implementação de sistemas de logística reversa dos REEE no Brasil vem caminhando a passos lentos, o que é ratificado pelo fato de, após cinco anos da aprovação da PNRS, ainda não haver um acordo setorial firmado pelo grupo de EEE. O levantamento das iniciativas dos

fabricantes em relação à LR de REEE permitiu observar que alguns fabricantes de computadores estão desenvolvendo ações diversas mas sem uma estrutura de canais reversos que conte com a participação dos demais atores destas cadeias, como distribuidores e comerciantes, conforme prevê a PNRS. Por outro lado, há diversos canais reversos formados por cooperativas de catadores, empresas gerenciadoras de REEE e ONGs que garantem a recuperação de um elevado volume de material. Apesar disso, estas organizações raramente trabalham em parceria com os fabricantes de computadores, a exemplo da empresa objeto do estudo de caso.

O documentário Lixo eletrônico no Brasil (2012) salienta que a meta das grandes fabricantes de EEE era lançar linhas ecológicas, porém, o que se observa é que poucos fabricantes vêm buscando incorporar, de fato, materiais reciclados em seus produtos – destaca-se somente o caso da Dell que, em junho do ano passado, lançou seu primeiro computador fabricado a partir de plásticos reciclados no Brasil (DRSKA, 2014). Talvez a pouca preocupação com o que dispõe o artigo 9º da PNRS, “a não geração, redução, reutilização, reciclagem, tratamento dos resíduos sólidos e disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos”, por parte dos fabricantes se deva ao princípio de responsabilidade compartilhada que orienta a legislação brasileira. Aliás, Novaes (2015, p.142) destaca que os objetivos da responsabilidade estendida do produtor são exatamente evitar este problema, dado que este princípio procura forçar as indústrias a investirem no desenvolvimento de produtos e processos sustentáveis e evitar ao máximo a incineração de rejeitos ou seu lançamento em aterros sanitários.

Em relação à cadeia de suprimentos dos computadores, percebe-se que as matérias-primas secundárias, provenientes da reciclagem dos REEE, não retornam a esta cadeia, ou seja, a maior parte da reciclagem é externa: o material recuperado é destinado a outras cadeias produtivas. Isso pode ser justificado pelas dificuldades tecnológicas na recuperação de materiais, em especial os perigosos, e pelo grande número de empresas envolvidas no processo de produção das peças e componentes dos computadores – com pouca interação entre as recicladoras e os fabricantes de componentes dos computadores, presentes em diversas partes do mundo. Além disso, não se identifica iniciativas, por parte dos fabricantes de computadores no Brasil, voltadas à melhoria das atividades desenvolvidas no sistema de logística reversa dos REEE como, por exemplo, projetos de computadores com desmontagem ágil ou “manuais” acoplados aos mesmos, identificando os materiais presentes na sua composição. A visão integrada da logística de distribuição e da logística reversa, ou seja, o *closed-loop supply chain* não é adotada pelas empresas do setor.

A pesquisa permitiu observar que a cadeia reversa dos computadores é formada por diversos canais de retorno, outro fator que dificulta a estruturação de um SLR eficiente. Se por um lado isso facilita o descarte, ao permitir que o usuário possa escolher o meio mais conveniente de fazê-lo, por outro lado menores volumes de resíduos em vários pontos elevam os custos de transportes e das demais atividades logísticas, o que poderia ser minimizado se houvesse um melhor planejamento e organização desses canais.

Mesmo com diversas possibilidades de descarte, dados mostram que grandes volumes de REEE são descartados, pelo usuário doméstico, no lixo comum. Segundo o Ministério do Meio Ambiente (2014), mais de um milhão de computadores são descartados de forma inadequada todos os anos no Brasil. A conscientização da população com propagandas, campanhas ou até mesmo incentivo financeiro, poderia contribuir para fomentar uma mudança de comportamento e minimizar os riscos provenientes do descarte inadequado dos REEE. Apesar disso, não se percebe, por parte do governo ou das empresas envolvidas neste processo, ações voltadas à disseminação de informação sobre o descarte adequado. O que vem sendo feito por alguns fabricantes de computadores é a adoção de vendas *trade-in*, que incentivam o descarte adequado dos seus produtos, como é o caso da HP, Apple e IBM, sendo

que esta última possui uma vantagem na coleta de seus equipamentos pelo fato de trabalhar com contratos de *leasing*, os quais garantem maior interação da empresa com o cliente.

O fato dos fabricantes de computadores realizarem a LR de seus produtos contribui para o controle dos REEE, mas como os computadores no mercado informal e as importações têm uma grande penetração no Brasil, as empresas gerenciadoras de REEE e cooperativas de catadores se fazem necessárias.

A análise dos dados obtidos na empresa gerenciadora de REEE permitiu identificar que os maiores custos de LR estão relacionados ao pessoal e aluguel do galpão, não tendo o transporte um valor tão significativo, talvez porque se trate de um resíduo no qual a manufatura reversa apresenta maior complexidade e o qual apresenta valor agregado mais alto, se comparado a outros tipos de resíduos. Na indústria aparista, por exemplo, o custo de transporte de resíduo de papel para embalagem é o mais significativo dentre as operações de LR (PEREIRA et al., 2014).

## 6. CONCLUSÕES

Este trabalho apresentou a descrição da cadeia de suprimentos dos computadores, assim como a cadeia reversa, identificando as organizações envolvidas no sistema de logística reversa e as atividades que desempenham. Com base na análise de dados secundários e dados primários obtidos por meio de um estudo de caso em empresa gerenciadora de REEE, foi possível destacar a complexidade dos canais que fazem parte do sistema de LR dos REEE no Brasil.

Apesar da aprovação da PNRS, em 2010, fica claro que os canais reversos de REEE são formados por diversas organizações que não fazem parte dos canais de distribuição, ao contrário do que prevê a legislação. Além disso, poucas iniciativas podem ser identificadas por parte das empresas fabricantes visando a não geração, redução, reutilização e reciclagem dos REEE. A análise da legislação permitiu observar que, ao contrário do que ocorre na União Europeia, não há definição clara de responsabilidades nem metas de reciclagem para os fabricantes. Pode-se constatar que a maior parte dos canais reversos é formada por empresas gerenciadoras de resíduos, associações ou cooperativas de catadores ou, ainda, organizações não governamentais. Há pouco envolvimento das empresas fabricantes de computadores na estruturação e implementação do sistema de LR dos REEE.

No que se refere ao processo de manufatura reversa dos computadores, o estudo de caso em uma empresa de gerenciamento de REEE mostra que a grande quantidade de componentes e a diversidade de materiais presentes nos computadores dificultam e encarecem o processo de logística reversa desses materiais. O maior envolvimento dos fabricantes no processo de logística reversa poderia incentivar as indústrias a investirem no desenvolvimento de produtos que facilitassem as atividades da manufatura reversa.

Tendo em vista que, no presente estudo, foi realizada uma análise das atividades de LR com foco em uma empresa gerenciadora de REEE sugere-se, para trabalhos futuros, um estudo das atividades desenvolvidas pelos demais atores da cadeia reversa, como empresas de reciclagem de materiais. Este tipo de estudo permitirá identificar em quais cadeias produtivas esses são inseridos, bem como obter informações mais precisas sobre a reutilização dos resíduos.

## REFERÊNCIAS

AGÊNCIA BRASILEIRA DE DESENVOLVIMENTO INDUSTRIAL. **Logística Reversa de Equipamentos Eletroeletrônicos: Análise de Viabilidade Técnica e Econômica.** 2013.

APPLE. **Reciclagem de computadores e monitores.** 2015a. Disponível em: <<http://www.apple.com/br/recycling/computer/>>. Acesso em: 03 maio 2015.

\_\_\_\_\_. **Responsabilidade ambiental.** 2015b Disponível em: <<http://www.apple.com/br/environment/finite-resources/>>. Acesso em: 10 mai. 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA ELÉTRICA E ELETRÔNICA. **Propostas para o Desenvolvimento da Indústria Brasileira e do Setor Elétrico e Eletrônico.** 2014.

BARBOZA, Marinalva Rodrigues et al. Reverse Logistics of Information and Communication Technology Equipment: A Comparative Assessment of Laws and Programs. **IFIP Advances In Information And Communication Technology**, [s.l.], 439 (PART 2), p.114-121, 2014.

BEI, Wang; LINYAN, Sun. A review of reverse logistics. **Applied Sciences**, v. 7, p.16-29, 2005.

BRASIL (2010). Lei nº 12.305, de 02 de janeiro de 2010. Institui a política nacional de resíduos sólidos; altera a lei no 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. Brasília.

COMUNELLO, Patrícia. **Logística reversa para lixo eletrônico aguarda definição de regras no país.** In: Jornal do Comércio. 2013. Disponível em: <<http://jcrs.uol.com.br/site/noticia.php?codn=116497>>. Acesso em: 05 jun. 2015.

DRSKA, Moacir. **A estratégia por trás da reciclagem de computadores.** In: Brasil Econômico. 2014. Disponível em: <<http://brasileconomico.ig.com.br/negocios/2014-08-18/a-estrategia-por-tras-da-reciclagem-de-computadores.html>>. Acesso em: 03 maio 2015.

DWECK, Denise. **Para onde vai seu computador velho?** In: Planeta Sustentável. 2010. Disponível em: <<http://planetasustentavel.abril.com.br/noticia/lixo/onde-vai-seu-computador-velho>>

ELLEN MACARTHUR FOUNDATION. **Towards the circular economy:** Economic and business rationale for an accelerated transition - Executive Summary. [s.l.], 2013.

ESTADÃO. **Produção de lixo eletrônico é cinco vezes maior que há 14 anos.** 2014. Disponível em: <<http://blogs.estadao.com.br/link/onu-adverte-que-lixo-eletronico-e-bomba-ecologica-para-o-planeta/>>. Acesso em: 15 abr. 2015.

GERBASE, Annelise Engel; OLIVEIRA, Camila Reis de. Reciclagem do lixo de informática: uma oportunidade para a química. **Química Nova**, [s.l.], v. 35, n. 7, p.1486-1492, jan. 2012.

GERDAU. **Produtos e Serviços.** 2015. Disponível em: <<http://www.gerdau.com.br/produtos-e-servicos/Default.aspx>>. Acesso em: 24 maio 2015.

GREENPEACE. **The e-waste problem.** [ca. 2009]. Disponível em: <<http://www.greenpeace.org/international/en/campaigns/detox/electronics/the-e-waste-problem/>>. Acesso em: 02 abr. 2015.

GUARNIERI, Patrícia. **Logística Reversa: Em busca do equilíbrio econômico e ambiental.** Recife: Clube de Autores, 2011.

HP. **Programa de reciclagem de embalagens de produtos HP.** [ca. 2015a]. Disponível em: <[http://www.hp.com/latam/br/reciclar/programa\\_reciclagem.html](http://www.hp.com/latam/br/reciclar/programa_reciclagem.html)>. Acesso em: 03 mai. 2015.

\_\_\_\_\_. **Reciclagem de Produtos HP – Hardware.** [ca. 2015b]. Disponível em: <[http://www.hp.com/country/br/pt/companyinfo/globalcitizenship/reciclagem\\_hardware.html](http://www.hp.com/country/br/pt/companyinfo/globalcitizenship/reciclagem_hardware.html)>. Acesso em: 03 maio 2015.

HP reciclagem. Realização de Criato Comunicação. 2012. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=27u98XykUJ4>>. Acesso em: 11 maio 2015.

INOVAÇÃO TECNOLÓGICA. **Reciclagem de telas LCD produz material para uso médico.** 2009. Disponível em: <[http://www.inovacaotecnologica.com.br/noticias/noticia.php?artigo=reciclagem-telas-lcd-produz-material-uso-medico&id=010125090727#.VVrlu\\_IViko](http://www.inovacaotecnologica.com.br/noticias/noticia.php?artigo=reciclagem-telas-lcd-produz-material-uso-medico&id=010125090727#.VVrlu_IViko)>. Acesso em: 19 maio 2015.

ITAUTEC. **Itautec e sustentabilidade: Guia do usuário consciente de produtos eletrônicos.** 2. ed. [s.l.], 2011.

JORDÃO, Fábio. **O que tem dentro do seu computador?** 2011. Disponível em: <<http://www.tecmundo.com.br/infografico/9709-o-que-tem-dentro-do-seu-computador-infografico-.htm>>. Acesso em: 21 abr. 2015.

LEITE, Paulo Roberto. **Logística Reversa: Meio ambiente e competitividade.** 2. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2009.

LIXO eletrônico no brasil. Realização de Caminhos da Reportagem. 2012. Disponível em: <[https://www.youtube.com/watch?t=11&v=gYk\\_ssODOiA](https://www.youtube.com/watch?t=11&v=gYk_ssODOiA)>. Acesso em: 01 maio 2015.

MICROSOFT. **Introdução aos computadores.** 2015. Disponível em: <<http://windows.microsoft.com/pt-br/windows/introduction-to-computers#1TC=windows-7>>. Acesso em: 23 mar. 2015.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos: Instrumento de Responsabilidade Socioambiental na Administração Pública.** Brasília, 2014.

MORAES, Viviane Tavares de. **Recuperação de metais a partir do processamento mecânico e hidrometalúrgico de placas de circuito impressos de celulares obsoletos.** 2010. 119 p. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Metalúrgica e de Materiais, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2011.

NETO, Miguel Bahiense. **Reciclagem de fios e cabos isolados com PVC.** 2002. Disponível em: <[http://www.prysmianclub.com.br/revista/PClub\\_18/frame\\_artigo.html](http://www.prysmianclub.com.br/revista/PClub_18/frame_artigo.html)>. Acesso em: 25 maio 2015.

NOVAES, Antônio Galvão. **Logística e gerenciamento da cadeia de distribuição: Estratégia, operação e avaliação.** 4. ed revista. Rio de Janeiro: Elsevier, 2015.

OLIVEIRA, Gérson Corrêa de; CAMARGO, Serguei Aily Franco de. O paradoxo do tratamento dos resíduos de equipamentos elétricos e eletrônicos. In: Congresso Nacional do CONPEDI, XVIII, 2009, São Paulo. 2009. p. 2731 - 2749.

ONGONDO, F.O.; WILLIAMS, I.D.; CHERRETT, T.J.. How are WEEE doing? A global review of the management of electrical and electronic wastes. **Waste Management**. [s.l.], p. 714-730. abr. 2011.

PEREIRA, Henrique Nascimento et al. As atividades da logística reversa e a cadeia de suprimentos do papel para embalagem. In: Encontro Internacional sobre Gestão Empresarial e Meio Ambiente. 2014.

PORTAL RESÍDUOS SÓLIDOS. **Minério Urbano: as novas fronteiras dos garimpeiros**. 2013. Disponível em: <<http://www.portalresiduossolidos.com/minerio-urbano-as-novas-fronteiras-dos-garimpeiros/>>. Acesso em: 24 maio 2015.

POSITIVO INFORMÁTICA. **TI verde: Guia do Consumidor Consciente**. [s.l.], 2010

REVISTA DE QUÍMICA INDUSTRIAL. Lixo eletrônico. **Revista de Química Industrial**, [s.l.], p.14-19, 2013.

ROGERS, Dale S.; TIBBEN-LEMBKE, Ronald S.. **Going Backwards: Reverse Logistics Trends and Practices**. Reno: Reverse Logistics Executive Council, 1998.

SANT'ANNA, Lindsay Teixeira; MACHADO, Rosa Teresa Moreira; BRITO, Mozar José de. Os resíduos eletroeletrônicos no Brasil e no exterior: diferenças legais e a premência de uma normatização mundial. **Revista de Gestão Social e Ambiental**, São Paulo, v. 8, n. 1, p.37-53, jan. 2014.

STEP. **Overview of e-waste related information**. 2015. Disponível em: <[http://www.step-initiative.org/Overview\\_Brazil.html](http://www.step-initiative.org/Overview_Brazil.html)>. Acesso em: 02 abr. 2015.

SUBMARINO. **Informática**. 2015. Disponível em: <<http://www.submarino.com.br/loja/259172/informatica>>. Acesso em 12 set. 2015.

TERRA. **Dell lança programa de reciclagem de produtos no Brasil**. 2006. Disponível em: <<http://tecnologia.terra.com.br/noticias/0,,OI1296813-EI12882,00-Dell+lanca+programa+de+reciclagem+de+produtos+no+Brasil.html>>. Acesso em: 03 maio 2015.

TERRACYCLE. **Centro de Reciclagem Itaotec**. 2011. Disponível em: <<http://www.terracecycle.com.br/pt-BR/pages/centro-de-reciclagem-itaotec.html>>. Acesso em: 03 maio 2015.

VITASEK, Kate (Comp.). **Supply Chain Management: Terms and Glossary**. 2013. Disponível em: <<https://cscmp.org/research/glossary-terms>>. Acesso em 10 abr. 2015.

XAVIER, Lúcia Helena; CORRÊA, Henrique Luiz. **Sistemas de Logística Reversa**. São Paulo: Atlas, 2013.