

A Cadeia de Suprimentos e a Cadeia¹ Reversa dos Computadores

Computer Supply and Reverse Chains

Ana Carolina Gonçalves Caetano^a

Mônica Maria Mendes Luna^b

^aMestranda no Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção pela Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis – SC, Brasil
carol-caetano7@hotmail.com

^bCoordenadora dos cursos de Engenharia de Produção e Supervisora do Núcleo de Redes de Suprimentos na Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis – SC, Brasil
monica.luna@ufsc.br

Recebido em 04.04.2016

Aceito em 25.05.2016

ARTIGO - DOSSIÊ

RESUMO

O aumento no consumo de equipamentos eletroeletrônicos, em especial de computadores, é acompanhado de um aumento na geração de resíduos provenientes destes, os quais, se descartados de forma inadequada, causam riscos ao meio ambiente e à saúde do ser humano. Este artigo caracteriza a cadeia de suprimentos e a cadeia reversa dos computadores, com destaque para a identificação das organizações envolvidas na recuperação e/ou destinação dos resíduos de equipamentos eletroeletrônicos (REEE) ao final de sua vida útil. Com base em dados secundários e em um estudo de caso em empresa gerenciadora de resíduos, foram identificados os atores envolvidos nessa cadeia e as atividades de Logística Reversa que realizam. Os resultados mostram que, entre os canais reversos identificados de REEE, poucos são efetivamente utilizados, destacando-se aqueles onde participam as empresas gerenciadoras de REEE e associações de catadores. Fabricantes, importadores, distribuidores e comerciantes de eletroeletrônicos ainda apresentam participação incipiente nesses canais.

Palavras-chave: Logística Reversa. Computadores. REEE. Cadeia reversa. Canais reversos.

¹ Artigo previamente apresentado no XVII Encontro Internacional sobre Gestão Empresarial e Meio Ambiente (Engema)

ABSTRACT

The increasing consumption of electrical and electronic equipment, especially of computers, has led to the growth of waste generation rates. The improper disposal of electrical and electronic equipment waste (WEEE) could harm human health and the environment. This paper analyses the computer supply and reverse chains and identifies the organizations involved in the recovery or disposal of WEEE. Based on secondary data and the case study of a waste management company, the actors involved in this chain and in reverse logistics activities were identified. Results show that among the WEEE reverse channels identified, only a few of them are used, especially the ones involving waste management companies and collectors' associations. Electrical and electronic product manufacturers, importers, distributors and traders still play a small role in these channels.

Keywords: Reverse logistics. Computers. E-waste. Reverse chain. Reverse channels.

1 INTRODUÇÃO

O mercado de equipamentos eletroeletrônicos (EEE) é um dos que mais têm crescido nos últimos anos, resultado dos avanços tecnológicos e do aumento do consumo desses produtos. Segundo a Associação Brasileira da Indústria Elétrica e Eletrônica – Abinee (2014), em 2012 havia 99 milhões de computadores em uso, ou um computador para cada dois brasileiros e a estimativa para 2014 era de 140 milhões, ou dois computadores para cada três habitantes. Esse aumento no consumo de produtos com curtos ciclos de vida – os computadores, por exemplo, apresentam vida útil entre 2 e 5 anos – leva à 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 entre 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 milhão de toneladas por ano.

Além dos elevados volumes de REEE gerados, estes contêm uma grande variedade de materiais tóxicos. As potenciais consequências adversas para a saúde e para o meio ambiente relacionadas ao manuseio e tratamento incorreto de REEE têm 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), podem ser considerados uma fonte valiosa de metais, por exemplo, cobre, alumínio e ouro. 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 decorrentes das atividades de mineração, manufatura, transporte e do uso de energia associado a essas atividades.

Ao longo dos últimos anos pressões políticas, econômicas, sociais e ambientais estão promovendo mudanças nesse cenário. No Brasil, a aprovação em 2010 da Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) vem contribuindo para esse 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 caracteriza a cadeia de suprimentos e a cadeia reversa dos computadores, produtos de grande representatividade entre os EEE. Tendo em vista esse objetivo, são identificadas as organizações que fazem parte dos canais diretos e reversos dos EEE, bem como descritas as várias atividades de Logística Reversa desempenhadas por essas organizações. O trabalho está organizado em seis seções, incluindo esta introdução, sendo as demais: i) uma revisão teórica, onde são abordados temas relacionados à Logística Reversa e aos EEE, com destaque para os computadores; ii) os procedimentos metodológicos; iii) o desenvolvimento de uma pesquisa bibliográfica e um estudo de caso; iv) a análise e discussão dos resultados e; v) as conclusões do trabalho.

2 LOGÍSTICA REVERSA

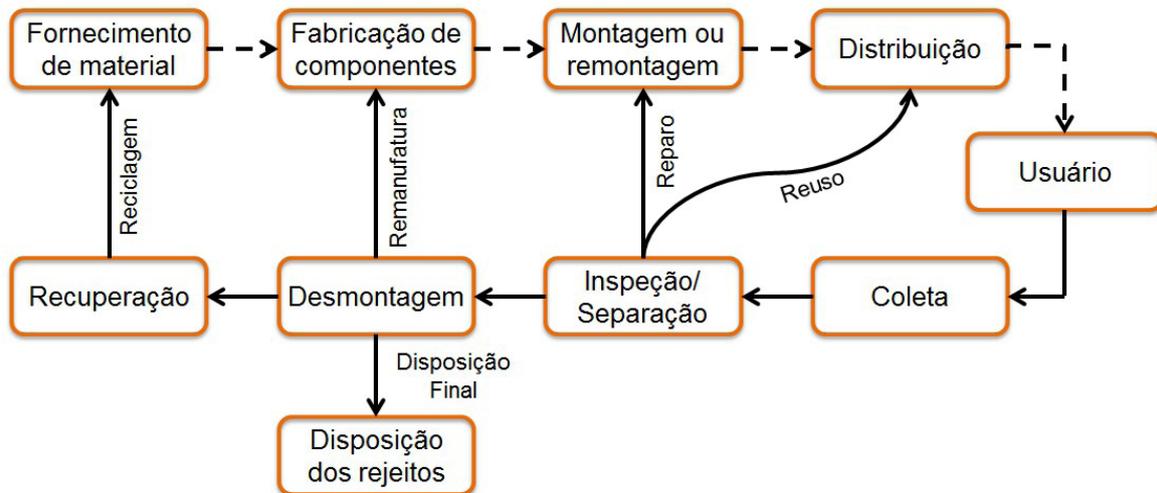
A Logística Reversa (LR) é uma área da logística que planeja, implementa e controla o fluxo eficiente e de baixo custo de matérias-primas, estoques em processo, produtos acabados e informações relacionadas desde o ponto de consumo até o ponto de origem a fim de recuperar valor ou realizar o descarte adequado do produto (ROGERS; TIBBEN-LEMBKE, 1998). Ela vem sendo reconhecida, de acordo com Rodrigues e Pizzolato (2003), como uma das fontes de vantagem competitiva das empresas, devido à 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).

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 destacam 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 disposição final, alternativas menos desejáveis. Nesse contexto, Leite (2009) define que o objetivo da LR pós-consumo é agregar valor aos produtos que tenham alcançado o final de sua vida útil ou a bens que não mais apresentam utilidade ao usuário original, podendo estes fluir por canais reversos de reuso, remanufatura, reciclagem ou serem encaminhados para disposição final.



Bei e Linyan (2005) 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* é ilustrada na Figura 1, onde o fluxo direto está representado pelas linhas tracejadas e o fluxo reverso pelas linhas sólidas.

Figura 1 – Cadeia de suprimentos de ciclo fechado.

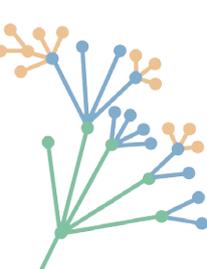


Fonte: Adaptado de Bei e Linyan (2005).

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) – compostos basicamente por metais ferrosos e não ferrosos, plásticos, vidros, placas eletrônicas e 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 estes: 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.



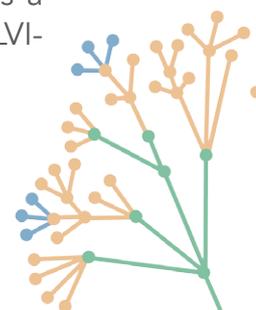
Quadro 1 – Componentes dos computadores.

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), mas o processo da LR tem início quando o usuário descarta seu computador (AGÊNCIA BRASILEIRA DE DESENVOLVIMENTO INDUSTRIAL, 2013; XAVIER; CORRÊA, 2013). Esses REEE são, em geral, entregues pelos usuários em pontos de coleta ou recolhidos 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 são avaliados quanto à sua funcionalidade. Como destaca Gerbase e Oliveira (2012) 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. Essas etapas compreendem as atividades de manufatura reversa, definida pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (2013) como sendo “as etapas da atividade de reciclagem que compreendem os processos de transformação dos resíduos eletroeletrônicos em partes e peças, insumos ou matérias-primas, sem a obtenção de novos produtos”.

Sendo assim, 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 desse processo, são gerados rejeitos – resíduos que não apresentem possibilidades de tratamento e recuperação – que são encaminhados a aterros sanitários para disposição final (AGÊNCIA BRASILEIRA DE DESENVOLVIMENTO INDUSTRIAL, 2013).



3.1 A PNRS E AS LEGISLAÇÕES EM OUTROS PAÍSES

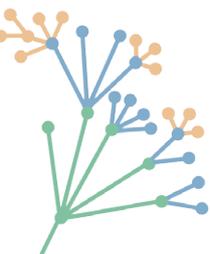
No Brasil, foi promulgada em agosto de 2010, a Lei Federal n. 12.305/10 que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS). Essa lei estabelece a responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida do produto, ou seja, fabricantes, importadores, distribuidores, comerciantes, consumidores e os 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).

Entre os artigos dessa lei cabe destacar o 9º e o 33, 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 EEE e seus componentes de estruturar e implementar Sistemas de Logística Reversa (SLR), 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 o setor empresarial e o poder público, para implantação dos SLR.

Nesse sentido, a Associação Brasileira da Indústria Elétrica e Eletrônica (Abinee) e o Sindicato da Indústria de Aparelhos Elétricos, Eletrônicos e Similares do Estado de São Paulo (Sinaees) propuseram a criação de uma gestora de LR para EEE com a finalidade de ser um agente de integração das diversas etapas e atores envolvidos no retorno de um produto pós-consumo para uma destinação ambientalmente adequada. Essa proposta foi aprovada pelo Conselho Administrativo de Defesa Econômica (SG/Cade) em março de 2016 (BERBERT, 2016).

Cabe ainda ressaltar que o princípio da responsabilidade compartilhada norteou a legislação brasileira, diferentemente dos países-membros da União Europeia. Nesses 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 compararem ambos os princípios, destacam que a grande diferença é que o princípio de responsabilidade compartilhada adotado pelo Brasil inclui o poder público como corresponsável pelos resíduos, juntamente com a iniciativa privada e a sociedade.

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



Há ainda outras questões relacionadas à legislação brasileira que merecem destaque quando se trata da logística dos EEE. No que se refere à produção desses produtos, vários países, inclusive a Índia e a China, limitam a utilização de substâncias perigosas na fabricação de EEE, 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 nesses 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 reúso, reciclagem e recuperação de produtos, de acordo com a categoria dos produtos, sendo que, de acordo com Oliveira e Camargo² (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, bem como as características das atividades de Logística Reversa e a destinação desses resíduos após o descarte. Em relação aos procedimentos técnicos, foram utilizados: i) pesquisa bibliográfica, visando caracterizar a cadeia de suprimentos e a cadeia reversa dos computadores, com a identificação do destino dos resíduos; e ii) um estudo de caso em uma empresa gerenciadora de REEE, com o objetivo de descrever as características das atividades de LR dos computadores e os atores envolvidos nesse canal reverso.

Para a caracterização da cadeia de suprimentos e da cadeia reversa dos computadores, buscou-se identificar, por meio de dados secundários, os fornecedores de insumos da indústria de computadores, fabricantes e demais organizações que participam dos canais de distribuição dos computadores, assim como as organizações envolvidas na LR dos REEE. Em relação à identificação do destino dos computadores após o descarte, o levantamento de dados sobre as ações adotadas por alguns fabricantes de computadores que atuam no Brasil foi conduzido principalmente com base em dados secundários. Relatórios setoriais e informações disponíveis em página da internet das próprias empresas constituíram as principais fontes de informação nessa etapa, além de publicações técnicas e científicas relacionadas à reciclagem de REEE. Em alguns casos, foi feito contato com a empresa para dirimir dúvidas em relação às informações obtidas.

² LEHTINEN, U.; POIKELA, K. Challenges of WEEE on reverse logistics: a case study on a collection network in Finland. In: *Proceedings of Logistics Research Network Annual Conference 2006*.



No que se refere ao estudo de caso, este foi realizado em uma microempresa gerenciadora de REEE, especializada na manufatura reversa e gerenciamento de REEE, sendo este último definido pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (2013) como o “conjunto de ações exercidas, direta ou indiretamente, nas etapas de coleta, transporte, transbordo, tratamento e destinação final ambientalmente adequada dos resíduos eletrônicos e disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos”. A empresa está localizada na grande Florianópolis, em Santa Catarina, e atua na área desde 2008. Além de observações assistemáticas na empresa, na qual uma das autoras teve a oportunidade de atuar durante cinco meses, foram conduzidas três entrevistas com um dos diretores da empresa. 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.

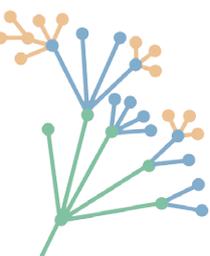
Etapa	Dados	Natureza	Fontes	Quantidade
Pesquisa Bibliográfica	Secundários	Qualitativa	Artigos de periódicos nacionais	2
			Artigos de periódicos internacionais	1
			Teses	1
			Relatórios setoriais	1
			Publicações de fabricantes de computadores	6
			Documentos em meio eletrônico	9
Estudo de caso	Primários	Qualitativa	Entrevistas com diretor da empresa	3
			Observações assistemáticas	5 meses

Fonte: Elaboração própria.

5 A CADEIA DE SUPRIMENTOS E A CADEIA REVERSA DOS COMPUTADORES

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, minerometalurgia, mecânica, química, eletrônica, componentes mecânicos e de materiais elétricos básicos (AGÊNCIA BRASILEIRA DE DESENVOLVIMENTO INDUSTRIAL, 2013). Os materiais e peças produzidos nessas indústrias constituem insumos das fabricantes de computadores que montam esses 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. 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 das compras internacionais (AGÊNCIA BRASILEIRA DE DESENVOLVIMENTO INDUSTRIAL, 2013).

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; empresas de pequeno porte, que atuam no pré-processamento e reaproveitamento de EEE; cooperativas de catadores de material reciclável e sucateiros.

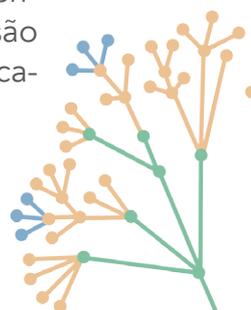
Muitos fabricantes são responsáveis pela Logística Reversa dos equipamentos que comercializam, realizando desde a coleta até sua remanufatura, reciclagem ou disposição final, seja diretamente ou por meio de terceiros. O Quadro 3 apresenta um resumo das ações adotadas pelos fabricantes de computadores no processo de LR. Pode-se identificar que alguns fabricantes terceirizam o processo de manufatura reversa, como é o caso da Dell e da Apple. Em relação ao processo de reciclagem, fica claro que todos os fabricantes pesquisados deixam essa atividade a cargo de empresas de reciclagem. Deve se destacar que alguns fabricantes como a Dell e a 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	Remanufatura	Reciclagem	Ações adicionais
Dell	Agendada	Terceirizada	Não	Terceirizada	Inclusão digital
Itautec	Agendada ou Pontos de coleta	Realizada pela empresa	Não		-
HP	Agendada ou <i>Trade-in</i>	Realizada pela empresa	Não		Reciclagem de cartuchos de impressora
Apple	Lojas representantes	Terceirizada	Não		Remanufatura de <i>smartphones</i>
Positivo	Assistência técnica	Realizada pela empresa	Não		Reciclagem de outros materiais
IBM	Não especificado	Realizada pela empresa	Sim		Venda de peças para empresas de manutenção

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

No entanto, no Brasil, grande parte dos REEE ou é descartado no lixo comum, e destinado a aterros sanitários, ou encaminhado a cadeias operadas por catadores, cooperativas e comerciantes de sucatas (SOUZA et al., 2016). Há ainda REEE encaminhados a instituições sociais. Nesse caso, os computadores geralmente são revendidos ou utilizados em programas de inclusão digital, sendo o restante enca-



minhado a empresas de triagem e/ou pré-processamento (COMUNELLO, 2013), que posteriormente encaminham esse material a empresas recicladoras, que também recebem aparelhos de organizações não governamentais (ONGs), fabricantes e lojistas (ESTADÃO, 2014).

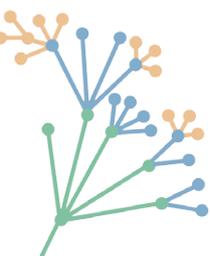
Os materiais que não são reutilizados ou remanufaturados seguem para a reciclagem, sendo eles: plásticos; metais ferrosos e não ferrosos; placas de circuito impresso (PCIs) e componentes que necessitam de tratamentos especiais, tais como monitores e baterias (REVISTA QUÍMICA INDUSTRIAL, 2013).

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, nesse caso, é a reciclagem mecânica, onde o plástico é transformado em grânulos que poderão ser reutilizados na produção de novos produtos (GERBASE; OLIVEIRA, 2012). Os plásticos isolantes dos fios e cabos elétricos não podem ser reutilizados na fabricação desses 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, após a reciclagem, são revendidos a joalheiros e outras indústrias que os utilizam novamente para circuitos de telefones celulares (PORTAL RESÍDUOS SÓLIDOS, 2013). No Brasil ainda não existe processo de reciclagem para as PCIs, sendo estas apenas trituradas e exportadas para países, como Canadá, Bélgica e Cingapura (GERBASE; OLIVEIRA, 2012).

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 tubos de raios catódicos (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, para recuperação do metal (GERBASE; OLIVEIRA, 2012). 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 (AGÊNCIA BRASILEIRA DE DESENVOLVIMENTO INDUSTRIAL³, 2013).

5.1 AS ATIVIDADES LOGÍSTICAS EM EMPRESA GERENCIADORA DE REEE E OS ATORES ENVOLVIDOS

A empresa gerenciadora de REEE da grande Florianópolis, objeto do estudo de caso, tem como atores envolvidos em seus processos: os geradores; empresas intermediárias; ONGs e 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 os Pontos de Entrega Voluntária (PEVs) – locais onde o usuário pode descartar os REEE de pequeno porte – de responsabilidade de uma ONG parceira da empresa; 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 algumas ocasiões, a ONG parceira organiza 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. Nessa 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

³ FRANCO, R. G. F. Protocolo de referência para gestão de resíduos de equipamentos elétricos e eletrônicos domésticos para o município de Belo Horizonte. UFMG. 2008



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 2a). Essa atividade é feita manualmente por dois funcionários devidamente treinados, 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.

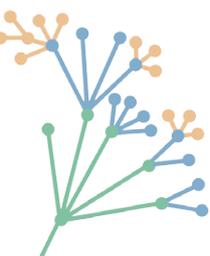
Os *drives* que possuem PCIs são desmontados para a retirada destas, do contrário são encaminhados para empresa parceira que realiza a manufatura reversa desses *drives*. As PCIs, além dos processadores, são exportadas para empresas de beneficiamento (Figura 2b) e, em poucos casos, revendidas a gerenciadoras de REEE brasileiras que também os exportam.

Figura 2 – (a) Processo de desmontagem do computador; (b) PCIs enfardadas para exportação; (c) armazenamento de resíduos perigosos.



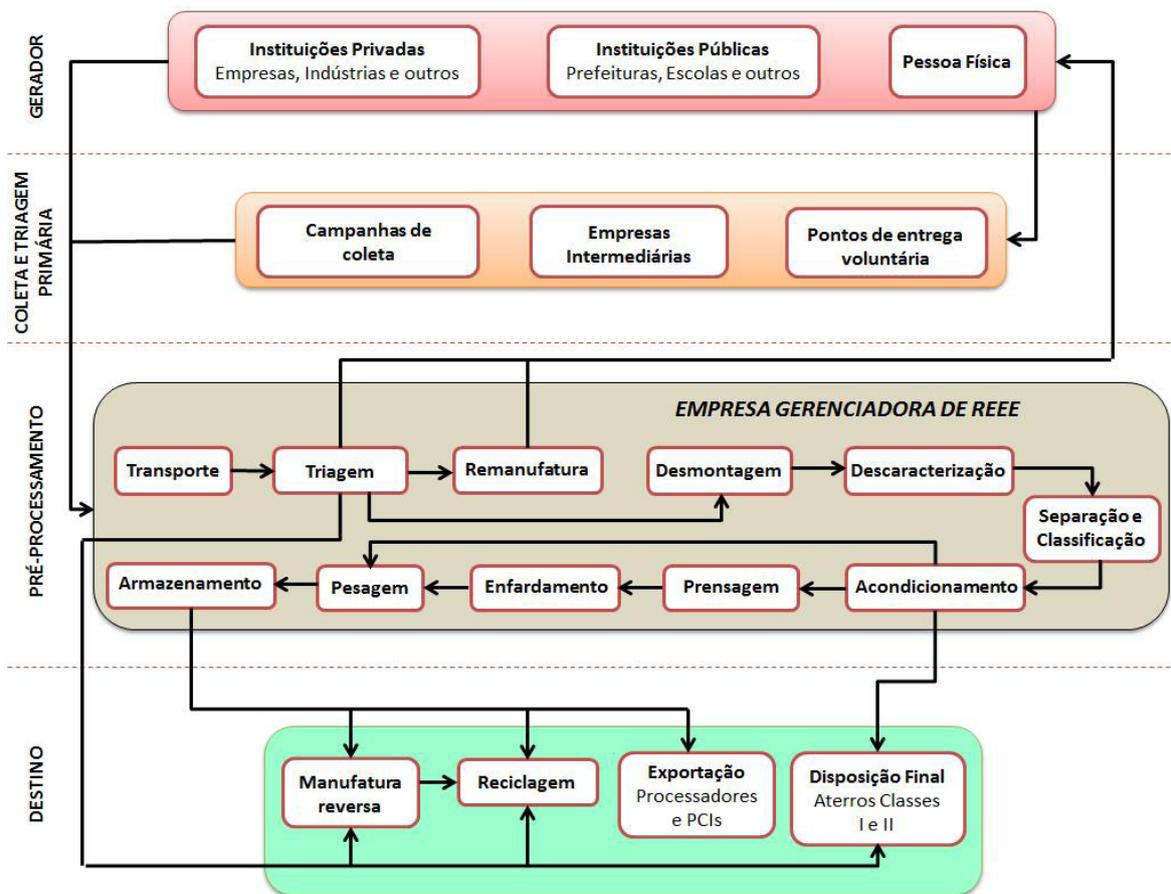
Fonte: Dados primários.

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 2c. Na Figura 3, estão esquematizadas as atividades da LR dos computadores e o fluxo dos resíduos, desde o descarte até o retorno dos materiais à reciclagem.

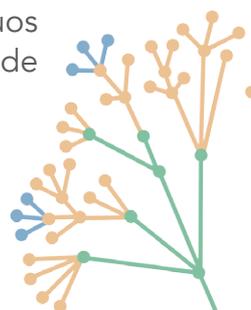
Figura 3 – Atividades da LR dos computadores e o fluxo dos resíduos.



Fonte: Elaboração própria.

No despacho de cada um dos resíduos citados são emitidas notas fiscais, além do Manifesto de Transporte de Resíduos (MTR), documento eletrônico exigido pelo órgão ambiental do estado de Santa Catarina, no monitoramento do transporte e da destinação de resíduos no estado. 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.

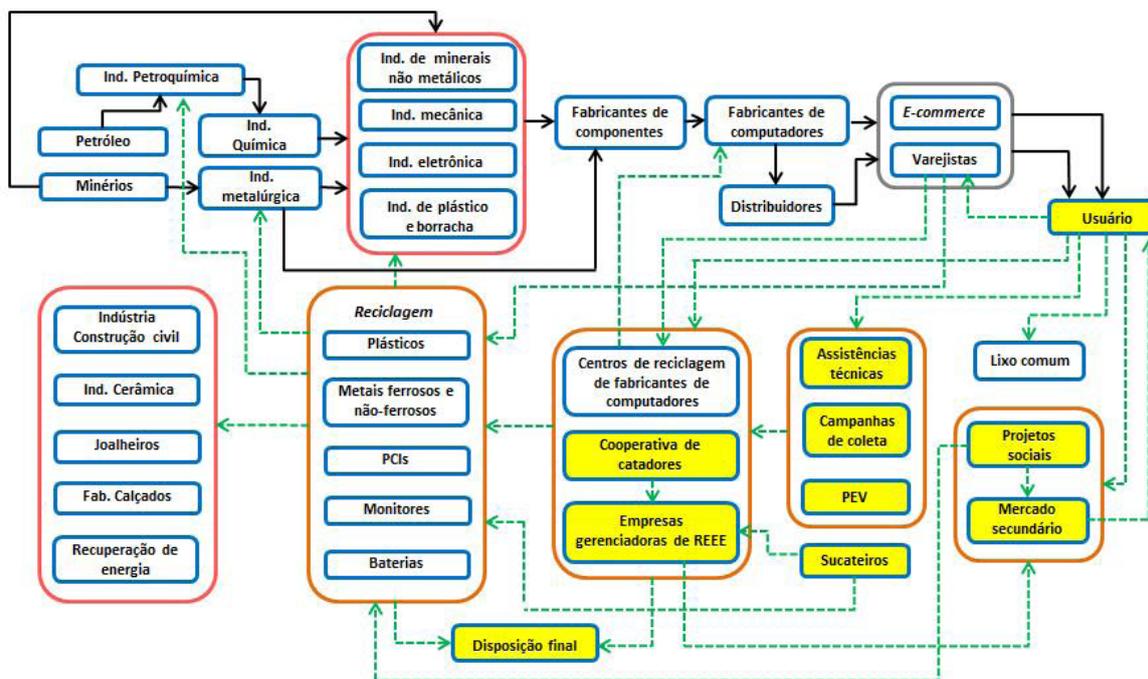


Em relação aos custos de operação da empresa, o entrevistado, representante da empresa gerenciadora de resíduos, informou que a maior parcela dos custos refere-se à mão de obra e aluguel do galpão que, juntos representam cerca de 60% dos custos totais. É importante acrescentar que a significativa variação 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.

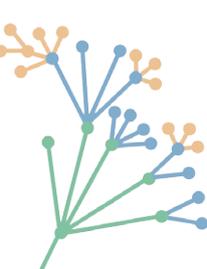
Entre as maiores dificuldades enfrentadas no processo de manufatura reversa citadas pelo entrevistado, está a necessidade de efetuar levantamento de informações em relação aos resíduos recebidos e vendidos, dado que essas informações devem ser prestadas aos órgãos públicos, tais como o Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (Ibama) e a Fundação do Meio Ambiente (Fatma).

Os dados obtidos na pesquisa bibliográfica e no estudo de caso foram organizados e embasaram a elaboração de uma representação da cadeia de suprimentos e da cadeia reversa dos computadores, apresentada na Figura 4. Os atores que fazem parte da cadeia de suprimentos e da cadeia reversa dos computadores estão representados nas caixas, e as linhas cheias e tracejadas representam, respectivamente, os canais de distribuição e canais reversos. É ainda destacado em amarelo os atores envolvidos no canal reverso da empresa gerenciadora de REEE analisada no estudo de caso.

Figura 4 – Cadeia de suprimentos e cadeia reversa dos computadores.



Fonte: Elaborada pelas autoras com base em dados secundários e primários.



6 ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

A implementação de SLR 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 SLR estruturado no País. Apesar disso, o levantamento das iniciativas 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 dessas 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. No entanto, essas organizações raramente trabalham em parceria com os fabricantes de computadores, a exemplo da empresa objeto do estudo de caso.

Além disso, a maioria dos fabricantes de computadores não tem como prioridade a não geração e redução dos resíduos, ao contrário, produtos são projetados para uma vida útil mais curta. A ausência de peças de reposição ou impossibilidade de substituição destas e a ausência de padrões de acessórios e carregadores de energia são algumas medidas alinhadas à visão da obsolescência programada adotada pelos fabricantes (AGÊNCIA BRASILEIRA DE DESENVOLVIMENTO INDUSTRIAL, 2013). Além disso, entre os fabricantes analisados, somente a IBM tem iniciativas voltadas à remanufatura, as demais se limitam a realizar atividades de manufatura reversa. Dessa forma, os computadores acabam tendo como principal destino a reciclagem.

O documentário “Lixo Eletrônico no Brasil” (2012) salienta que a meta das grandes fabricantes de EEE era lançar linhas ecológicas, porém, 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 esse problema, dado que esse 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 desse material, não retornam a essa 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 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



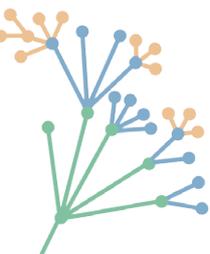
componentes dos computadores, presentes em diversas partes do mundo. Além disso, não se identifica iniciativas, por parte dos fabricantes de computadores no Brasil, voltadas à melhoria das atividades desenvolvidas no sistema de LR dos REEE, por exemplo, projetos de computadores com desmontagem ágil ou “manuais” acoplados a estes, identificando os materiais presentes na sua composição. A visão integrada da logística de distribuição e da LR, 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, 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 os 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 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 nesse 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 maior facilidade na coleta de seus equipamentos pelo fato de trabalhar com contratos de *leasing*, os quais garantem maior interação da empresa com o cliente.

A aprovação pelo Conselho Administrativo de Defesa Econômica – Cade da criação de uma nova associação gestora de Logística Reversa para EEE deverá, segundo a entidade, causar um aumento de demanda significativo no mercado de serviços de LR, fato que deverá gerar repercussões econômicas e concorrenciais positivas (BERBERT, 2016). No entanto, como no Brasil os computadores adquiridos no mercado informal e as importações têm uma grande penetração, 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 valor agregado mais alto se comparado a outros tipos de resíduos. Na indústria de reciclagem do papel, por exemplo, o custo de transporte é o mais significativo entre as operações de LR (PEREIRA et al., 2014).



O representante da empresa gerenciadora de resíduos cita que as principais dificuldades na manufatura reversa dos computadores e dos REEE em geral estão relacionadas à documentação que precisa ser entregue aos órgãos públicos. Isso se deve ao fato dos REEE serem considerados perigosos e, portanto, as informações detalhadas na elaboração de relatórios ambientais se fazem necessárias. Vale ressaltar que alguns componentes dos computadores são classificados como perigosos, mas, a rigor, a classificação da periculosidade de cada componente não é feita. Assim, vários materiais presentes nos REEE, que poderiam ser reciclados, acabam sendo encaminhados a aterros controlados, por ser inviável a identificação dos componentes segundo a periculosidade.

7 CONCLUSÕES

Este trabalho apresentou a descrição da cadeia de suprimentos dos computadores, assim como a cadeia reversa, identificando as organizações envolvidas no SLR e as atividades desempenhadas por uma empresa gerenciadora de REEE, por meio de um estudo de caso. Com base na análise de dados, foi possível destacar a complexidade dos canais que fazem parte do SLR dos REEE.

Apesar da aprovação da PNRS, 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. Há pouco envolvimento das empresas fabricantes de computadores na estruturação e implementação do SLR dos REEE.

A criação de uma gestora de LR, no modelo de associação de empresas para REEE, pode representar uma oportunidade para alavancar a LR dos REEE. Os produtores poderão transferir as atividades de LR para essa gestora e obter uma redução nos custos associados a essas atividades, devido ao maior volume de REEE coletados. Ao mesmo tempo, esse novo cenário pode representar um avanço econômico e ambiental para o País, ao movimentar o mercado de serviços de LR desses produtos e promover a destinação final adequada desse material.

No que se refere ao processo de manufatura reversa dos computadores, o estudo de caso mostra que a grande quantidade de componentes e a diversidade de materiais presentes nos computadores dificultam e encarecem tanto o processo de desmontagem quanto as demais atividades de LR desses materiais. Além disso, o fato dos REEE serem tratados como perigosos e a falta de informações acerca da composição dos componentes dos computadores, por parte dos fabricantes, tor-



nam o processo de triagem muitas vezes ineficaz. O maior envolvimento dos fabricantes nessas atividades de logística 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. Esse 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 mai. 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.

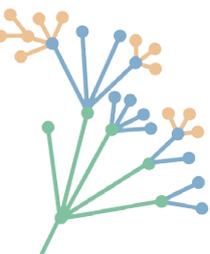
ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 16156: **Resíduos de Equipamentos Eletroeletrônicos**: requisitos para atividade de manufatura reversa. 2013.

BARBOZA, M. R. et al. **Reverse Logistics of Information and Communication Technology Equipment**: a comparative assessment of laws and programs. *IFIP Advances in Information and Communication Technology*, v. 439, p.114-121, 2014.

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

BERBERT, L. Teletime News. **Cade aprova criação de nova entidade pela Abinee e Sinaees para gerir a logística reversa**. 2016. Disponível em: <<http://convergecom.com.br/teletime/14/03/2016/cade-aprova-criacao-de-nova-entidade-pela-abinee-e-sinaees-para-gerir-logistica-reversa/?noticiario=TT>>. Acesso em: 20 mar. 2016.

BRASIL (2010). **Lei n. 12.305, de 02 de janeiro de 2010**. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei n. 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. Brasília.



_____. MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos**: instrumento de responsabilidade socioambiental na administração pública. Brasília, 2014.

COMUNELLO, P. 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, M. 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 mai. 2015.

DWECK, D. Para onde vai seu computador velho? In: **Planeta Sustentável**. 2010. Disponível em: <<http://planetasustentavel.abril.com.br/noticia/lixo/onde-vai-seu-computador-velho>>. Acesso em: 03 mai. 2015.

ELLEN MACARTHUR FOUNDATION. **Towards the circular economy**: economic and business rationale for an accelerated transition – Executive Summary. 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, A. E.; OLIVEIRA, C. R. Reciclagem do lixo de informática: uma oportunidade para a química. **Química Nova**, v. 35, n. 7, p. 1486-1492, 2012.

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

HP. **Programa de reciclagem de embalagens de produtos HP**. [ca. 2015a]. Disponível em: <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.htm>. Acesso em: 03 mai. 2015.

HP reciclagem. Realização de Criato Comunicação. 2012. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=27u98XykUJ4>>. Acesso em: 11 mai. 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#.Wrlu_IViko>. Acesso em: 19 mai. 2015.

ITAUTEC. **Itautec e sustentabilidade:** guia do usuário consciente de produtos eletrônicos. 2. ed., 2011.

JORDÃO, F. 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, P. R. **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>. Acesso em: 01 mai. 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.

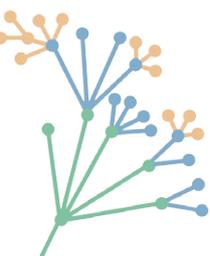
NETO, M. B. **Reciclagem de fios e cabos isolados com PVC.** 2002. Disponível em: <http://www.prysmianclub.com.br/revista/PClub_18/frame_artigo.html>. Acesso em: 25 mai. 2015.

NOVAES, A. G. **Logística e gerenciamento da cadeia de distribuição: estratégia, operação e avaliação.** 4. ed. revista. Rio de Janeiro: Elsevier, 2015.

OLIVEIRA, G. C.; CAMARGO, S. A. F. **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, p. 714-730. abr. 2011.

PEREIRA, H. N. 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 mai. 2015.

POSITIVO INFORMÁTICA. **TI verde: guia do consumidor consciente.** [s.l.], 2010

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

RODRIGUES, G. G.; PIZZOLATO, N. D. **A logística reversa nos centros de distribuição de lojas de departamento.** In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 23., 2003.

ROGERS, D. S.; TIBBEN-LEMBKE, R. S. **Going Backwards: reverse logistics trends and practices.** Reno: Reverse Logistics Executive Council, 1998.

SANT'ANNA, L. T. ; MACHADO, R. T. M. ; BRITO, M. J. 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.

SOUZA, R. G. et al. **Sustainability assessment and prioritisation of e-waste management options in Brazil.** Waste Management. 2016.

STEP. **Overview of e-waste related information.** 2015. Disponível em: <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 mai. 2015.

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

XAVIER, L. H.; CORRÊA, H. L. **Sistemas de Logística Reversa.** São Paulo: Atlas, 2013.