

CENTRO UNIVERSITÁRIO FEI
ODAIR OLIVEIRA BERNARDO

CADEIA REVERSA DE RESÍDUOS DE ELETROELETRÔNICOS: um estudo sobre os
sistemas de informação e as tecnologias de rastreamento

São Paulo
2019

ODAIR OLIVEIRA BERNARDO

CADEIA REVERSA DE RESÍDUOS DE ELETROELETRÔNICOS: um estudo sobre os
sistemas de informação e as tecnologias de rastreamento

Dissertação de Mestrado apresentada ao Centro
Universitário FEI, como parte dos requisitos
necessários para obtenção do título de Mestre
em Administração de Empresas. Orientado pela
Prof^a. Maria Tereza Saraiva de Souza.

São Paulo

2019

Oliveira Bernardo, Odair.

Cadeia reversa de resíduos de eletroeletrônicos: um estudo sobre os sistemas de informação e as tecnologias de rastreamento / Odair Oliveira Bernardo. São Paulo, 2019.

90 p. : il.

Dissertação - Centro Universitário FEI.

Orientadora: Prof.^a Dra. Prof^ª Maria Tereza Saraiva de Souza.

1. Logística reversa. 2. Tecnologia de informação. 3. Resíduos sólidos. 4. RFID. 5. Código de barras. I. Saraiva de Souza, Prof^ª Maria Tereza , orient. II. Título.

**APRESENTAÇÃO DE DISSERTAÇÃO
ATA DA BANCA JULGADORA**

Programa de Pós-Graduação Stricto Sensu em Administração

MESTRADO PPGA-10

Aluno: Odair Oliveira Bernardo

Matrícula: 311707-4

Título do Trabalho: CADEIA REVERSA DE RESÍDUOS DE ELETROELETRÔNICOS: UM ESTUDO DE SISTEMAS DE RECUPERAÇÃO DE PRODUTOS INTENSIVOS EM INFORMAÇÃO

Área de Concentração: Gestão da Inovação

Orientador: Prof.^a Dr.^a Maria Tereza Saraiva de Souza

Data da realização da defesa: 28/02/2019.

Avaliação da Banca Examinadora:

São Paulo, 28 /02 /2019.

ORIGINAL ASSINADA

MEMBROS DA BANCA EXAMINADORA

Prof.^a Dr.^a Maria Tereza Saraiva de Souza Ass.: _____

Prof. Dr. Celso Machado Júnior Ass.: _____

Prof. Dr. Jacques Demajorovic Ass.: _____

A Banca Julgadora acima-assinada atribuiu ao aluno o seguinte resultado:

APROVADO

REPROVADO

VERSÃO FINAL DA DISSERTAÇÃO

APROVO A VERSÃO FINAL DA DISSERTAÇÃO EM QUE FORAM INCLUÍDAS AS RECOMENDAÇÕES DA BANCA EXAMINADORA

Aprovação do Coordenador do Programa de Pós-graduação

Prof. Dr. Henrique Machado Barros

Dedico essa dissertação à minha esposa e filhos
que sempre me incentivaram e me apoiaram.

AGRADECIMENTOS

Agradeço especialmente à orientadora, Profa Dra Maria Tereza Saraiva de Souza, pela dedicação, ensinamentos e paciência.

O presente trabalho foi realizado com os apoios da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001 e do Centro Universitário FEI.

Aos membros da banca de qualificação, professores Dr. Jacques Demajorovic e Dra. Juliana Bonomi, pelas recomendações que contribuíram para a adequação do estudo para a defesa final.

Agradeço a todos os professores e funcionários do PPGA/FEI que de modo direto e indireto contribuíram para a realização dessa dissertação,

Agradeço à bibliotecária Patrícia Braghin pela ajuda na adequação da dissertação às normas de trabalhos acadêmicos.

Agradeço a todos os colegas do Mestrado que sempre me incentivaram e apoiaram.

Aos entrevistados, que disponibilizaram seu tempo para a pesquisa e compartilhamento de suas experiências e informações.

E em especial à minha família, minha esposa Maria e filhos, Manuela e Giuliano, pelo seu incentivo, apoio e carinho durante a realização desse trabalho.

E finalmente à Deus pelas oportunidades e capacidade de aprender.

RESUMO

O avanço da tecnologia e o desenvolvimento de novos equipamentos eletrônicos com um ciclo de vida reduzido e preços menores, tem ocasionado a substituição desses produtos de forma acelerada e a legislação tem forçado os fabricantes a buscarem soluções. A logística reversa é um processo pelo qual o fabricante realiza o fluxo reverso de produtos de consumidores para possível remanufatura, reciclagem, reutilização ou descarte de forma adequada. A tecnologia de informação tem um papel fundamental para mitigar ou resolver muitos dos problemas e deficiências no fluxo reverso. Os Sistemas para Gerenciamento de Recuperação de Produtos - *Product Recovery Management System* (PRMS) integram os sistemas e bases de dados dos envolvidos no gerenciamento da cadeia de suprimentos, como fabricante, distribuidores, revendas, assistências técnicas e centros de coleta e reciclagem, conjuntamente com uso de tecnologias que permitam o rastreamento e captura de informação dos produtos no fluxo reverso, como *Radio-Frequency IDentification* (RFID), código de barras e o *chip* integrado. Esse trabalho tem como objetivo geral analisar a contribuição de sistemas de informação e as tecnologias de rastreamento para a logística reversa de cadeias de resíduos de eletroeletrônicos. Por meio de um estudo de caso único incorporado em uma cadeia foram pesquisadas as seguintes unidades de análise: fabricantes, distribuidor, varejista, assistência técnica, recicladores e cooperativa. Os instrumentos de coleta de dados utilizados foram as entrevistas semiestruturadas, a pesquisa documental e a observação direta. Os resultados da pesquisa evidenciam que os sistemas de informação e as tecnologias de rastreamento estão presentes em todos os pontos da cadeia de suprimentos direta e reversa, mas a interligação de sistemas não é efetiva na maior parte da estrutura. As tecnologias de rastreamento como o RFID estão presentes na fabricação e em apenas um reciclador. O código de barras é utilizado na logística direta entre o fabricante, o distribuidor e o varejista. O *chip* integrado é usado para o controle de suprimentos de cartuchos, toner e tintas pelo fabricante com objetivo de evitar o mercado paralelo de recarga. O fato do acordo setorial para os produtos eletroeletrônicos e seus componentes ainda não ter sido assinado no Brasil, posterga-se decisões e investimentos em sistemas de informação e tecnologias de rastreamento pelas empresas.

Palavras-chave: Logística reversa. Tecnologia de informação. Cadeia de Eletroeletrônicos. RFID. Código de barras. Chips integrados

ABSTRACT

The advancement of technology and the development of new electronic equipment with a reduced life cycle and lower prices have led to the replacement products at an accelerated pace and legislation has forced manufacturers to search for solutions. Reverse logistics is a process where the manufacturer performs the reverse flow of consumer products for possible remanufacturing, recycling, reuse or disposal in a correct way. Information technology plays a key role in mitigating or solving many of the problems in reverse flow. Product Recovery Management System (PRMS) integrates systems and databases of those involved in supply chain management, such as manufacturer, distributors, resellers, service centers and collection and recycling centers, along with use of technologies that allow the tracking and capture of product information in reverse flow, such as Radio-Frequency IDentification (RFID), bar code and integrated chip. The objective of this study is to analyze the contribution of information systems and tracking technologies for the reverse logistics of electronic and electrical waste chains. Through a single case study incorporated with units of analysis were researched: manufacturers, distributor, retailer, technical assistance, recyclers and cooperative. The instruments of data collection used were semi-structured interviews, documentary research and direct observation. The research results show that information systems and tracking technologies are present at all parts of the direct and reverse supply chain, but the systems interconnection is not effective. Tracking technologies such as RFID are present in manufacturing and in just one recycler. The bar code is used in the direct logistics between the manufacturer, the distributor and the retailer. The integrated chip is used to control cartridge, toner and ink supplies by the manufacturer in order to avoid the parallel recharge market. The fact that the sectoral agreement for electronic products and its components has not yet been signed in Brazil, is causing the delay in decisions and investments in information systems and tracking technologies by companies.

Keywords: Reverse logistics. Information technology. Solid waste. Supply chain. RFID. Barcode.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos Verde.....	20
Figura 2 – Rede de Logística Reversa	21
Figura 3 – Implementação de GSCM e GIS.....	24
Figura 4 – Fluxo de logística direta e reversa.....	25
Figura 5 – Sistema PRMS.....	29
Figura 6 – Estrutura de um Sistema de Coleta.....	30
Figura 7 – Estrutura de um Sistema PRMS.....	33
Quadro 1 – Síntese de sistemas e tecnologias na logística direta e reversa.....	35
Figura 8 – Modelo Conceitual de Análise.....	37
Quadro 2 – Fases, objetivos e entregas da pesquisa.....	41
Figura 9 – Método de estudo de caso único incorporado.....	43
Quadro 3 – Relação e codificação das empresas pesquisadas.....	43
Figura 10 – Unidades de análise e instrumentos de coleta.....	45
Quadro 4 – Questões da Entrevista relacionada às categorias teórica da pesquisa.....	46
Quadro 5 – Relação e codificação dos gestores entrevistados.....	48
Quadro 6 – Codificação para a documentação	49
Quadro 7 – Codificação para a observação direta	49
Figura 11 – Mantendo um encadeamento de evidência.....	50
Figura 12 – Síntese dos resultados obtidos na pesquisa de campo.....	73
Quadro 8 – Resumo dos resultados da pesquisa	72

LISTA DE SIGLAS

ABINEE	Associação Brasileira da Indústria Elétrica e Eletrônica
CETESB	Companhia Ambiental do Estado de São Paulo
ECD	<i>Environmentally Conscious Design</i>
EDI	<i>Electronic Data Interchange</i>
GIS	<i>Green Information Systems</i>
GSCM	<i>Green Supply Chain Management</i>
IPRS	<i>Information-intensive Product Recovery System</i>
LCA	<i>Life Cycle Analysis</i>
MMA	Ministério do Meio Ambiente
MPS	Managed Print Services
PRM	<i>Product Recovery Management</i>
PRMS	<i>Product Recovery Management System</i>
RBV	<i>Resource-Based View</i>
RFID	<i>Radio-Frequency IDentification</i>
SCM	<i>Supply Chain Management</i>
TI	Tecnologia de Informação

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	10
1.1 JUSTIFICATIVA TEÓRICA E QUESTÃO DE PESQUISA	11
1.2 OBJETIVO GERAL E OBJETIVOS ESPECÍFICOS	15
2 REFERENCIAL TEÓRICO	17
2.1 CADEIA DE SUPRIMENTO VERDE	17
2.1.1 Cadeia de suprimento verde e tecnologia de informação	20
2.1.2 Logística reversa e tecnologia de informação	23
2.2 MODELO CONCEITUAL DE ANÁLISE	34
3 MÉTODO DE PESQUISA	38
3.1 ABORDAGEM METODOLÓGICA	39
3.2 INSTRUMENTO DE COLETA DE DADOS	41
3.3 TRATAMENTO E ANÁLISE DOS DADOS	46
4 RESULTADO DA PESQUISA	48
4.1 FABRICANTES	48
4.2 GESTORA DE LOGÍSTICA REVERSA	50
4.3 CENTRO DE INOVAÇÃO E RECICLAGEM	53
4.4 DISTRIBUIDOR	56
4.5 VAREJISTA	58
4.6 ASSISTÊNCIA TÉCNICA	59
4.7 COOPERATIVA	61
4.8 RECICLADOR	64
5 ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS	68
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS	73
6.1 LIMITAÇÕES DA PESQUISA	74
6.2 RECOMENDAÇÃO PARA FUTUROS ESTUDOS	74
REFERÊNCIAS	76
APÊNDICE A – ARTIGOS E FATOR DE IMPACTO	81
APÊNDICE B – ROTEIRO PARA AS ENTREVISTAS	85
APÊNDICE C – PROTOCOLO DE OBSERVAÇÃO	87

1 INTRODUÇÃO

O avanço da tecnologia e o desenvolvimento de novos equipamentos eletrônicos, com um ciclo de vida reduzido e preços menores, tem ocasionado substituição de forma acelerada. Os consumidores trocam de equipamentos eletrônicos como smartphones, tablets, computadores pessoais e jogos eletrônicos, principalmente para acompanhar a evolução tecnológica. Essa obsolescência aumentou a quantidade de produtos descartáveis, e esses resíduos podem ter valor considerável, principalmente aqueles que apresentam metais preciosos na sua fabricação. As leis ou diretrizes tem forçado os fabricantes a buscarem soluções por meio do desenvolvimento de programas de logística reversa mais eficientes (JANSE; SCHUUR; BRITO, 2009).

A aplicação de sistemas de codificação de dados, aliado ao uso de tecnologias de rastreamento como códigos de barras, chips integrados e identificação por radiofrequência (RFID), podem contribuir na desmontagem e reciclagem de equipamentos elétricos e eletrônicos (NOWAKOWSKI, 2018). Esses sistemas de tecnologia de informação são importantes para gerenciar as operações de logística reversa, mas poucas são as empresas que possuem sistemas de informação para este fim ou priorizam para este tipo de aplicação como as atividades da cadeia de suprimento com a incorporação (HAZEN et al., 2015).

A tecnologia da informação (TI) emergiu como uma das melhores ferramentas para a inovação tecnológica implementada na cadeia de abastecimento e é um dos temas de pesquisa emergente na literatura de gestão da cadeia de suprimentos (HAZEN; BYRD, 2012). O gerenciamento da cadeia de suprimento – *Supply Chain Management* (SCM) inclui o design e planejamento desse processo para agregar valor e eficiência e são implementados com a tecnologia de informação. Atualmente a SCM tem expandido para o conceito de GSCM focada em questões de sustentabilidade.

A logística reversa está inserida na cadeia de suprimentos com importância cada vez maior com a evolução do conceito de gerenciamento da cadeia de suprimentos verde - *Green Supply Chain Management* (GSCM) e o uso dos sistemas de informação para esse gerenciamento. O GSCM é definido como as atividades da cadeia de suprimento com a incorporação de conceitos ambientais que afetam o desenvolvimento do produto, a escolha dos materiais, os métodos de fabricação, a distribuição do produto final e a destinação do produto através da logística reversa, após o fim do seu ciclo de vida (SRIVASTAVA, 2007; TRAMARICO; SALOMON; MARINS, 2016).

A melhoria de processo para implantação de GSCM está relacionada aos investimentos em sistemas de informação. Estudos indicam que essa necessidade termina sendo benéfica para as empresas, pois o redesenho da cadeia de suprimentos verde e todas as melhorias alcançadas aumentam a competitividade e o relacionamento com os clientes. A GSCM se torna um importante mediador entre infraestrutura de TI, competitividade e desempenho empresarial (AJAMIEH et al., 2016; HAZEN; CEGIELSKI; HANNA, 2011).

1.1 JUSTIFICATIVA TEÓRICA E QUESTÃO DE PESQUISA

Uma cadeia de suprimentos é uma rede complexa que consiste em fornecedores, fabricantes, distribuidores, varejistas, clientes e matérias primas para gerar os produtos finais. O principal fluxo de produtos está relacionado com envio de fornecedores, para fabricantes, para distribuidores e varejistas. A logística direta é o foco da maioria das pesquisas de gerenciamento da cadeia de suprimentos (SCM). Por outro lado, o fluxo reverso de produtos, de clientes para voltar aos fornecedores, a chamada logística reversa, também desempenha um papel importante na SCM, devido ao retorno de produtos e as questões de sustentabilidade (OLORUNNIWO; LI, 2010).

A logística reversa tornou-se mais proeminente tanto na comunidade empresarial e academia nos últimos anos, abrangendo áreas diferentes como reciclagem, remanufatura, tecnologia da informação, armazenagem, operações, sustentabilidade ambiental, entre outros (HUSCROFT et al., 2013a). A logística reversa gerencia a recepção, tratamento, correta disposição dos produtos retornados e o uso da tecnologia de informação propicia a melhor forma de lidar com essas tarefas e reduzir custos nesse processo (JAYARAMAN; ROSS; AGARWAL, 2008).

Devido ao considerável valor patrimonial envolvido dos processos de logística reversa, as empresas desenvolvem capacidade de manipulação de operações de retorno, gerenciamento da tecnologia da informação (TI) e compartilhamento de informações. Controlar operações de retorno significa que as empresas podem gerenciar todas as atividades de logística reversa (OLORUNNIWO; LI, 2010).

Os processos de coleta baseados em inspeção manual para a triagem e classificação levam altos custos (TOYASAKI; WAKOLBINGER; KETTINGER, 2013). Os sistemas de informação são importantes para gerenciar os processos de logística reversa, mas poucas são as empresas que possuem esses sistemas e muitas não visualizam esse desenvolvimento como uma prioridade (HAZEN et al., 2015). Embora exista o reconhecimento do uso da tecnologia de

informação em SCM, GSCM e logística reversa, esse tema tem sido pouco explorado pela literatura acadêmica (TOYASAKI; WAKOLBINGER; KETTINGER, 2013).

O conceito de *Product Recovery Management* (PRM) – Gerenciamento de Recuperação de Produtos, engloba todas as operações relacionadas a logística reversa. Dentro dessa estrutura podem existir sistemas baseados em *Information-intensive Product Recovery System* (IPRS) - Sistemas de Recuperação de Produto com Informações Intensivas, que podem fornecer informações sobre os produtos para identificação, uso e condição (TOYASAKI; WAKOLBINGER; KETTINGER, 2013).

O PRM pode ser usado para agregar as informações de produtos capturadas pelos leitores RFID em centro de coletas. A capacidade do PRM de prover informações para a correta destinação dos produtos e/ou suas partes, além de prover informações de *feedback* para o desenvolvimento de novos produtos. As informações capturadas realimentariam os setores de pesquisa e desenvolvimento para prover produtos mais eco eficientes (UM; SUH, 2015). O uso do PRM depende muito da capacidade de captura de informação dos produtos, como o uso de sensores como o RFID, mas também de tecnologia com dispositivos integrados, *chips*, que possibilitem o desenvolvimento de computação ubíqua, caracterizada por ser onipresente e imperceptível (UM; STROUD; SUH, 2015).

O código de barras é uma tecnologia óptica para representar dados. Através de leitores de dados fornece informações relacionadas ao objeto ou produto ao qual está anexada. É muito utilizada em logística e tem como desvantagens que é uma tecnologia apenas para leitura, o que significa que, uma vez impressos, os dados não podem ser alterados e o leitor precisa de uma linha de visão direta relativamente curta para o código de barras. No entanto o código de barras é simples, a universal e com baixo custo que limitaram o papel de outros tecnologia até a última década (MUSA; GUNASEKARAN; YUSUF, 2014).

A tecnologia de identificação por radiofrequência é um facilitador para rastreabilidade do produto. É um método de aquisição de dados, que oferece numerosos benefícios da cadeia de suprimentos, como velocidade, precisão, eficiência e segurança do compartilhamento de informações em todas as atividades da cadeia de suprimentos. O RFID tem o potencial de aumentar o nível de visibilidade e comunicação, que pode ser usado em tomada de decisão para eliminar atividades sem valor agregado, fortalecendo a competitividade da cadeia de abastecimento. O RFID pode ser usado para localização de produtos, histórico de movimentação e destino (KUMAR, 2014).

Os resíduos de equipamentos elétricos e eletrônicos pertencem a um grupo de resíduos com alto potencial de reciclagem. O fluxo reverso destes produtos e sua desmontagem podem

produzir materiais recicláveis trazendo benefícios econômicos e ambientais. A dificuldade principal nesse processo está no intercâmbio de informação entre os fabricantes e os locais de desmontagem. O uso de tecnologias de rastreamento como identificação por rádio frequência (RFID), código de barra (MUSA; GUNASEKARAN; YUSUF, 2014) ou *chips* integrados (UM; STROUD; SUH, 2015), podem simplificar o processo. Com o uso de leitoras próprias para o RFID, os centros de desmontagem podem obter a informação necessária de forma a encaminhar para um processo de reuso, remanufatura ou reciclagem. Dentre as informações armazenadas podem ser encontradas a composição dos materiais para a destinação correta, a quantidade e o peso dos produtos, além de identificar materiais perigosos (NOWAKOWSKI, 2018).

Os principais elementos de um sistema RFID são o leitor, *tag* e o *middleware* que coleta e filtra os dados do leitor antes que os dados sejam transmitidos para aplicações corporativas e sistema de informação. O leitor e o *tag* não requerem uma linha direta de visão para comunicação. As etiquetas mais simples e mais baratas não têm fonte de energia e trabalham contando com a energia transmitida pelo leitor, muito semelhante ao radar (MUSA; GUNASEKARAN; YUSUF, 2014).

Todas as informações contidas nessas etiquetas podem ser acessadas por qualquer empresa e usuário que participe no ciclo do produto, como os próprios fabricantes, fornecedores, assistência técnicas, distribuidores e empresas de reciclagem, sendo necessário a integração e acesso dos sistemas. Com visões completas e gerais do ciclo do produto seria possível a criação de metas de reciclagem para setores e produtos específicos. Existem fábricas com grande capacidade e com tecnologias avançadas para reciclagem em alguns países, mas as mais simples e com processos manuais podem se beneficiar com as informações providas pelas tecnologias de rastreamento (NOWAKOWSKI, 2018).

Além de código de barras e RFID, a tecnologia de computação ubíqua, com o uso de *chips* integrados aos produtos, pode ser usada como o meio fundamental para armazenar e capturar informações precisas quando o produto é usado. Ele pode ser usado para identificar o registro do produto e agregar as informações de contexto para o banco de dados do ciclo de vida do produto (UM; STROUD; SUH, 2015).

Na União Europeia, há orientação para que sejam criadas normas de desmontagens fornecidas em manuais, indicação de tipo de materiais, incluindo os materiais perigosos e alguns direcionamentos para remanufatura. Nesse caso o uso de RFID ou código de barras pode ser um facilitador para que essas orientações sejam estimuladas ou regulamentadas (NOWAKOWSKI, 2018).

Neste contexto, a questão de pesquisa deste estudo é: como sistemas de informação e as tecnologias de rastreamento contribuem com a logística reversa da cadeia de resíduos de eletroeletrônicos?

Esse estudo terá foco no setor de eletroeletrônicos que apresenta um impacto ambiental significativo e mesmo com técnicas de desmontagem e reciclagem, o resíduo sólido gerado pela indústria de eletroeletrônicos requer estudos para determinar a viabilidade econômica e as melhores práticas para o destino desses resíduos. Em caso de descarte ou reciclagem inadequados, a emissão de substâncias tóxicas pode poluir a água, o solo e o ar e prejudicar a saúde humana. Importante salientar que muitos eletrodomésticos e automóveis utilizam placas e *chips* em suas configurações, ou seja, os resíduos eletroeletrônicos também estão presentes em áreas que basicamente possuíam resíduos mecânicos (KÖHLER; ERDMANN, 2004).

O sistema de informações de logística reversa, infraestrutura e tecnologia em países em desenvolvimento ainda são processos manuais. A falta desses sistemas dificulta a economia de escala e reduz significativamente o valor dos produtos devolvidos para reciclagem. A ausência de legislação e incentivos econômicos agrava ainda mais o problema, reduzindo a propensão a investir. O investimento no uso de sistemas de informação e em tecnologia de rastreamento mais avançada aumentaria a eficiência dos programas de logística reversa (HUNG LAU; WANG, 2009).

Em países em desenvolvimento, como o Brasil, a China e a Índia, observa-se uma grande dificuldade de implementação de logística reversa, relacionado com legislação complexa que pode levar a bitributação, conflitos observados na cadeia, falta de conscientização da população e dimensões territoriais muito extensas (DEMAJOROVIC; AUGUSTO; SOUZA, 2016). No Brasil, a tecnologia de informação é um enorme obstáculo para as empresas, por falta de recursos e conhecimento adequado para a área (BOUZON; MIGUEL; RODRIGUEZ, 2014).

No Brasil destacam-se os conflitos e dificuldades de trabalho cooperativo entre fabricantes, distribuidores e varejo principalmente com relação aos custos. A baixa conscientização da população e as dimensões continentais brasileiras tornam a atividade de coleta difícil principalmente fora dos grandes centros urbanos (DEMAJOROVIC; AUGUSTO; SOUZA, 2016).

No Brasil, a lei 12.305/2010 instituiu a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) que fomentou a logística reversa com um conjunto de ações e procedimentos para a coleta e destinação final de resíduos. Para tanto estabelece regulamentações, acordos setoriais e termos de compromisso. O acordo setorial do setor de eletroeletrônicos tem quatro propostas unificadas e consideradas válidas, e estão em negociação desde janeiro de 2014 (MMA, 2018).

A indústria de eletroeletrônicos representa um valor significativo no PIB brasileiro e o faturamento do setor elétrico e eletrônico cresceu 5% no ano de 2017, na comparação com 2016, atingindo R\$ 136 bilhões. Este desempenho foi bastante significativo, uma vez que reverte a tendência de resultados negativos dos últimos três anos. Além disso, a utilização da capacidade instalada do setor passou de 71% para 77%, enquanto o número de trabalhadores ocupados teve aumento de 1,4 mil vagas, subindo de 232,8 mil no final de 2016, para 234,2 mil em dezembro de 2017. A produção do setor eletroeletrônico, calculada pelo IBGE, cresceu 6%, com incremento de 20% da indústria eletrônica, na qual conta com elevada participação dos bens de consumo; e queda de 3% na indústria elétrica, em que predomina o setor de bens de capital. Já os investimentos da indústria eletroeletrônica cresceram 5% no ano de 2017, atingindo R\$ 2,5 bilhões. Este desempenho foi motivado pelo crescimento dos segmentos de bens de consumo, notadamente das áreas de informática e telecomunicações (ABINEE, 2018).

O crescimento da venda e utilização de equipamentos eletroeletrônicos e principalmente daqueles relacionados à tecnologia, acarreta um aumento na quantidade de resíduos sólidos que podem ter seus impactos ambientais diminuídos com a utilização da logística reversa com a colaboração dos sistemas de informação e com o uso de tecnologias de rastreamento.

1.2 OBJETIVO GERAL E OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Esse trabalho tem como objetivo geral analisar a contribuição de sistemas de informação e as tecnologias de rastreamento para a logística reversa de cadeias de resíduos de eletroeletrônicos. Os objetivos específicos decorrentes do objetivo geral são:

- a) identificar o uso de tecnologias de rastreamento como RFID, código de barras ou chips integrados para a logística direta e reversa;
- b) analisar os sistemas de informação e as tecnologias de rastreamento utilizados na logística reversa da cadeia de resíduos de eletroeletrônicos e sua integração entre os atores participantes;
- c) avaliar as soluções sistemas de informação utilizados na logística reversa da cadeia de resíduos de eletroeletrônicos;

Essa pesquisa parte do pressuposto que os sistemas de recuperação de produtos intensivos em informação podem colaborar com a logística reversa aumentando a eficiência (OLORUNNIWO; LI, 2010) como no fornecimento de relatórios gerenciais que são importantes para tomada de decisões e cumprimento de metas (GREEN et al., 2012a), e na

obtenção de informação do tempo de vida útil do produto para que decisões de reuso, remanufatura ou descarte possam ser levadas em consideração (LIU; ZHU; SEURING, 2017). Assim como o uso de sensores para rastreamento como RFID, código de barra ou *chips* integrados podem possibilitar a identificação e obtenção de informação dos produtos (NATIVI; LEE, 2012; NOWAKOWSKI, 2018). Informações como peso, tipos de materiais, existência de componentes perigosos e instruções de desmontagem que possibilitem economia no processo operacional de reciclagem (UM; YOON; SUH, 2008).

2 REFERENCIAL TEÓRICO

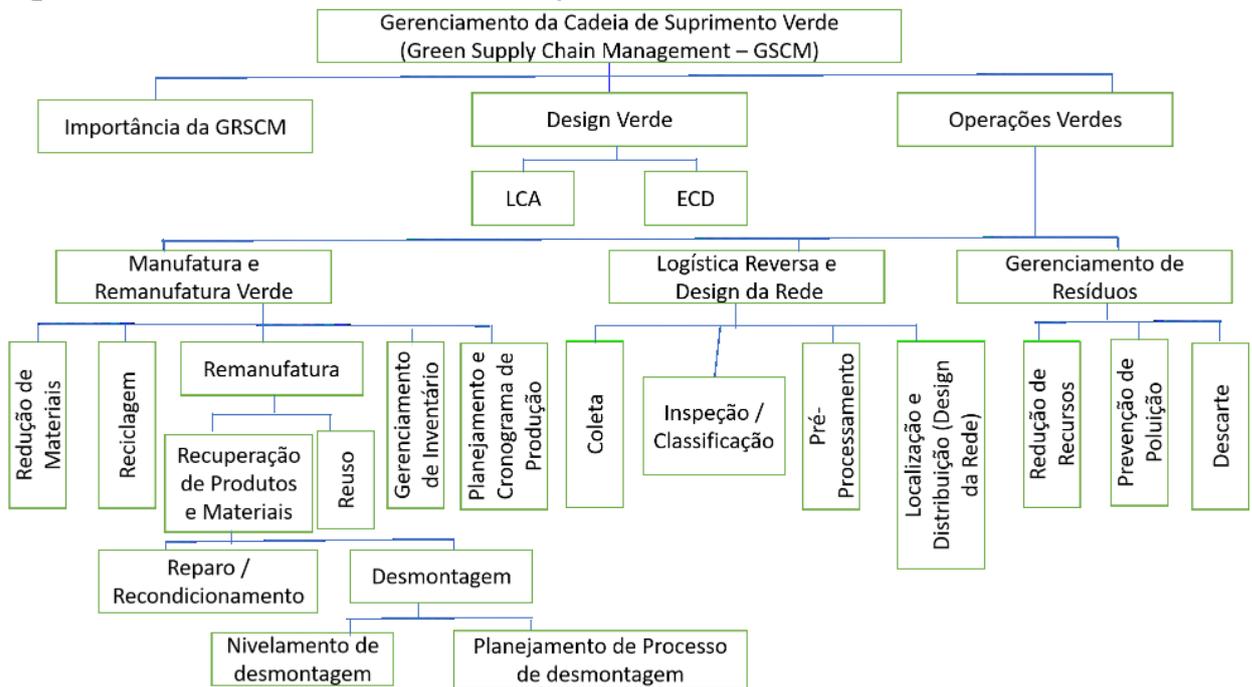
Neste capítulo é discutido a contribuição da tecnologia de informação no desenvolvimento de cadeias de suprimentos verde. Abordando a tecnologia de informação como uma ferramenta na logística reversa e as tecnologias que estão sendo usadas para fornecer informações relevantes para o processo de coleta e destinação de produtos pós-consumo durante o fluxo reverso. Esse embasamento teórico proporcionou o desenvolvimento do modelo conceitual de análise, os instrumentos de coleta de dados para a análise e discussão dos resultados.

2.1 CADEIA DE SUPRIMENTO VERDE

O gerenciamento da cadeia de suprimentos verde, *Green Supply Chain Management* (GSCM), visa fechar o ciclo de materiais, levando em consideração o ciclo de vida do produto, a partir da extração de matéria prima, consumo de energia e geração de resíduos. Com o GSCM implementado, os materiais são usados mais eficientemente, e os recursos são conservados. No GSCM os produtos são projetados e usados levando em consideração a capacidade do ambiente e o aproveitamento dos resíduos como matérias primas para outros produtos (ZHU; COTE, 2004; SEURING, 2011).

O GSCM aborda a influência e as relações entre a gestão da cadeia de suprimentos e o meio ambiente, é a integração das práticas ambientais na gestão da cadeia de suprimentos, incluindo design de produto, processos de fabricação, bem como a análise do ciclo de vida do produto por meio da logística reversa e gestão de resíduos sólidos (SRIVASTAVA, 2007).

Figura 1 – Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos Verde



Fonte: Srivastava, 2007, p. 57

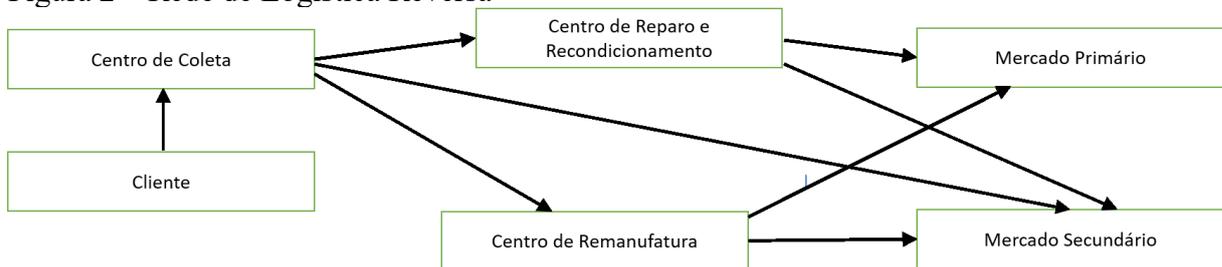
No design verde está incluído a Análise do Ciclo de Vida - *Life Cycle Analysis* (LCA) que visa avaliar os impactos ambientais associados as etapas de vida de um produto desde a extração da matéria prima até a fabricação, uso, descarte e reciclagem (SRIVASTAVA, 2007). Além do LCA, no design verde considera-se também o *Design Ecologicamente Consciente* - *Environmentally Conscious Design* (ECD), que é uma abordagem de design que visa produzir um produto com impacto ambiental mínimo ao longo do ciclo de vida, sem comprometer qualidade, custo, desempenho e viabilidade de produção. Enfatiza-se a necessidade de considerar os impactos ambientais durante a extração e processamento de materiais, fabricação, distribuição, uso e fim de vida (HUANG et al., 2009). O desenvolvimento de produtos com menor impacto ambiental é um outro conceito importante quando tratamos do GSCM. O design verde está muito relacionado com a área de inovação. O desenvolvimento de novas tecnologias, o uso de materiais que reduzam o impacto ambiental, alteração em processos de fabricação, melhoria no tempo de vida útil dos produtos e o desenvolvimento de produtos que facilitem a reciclagem, o reuso e a remanufatura (LI et al., 2016; GMELIN; SEURING, 2014a).

As operações verdes referem-se a todos os aspectos relacionados à fabricação e remanufatura de produtos, uso, manuseio, logística reversa e gerenciamento de resíduos. A fabricação ecologicamente consciente visa reduzir o impacto ecológico usando materiais e tecnologias apropriadas, e a remanufatura é um processo de restauração para nova utilização (SRIVASTAVA, 2007; LIU; ZHU; SEURING, 2017). Além da reduzir resíduos e o consumo

de energia, a fabricação necessita desenvolver produtos que tenham seu tempo de vida aumentado e que facilitem a reciclagem e reuso (LI et al., 2016).

Vários autores identificam coleta, inspeção/classificação, pré-processamento, logística e desenho de rede de logística reversa como quatro aspectos funcionais importantes da logística reversa. O desenho da rede de logística reversa deve ser desenvolvida para tornar o processo efetivo e rentável ou pelo menos com baixo custo (SRIVASTAVA, 2008a). Pode por exemplo seguir o modelo da Figura 2:

Figura 2 – Rede de Logística Reversa



Fonte: Srivastava, 2008b, p. 541

Nesse exemplo o cliente encaminha o produto para um centro de coleta que após avaliação é enviado para um centro de reparo ou recondicionamento. O produto pode ainda ser encaminhado para um centro de remanufatura ou direto ao mercado secundário caso o cliente tenha devolvido em boas condições de uso. Os centros de remanufatura e o de reparo podem enviar o produto tanto ao mercado primário ou secundário (SRIVASTAVA, 2008b).

O gerenciamento de resíduos é definido como a redução de resíduos que são gerados durante a produção. São atividades destinadas a reduzir o volume, a massa ou a toxicidade dos produtos ao longo do ciclo de vida. Inclui o descarte de produtos com conteúdo tóxico mínimo, volume mínimo de material e vida útil mais longa. Além disso engloba atividades para prevenção de poluição e descarte de forma correta (SRIVASTAVA, 2007). Nessa área existem vários estudos para o uso de tecnologia de informação para melhorar a eficiência no gerenciamento de resíduos (KRÓL; NOWAKOWSKI; MRÓWCZYŃSKA, 2016).

No GSCM também é considerada a compra verde que trata da aquisição de produtos ecologicamente corretos, que diminuam o desperdício e melhorem a reciclagem. Visa uma integração entre a empresa e seus fornecedores para estabelecer metas para redução do impacto ambiental (LI et al., 2016).

Quando a empresa implementa o GSCM o fato de reavaliar as parcerias com os fornecedores e investir em sistemas de informação afetam de forma benéfica toda a estrutura

empresarial, ou seja, existe um benefício mesmo que de forma indireta (LI et al., 2016). Quando da necessidade da implementação do GSCM existe uma diferença entre atividades organizacionais relacionadas a processos e aquelas relacionadas a produtos. Embora ambos façam parte dos recursos organizacionais, as práticas relacionadas a produtos, como o design de produtos verdes, focam na concepção e no desenvolvimento de produtos ecoeficientes (GMELIN; SEURING, 2014b). Enquanto, as capacidades relacionadas a processos - compras verdes, manufatura verde e sistemas de informação verde - visam desenvolver e implementar métodos operacionais e sistemas de informação na estrutura da organização, e mitigar qualquer ação que possa causar impacto ao meio ambiente. É importante que as empresas desenvolvam essas duas atividades para terem um impacto positivo no desempenho ambiental da organização (LI et al., 2016; DOU; ZHU; SARKIS, 2014).

Três aspectos são considerados como barreiras para a implementação da GSCM: altos custos; esforços de coordenação e complexidade; insuficiente ou falha de comunicação na cadeia de suprimentos (SEURING; MÜLLER, 2008). Os sistemas de informação podem contribuir com o GSCM nos esforços de coordenação e complexidade.

Sistemas de informação verde - *Green Information Systems* (GIS) são definidos por alguns autores como um projeto de implementação de sistemas que contribuem para processos de negócios sustentáveis. Sistemas de informação também podem facilitar a administração de produtos fornecendo informações críticas para os esforços de reciclagem e remanufatura das organizações. Assim, os sistemas de informação verde desempenham um papel importante no esforço de uma empresa em relação ao GSCM (LI et al., 2016). Os sistemas de informação verde fornecem as informações necessárias para decisões sobre *ecodesign*, em termos de material e consumo de energia, reutilização, reciclagem e destinação de materiais pós-consumo. Esses sistemas também fornecem as informações necessárias sobre o investimento da organização em estoques excedentes e resíduos (GREEN et al., 2012b). Além disso, disponibilizam ferramentas como *groupware*, que são sistemas que auxiliam grupos de pessoas envolvidas em tarefas ou objetivos comuns e que provêm interface para um ambiente compartilhado, como teleconferência, sistemas de auditoria ambiental e sistemas de automação para apoiar e promover operações para desenvolvimento sustentável (YANG et al., 2018).

2.1.1 Cadeia de suprimento verde e tecnologia de informação

Vários autores quando se referem ao gerenciamento de cadeias de suprimentos verde relatam a necessidade da obtenção de informações sobre produtos e sobre as atividades da cadeia de suprimentos (GREEN et al., 2012b; ZHU; COTE, 2004; LIU; ZHU; SEURING,

2017). A implementação de GSCM depende da capacidade organizacional de capturar e gerenciar as informações relacionadas aos processos de fabricação, compras, vendas e logística. Os dados podem ser analisados e gerar as informações necessárias para tomar decisões que levem a melhorias de sustentabilidade ambiental em toda a cadeia de suprimentos.

Os sistemas de informação verdes são fundamentais para apoiar a gestão ambiental e atender as necessidades de acompanhamento e geração de relatórios para as partes interessadas. Esses sistemas fornecem as informações para a coordenação em termos de *design* ecológico, produção, embalagem e transporte (GREEN et al., 2012b). Os sistemas de informação suportam o planejamento dos recursos empresariais para a integração e coordenação das estratégias em toda a cadeia de suprimentos. A capacidade de compartilhar informações em tempo real entre os parceiros levam ao êxito da operação (GREEN et al., 2012a).

A literatura sugere que é provável que haja uma interação mútua entre GSCM e GIS principalmente devido ao fato do ambiente de negócio e de tecnologia estarem mudando rapidamente. Resultados de pesquisas indicaram que o GSCM atinge os objetivos de sustentabilidade em termos econômicos, operacionais e ambientais. O GIS desempenha papel de apoio ao GSCM em todos os aspectos e o alinhamento entre GSCM e GIS aumenta o desempenho ambiental. As práticas comuns de alinhamento entre GSCM e GIS atingem as dimensões comuns em termos de proteção ambiental, controle de processo e apoio à organização (YANG et al., 2018).

Os principais fluxos de informações estão relacionados aos produtos e informações da cadeia de suprimentos e por muitos anos foram estudados separadamente. Com a evolução dos sistemas de informação, as informações relacionadas aos produtos e à logística de fornecimento de material foram interligadas. Esses dois fluxos de bens e informação no GSCM devem ser coordenados de modo a envolver os vários departamentos da organização assim como fornecedores e clientes, de modo a melhorar o desempenho de toda cadeia. A integração logística refere-se as atividades que possibilitam o fluxo de materiais e produtos entre fornecedores e clientes, na quantidade, local e hora certa (PRAJOGO; OLHAGER, 2012).

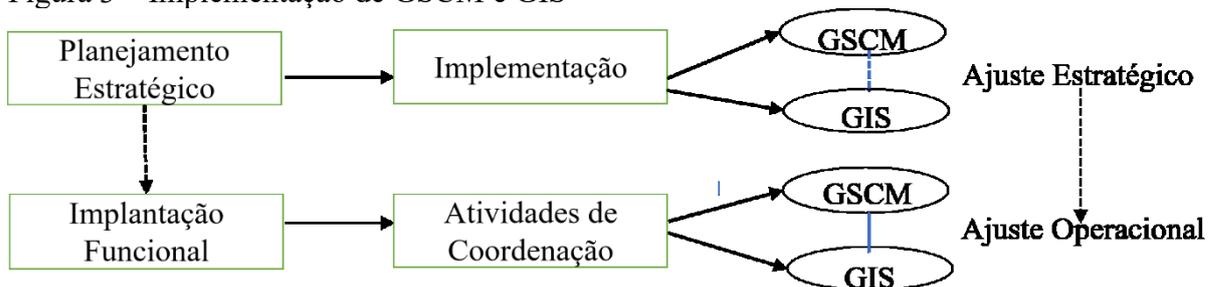
De fato, os sistemas de informação verde representam a espinha dorsal dos esforços de gestão ambiental apoiando os sistemas internos de gestão da empresa e fornecendo os relatórios para as partes interessadas. Os dados podem ser analisados para gerar as informações necessárias para tomar decisões que levem a melhor sustentabilidade ambiental em toda a cadeia de suprimentos verde. Conforme pesquisas realizadas os sistemas de informação verde impactam direta e positivamente a colaboração ambiental com os fornecedores e clientes (GREEN et al., 2012a). Pelas necessidades de gerenciamento e tomada de decisão os sistemas

de informação tornam-se um elemento essencial para a que o GSCM possa fazer parte da estratégia organizacional (MORGAN et al., 2018).

O sucesso do GSCM depende primeiramente do posicionamento estratégico da direção da organização para colocar a questão ambiental como parte da missão da corporação; depois modifica-se os sistemas de informação existentes para monitorar o desempenho ambiental e práticas ambientais (GREEN et al., 2012a). Não basta implementar GSCM e GIS se não houver interação entre ambos.

A Figura 3 mostra que a adaptação entre GSCM e GIS começa como resultado do planejamento estratégico que leva à decisão de implementar ambos em uma organização, e sua adequação operacional é o resultado da implementação funcional que lhes permite integrar suas capacidades. Comparado com o ajuste estratégico, o ajuste operacional leva um tempo relativamente longo para se formar pois muitos obstáculos aparecem durante a implantação funcional (YANG et al., 2018).

Figura 3 – Implementação de GSCM e GIS



Fonte: Yang et al., 2018, p. 4

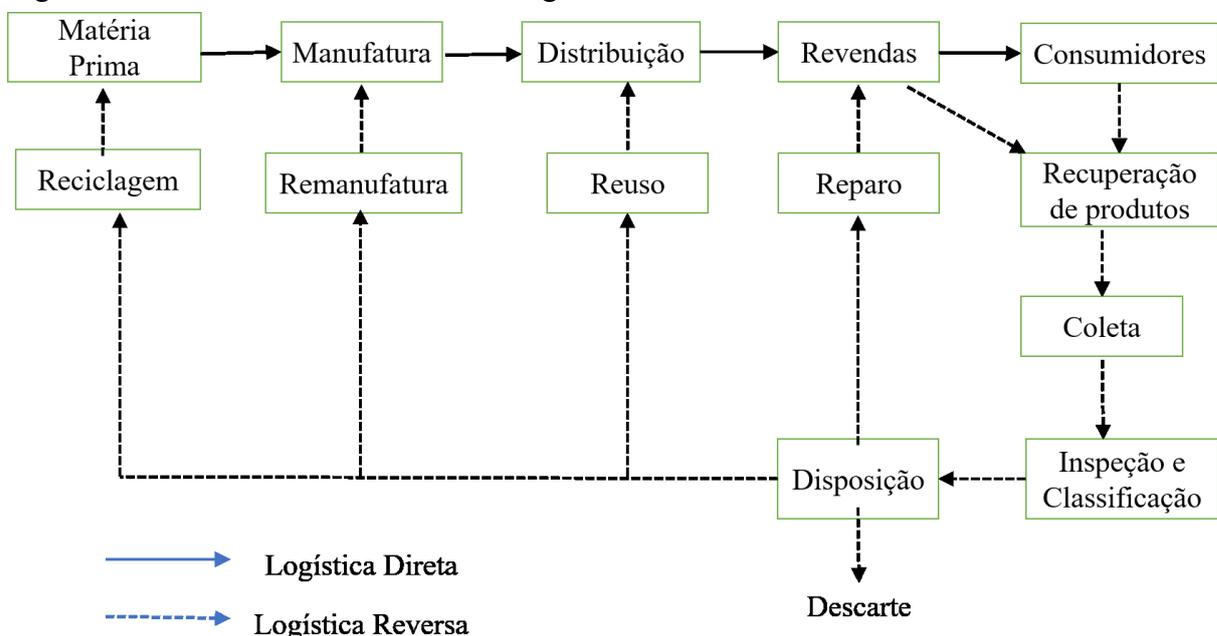
Atualmente os fluxos de informação no GSCM estão se expandindo, com a logística reversa indicando que os produtos descartados pelos clientes devem retornar para serem reciclados. O fluxo de informação precisa fornecer o necessário para tornar os processos de reciclagem mais eficientes e o resultado do fluxo reverso de produtos para o menor uso de matérias primas e a destinação correta dos resíduos é comumente associada aos conceitos ambientais (PRAJOGO; OLHAGER, 2012; MORGAN et al., 2018). A combinação das competências em logística reversa com tecnologia de informação é que possibilitam o desempenho eficiente do fluxo reverso de produtos (MORGAN; RICHEY JR; AUTRY, 2016).

2.1.2 Logística reversa e tecnologia de informação

A logística reversa é um processo pelo qual o fabricante realiza o fluxo reverso de produtos de consumidores para possível remanufatura, reciclagem, reutilização ou descarte. Na cadeia de suprimentos tradicional, a logística gerencia o fluxo de produtos do fabricante para o consumidor. Na logística reversa, o gerenciamento consiste em controlar o fluxo inverso de produtos do consumidor para o fabricante. É muito mais do que simples reciclagem, pois existe ênfase na redução real dos materiais empregados através da remanufatura ou reutilização desses materiais. Outros fabricantes também tentam reduzir a quantidade de materiais utilizados no processo de entrada. Questões decorrentes da logística reversa englobam distribuição, estoque e gerenciamento de produção (DHANDA; HILL, 2005).

A logística reversa é “o processo de planejamento, implementação, controle eficiente e efetivo dos custos do fluxo de matérias primas, estoque em processo, produtos acabados e informações relacionadas do ponto de consumo até o ponto de origem para fins de recapturar ou criar valor ou descartar de forma adequada” (ROGERS; TIBBEN-LEMBKE, 2001, p.130).

Figura 4 – Baseado no Fluxo básico da logística direta e reversa



Fonte: Agrawal; Singh; Murtaza, 2015, p. 78

A logística reversa possui várias atividades iniciando pela devolução do produto usado que pode ser direcionado ao revendedor, ou fabricantes através de programas de retorno ou a pontos de coleta público ou privado. Após a coleta esses produtos são enviados aos fabricantes ou para terceiros. Após a coleta é feita a inspeção para classificação nas diversas categorias:

reparo, reuso, remanufatura ou reciclagem. Alguns autores acrescentam entre o reparo e remanufatura, o recondicionamento no qual o produto pode receber pequenas modificações ou substituição de peças. Conforme mostrado na Figura 4 cada categoria tem seu destino que pode ter algumas variações, mas que em geral seguem o diagrama mostrado (AGRAWAL; SINGH; MURTAZA, 2015).

A logística reversa é parte integrante da cadeia de suprimentos verde (SRIVASTAVA, 2007), e as capacidades do sistema de informação são derivadas da integração de tecnologia da informação, pessoal experiente e processos, com o potencial para aumentar a vantagem competitiva das empresas. No contexto da logística reversa, definimos essa capacidade de um sistema de informação em como o mesmo processa o envio e recebimento de informações dentro e entre as organizações (DAUGHERTY et al., 2005).

São necessários sistemas de decisão e informação para suportar adequadamente o retorno de produtos, mas foi identificado como uma lacuna para muitos pesquisadores. Estudos mostram que a perda de informação é um dos principais obstáculos para recuperar o valor dos produtos retornados. O uso da tecnologia da informação com o envio de informação de compras *on-line* e serviços pós-venda, como a manutenção de produtos em garantia, contribuíram para o aumento da devolução dos produtos (MADAAN; KUMAR; CHAN, 2012).

A tecnologia de informação tem um papel fundamental para mitigar ou resolver muitos dos problemas e deficiências no fluxo reverso, como prover informações precisas sobre o status, a localização e condição dos produtos em movimento na cadeia de suprimentos. As funções de logística reversa são compostas por um conjunto de tarefas sensíveis ao tempo, que envolvem o gerenciamento do recebimento, manuseio e destinação dos produtos retornados. O desempenho ideal dessas tarefas, que inclui a inspeção de produtos devolvidos, revenda ou remanufatura requerem operações especializadas e tecnologias de informação (TI). Atingir a eficiência no fluxo reverso não é simples devido à dificuldade em localizar, manusear e devolver os produtos nos locais e tempos corretos (JAYARAMAN; ROSS; AGARWAL, 2008).

Estudos recentes também avaliam quais os melhores métodos para gerenciar os resíduos sólidos em países em desenvolvimento, considerando vários aspectos como fatores de saúde pública, econômicos, ambiental e social e todos esses métodos invariavelmente necessitam da colaboração da tecnologia de informação, tanto para o desenvolvimento do próprio método quanto posteriormente na sua aplicação (ZURBRÜGG; CANIATO; VACCARI, 2014).

O desempenho na implementação da logística reversa é construído com a qualidade de informações provida pela estrutura de tecnologia de informação. Há três tipos de tecnologia de

informação aplicadas em logística reversa. A primeira refere-se à integração provida pelo gerenciamento de transações com alto volume de troca, como *Electronic Data Interchange* (EDI) - Intercâmbio Eletrônico de Dados - e alinhamento de tarefas operacionais. Esse tipo se concentra na gestão de transações com uso de ferramentas de TI, na construção de integridade de dados e padronização das informações que são trocadas. O segundo tipo refere-se à gestão por planejamento conjunto e em atividades de tomada de decisão como lançamento de novos produtos, plano de negócios e promoção de vendas, onde existe mais interações interpessoais nas empresas. O terceiro tipo também é um processo de gestão com foco na resolução conjunta de problemas, planejamento a longo prazo da cadeia de suprimentos com integração mais avançada nos processos de fabricação. Nesse tipo existe a necessidade da construção de confiança, da definição de metas comerciais conjuntas e do desenvolvimento de processos para atender a essas metas. O tipo utilizado depende de como a empresa trabalha com todos os atores participante na logística reversa, mas todas estabelecem mecanismos para compartilhamento e gestão das informações (OLORUNNIWO; LI, 2010).

Os profissionais de logística descobriram que as tecnologias da informação estão entre as melhores ferramentas disponíveis para melhorar a qualidade do serviço. Por esta razão, muitas empresas dedicaram recursos humanos, financeiros e físicos a sistemas de informação que melhorem a capacidade de resposta e o controle de processos. A estratégia *Resource-Based View* (RBV) é focada nos recursos e competências próprios da empresa. Sugere a implantação de um sistema na tentativa de criar competência em tecnologia da informação. Ao comprometer recursos financeiros, humanos e físicos para a tecnologia da informação usada no processo de logística reversa, os gestores podem melhorar a comunicação dos parceiros, integrar informações sobre as atividades da empresa e melhorar a capacidade de resposta. Os altos níveis de suporte de informações e capacidade tecnológica são especialmente importantes devido à natureza das operações de logística reversa (DAUGHERTY et al., 2005).

As empresas devem considerar tanto a capacidade quanto a compatibilidade ao criar um sistema de informação. A compatibilidade é importante tanto na logística direta quanto na reversa. Todas as partes envolvidas na cadeia de fornecimento devem ser capazes de transmitir e receber informações importantes entre si. Esta troca de informações mitiga alguns dos problemas de demandas infrequentes e instáveis no processo inverso. Portanto, sistemas compatíveis ou sistemas intermediários adequados que facilitam a troca de informações entre organizações (e entre unidades) devem ser empregados (HUSCROFT et al., 2013a).

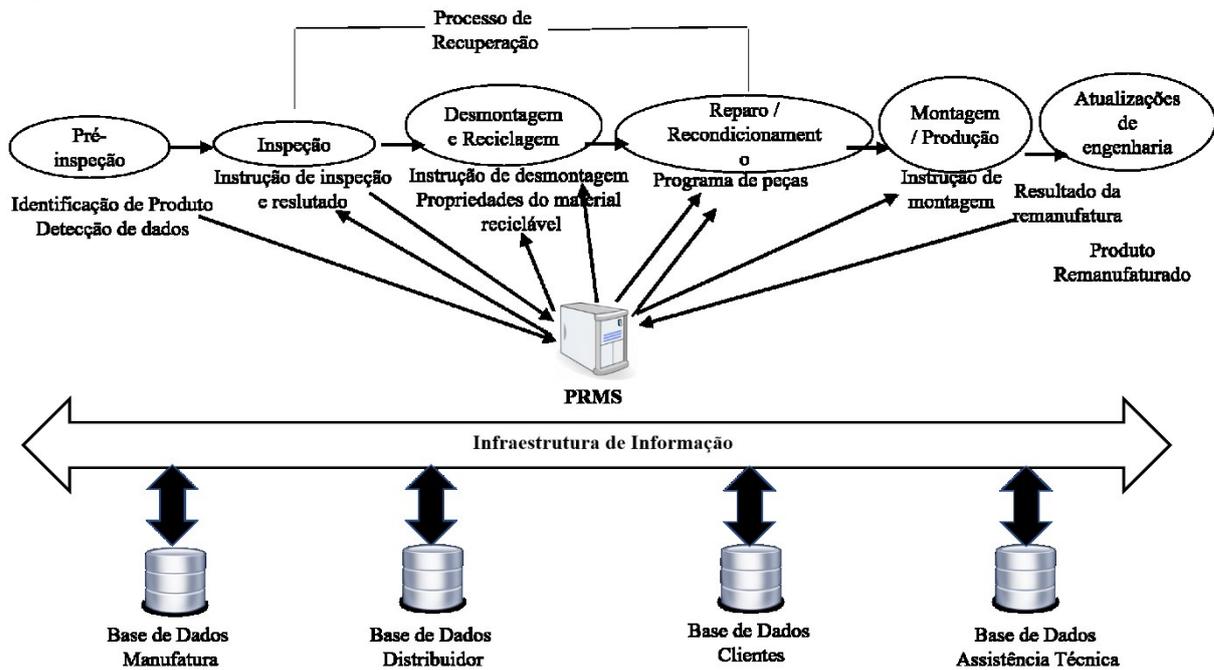
Os modelos e análises realizados mostraram como e em quais condições os investimentos em sistemas de gerenciamento de devolução de produtos, que facilitam o

intercâmbio de informações entre fabricantes e centros de coleta de reciclagem, levam à eco eficiência e são economicamente justificáveis para os fabricantes. Mesmo com regulamentação governamental, a maioria dos sistemas de reciclagem e recuperação evoluíram de forma incremental e nem sempre foram bem racionalizados. A maioria foi criada para resíduos domésticos como papel e alguns produtos químicos. Normalmente se originaram como operações de coleta manual bastante simples, que dependem em muito do consumidor local e que podem variar conforme a cultura e grau de instrução (TOYASAKI; WAKOLBINGER; KETTINGER, 2013).

Existem vários segmentos dentro dos sistemas de informação corporativa que necessitam de desenvolvimento quando pensamos na logística reversa. Alguns autores citam o gerenciamento de recuperação de produtos – *Product Recovery Management* (PRM), que pode ser conceituado como “o gerenciamento de todos os produtos, componentes e materiais descartados para os quais uma empresa de fabricação é legalmente, contratualmente ou de outra forma responsável” (KRIKKE; VAN HARTEN; SCHUUR, 1998, p.113). E o sistema para suportar esse gerenciamento o *Product Recovery Management System* (PRMS), que apoia as decisões reunindo informações sobre o produto e possibilita o desenvolvimento de uma solução para essa recuperação. A arquitetura e funcionalidade, junto com a técnica de implementação determinam a utilidade do PRMS. Para apoiar essas decisões um sistema PRMS deve incluir um projeto de arquitetura de sistemas para serviços de fim de vida de um produto, como remanufatura, reuso, reparo ou reciclagem, um modelo de dados com base em padrões internacionais e infraestrutura para a obtenção de informações sobre o produto. O PRMS precisa ser desenvolvido para permitir o acesso aos bancos de dados por todos os *stakeholder*, ter uma *interface web*, permitir integração de sistemas, ter informações padronizadas e algum processo de captura de informações dos produtos como RFID, código de barras ou alguma tecnologia integrada (UM; YOON; SUH, 2008).

A Figura 5 mostra como o PRMS estabelece a integração entre bases de dados e todas as atividades da cadeia de logística reversa. Numa situação sem nenhum processo de captura para obter informações do produto o operador que recebe o produto só pode se basear na sua experiência, caso a tenha, ao passo que com o uso do RFID, por exemplo, o PRMS pode passar as informações de uso desse produto com outras instruções. No caso da desmontagem o PRMS pode até disponibilizar imagens em 3D para ajudar nesse processo, além de toda a informação sobre os materiais que compõem o produto. Mesmo informações de remanufatura podem ser apresentadas instruções de reparo e remontagem, além de variados relatórios de gerenciamento (UM; YOON; SUH, 2008).

Figura 5 – Sistema PRMS



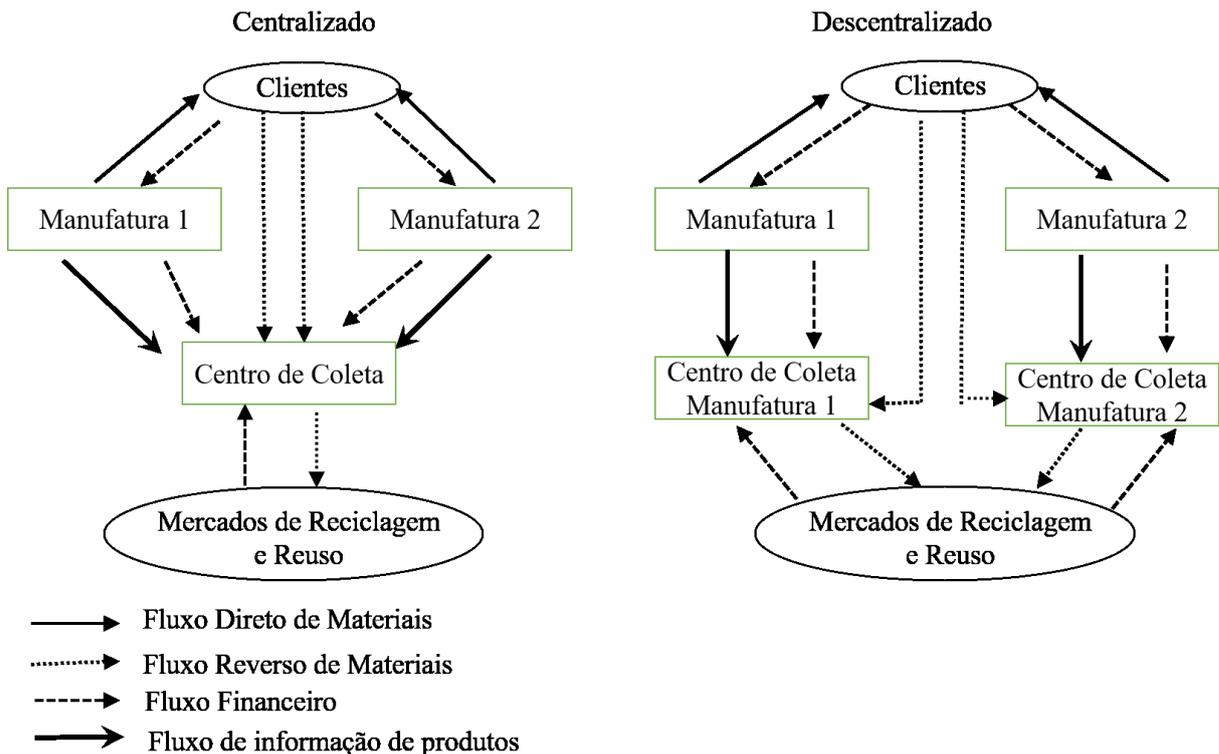
Fonte: Um; Yoon; Suh, 2008, p. 1182

Quando tratamos apenas das aplicações responsáveis pelo processamento dos dados referente aos produtos nas diversas bases de dados, estudos foram realizados para determinar em que condições os investimentos em TI nos sistemas *Information-intensive Product Recovery Systems* (IPRS) - Sistemas de Recuperação de Produto com Informações intensivas, são economicamente justificáveis para os fabricantes e quando os decisores devem considerar a sua implementação. O sistema necessita ser alimentado com informações sobre os produtos que depois possibilitem um processo de logística reversa eficiente. Os custos totais para o gerenciamento do fluxo reverso de produtos são determinados principalmente pela velocidade e estruturas de coleta. Coletas baseadas em inspeção manual aumentam muito os custos de classificação assim como falta de informação e cadastro incorreto de tipo de material. Se forem usados sistemas IPRS, informações sobre identificação, uso e condição do produto podem ser fornecidas (TOYASAKI; WAKOLBINGER; KETTINGER, 2013).

Um estudo realizado na indústria de computadores pessoais mostrou que o retorno do produto pode ser classificado em quatro categorias: fim de vida, fim de uso, itens reutilizáveis e retornos comerciais. Os resultados da pesquisa mostram que a substituição devido a atualização é um dos principais motivos para o descarte de um PC, e os PC retornados pertencem a categorias de fim de vida e final de uso. O tempo é um fator crucial para esse mercado devido à velocidade das mudanças tecnológicas tendo um ciclo de vida de alguns meses, enquanto que outros bens duráveis, como ferramentas elétricas, têm ciclos de vida de

mais de seis anos. Triturar os PCs inteiros separando metais ferrosos e não ferrosos é um método de recuperação relativamente simples, mas muito valor pode ser perdido nos componentes destruídos (TOYASAKI; WAKOLBINGER; KETTINGER, 2013). A pesquisa considerou os dois métodos de coleta, como mostra a Figura 6:

Figura 6 – Estrutura de um Sistema de Coleta



Fonte: Toyasaki; Wakolbinger; Kettinger, 2013, p. 1218

Do mesmo modo que a informação desempenha um papel muito importante nas tarefas de design e fabricação que determinam o ciclo de vida de um produto, essa mesma informação é fundamental para o fluxo reverso. Além disso, dados sobre desmontagem, trituração e possibilidades de incineração determinam parcialmente a eficiência da reciclagem (TOYASAKI; WAKOLBINGER; KETTINGER, 2013). Essas atividades de desmontagem são consideradas operações de processamento relacionadas à própria opção de recuperação. A desmontagem pode ser seletiva, produto não totalmente desmontado, ou completo, produto totalmente desmontado. É necessário determinar o nível ideal de desmontagem para cada produto, pois a recuperação do valor mais alto possível pode, por exemplo, ser atingido quando apenas uma parte dos materiais, peças ou componentes são separados (PARLIKAD; MCFARLANE, 2007).

O modelo analítico mostrou que o uso do IPRS leva à ecoeficiência e é economicamente justificável para os fabricantes (TOYASAKI; WAKOLBINGER; KETTINGER, 2013). Foram levantadas várias situações que possibilitam identificar quando o uso de IPRS em PRM se torna viável:

- a) Macroambiente: influência da estrutura do sistema de coleta para PRM, onde as reduções de custos de classificação sob a estrutura de coleta descentralizada são menores se comparadas com o sistema centralizado. E no sistema descentralizado a redução de tempo de classificação é maior do que no sistema centralizado.
- b) Natureza da empresa: influência das características do IPRS na redução do tempo de classificação devido à implementação do IPRS tem um impacto maior no lucro do que a triagem, melhorias de precisão e redução de custos de classificação.
- c) Natureza da indústria: influência das características do produto. A IPRS tende a ser benéfica para produtos com uma taxa de retorno elevada potencialmente reutilizável e para produtos que têm um alto valor nos mercados de reutilizáveis. Fabricantes que lidam com produtos retornados que se depreciam rapidamente em valor, como PCs, deve implementar um IPRS que deverá cortar o tempo de classificação, enquanto fabricantes que tratam produtos que se depreciam lentamente em valor, como ferramentas elétricas, devem introduzir um sistema IPRS que leve a melhorias de precisão na coleta.

Esse estudo mostra a importância da implementação de um IPRS dentro da estrutura do PRM, identificando vários pontos de vantagens ao mesmo tempo que sugere pesquisas futuras para aumentar o conhecimento na área (TOYASAKI; WAKOLBINGER; KETTINGER, 2013).

O sistema IPRS necessita receber informações, e nesse caso temos alguns métodos de captura de informações de produtos. *Radio-Frequency Identification* (RFID), é uma tecnologia que permite identificação remota de objetos usando ondas de rádio para ler dados de “tags” RFID que estão a alguma distância de um leitor de RFID. Tem várias vantagens sobre a varredura manual usando códigos de barras, uma vez que muitos itens ou sub componentes de um produto poderiam ser simultaneamente identificados de forma automatizada, muito rapidamente e sem a necessidade de direcionamento para cada item (PARLIKAD; MCFARLANE, 2007).

Essa tecnologia sempre foi considerada importante para melhorar a automação e identificação na fabricação e logística direta e agora é também utilizada para fornecer informação para o fluxo reverso (TOYASAKI; WAKOLBINGER; KETTINGER, 2013). O

código de barras tem custo menor, é mais simples, porém necessita que os coletores de dados estejam direcionados para o produto. As etiquetas RFID tem um custo maior, mas necessitam apenas que os coletores estejam a uma distância adequada, por isso tem crescido a utilização dessa tecnologia nas linhas de montagem e nos centros de distribuição (UM; STROUD; SUH, 2015). Tecnologias mais avançadas podem ser utilizadas através de *chips* integrados aos equipamentos, algo que é chamado de computação ubíqua, onipresente, que podem estar em praticamente todos os produtos eletroeletrônicos existentes. Nesse caso teria um custo maior e talvez seja o futuro para qualquer equipamento (UM; STROUD; SUH, 2015).

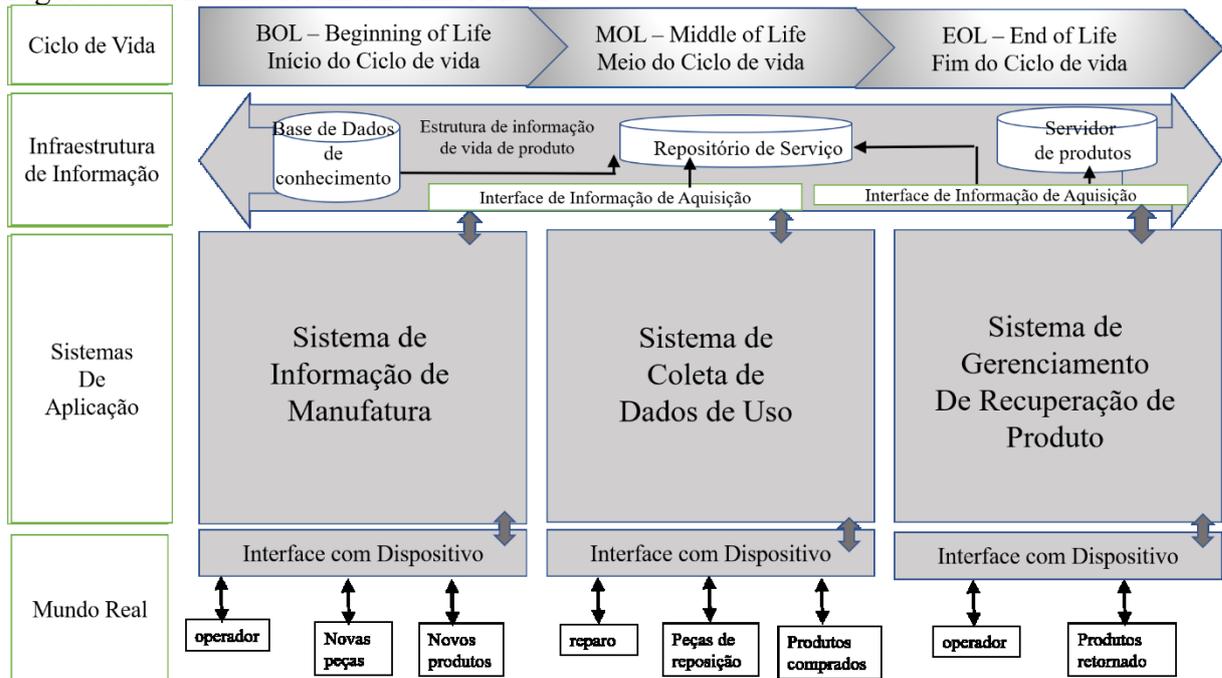
A decisão mais correta para que o produto seja reparado, reutilizado, recondicionado, ou reciclado, depende de vários fatores. O valor residual do produto depende de vários parâmetros de qualidade como a idade, data de fabricação e data de venda, condição de funcionamento, condição física e confiabilidade. Também depende das condições a que o produto foi submetido em toda o seu ciclo de vida, como temperatura ambiente, umidade, taxa de utilização, manutenção realizada, etc. (PARLIKAD; MCFARLANE, 2007).

Os sistemas PRM estão sendo desenvolvidos baseados no ciclo de vida dos produtos. O que permite o uso de tecnologia de informação e desses sistemas é a capacidade de fornecer informação do produto que começa no seu desenvolvimento. Com o uso de tecnologia RFID para fazer o acompanhamento, começa-se o processo definindo em qual estágio do ciclo de vida se encontra o produto, se está em *Beginning of Life* (BOL) - Começo da vida do produto, *Middle of Life* (MOL) - Meia vida do ciclo -, *End of Life* (EOL) - Fim de vida do produto. Essa definição sobre o ciclo de vida do produto indicaria o próximo passo, se será direcionado para reuso, remanufatura ou reciclagem. É uma área que necessita de maior desenvolvimento e de extrema particularidade de produto para produto (UM; STROUD; SUH, 2015). Se um produto está no BOL, provavelmente pode ser encaminhado ao reuso, bastando que seja consertado, no caso de estar no MOL a destinação provável seria a remanufatura e em EOL seria destinado a reciclagem.

A Figura 7 reflete de forma macro a conexão de sistemas com cada fase da vida do produto com a vida em real. De forma sumarizada o que vemos é o estágio de design e manufatura associado ao BOL, a fase de distribuição, venda, uso pelos clientes e reparo associado com o MOL e o fluxo reverso com o EOL. A arquitetura de sistema de forma simplificada permite a gestão em todos os estágios, visto que está sendo alimentada pelas informações coletadas e que são inseridas numa base de dados comum. O estudo apresentou um modelo de gestão para ser aplicado desde o desenvolvimento até a destinação final. O PRMS não deve ser uma entidade à parte de todo o ciclo, mas uma importante ferramenta para ajudar

o fluxo de reverso de produtos, mas também o departamento de desenvolvimento. Essa retroalimentação pode inserir informações para o desenvolvimento de produtos eco eficientes, e que sejam preparados para serem reciclados (UM; STROUD; SUH, 2015) (SHIN et al., 2017).

Figura 7 – Estrutura de um sistema PRMS



Fonte: Autor, adaptado de Um; Stroud; Suh, 2015, p. 906

Pesquisa realizada com um fabricante e dois fornecedores, sendo um de material reciclado e outro de matéria prima, mostrou que o uso de tecnologia de RFID permite um melhor controle sobre o inventário com monitoramento em tempo real e o compartilhamento de informações para que se obtenha maiores benefícios ambientais e maiores benefícios econômicos (NATIVI; LEE, 2012; GREEN et al., 2016).

A pesquisa quantitativa fez uma análise baseada em simulação e teve como objetivo investigar como o compartilhamento de informações por RFID pode ajudar as cadeias de suprimentos que usam a logística reversa a aumentar os benefícios ambientais e econômicos através de uma gestão de estoque mais coordenada. O estudo usou dois cenários, sem RFID e com RFID. Foram feitas 128 simulações para cada cenário e em 100% dos casos, a estratégia RFID proporcionou melhores desempenhos econômicos do que sem RFID. Isso mostra que a estratégia RFID é uma tecnologia que pode oferecer uma solução robusta sob várias condições diferentes. A tecnologia RFID permite monitoramento em tempo real, revisão contínua, compartilhamento de informações entre os participantes e visibilidade entre os estoques, o que

ajuda a cadeia de suprimentos a se adaptar rapidamente às mudanças no sistema (NATIVI; LEE, 2012).

Embora a estratégia com RFID tenha tido menores custos de sistema do que a sem RFID, a melhoria não foi tão grande quanto com o benefício ambiental. A melhoria média é de cerca de 19% de redução de custos, com um mínimo de 17% e um máximo de 22%. Esses resultados mostram que na implementação de tecnologia da informação, como a RFID, devem ser tomados cuidados para entender a complexidade e os comportamentos do sistema, a fim de obter altos benefícios econômicos. Os benefícios ambientais apresentam maiores retornos em volume. O aumento médio de retorno foi de 87% com uma variação entre 74% (mínimo) e 96% (máxima). O uso de RFID propicia um controle de inventário mais preciso e um aumento no fluxo reverso, com isso a quantidade de material reciclado que pode ser reaproveitado, altera a quantidade de matéria prima comprada diminuindo o custo. Conseqüentemente, a qualidade de informação capturada sobre o fluxo reverso influencia diretamente o custo final do produto e os sistemas de fabricação (NATIVI; LEE, 2012; GREEN et al., 2012c). Além disso, os fabricantes podem ser encorajados, com incentivo através de uma legislação de resíduos sólidos, a dar ênfase aos processos de fluxo reverso (NATIVI; LEE, 2012).

As estratégias de compartilhamento de informações via RFID ajudam a coordenar as políticas de estoque entre fornecedores e fabricante na cadeia de suprimentos. O fabricante precisa saber continuamente se o fornecedor de material reciclado tem material suficiente. Com o uso de tecnologias de compartilhamento de informações, como RFID, o fabricante pode verificar em tempo real o estoque disponível do fornecedor de material reciclado para fazer um pedido. O desempenho do fornecedor de matéria prima dependerá da quantidade de estoque disponível do fornecedor de material reciclado para atender às ordens do fabricante. Portanto, o fornecedor de matéria prima calcula sua nova posição de estoque levando em conta o estoque disponível do fornecedor de material reciclado. O fabricante poderá então compartilhar informações de demanda com fornecedores. Isso permitirá que os fornecedores calculem um ponto de reabastecimento melhorado em suas políticas de estoque. Essas políticas de compartilhamento de informações e inventário coordenado permitem uma redução de custos ambientais e econômicos. Essa estratégia ajuda fabricantes e fornecedores a atingir maiores volumes, coordenar melhor o sistema com aumento de volume, melhorando assim o desempenho econômico geral (NATIVI; LEE, 2012).

O Quadro 1 sintetiza os elementos de cada categoria, subcategoria e elementos com os autores do referencial teóricos.

Quadro 1 – Síntese de sistemas e tecnologias na logística direta e reversa

Categoria	Subcategoria	Descrição	Autores
Logística Direta	Fabricação	Uso de tecnologias de rastreamento como RFID, Código de barras ou <i>chips</i> integrados	JANSE; SCHUUR; BRITO, 2009; LI et al., 2016; NATIVI; LEE, 2012; GREEN et al., 2012c; NOWAKOWSKI, 2018; UM; STROUD; SUH, 2015; TOYASAKI; WAKOLBINGER; KETTINGER, 2013;
		Sistemas e banco de dados de informação de produtos, interligação de sistemas.	OLORUNNIWO; LI, 2010; TOYASAKI; WAKOLBINGER; KETTINGER, 2013; NOWAKOWSKI, 2018; UM; STROUD; SUH, 2015; NATIVI; LEE, 2012
	Distribuição	Controle de estoque e produtos, interligação de sistemas e tecnologias de rastreamento	SRIVASTAVA, 2007; HUANG et al., 2009; PRAJOGO; OLHAGER, 2012; UM; STROUD; SUH, 2015; SHIN et al., 2017; GREEN et al., 2012a; NATIVI; LEE, 2012
		Reuso	UM; STROUD; SUH, 2015; NOWAKOWSKI, 2018; LI et al., 2016; AGRAWAL; SINGH; MURTAZA, 2015; UM; YOON; SUH, 2008; NATIVI; LEE, 2012; TOYASAKI; WAKOLBINGER; KETTINGER, 2013;
	Revendas / Varejo	Controle de estoque e produtos, interligação de sistemas e tecnologias de rastreamento	SRIVASTAVA, 2007; HUANG et al., 2009; PRAJOGO; OLHAGER, 2012; UM; STROUD; SUH, 2015; SHIN et al., 2017; GREEN et al., 2012a; NATIVI; LEE, 2012
		Reuso	UM; STROUD; SUH, 2015; NOWAKOWSKI, 2018; LI et al., 2016; AGRAWAL; SINGH; MURTAZA, 2015; UM; YOON; SUH, 2008; NATIVI; LEE, 2012; TOYASAKI; WAKOLBINGER; KETTINGER, 2013;
Logística reversa	Rede de Logística Reversa - Coleta	Uso de tecnologias de rastreamento como RFID, Código de barras ou <i>chips</i> integrados	JANSE; SCHUUR; BRITO, 2009; LI et al., 2016; NATIVI; LEE, 2012; GREEN et al., 2012c; NOWAKOWSKI, 2018; UM; STROUD; SUH, 2015; TOYASAKI; WAKOLBINGER; KETTINGER, 2013;
		Integração e acesso aos sistemas de informação de produtos	NATIVI; LEE, 2012; TOYASAKI; WAKOLBINGER; KETTINGER, 2013; UM; SUH, 2015; UM; STROUD; SUH, 2015
	Centro de Reparos - Assistência técnica	Uso de tecnologias de rastreamento como RFID, Código de barras ou <i>chips</i> integrados	JANSE; SCHUUR; BRITO, 2009; LI et al., 2016; NATIVI; LEE, 2012; GREEN et al., 2012c; NOWAKOWSKI, 2018; UM; STROUD; SUH, 2015; TOYASAKI; WAKOLBINGER; KETTINGER, 2013;
		Integração e acesso aos sistemas de informação de produtos	NATIVI; LEE, 2012; TOYASAKI; WAKOLBINGER; KETTINGER, 2013; UM; SUH, 2015; UM; STROUD; SUH, 2015
		Reuso	UM; STROUD; SUH, 2015; NOWAKOWSKI, 2018; LI et al., 2016; AGRAWAL; SINGH; MURTAZA, 2015; UM; YOON; SUH, 2008; NATIVI; LEE, 2012; TOYASAKI; WAKOLBINGER; KETTINGER, 2013;
		Remanufatura	JAYARAMAN; ROSS; AGARWAL, 2008; UM; YOON; SUH, 2008; UM; STROUD; SUH, 2015; NOWAKOWSKI, 2018; NATIVI; LEE, 2012; TOYASAKI; WAKOLBINGER; KETTINGER, 2013

Fonte: Autor

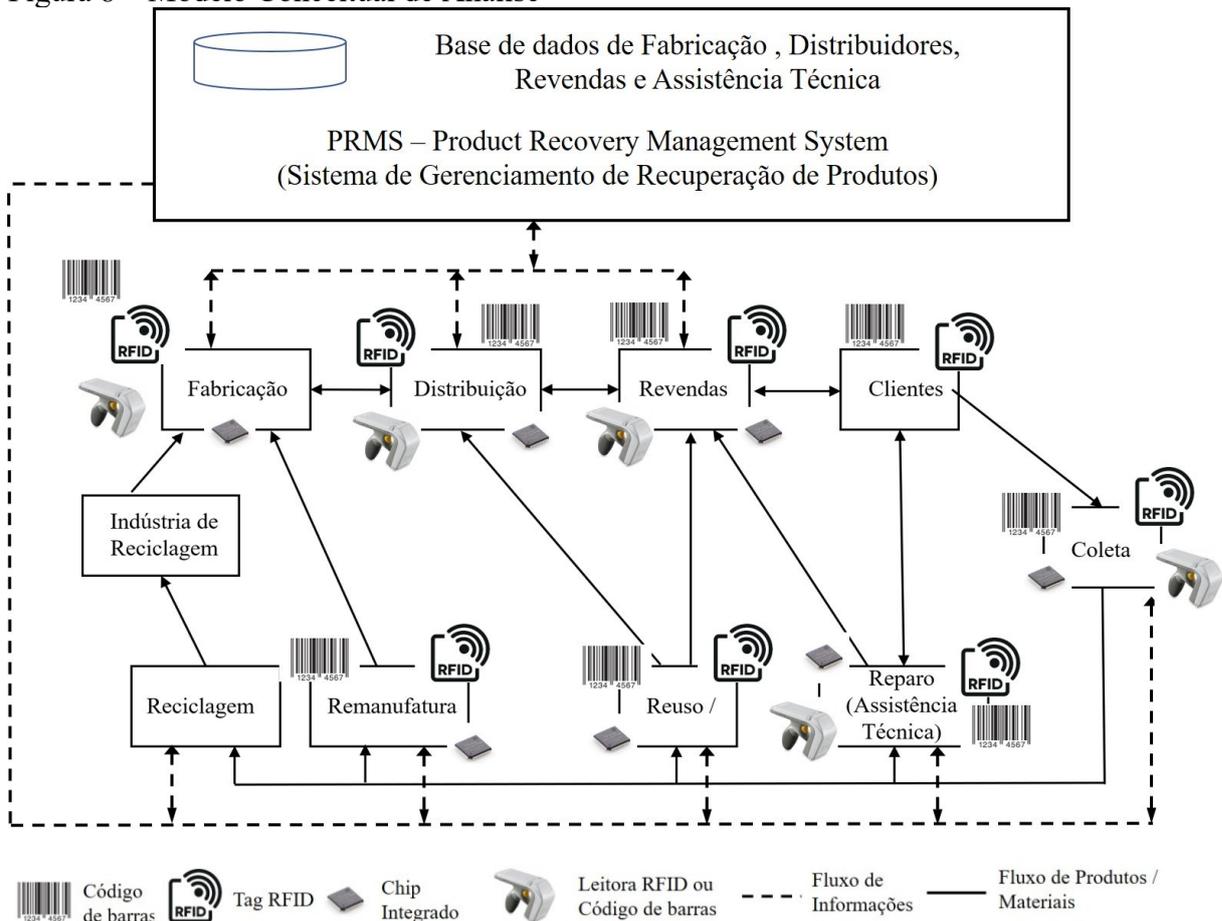
Vários autores apresentam o uso dos sistemas de informação e tecnologias de identificação e rastreamento tanto na logística direta e reversa, assim como a colaboração dessas tecnologias na fabricação, controle de estoque, distribuição, varejo, centro de reparos e reciclagem além da influência no reuso e remanufatura. A interligação de sistemas é um fator

importante, e também muito citado, para que o fluxo de informação possa estar disponível para todos os participantes da cadeia de suprimentos.

2.2 MODELO CONCEITUAL DE ANÁLISE

Essa pesquisa parte do pressuposto que os sistemas de recuperação de produtos intensivos em informação podem colaborar com a logística reversa, aumentando a eficiência e diminuindo custos (OLORUNNIWO; LI, 2010; TOYASAKI; WAKOLBINGER; KETTINGER, 2013; DAUGHERTY et al., 2005; JAYARAMAN; ROSS; AGARWAL, 2008). O Sistema para Gerenciamento de Recuperação de Produtos - *Product Recovery Management System* (PRMS) passa a integrar os sistemas e bases de dados de todos os envolvidos no Gerenciamento da Cadeia de Suprimento Verde - *Green Supply Chain Management* (GSCM), como fabricante, distribuidores, revendas, assistências técnicas e centros de coleta e reciclagem. A proposta deste modelo conceitual de análise é apresentar os sistemas que constituem o PRMS, e o uso de sensores para identificação e obtenção de informação dos produtos como RFID, ou código de barra e *chips* integrados. O Figura 8 representa o fluxo direto e reverso de produtos, com captura de informações em todas as áreas principais, com o uso tecnologias de rastreamento e coleta de informações, como RFID (NATIVI; LEE, 2012; NOWAKOWSKI, 2018).

Figura 8 – Modelo Conceitual de Análise



Fonte: Autor

O processo começa na fabricação com a introdução do RFID no produto, sem alterar a linha de montagem regular (NOWAKOWSKI, 2018). Na logística direta esses sensores são usados para controle de produção e no processo de distribuição. Além do RFID existem outras tecnologias como códigos de barras ou *chips* incorporado nos equipamentos que também podem ser utilizadas para a obtenção de informações do produto e rastreamento (UM; STROUD; SUH, 2015).

Analisando o contexto da colaboração dos sistemas de informação na GSCM e especificamente na logística reversa, os sistemas de informação colaboram e influenciam nas decisões relacionadas com o fluxo reverso de produtos (ZHU; COTE, 2004; LIU; ZHU; SEURING, 2017; GREEN et al., 2012b; SRIVASTAVA, 2007).

Dessa forma, a base de dados de conhecimento dos principais participantes da cadeia de suprimento verde deve ser compartilhadas para que os dados possam ser processados e gerar informações para a tomada de decisão e a criação de relatórios gerenciais (UM; STROUD; SUH, 2015; GREEN et al., 2012b). A grande quantidade de dados capturados e processados

em sistemas intensivos de informação necessitam de investimentos em tecnologia e as empresas necessitam desenvolver essas competências (TOYASAKI; WAKOLBINGER; KETTINGER, 2013; HUSCROFT et al., 2013b).

O uso da tecnologia de informações para o rastreamento do produto e captura de informações permite avaliar em qual estágio da vida útil esse se encontra e como tomar decisões baseada nessa condição. Início, meio e fim de vida permite que ações possam ser estabelecidas e encaminhar para reparo, reuso, remanufatura ou reciclagem (UM; STROUD; SUH, 2015).

Os centros de coleta, inspeção e destinação podem ser beneficiados por sistemas que identificam o produto e fornecem acesso a documentação que identificam componentes, materiais e informação de desmontagem. Esses centros podem ser beneficiados mesmo que o processo ainda seja pouco automatizado, pois essas informações facilitam o processo manual. (TOYASAKI; WAKOLBINGER; KETTINGER, 2013; NATIVI; LEE, 2012; PARLIKAD; MCFARLANE, 2007).

A rede de logística reversa para coleta dos produtos retornados, que proporcione a destinação conforme a característica do produto e seu tempo de vida, direcionando para reuso e remanufatura para depois encaminhar ao mercado secundário, ou direcionado aos centros de reciclagem tem papel importante em todo o processo (SRIVASTAVA, 2008b; SRIVASTAVA, 2008a).

As informações coletadas podem ajudar várias áreas com retroalimentação, como o design verde, remanufatura e assistência técnica. Novamente as questões de compartilhamento de informações e integração de sistemas são necessárias para a o êxito nessas operações (LI et al., 2016; GMELIN; SEURING, 2014b; HUANG et al., 2009; SRIVASTAVA, 2007).

Para cada setor da cadeia de suprimento as informações coletadas necessitam ser integradas, através de conexões com a internet e acessando a base de dados. Os sistemas de recuperação com uso intensivo de informações são usados para esse processamento (TOYASAKI; WAKOLBINGER; KETTINGER, 2013). Obtém-se dessa forma desde a produção a capacidade de rastrear os produtos, tomar decisões e gerar melhorias no próprio sistema. O uso desses sistemas com os coletores de informação na produção é utilizado para a eficiência da linha de montagem e controle de estoque (NATIVI; LEE, 2012; SHIN et al., 2017). Durante a distribuição esses coletores mantém os sistemas atualizados e são alimentados com informações para a entrega nos revendedores. Nas vendas a informação coletada provê aos sistemas os níveis de vendas, que retroalimentam os estoques dos distribuidores e dos fabricantes que assim controlam sua produção (UM; STROUD; SUH, 2015). Nesse fluxo encerramos a logística direta com o produto saindo dos fabricantes e chegando aos clientes

finais. Com os sistemas sendo atualizados é possível saber a quantidade de produtos vendidos, inclusive com distribuição geográfica e com isso planejar a rede de logística reversa e a geração de metas para o fluxo reverso (SRIVASTAVA, 2008b).

A devolução dos produtos pode ocorrer em razão de diversos fatores. Pode ser uma devolução por insatisfação ou problema de qualidade, que retorna ao revendedor ou a uma assistência técnica. O coletor RFID pode obter a informação do tempo de vida e propor o direcionamento para a fábrica, em caso de remanufatura, para uma assistência técnica para reparo ou a um distribuidor ou revenda para reuso (NOWAKOWSKI, 2018; NATIVI; LEE, 2012).

A criação de uma rede de logística reversa proporciona ao cliente locais para retorno do produto após o descarte ou caso necessite de assistência técnica (SRIVASTAVA, 2008b; AGRAWAL; SINGH; MURTAZA, 2015). Nos centros de coleta onde se realiza a inspeção dos produtos retornados o uso dos coletores de RFID podem trazer informações para a destinação correta das componentes, existência de materiais perigosos, quantidade e peso dos vários componentes, além de fornecer instruções para desmontagem (KÖHLER; ERDMANN, 2004; NOWAKOWSKI, 2018; PARLIKAD; MCFARLANE, 2007).

As informações capturadas nos centros de coletas atualizam as bases de dados e fornecem dados para geração de metas de retorno e reciclagem (OLORUNNIWO; LI, 2010; LI et al., 2016). Os produtos podem ser encaminhados para reuso, reparo, remanufatura ou reciclagem. Com a informação completa de desmontagem e materiais que compõe o produto, cada componente é encaminhado para as indústrias que reprocessam o material ou para o descarte final. O material reprocessado pode voltar aos estoques do fabricante (TOYASAKI; WAKOLBINGER; KETTINGER, 2013; NATIVI; LEE, 2012).

Os dados coletados também retroalimentam a base de dados de pesquisa e desenvolvimento de novos produtos, trazendo informações importantes para melhoria de produtos e design verde (LI et al., 2016; GMELIN; SEURING, 2014b; HUANG et al., 2009; SRIVASTAVA, 2007).

A proposta do desenvolvimento de um modelo teórico fundamentado nas pesquisas sobre tecnologias de rastreamento como RFID, código de barras ou *chip*, proporcionou uma base conceitual para a análise dos resultados da pesquisa empírica que será apresentada no capítulo 4, logo após o Método de Pesquisa.

3 MÉTODO DE PESQUISA

A investigação em administração é a oportunidade de conhecer e identificar um problema de pesquisa e investigá-lo. Dessa forma é possível explorar e analisar um problema, explicando-o e propondo soluções ou explicando um novo fenômeno (COLLIS; HUSSEY, 2005). Nesse contexto, a literatura (TOYASAKI; WAKOLBINGER; KETTINGER, 2013) mostrou um novo fenômeno no campo de pesquisa de Logística Reversa, que originou a questão de pesquisa deste estudo: como sistemas de informação e as tecnologias de rastreamento contribuem com a logística reversa da cadeia de resíduos de eletroeletrônicos?

Esta pesquisa qualitativa foi desenvolvida por meio de um estudo de caso. A escolha do estudo de caso se aplica por três motivos: a) quando buscamos responder por que e como, b) não podemos manipular o comportamento dos envolvidos no estudo c) queremos cobrir condições de contexto por que acreditamos serem relevantes para o fenômeno em estudo d) as fronteiras entre contexto e fenômeno não estão totalmente claras (BAXTER; JACK, 2008; GEHMAN et al., 2017).

Para essa pesquisa o estudo de caso foi o mais adequado, pois o fenômeno estudado é amplo e complexo e não pode ser estudado fora do contexto (YIN, 2010).

Neste estudo de caso único o foco foi entender a contribuição dos sistemas de informação e tecnologias de rastreamento utilizadas no fluxo reverso de produtos. As fases da pesquisa estão sintetizadas no Quadro 2 a saber: compreensão da pesquisa, fundamentação teórica, estudo de caso e análise dos resultados.

Quadro 2 – Fases, objetivos e entregas da pesquisa

Fases	Objetivo da Fase	Entrega da Pesquisa
Fase I Compreensão inicial da pesquisa	Entendimento dos conceitos primordiais e desenvolvimento da metodologia	Pré-Projeto de pesquisa com objetivos e métodos definidos
Fase II Fundamentação teórica	Aprofundamento dos temas estudados na fase I e elaboração dos protocolos de pesquisa e desenvolvimento das categorias teóricas	Desenvolvimento do referencial teórico, elaboração dos protocolos de pesquisa e dos instrumentos de coleta de dados.
Fase III Estudo de caso	Aplicação dos instrumentos de coleta de dados para o estudo de caso	Visitas às unidades de Análise e realização de entrevistas e observação.
Fase IV Análise final dos resultados	Análise dos sistemas de informação e das tecnologias de rastreamento no fluxo reverso de produtos	Analisar individualmente e de forma cruzada os dados do estudo de caso e das unidades de análise

Fonte: Autor

A coleta de dados apresentou novos integrantes na cadeia reversa, mas que não alteraram a opção de estudos de caso.

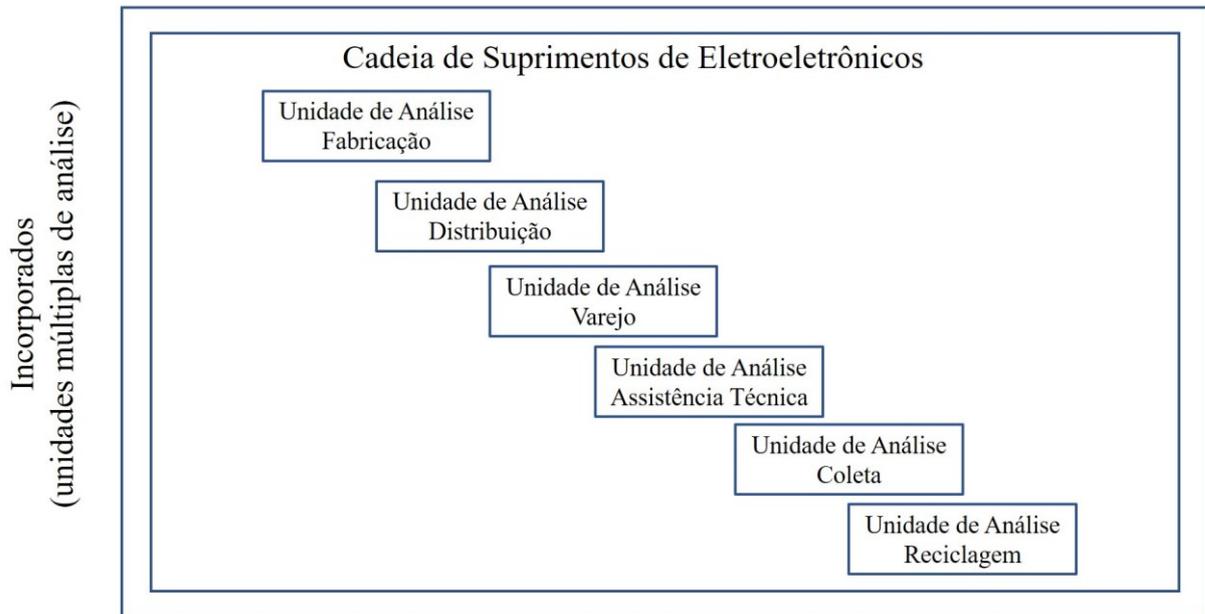
3.1 ABORDAGEM METODOLÓGICA

A abordagem metodológica foi estudo de caso único integrado com várias unidades de análise, pois possibilita comparações e exploração mais ampla (YIN, 2010).

O projeto é um estudo de caso incorporado com várias unidades de análise, visto que a pesquisa abrangeu cada um dos setores da cadeia de suprimento de eletroeletrônicos, e como os sistemas de informação e as tecnologias de rastreamento de produto colaboram com a logística reversa. As unidades de análise serviram de maneira semelhante aos experimentos múltiplos com resultados similares ou replicação literal, ou resultados contrastantes ou replicação teórica. As empresas escolhidas apresentaram características similares, pois as duas atuam no segmento corporativo e, ao mesmo tempo, apresentaram resultados contrastantes pelo fato de uma delas atuar no mercado doméstico. Dessa forma, as duas unidades de análise possibilitaram a replicação teórica. Cada unidade de análise está presente em todos os casos, por isso a replicação direta e literal. (YIN, 2010).

As empresas escolhidas para participar da pesquisa foram identificadas a partir da revisão da literatura, que possibilitou a escolha da amostra teórica (YIN, 2010). São organizações do setor de eletroeletrônicos, particularmente com equipamentos na área da tecnologia de informação como computadores pessoais, notebooks, tablets e impressoras. As unidades de análise foram dois fabricantes, um distribuidor, um varejista, uma assistência técnica, uma empresa de reciclagem e uma cooperativa. Em todas as unidades analisadas, a pesquisa realizada foi sobre as tecnologias envolvidas na captura e rastreamento de produtos para o fluxo reverso e os sistemas de informação existentes para o processamento dessas informações.

Figura 9 – Método de estudo de caso único incorporado
Projetos de caso único



Fonte: Yin, 2010, p. 84

O Fabricante A e Fabricante B terceirizam suas operações de logística reversa, coleta e reciclagem para o Centro de Inovação e Reciclagem. Apesar da terceirização a gestão é independente e cada empresa tem seus próprios métodos e processos. Além disso a Fabricante A está presente apenas no mercado corporativo enquanto que a Fabricante B atua no mercado corporativo e doméstico, por isso a importância da escolha de duas unidades de análise neste elo da cadeia.

Quadro 3 – Relação e codificação das empresas pesquisadas

Empresa Pesquisada	Código	Participante da cadeia de suprimentos
Fabricante A	FAB-A	Fabricante/Importador de Impressoras e Multifuncionais
Fabricante B	FAB-B	Fabricante/Importador de Microcomputadores, Desktops e Impressoras
Gestora de Logística Reversa	GEST	Gestora de Logística Reversa de Eletrônicos
Centro de Inovação e Reciclagem	INOV	Centro de Inovação e Reciclagem
Distribuidor	DIST	Distribuidor de produtos eletroeletrônicos
Varejista	VAR	Varejista de produtos eletroeletrônicos e material de escritório
Assistência Técnica	ASSISTEC	Assistência Técnica de impressoras e multifuncionais
Cooperativa	COOP	Cooperativa de reciclagem de eletroeletrônicos
Recicladora	RECI	Empresa privada de reciclagem de materiais ferrosos e eletroeletrônicos

Fonte: Autor

Foram pesquisados dois fabricantes de eletroeletrônicos na área de produtos de tecnologias (FAB-A e FAB-B), que levou a descoberta de uma gestora de logística reversa

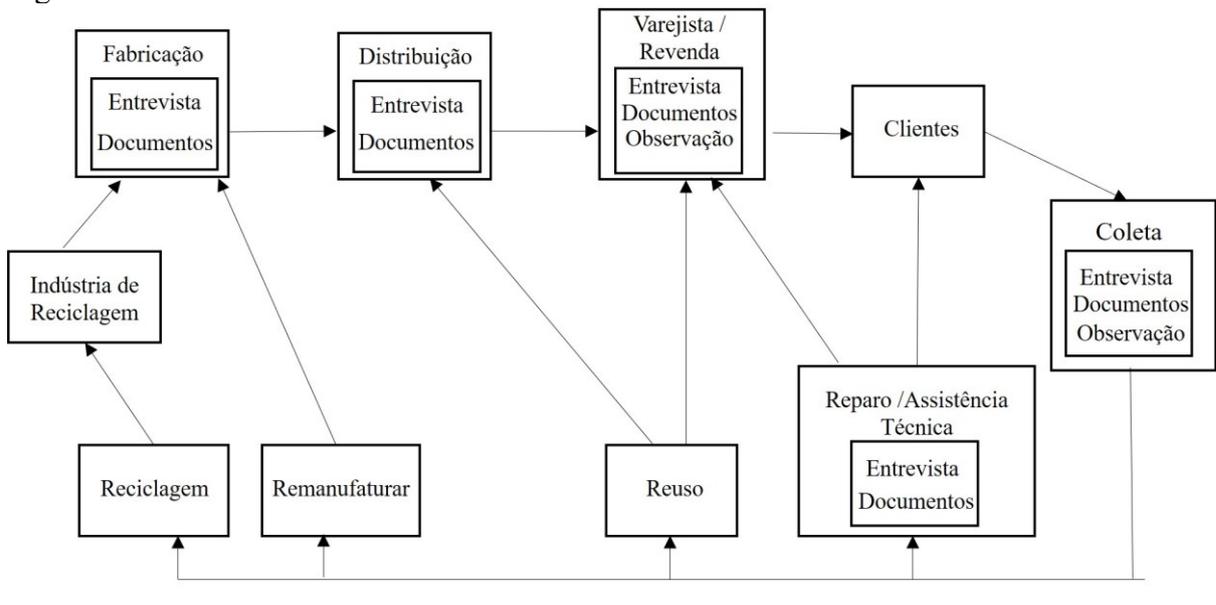
(GEST), e de um centro de inovação e manufatura reversa (INOV). A pesquisa também abrangeu os outros atores da cadeia de suprimentos como um distribuidor (DIST), um varejista (VAR), uma assistência técnica (ASSISTEC), uma cooperativa de reciclagem (COOP) e uma empresa privada de reciclagem (RECI). O Quadro 5 mostra a relação dos entrevistados.

O Centro de Inovação e Reciclagem prove serviços para o Fabricante A, mas também faz a gestão de toda logística reversa do Fabricante B, além de atender outras empresas. O Fabricante B direcionou o pedido de pesquisa diretamente para o Centro de Inovação e Reciclagem. A Gestora de Logística Reversa foi criada para prover esse serviço para seus associados e utiliza como um dos seus operadores o Centro de Inovação e Reciclagem. O Distribuidor vende e distribui produtos de tecnologia para revendas em todo o território nacional. As operações de venda para usuários finais ficam sob a responsabilidade do Varejista que por sua vez não vende para revendas. A Assistência Técnica, apesar de também ser uma revenda de vários produtos de tecnologia, realiza reparos para clientes domésticos e corporativos para impressoras e multifuncionais. A Cooperativa atua como recicladora de produtos eletroeletrônicos do setor corporativo e doméstico e tem convênio com a prefeitura de São Paulo. A Recicladora é uma empresa privada e realiza manufatura reversa para materiais metálicos e eletroeletrônicos do setor corporativo.

3.2 INSTRUMENTO DE COLETA DE DADOS

A evidência do estudo de caso pode vir de várias fontes, entre elas: documentos, registros em arquivos, entrevistas, observação direta, observação participativa e artefatos físicos (YIN, 2010). Neste estudo foram utilizados os seguintes instrumentos de coleta de dados nas unidades de análise: documentos, entrevistas e observação direta, como mostra a Figura 10

Figura 10 – Unidades de análise e instrumentos de coleta



Fonte: Autor

A entrevista é uma das evidências mais importantes em um estudo de caso (YIN, 2010). Nesse projeto foram utilizadas entrevistas semiestruturadas. As entrevistas semiestruturadas têm um planejamento aberto que possibilita liberdade ao entrevistado e ao pesquisador para tratar do assunto, mas de uma forma direcionada às questões do estudo (FLICK, 2009). As questões da entrevista foram fundamentadas nas categorias teóricas levantadas na revisão da literatura. O Quadro 4 apresenta as categorias teóricas do estudo e as questões relacionadas a cada uma das subcategorias.

Quadro 4 – Questões da Entrevista relacionada às categorias teórica da pesquisa

Categoria	Subcategoria	Questionário
Logística Direta	Fabricação	O sistema de produção utiliza alguma tecnologia de rastreamento como RFID, código de barras ou <i>chip</i> integrado?
		Quais produtos ou linha de produtos utilizam essa tecnologia de rastreamento para controle de produção?
		Utiliza-se algum tipo de material reciclado na fabricação? Em caso afirmativo em quais produtos e esses materiais são dos produtos reciclados da própria empresa ou do mercado de reciclados?
		Os sistemas permitem rastreamento dos produtos até o cliente final?
		Quais informações são alimentadas pela fábrica no sistema que podem ser visualizadas ao longo da cadeia (distribuidor, varejo, assistência técnica, cooperativas, recicladoras, etc)
		Os produtos com avarias/problema de funcionamento são devolvidos para a fábrica pelo distribuidor, varejo ou assistência técnica?
		Os produtos avariados são recuperados ou descartados?
		Existem políticas e processos para remanufatura ou recondicionamento de produtos?
		Os sistemas de controle de produção e pesquisa e desenvolvimento são retroalimentados com informação de produtos retornados ou de assistência técnica? Em caso afirmativo, que tipo de informação?
		As informações são úteis para recuperação de produtos?
	Existem atualmente geração de relatórios que possibilitem acompanhamento gerencial, tomada de decisões e controle de metas?	
	Distribuição	Os sistemas e banco de dados são atualizados com informação de produtos do fabricante?
		Os produtos retornados do varejo, assistência técnica ou consumidores são encaminhados para o centro de distribuição?
		Estão integrados com o fabricante e são alimentados com informação da distribuição?
		Existe política para devolução de produtos retornados por insatisfação do cliente não relacionado a algum defeito ou obsolescência? Em caso afirmativo a coleta desses produtos está sob responsabilidade em qual ponto da cadeia de suprimentos? Há acesso às informações de produtos devolvidos pelo varejista ou revendas no sistema?
Revendas / Varejista	Os sistemas e banco de dados são atualizados com informação de produtos do fabricante ou distribuidor?	
	Os produtos retornados dos clientes ou assistência técnica são encaminhados para as revendas ou varejistas?	
	Estão integrados com o fabricante e são alimentados com informação da distribuição?	
	Existe política para devolução de produtos retornados por insatisfação do cliente não relacionado a algum defeito ou obsolescência? Em caso afirmativo a coleta desses produtos está sob responsabilidade em qual ponto da cadeia de suprimentos? Essas informações de produtos devolvidos pelos clientes são alimentadas no sistema?	

Continua...

		Conclusão
Categoria	Subcategoria	Questionário
Logística reversa	Centro de Reparos - Assistência técnica	Existe algum processo de captura de informação de produto como por exemplo leitoras de RFID, código de barras ou <i>chips</i> integrados que suportem o trabalho da assistência técnica?
		Existe acesso aos sistemas e banco de dados com informação de produtos do fabricante que facilitem o processo de reparo ou a destinação correta? Os sistemas estão integrados com o fabricante ou podem ser alimentados com informação do centro de reparos?
	Rede de Logística Reversa - Coleta – Cooperativas	Existem cooperativa onde os clientes podem devolver os produtos obsoletos/ avariados
		Existe algum processo de captura de informação de produto como por exemplo leitoras de RFID, código de barras ou <i>chips</i> integrados?
		Existe acesso aos sistemas e banco de dados com informação de produtos do fabricante para facilitar a coleta, identificar os componentes do produto e a desmontagem? Os sistemas estão integrados com o fabricante ou podem ser alimentados com informação da cooperativa?
		As cooperativas conseguem identificar os produtos com alguma das tecnologias de rastreamento, como RFID, código de barra ou <i>chip</i> integrado?
		As cooperativas conseguem acessar os sistemas e obter às informações para desmontagem e destinação correta dos componentes e materiais?
	Rede de Logística Reversa - Coleta – Reciclador	Existem recicladoras onde os clientes podem devolver os produtos obsoletos/ avariados
		Existe algum processo de captura de informação de produto como por exemplo leitoras de RFID, código de barras ou <i>chips</i> integrados?
		Existe acesso aos sistemas e banco de dados com informação de produtos do fabricante para facilitar a coleta, identificar os componentes do produto e a desmontagem? Os sistemas estão integrados com o fabricante ou podem ser alimentados com informação da recicladora?
		As recicladoras conseguem identificar os produtos com alguma das tecnologias de rastreamento, como RFID, código de barra ou <i>chip</i> integrado?
		As recicladoras conseguem acessar os sistemas e obter às informações para desmontagem e destinação correta dos componentes e materiais?

Fonte: Autor

As questões da entrevista foram elaboradas de acordo com a revisão da literatura e os principais temas abordados foram fluxo de produtos na logística direta e reversa; rede de logística reversa; processamento, armazenamento e captura de informação de produtos; integração de sistemas entre departamentos e integrantes da cadeia de suprimentos; uso de tecnologia de captura de informação de produtos, como RFID, código de barras ou *chips* integrados.

O público alvo das entrevistas e dos questionários foram os gestores e equipes responsáveis pela área de sustentabilidade das empresas, logística reversa e operações. Com o objetivo de preservar a identidade dos entrevistados, as empresas e os entrevistados foram codificados.

Quadro 5 – Relação e codificação dos gestores entrevistados

Empresa Pesquisada	Código	Entrevistado	Tempo no Cargo	Formação Acadêmica	Tempo da Entrevista
Fabricante A	FAB-A-ENT	Gerente de Logística Reversa	4 anos	MBA em Gestão da Qualidade e Produtividade	40min
Fabricante B	FAB-B-ENT	Gerente de Operação	6 anos	Engenheiro de Automação	43min
Gestora de Logística Reversa	GEST-ENT	Gerente de Sustentabilidade	5 anos	Engenheiro Mecânico e Mestre em Gestão Ambiental	49min
Centro de Inovação e Reciclagem	INOV-ENT	Gerente de Operação	6 anos	Engenheiro de Automação	42min
Distribuidor	DIST-ENT	Gerente de Operação	5 anos	MBA Logística Empresarial	35min
Varejista	VAR-ENT	Supervisor de Operações	3 anos	MBA Logística e Supply Chain	37min
Assistência Técnica	ASSISTEC-ENT	Gerente de Assistência Técnica	20 anos	Engenheiro Eletrônico	29min
Cooperativa	COOP-ENT	Diretor Presidente	2 anos	MBA Gestão Ambiental e Gerência de Projetos	45min
Recicladora	RECI-ENT	Gerente de Operações	2 anos	Mestre em Administração	33min

Fonte: Autor

As entrevistas foram gravadas e transcritas e abordaram o tema da contribuição da tecnologia de informação na logística reversa e teve como proposta avaliar se as empresas estão se preparando para essa implementação e como será esse processo.

Para os estudos de caso os documentos são importantes pois corroboram e aumentam a evidência de outras fontes (YIN, 2010). Os documentos utilizados neste estudo de caso foram os relatórios de sustentabilidade e sites das empresas. Além disso, durante as entrevistas alguns gestores completaram as informações verbais com registros de arquivo da empresa pesquisada. O Quadro 6 mostra a codificação para a documentação.

Quadro 6 – Codificação para a documentação

Empresa Pesquisada	Código
Fabricante A	FAB-A-DOC
Fabricante B	FAB-B-DOC
Gestora de Logística Reversa	GEST-DOC
Centro de Inovação e Reciclagem	INOV-DOC
Distribuidor	DIST-DOC
Varejista	VAR-DOC
Assistência Técnica	ASSISTEC-DOC
Cooperativa	COOP-DOC
Recicladora	RECI-DOC

Fonte: Autor

A observação direta é frequentemente útil para proporcionar informação adicional sobre o tópico estudado. A observação direta é uma forma de evidência que naturalmente se aplica durante a pesquisa de campo (YIN, 2010). A observação direta foi realizada na Cooperativa, na Recicladora, no Varejista e no Centro de Inovação e Reciclagem. O Quadro 7 apresenta a codificação para a observação direta e o Apêndice C o protocolo de observação.

Quadro 7 – Codificação para a observação direta

Empresa Pesquisada	Código
Centro de Inovação e Reciclagem	INOV-OBS
Varejista	VAR-OBS
Cooperativa	COOP-OBS
Recicladora	RECI-OBS

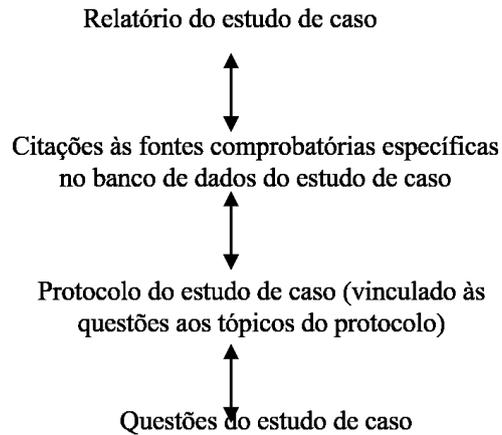
Fonte: Autor

3.3 TRATAMENTO E ANÁLISE DOS DADOS

Os dados coletados seguirão princípios básicos para maximizar os resultados: uso de múltiplas fontes de evidências e manter o encadeamento das evidências (YIN, 2010). Nesse estudo foram utilizados a triangulação de dados de diversas fontes de evidências.

As informações das entrevistas, documentos e notas de observações permitiram o encadeamento das evidências conforme mostrado na Figura 11:

Figura 11 – Mantendo um encadeamento de evidência



Fonte: Yin, 2010, p. 115

A análise dos dados é a parte mais importante do estudo de caso. Como o processo de obtenção dos dados gera uma grande quantidade de informações a análise possibilita aos pesquisadores lidar com esse volume de informações (EISENHARDT, 1989). Para esse estudo foi usado a estratégia de seguir as proposições teóricas. Os objetivos originais do projeto foram baseados nessas proposições que refletem um conjunto de questões de pesquisa e revisões de literatura. Dessa forma foi possível compreender o tema de forma completa e extrair as conclusões (YIN, 2010).

Na etapa de definição e projeto, foi desenvolvida a teoria, selecionado o caso e elaborado o protocolo de coleta de dados. Em seguida, na etapa de preparação, coleta e análise, foram conduzidos o estudo de caso único redigindo os relatórios de cada unidade de análise individualmente e na terceira etapa de análise e conclusão, foram tiradas as conclusões, avaliado o modelo conceitual de análise, desenvolvida as implicações teóricas e redigido um relatório.

4 RESULTADO DA PESQUISA

O propósito deste capítulo é apresentar o resultado das entrevistas do estudo de caso, documentos e observação direta. Foram realizadas entrevistas com dois fabricantes e sete unidades de análise que são: distribuidor, varejista, assistência técnica, gestor de logística reversa, centro de inovação e reciclagem, que representa um dos fabricantes, uma cooperativa de reciclagem e uma empresa privada de reciclagem.

4.1 FABRICANTES

A entrevista foi realizada em dois fabricantes de equipamentos eletroeletrônicos na área de tecnologia de informação. O Fabricante A cria soluções e tecnologias de imagem e impressão, e fornece gestão de serviços de impressão. Atua principalmente no varejo, em serviços financeiros, na área da saúde, em manufatura, na educação e no governo. No Brasil atende ao mercado corporativo e não oferece produtos para o mercado doméstico. O Fabricante A projeta produtos, produz embalagens para reduzir materiais e oferece programas de coleta. Reaproveita plásticos reciclados na fabricação de cartuchos de toner e equipamentos. Além disso desenvolve produtos com maior durabilidade e que consomem menos energia. No Brasil o Fabricante A utiliza uma empresa terceirizada para a produção de placas de circuito impresso e alguns modelos de impressoras (FAB-A-DOC). Sobre os sistemas e tecnologias de rastreamento e identificação:

“Usamos a tecnologia de rastreamento RFID nas embalagens para controle de estoque e distribuição. Os sistemas e dos distribuidores não estão interligados e não temos controle online. Quando eles precisam de mais produtos, eles têm que fazer um pedido. Não tem pedido automático. As informações de estoque e venda de produtos são enviadas pelos distribuidores e não são alimentadas automaticamente nos sistemas” (FAB-A-ENT).

O Fabricante A não utiliza material reciclado na produção do Brasil, mas em outras fábricas no mundo existe a utilização desse material em alguns produtos. Desde 2010, o Fabricante A reintroduziu mais de 2.000 toneladas métricas de plástico reciclado em novas peças para os suprimentos (toner). O plástico reciclado pós-consumo (PCR) é recuperado de cartuchos vazios devolvidos pelos clientes por meio do Programa de coleta de cartuchos localizado na unidade de reciclagem do Fabricante A no México. Em 2016, a resina desenvolvida a partir desse material reciclado tornou-se a primeira 100% certificada. O

Fabricante A oferece mais de 90% dos cartuchos de toner projetados e fabricados, contendo pelo menos algum conteúdo de plástico reciclado pós-consumo (FAB-A-DOC).

Segundo o gerente de logística reversa o controle dos produtos vendidos são feitos da seguinte forma:

“Os sistemas não permitem rastreamento dos produtos até nossos clientes finais. Para alguns clientes temos controle porque vendemos o *Managed Print Services* – MPS, como serviço. Então sabemos onde estão os produtos. Mas esse controle é feito pelo pessoal de operação. Temos o controle dos suprimentos e o retorno dos equipamentos ao final do contrato. Mesmo nos casos de venda dos equipamentos o controle pode ser mantido devido aos contratos de manutenção” (FAB-A-ENT).

E com relação a política de uso esse é seu relato:

“[...] não trabalhamos com reuso, pois, todos nossos produtos são consertados no campo, e também não temos remanufatura pois nossos equipamentos são utilizados até o fim de vida e com isso não vale a pena recondicionar. Isso é uma qualidade dos nossos produtos pois eles conseguem ser usados até o fim de vida, quebram pouco. Então consertamos sempre que possível e depois de muito tempo não vale mais a pena fazer o *refurbished*” (FAB-A-ENT).

Existe um processo de comunicação das assistências técnicas com o Fabricante A. Toda a informação de conserto dos produtos retorna para o FAB-A.

“Isso é constante. Toda a informação de conserto dos produtos volta para a empresa para que os laboratórios possam melhorar os produtos ou identificar outros problemas. As informações de defeito de produtos são encaminhadas para as o setor de desenvolvimento das fábricas. Esse é um processo global” (FAB-A-ENT).

A empresa atua no mercado corporativo e não vende para consumidores domésticos. O Fabricante A, conforme previsto no Plano Nacional de Resíduos Sólidos, possui sistema de logística reversa para os clientes corporativos, mas não participou do edital de chamamento de 2013 para elaboração de acordo setorial. Esse edital abrange a implantação de sistema de logística reversa de produtos eletroeletrônicos e seus componentes para produtos de uso doméstico (FAB-A-ENT). O programa de coleta para a logística reversa está disponível via internet e clientes solicitam a retirada de equipamentos e cartuchos de toner. Os produtos são enviados a um operador terceirizado de logística reversa e reciclagem, que também oferece esse serviço para outros fabricantes (FAB-A-ENT).

O Fabricante B é uma empresa de tecnologia que oferta produtos para o mercado doméstico e corporativo. Produz notebooks, desktops, impressoras, impressoras para o mercado gráfico e impressoras 3D. No Brasil a Fabricante B utiliza uma empresa terceirizada para a produção de impressoras e desktops (FAB-B-DOC).

O Fabricante B possui programas para desenvolvimento de economia circular, design para o meio ambiente através do desenvolvimento de produtos com menor consumo de energia para a fabricação e uso, utilização de materiais reciclados e maior durabilidade. Mundialmente, desde 1991 mais de 735 milhões de cartuchos foram devolvidos e desde 2000, mais de 3,5 bilhões de cartuchos foram produzidos usando conteúdo reciclado. Atualmente até 80% de cartuchos de tinta e até 38% dos cartuchos de toner são fabricados com plástico reciclado (FAB-B-DOC).

No Brasil, o Fabricante B tem um programa de reciclagem que pode ser acessado por e-mail recebendo respostas sobre locais para coleta. Para os clientes corporativos a devolução dos equipamentos é realizada ao final dos contratos de aluguel e serviços, e encaminhados à reciclagem. O Fabricante B não tem nenhuma política para reuso ou recondicionamento de produtos, que são consertados e usados até se tornarem obsoletos. “Utilizamos RFID na produção de impressoras para controles do processo de fabricação, para controle de estoque e no retorno do equipamento para reciclagem para o Centro de Inovação e Reciclagem” (FAB-ENT-A).

As operações de logística reversa são terceirizadas para a mesma empresa que atende o Fabricante A. Essa empresa denominada de Centro de Inovação e Reciclagem e oferece serviços de logística reversa, reciclagem e produção de resina plástica para a fabricação de peças.

4.2 GESTORA DE LOGÍSTICA REVERSA

A ABINEE – Associação Brasileira da Indústria Elétrica e Eletrônica, é uma sociedade civil que representa todo o setor elétrico e eletrônico, incluindo os produtos para uso doméstico, industrial e corporativo. Abrange por exemplo fabricantes de pen drive, televisão, integradores de sistemas, fabricantes de geração, transmissão e distribuição de energia (GEST-DOC).

“[...] durante alguns anos no departamento de sustentabilidade estudamos como poderíamos auxiliar as empresas que fabricam, importam, comercializam e distribuem eletroeletrônicos a atender a política nacional de resíduos no tocante a logística reversa. E de todos esses estudos em 2016 nós decidimos criar uma associação nova e foi fundada pela ABINEE. Eu estou ainda a frente do departamento de sustentabilidade, mas também à frente dessa nova associação” (GEST-ENT).

“É uma entidade gestora nos mesmos moldes das unidades gestoras no mundo inteiro, na Europa tem várias delas nos Estados Unidos tem algumas, Japão tem duas ou três. É uma associação civil sem fins econômicos ou no lucrativos formada por empresas que fabricam ou importam eletroeletrônicos” (GEST-ENT).

Cada empresa pode criar seu próprio sistema de logística reversa ou utilizar um sistema coletivo dividindo o custo, com maior eficiência e capilaridade. Essa entidade gestora é responsável por todas as atividades da logística para que as empresas possam atender ao PNRS. A Gestora de Logística Reversa tem essa função de implantar o sistema desde a instalação de pontos de coletas, fazer o transporte, a triagem, a desmontagem de todos os produtos e o envio dos materiais para as indústrias que processam o material reciclado, como plástico e metais. A Gestora de Logística Reversa não cuida diretamente dessas operações, contrata terceiros para cada operação e cuida da gestão. Nessa gestão, por exemplo, está incluída a comunicação com o consumidor final a instalação de coletores em shopping centers e praças.

“Hoje nós temos dois operadores, que nos prestam serviço. Um desses operadores é o Centro de Inovação e Reciclagem, o outro atua com pilhas e baterias. Esses operadores fazem o trabalho, de instalar o coletor, e desenvolver um sistema de agendamento de coleta. Por exemplo no Shopping Eldorado eles tem um coletor e uma pessoa responsável por avisar quando o coletor está cheio. O agendamento é feito usando o transporte próprio ou terceirizado, coletam esses produtos, transportam para o centro de consolidação e começam a fazer a separação por tipo de material. Depois dessa separação fazem a desmontagem total, separando os materiais e fazendo a reciclagem de cada tipo de material. Os metais são enviados para a Gerdau, o vidro normalmente para a Saint Gobain, as placas eletrônicas são exportadas pois não existe no Brasil tecnologia para recuperar os metais preciosos” (GEST-ENT).

A Gestora de Logística Reversa homologará mais operadores como esse para atuar em outros estados, além do Estado de São Paulo. A Gestora de Logística Reversa está com um compromisso firmado com a FECOMERCIO, que também são parceiros, para disponibilizar espaço para instalação dos coletores. A Gestora de Logística Reversa tem compromisso firmado com a Secretaria de Meio Ambiente do Estado e com a CETESB. Esse termo de compromisso assinado desde 2017 com o Estado de São Paulo prevê a instalação de pontos em cidades acima de 80 mil habitantes no prazo de 4 anos. Atualmente já existem 35 pontos instalados na cidade de São Paulo e num raio de 100 km. A partir de janeiro de 2019, começa a fase de expansão para todo o Estado. Há sete anos negociam um acordo setorial Federal, que possibilitará a expansão para todos os estados diminuindo os custos.

“Ainda temos alguns pontos a serem resolvidos, mas estamos muito próximos de ação. Assinamos com Estado de São Paulo por que alguns pontos que não foram resolvidos em âmbito nacional, como a classificação de produto eletroeletrônico para ser transportado como um produto não perigoso durante a logística reversa, e a simplificação fiscal sem incidência de impostos. O Brasil inteiro não resolveu, mas o Estado de São Paulo resolveu, por isso que nós assinamos com São Paulo. Minas Gerais provavelmente será o próximo estado, e o Paraná está resolvendo, assim como Pernambuco” (GEST-ENT).

Essa estrutura está sendo desenvolvida para produtos eletroeletrônicos de uso doméstico conforme o edital de chamamento de 2013. Esse conceito começou quando a ABINEE e o Governo Federal definiram o que é produto eletroeletrônico e em qual mercado deveriam atuar. A PNRS define regras para o mercado corporativo que necessita desenvolver logística reversa, mas não precisa de pontos de coleta, por isso o edital de chamamento definiu as regras para o mercado doméstico. O acordo prevê pontos de coleta em cidade com mais de 80.000 habitantes, que são aproximadamente 400, um ponto para cada 25.000 habitantes totalizando 5.000 pontos de coleta (GEST-ENT). “Os fabricantes têm metas, que o edital estipulou para o acordo setorial, que é coletar desde a implantação do sistema até 5 anos, em 17% em peso do que foi colocado no mercado de varejo” (GEST-ENT).

Esse valor aparentemente pequeno apresenta dificuldades de ser alcançado, pois depende do consumidor final, que precisa estar disposto a descartar os produtos nos pontos de coleta.

“A maioria das pessoas jogam no lixo comum e isso acaba indo para um aterro. A conscientização leva muito tempo, gerações. Isso é um problema. Nós vemos nos nossos pontos de coleta que a adesão é baixa. Uma das grandes tarefas é como nós vamos divulgar maciçamente e como vai ser a reação do consumidor” (GEST-ENT).

No primeiro relatório emitido após a assinatura com a Secretaria de São Paulo, a Gestora de Logística Reversa constatou que cerca de 60% não eram de associados. O ideal seria que todos se associassem, mas a grande maioria posterga esperando o acordo setorial. Outra dificuldade encontrada está relacionada ao mercado paralelo que não segue as normas corretas para reciclagem e que busca partes que possuem maior valor, como placas de circuito impresso. Muitos coletam equipamentos pelo país, retirando as placas e utilizando processos de incineração, que são poluidores, para extrair metais preciosos. O material resultante desse processo e o restante dos produtos são descartados em qualquer lugar.

Sobre o uso de tecnologias de rastreamento como RFID o Gerente de Sustentabilidade relatou:

“Ter um sistema com RFID em todos os eletroeletrônicos fabricados ou comercializados, com certeza teríamos uma rastreabilidade fantástica, mas estaríamos agregando custo também. Já se discutiu bastante essa questão. Tem algumas empresas que estão implantando, mas que possuem produtos com valor agregado suficiente e que justifique esse aumento de custos. Falando de um celular e um computador, talvez uma impressora pode se justificar. Talvez tão cedo não tenhamos, mas ajudaria com certeza. Tecnicamente viável, mas economicamente não é viável” (GEST-ENT).

Informações coletados através do RFID podem trazer outras informações como o tempo de vida útil do produto. Essa informação é útil num processo de recondicionamento, porém esse assunto ainda é tratado com restrição pelos fabricantes conforme relato do gerente de sustentabilidade:

“Recondicionamento de produtos é algo que assusta de certo modo a indústria. Tem muita gente que fala que a indústria não quer isso, que ela deixaria de vender um produto novo. Não vou dizer que isso é 100% verdade, mas o que preocupa é como é feito esse recondicionamento, essa remanufatura. Queira ou não você tem uma marca, empresas não qualificadas podem fazer um trabalho sem a qualidade, podendo prejudicar o fabricante. Mas hoje já existem grandes fabricantes de celular por exemplo, fechando parcerias para remanufaturar seus produtos. Então acredito que com o tempo isso mude. Quando falamos do mercado corporativo, o Governo Federal tem um programa de inclusão digital, no qual os computadores ao CRC - Centro de Recondicionamento de Computadores. Eles recebem esses produtos que seriam descartados pelo governo, remanufaturam e aproveitam cerca de 20%. O restante é mandado para reciclagem, e esses produtos reconicionados são enviados para programas de inclusão digital oficiais do governo. Para treinar a população carente que não tem acesso à tecnologia. Isso de início assustou um pouco os fabricantes de computadores, mas depois eles observaram que esse programa acabaria ajudando, pois essas pessoas no futuro podem se tornar consumidores desses fabricantes, mas desde que essa remanufatura seja feita com coerência” (GEST-ENT).

O uso de material reciclado na indústria tem crescido pela percepção da Gestora de Logística Reversa, mas deveria existir algum incentivo para o uso de materiais reciclados. Existe a percepção por parte do governo de queda na arrecadação, mas geraria mais empregos compensando essa queda inicial.

A Gestora de Logística Reversa não tem sistemas online para acesso de seus clientes, mas tem acesso aos sistemas da operadora logística através de usuário e senha. Os relatórios gerados pela Centro de Inovação e Reciclagem são acessados pela Gestora de Logística Reversa que repassa aos seus clientes, juntamente com os laudos de destinação correta. Adquiriram a pouco tempo um software para acesso online e gestão administrativa, que está em implantação, possibilitando que seus clientes possam ter as informações de quilos reciclados e laudos de destinação (GEST-ENT).

4.3 CENTRO DE INOVAÇÃO E RECICLAGEM

O Centro de Inovação e Reciclagem foi criado em 2012, é considerado uma manufatura reversa e desenvolve infraestrutura e tecnologia para coletar e transformar eletroeletrônicos em matéria prima e peças para novos produtos. Integra logística reversa, processamento dos materiais e investimentos em pesquisa e desenvolvimento. Impressoras, celulares e cartuchos

de tinta, entre outros equipamentos, são desmontados, descaracterizados e separados de acordo com suas propriedades como tipo de plástico, cor, metal, fios, etc. O plástico triturado, derretido ou granulado pode ser utilizado em qualquer máquina de injeção e dar origem a novas peças (INOV-DOC). A gerente de produção explica sobre as operações da empresa:

“Nosso trabalho começa com a logística reversa. Fazemos a gestão de mais de 400 pontos de coleta em território nacional. Trabalhamos com dois operadores de logística que fazem esse trabalho de coleta, porém o gerenciamento desse trabalho é feito internamente pelo nosso time de logística reversa” (INOV-ENT).

A Gestora de Logística Reversa é um dos seus clientes, assim como o Fabricante A e o Fabricante B para clientes corporativos. Cada cliente tem um contrato com os tipos de serviços. Para os clientes corporativos os produtos podem ser retirados pelo Centro de Inovação e Reciclagem ou os fabricantes entregam no local.

As operações explicadas abaixo começam com a chegada dos equipamentos:

“Os equipamentos entram e passam por uma área de triagem, e na maioria das vezes não vem organizado, às vezes chegam no palete montado, às vezes vem no caixote com tudo misturado. Depende muito da origem. Na triagem separamos o que é notebook, o que é desktop, impressora, celulares, mouses e acessórios em geral. Depois disso a gente manda para área de desmontagem de acordo com a sua classificação. Nessa área de desmontagem o material é 100% desmontado e separado por suas classificações. O que é placa, o que é material ferroso, como cobre, alumínio, níquel. O que é plástico, que tipo de plástico, de que cor, *flat cables*, *HD*. Todo material sai daqui descaracterizado. O material ferroso sai daqui totalmente descaracterizado e é encaminhado um parceiro nosso, e esse material volta para cadeia como aço longo para construção civil. O cobre e o alumínio também vão para um parceiro e viram chapa de alumínio, de cobre ou fios. Inclusive os cabos são processados internamente porque temos um equipamento que tritura e separa o que é borracha e plástico do que é cobre. Placas e HD fazemos a descaracterização e mandamos para um parceiro que envia para exportação” (INOV-ENT).

O Centro de Inovação e Reciclagem tem condições de desmontar e indicar o destino de todos os itens. O plástico dos produtos tem identificação, mas caso necessário eles possuem um laboratório que permite a análise e identificação dos diferentes tipos de plásticos. Nesse laboratório uma engenheira química realiza essas funções (INOV-OBS).

Sobre o RFID a observação direta pode constatar que o Fabricante B utiliza RFID no processo de fabricação de impressoras. Esse RFID é utilizado pelo Centro de Inovação e Reciclagem para a identificação. Apesar de utilizarem RFID, uma análise é feita no momento que um modelo desses é coletado pela primeira vez. O setor de engenharia desmonta o equipamento identificando todas as partes, tipos de materiais e peso, cadastrando no sistema. A

partir desse momento toda impressora desse mesmo modelo será identificada pelos sensores RFID (INOV-OBS).

Mesmo com essa tecnologia o Centro de Inovação e Reciclagem precisa fazer esse trabalho de análise pois o fabricante não fornece essa informação conforme relatado pela gerente de produção: “O fabricante não tem essa informação. Talvez alguém design deve ter, mas de bate-pronto não. Então é melhor fazer esse levantamento do que esperar que eles me tragam essa informação” (INOV-ENT).

O sistema utilizado foi desenvolvido pelo próprio Centro de Inovação e Reciclagem:

“[...] na verdade há cinco anos atrás quando nós começamos esse trabalho, nós fomos buscar no mercado um sistema que suportasse esta operação. E incrivelmente não tinha nada de prateleira que fosse possível trazer para dentro de casa e começar a operar. Nós tivemos que customizar o sistema para adequar as nossas operações. Isso foi uma atividade paliativa e que ficou, deu certo, funciona, é de fácil manuseio, de fácil entendimento e os nossos clientes estão satisfeitos. Porque trabalhamos com *SLA*, trabalhamos com agendamento das coletas” (INOV-ENT).

Os produtos ainda não são desenvolvidos para facilitar a desmontagem, como menor uso de parafusos e mais encaixes, além do uso de materiais que contaminam outros, conforme explicado pela gerente de produção:

“[...] por que uma etiqueta de que vai contaminar o lote? Tenho que usar uma pistola de ar quente para tirar. Por que eu não posso fazer essa marcação a laser ou direto no molde? Por que tantas chaves em tamanho diferente? Por que o fechamento não pode ser por click? Tem uma infinidade de melhorias em design que poderíamos sugerir, mas problema é que nos nossos clientes, o time de design está fora do Brasil” (INOV-ENT).

A observação direta constatou que o Centro de Inovação e Reciclagem produz peças menores e partes de embalagens usando resina de plástico reciclado. O plástico é processado e separado por tipo e cor e vendido como resina ou peças já injetadas. A proposta é reintroduzir esse material na cadeia produtiva (INOV-OBS). Não existe nenhum processo de reuso, condicionamento ou remanufatura de produtos:

“Existe um impasse fiscal e também temos um acordo com todos os nossos clientes que não podemos fazer o reuso das peças. O impasse fiscal porque todo material entra aqui como material para destruição, doação ou remessa para sucata e isso impossibilita outro tipo de operação que não seja destruição. Estamos pensando em parceria com a empresa que terceiriza a fabricação, que já tem uma área de condicionamento, e alguns clientes já nos pediram essa iniciativa. Então já desenhamos alguns projetos, mas ainda não tem nada pronto” (INOV-ENT).

O Centro de Inovação e Reciclagem mantém contato com cooperativas de reciclagem oferecendo capacitação e treinamento em segurança de trabalho e ergonomia, além de consultoria para obtenção dos certificados. Atuam para melhorar a produção, pois quanto melhor a separação maior é a renda (INOV-ENT).

O uso de tecnologias de rastreamento como RFID e interligação de sistemas podem ajudar no planejamento de produção e controle de estoque. Se os caminhões tivessem os leitores e os produtos as etiquetas RFID, seria possível ter uma previsão de quantidade dos materiais em trânsito e alinhar com o estoque do fabricante, trabalhando com prioridades de produção e possibilitando a diminuição do uso de matéria prima (INOV-ENT).

Os materiais perigosos são chamados de material contaminado ou classe 1, como bateria, etiquetas, tinta de cartuchos, LCD, e são encaminhados para coprocessamento, que na maioria das vezes serve como combustível para um outro processo, como cimenteiras por exemplo (INOV-ENT).

Nenhum material é encaminhado para aterros, o Centro de Inovação e Reciclagem faz a desmontagem e a destinação correta de todas as partes e peças. É certificada como *zero waste* - 100% do material gerado tem um destino adequado, com limitação do que pode ser destinado para coprocessamento. Essa certificação exige que coprocessamento não deve passar de 10% do total de material, e atualmente o Centro de Inovação e Reciclagem envia para coprocessamento apenas 5% (INOV-ENT).

4.4 DISTRIBUIDOR

O Distribuidor é um dos maiores distribuidores mundiais de tecnologia e líder global da cadeia de suprimentos de TI, serviços para dispositivos móveis, cloud, automação e soluções de logística. Operando em 52 países além dos serviços de distribuição de soluções e produtos, oferece recursos de logística e de mobilidade, suporte profissional técnico e soluções financeiras. No Brasil atua com 75 fabricantes para pronta entrega e importação exclusiva. Possui escritórios regionais em São Paulo, Rio de Janeiro, Belo Horizonte, Brasília, Porto Alegre e Recife, atendendo setores como transportes, agronegócio, educação, recursos naturais, saúde, serviços financeiros, varejo e área pública, entre outros (DIST-DOC).

Sobre a utilização da tecnologia de RFID o gerente de operações respondeu:

“Não utilizamos RFID. Toda rastreabilidade que utilizamos é pelo número de série, que é capturado com leitura de código de barras. No momento que estamos faturando fazemos a leitura na caixa do produto, e a partir desse momento eu respeito a garantia

do fabricante. Fica registrado no nosso *ERP* e quando um cliente nosso nos aciona, esses clientes são as revendas e pelo número de série, eu consigo validar se o produto foi vendido por nós e qual a data de venda” (DIST-ENT).

Sobre a interligação entre sistemas de distribuição e fabricantes o gerente de operação relatou que não estão interligados:

“[...] não estão interligados. Hoje nós temos um processo de enviar informação para eles que chamamos de *sell-out*, um relatório. Passamos o que eu vendi, para quem eu vendi, qual o número de série, qual a nota fiscal, qual o cliente, qual a revenda, quando tem o faturamento direto para o consumidor final e informação do estoque daquele período para o fabricante, dependendo muito de cada fabricante. Hoje eles não acompanham essa informação em tempo real, mas semanalmente” (DIST-ENT).

Se um produto vendido apresenta defeito, e validando-se a informação de que o produto foi vendido pelo Distribuidor através do número de série, e se tiver dentro da política de cada fabricante para devolução, a revenda terá seu produto trocado. A média para esse prazo é de 7 dias, mas alguns aceitam com 10 ou 15 dias. Acima desse prazo, a revenda ou cliente final devem acionar a assistência técnica do fabricante para usar o serviço de garantia (DIST-ENT).

O condicionamento é tratado como um processo próprio do distribuidor sem participação dos fabricantes. Esse processo está ainda em construção.

“... hoje estamos montando uma estrutura para fazer a recompra de equipamentos obsoletos ou fora de uso. Estamos desenvolvendo um trabalho que tem um pouco mais de processos. No processo de troca de parque instalado, por exemplo tenho 10 notebooks, então fazemos uma oferta de compra para esses equipamentos, damos um tratamento efetivo nesse produto, fazemos o recebimento, fazemos uma verificação interna nesse equipamento, a condição física do produto, fazemos toda limpeza de dados apagando todas as informações. Fazemos um teste lógico no equipamento, para verificar a memória, se o *HD* está funcionando, se não tem nenhum defeito, teste do teclado. Um teste efetivo no equipamento e com base nisso dou a devida destinação, até o ponto no qual o equipamento precisa ser descartado. Eu encaminho para um reciclador, eu não faço a destruição aqui. Um reciclador aprovado e oficial vai fazer o desmonte e dar a devida destinação de cada parte” (DIST-ENT).

Nesse processo de recompra muitas vezes são adquiridos produtos que não possuem nenhuma condição de condicionamento, que são obsoletos e não tem mercado como monitores de tubo ou smartphones *Blackberry*, mas que o Distribuidor retira do cliente para que seja feita a destinação correta. Esse programa não tem nenhuma relação com o fabricante e nenhum produto será retornado para eles, sendo uma iniciativa do Distribuidor baseado no que eles realizam em outros países (DIST-ENT).

O sistema de informação está em fase de teste pelos clientes que fazem o registro dos produtos para essa transação pela internet. Após as devidas aprovações, os produtos são

retirados do cliente e registrados na base dados. Esse processo é manual com informações sobre o tipo, o fabricante, o modelo e o número de série, incluindo todos os acessórios. É importante salientar que essa informação pode ser útil para os fabricantes quando houver a necessidade do cumprimento de metas da PNRS (DIST-ENT).

4.5 VAREJISTA

O Varejista é uma das maiores empresas brasileiras na distribuição de suprimentos para escritório, informática e material escolar. São mais de 11 mil itens de várias marcas e diversas categorias como escolar, escritório, informática e móveis. São aproximadamente 200 lojas em todo o território nacional. O centro de distribuição, onde foi realizada essa entrevista, está localizado no interior de São Paulo onde são realizados o recebimento, expedição e os demais processos logísticos (VAR-DOC).

Pela observação direta constatou-se que não utilizam tecnologia RFID, que entendem não ser aplicável devido ao custo. Toda operação ocorre com o uso de coletores de dados de código de barras capturados das embalagens dos produtos (VAR-OBS).

Os dados capturados são carregados automaticamente no sistema, que adquirimos chamado de WMS, usado tanto na entrada quanto na saída dos produtos. Os fornecedores são agendados via plataforma *business-to-business* (B2B), que são recebidos pelos operadores que fazem toda a conferência via coletor, em média um fornecedor a cada 45 minutos. É chamado de conferência cega, pois os operadores não sabem a quantidade que será recebida. Caso ocorra uma diferença entre o pedido e o coletor é informada a discrepância e a contagem deve ser refeita até que a diferença seja resolvida, ou então o gerente de compras seja acionado. Após esse processo é feito a armazenagem (VAR-ENT).

O supervisor de operações comentou sobre a interligação de sistemas:

“Temos tudo *online, real time*. Compras coloca um pedido para o fornecedor, o fornecedor tem acesso ao meu sistema, e ele vai abastecendo conforme o pedido. Nós, do Centro de Distribuição, não temos interferência alguma nesse sistema. Esse sistema fornece todo direcionamento para o fornecedor, indicando inclusive se existe algo errado. Temos cinco fornecedores a cada 45 minutos. Esse sistema indica tudo para o fornecedor, mas isso é uma parte comercial que permite a ele acompanhar o estoque e negociar preço com meu pessoal de compras” (VAR-ENT).

Existem dois processos de logística reversa, um pós-venda e outro pós-consumo. O processo Pós-venda ocorre quando o cliente recebe um produto errado via loja virtual, ou

alguma característica, como cor por exemplo. Nesse caso, o produto é devolvido e colocado à venda novamente como produto novo (VAR-ENT).

No pós-consumo, o produto apresentou defeito dentro do prazo estipulado pelo código de defesa do consumidor que é de sete dias. Para alguns fornecedores existe uma equipe técnica que verifica se o produto realmente apresentou defeito. Em caso afirmativo, o produto será retirado do centro de distribuição pelo fornecedor e o cliente recebe um novo. A identificação do produto é feita pelo número de série ou carta de entrada gerada pela loja. A equipe técnica presente no centro de distribuição não realiza nenhum reparo, apenas existe para fazer essas verificações e seus custos são mantidos pelos fornecedores (VAR-ENT).

O Varejista não tem nenhum programa de recebimento de produtos descartados, com exceção quando algum fabricante desenvolve uma campanha para devolução de produtos usados como parte de pagamento de um novo, e nesse caso a coleta é feita pelo próprio fabricante (VAR-ENT).

Como ainda não possuem nenhum foco em logística reversa para atender o PNRS, as mudanças tecnológicas sugeridas são aplicadas ao processo de recebimento ou expedição da logística direta, como o uso de comando de voz emitidos pelos coletores de código de barras aos operadores, para otimizar o tempo de manuseio de produto (VAR-ENT).

4.6 ASSISTÊNCIA TÉCNICA

A Assistência Técnica foi criada em 1977 para comercializar e prestar assistência técnica a várias marcas de equipamentos presentes no mercado, entre elas: HP, IBM, SHARP, OLIVETTI, FACIT e outras. A Assistência Técnica também é uma revenda de produtos de tecnologia, mas atua como assistência técnica multimarca apenas para produtos da área de imagem e impressão tanto para usuários corporativos quanto domésticos. Atende todos os fabricantes com exceção da empresa Xerox (ASSISTEC-DOC).

A Assistência Técnica tem logística reversa para seus produtos da forma explicada pelo gerente da área:

“Nós fazemos logística reversa com fornecedores e recicladores. Porque na minha área temos os contratos de manutenção. Então o cliente solicita um cartucho de toner, nós mandamos o cartucho para ele, e ele devolve o vazio. Isso para Okidata, HP e Lexmark. Hoje no meu estoque temos o material que foi devolvido pelo cliente e o próprio fabricante recolhe esse material. Isso é para insumos, cartuchos de toner e tinta. Para placas e equipamentos temos um parceiro que recolhe esses equipamentos e emitem o certificado, para comprovar que aquele produto terá um fim correto. E hoje muitos clientes também, ao entrarmos com uma proposta de locação de impressão, já se

antecipam e querem saber como trabalhamos com esses materiais. Muitas vezes ele exige um certificado para dizer como fazemos a destinação” (ASSISTEC-ENT).

A assistência técnica pesquisada não possui campanha para a logística reversa para clientes pessoa física.

“Os clientes não trazem produtos obsoletos por livre e espontânea vontade. Às vezes o cliente traz o equipamento para fazer reparo, e devido ao tempo de uso e a alta rotatividade de produtos novos, muitas vezes trocar uma placa de impressora fica com um custo inviável. Então ele acaba deixando o equipamento, ele faz uma doação e esse equipamento nós repassamos para o nosso parceiro” (ASSISTEC-ENT).

Sobre tecnologias de rastreamento e interligação de sistemas o gerente da assistência técnica relata:

“Não temos captura para RFID. Fazemos captura de código de barra da embalagem para produtos novos. Na assistência técnica usamos o código de barras do produto pelo número de série, eu sei dizer se o produto foi vendido por nós ou não, senão não tem informação” (ASSISTEC-ENT).

Para os produtos em garantia existe a necessidade de se fornecer o número de série para que a garantia seja confirmada pelo fabricante (ASSISTEC-ENT). Existe interligação de sistemas para o pedido de peças de garantia que são feitas diretamente nos sistemas dos fabricantes.

“Se ele está na garantia eu sou obrigado a passar informação para o fabricante justamente para validar a garantia. Se é uma venda nossa automaticamente nós temos como ver essa informação, mas para outros produtos eu tenho que perguntar ao fabricante. Há fabricante como a Samsung, a Brother, que pedem uma foto do código de barra com a série do equipamento” (ASSISTEC-ENT).

No entanto para produtos fora de garantia não existe nenhum interesse do fabricante em obter informação desse produto. As peças para esse tipo de produtos são compradas muitas vezes no mercado, com preços e condições de entrega melhores que o próprio fabricante (ASSISTEC-ENT).

Outros usos de sistemas dos fabricantes estão na forma de treinamento, na grande maioria online, no acesso a base de conhecimento de problemas e quando da necessidade de suporte mais específico (ASSISTEC-ENT).

Como a Assistência Técnica trabalha com equipamentos em contrato de locação, eventualmente equipamentos usados retirados de um cliente são recondicionados para uso em outros clientes. Nem sempre essa operação é possível pois muitas vezes um equipamento novo,

mesmo tendo custo de aquisição mais alto apresenta menor custo operacional e menor custo de impressão sendo muito mais viável economicamente. Outra opção para um equipamento usado é servir como backup ou para fornecer peças para os que estão em uso. A opção de recondicionar ou reuso é da Assistência Técnica sem nenhuma participação dos fabricantes (ASSISTEC-ENT).

Sobre uma melhoria na interligação de sistemas, pelas palavras do gerente:

“[...] vou dar um exemplo de um carro. Se você leva seu carro numa concessionária, normalmente eles sabem tudo sobre esse carro mesmo que você tenha levado o veículo em outras concessionárias anteriormente. Hoje eu tenho apenas a informação dos produtos que eu vendo, mas se fossem interligados eu teria informação de qualquer produto, como peças já trocadas, tempo de vida. Mesmo quando compro uma peça para um produto fora de garantia o fabricante não tem o menor interesse” (ASSISTEC-ENT).

Sobre *ecodesign* a experiência da Assistência Técnica indica que apenas notam evolução no consumo menor de energia e no uso de algum material reciclado. A assistência técnica não tem observado nenhuma melhoria com relação a maior facilidade de desmontagem, como o menor uso de parafusos, por exemplo (ASSISTEC-ENT).

Sobre algum material perigoso, eles são alertados e treinados para cuidados com o manuseio do toner que pode ser prejudicial à respiração (ASSISTEC-ENT).

4.7 COOPERATIVA

A Cooperativa é uma cooperativa sem fins lucrativos conforme Lei 5.764/71, é uma central de triagem de resíduos eletroeletrônicos (lixo eletrônico, lixo tecnológico ou e-lixo), pioneira no Brasil a ser conveniada com um órgão de gestão pública para essa finalidade. Com um Sistema Integrado de Gestão da Qualidade e Meio Ambiente Certificado ISO 9001:2008 e ISO 14001:2004, desenvolve e opera soluções para a reciclagem do lixo eletroeletrônico como computadores, CPUs, impressoras, rádios, celulares, televisões, micro-ondas, eletrodomésticos, entre outros, utilizando-se desse processo para realizar um trabalho de inclusão social, inclusão digital, capacitação, educação ambiental e cultura. A Cooperativa também é uma cooperativa de produção regida pela lei 12.690 de 2012 (COOP-DOC).

Existem 13 ramos de cooperativas, o ramo da produção é o que mais se aproxima da operação atual, pois uma cooperativa de produção pode ser formada por trabalhadores de categorias diversas, mas todos envolvidos na produção de um determinado tipo de bem; produzindo, beneficiando, industrializando, embalando e comercializando o produto. Mas

segundo a visão do diretor da empresa deveria existir um 14º ramo para a reciclagem, mas que ainda é algo incipiente, mas que tem sido muito abordado nos últimos anos, e conforme suas palavras do diretor: “[...] eu acredito que falamos muito, mas se faz muito pouco em reciclagem” (COOP-ENT).

A Cooperativa recolhe impostos como qualquer outra empresa, mas tem benefícios, vantagens e alguns incentivos do governo pelo fato de não ter fins lucrativos. Todos seus cooperados são sócios e donos da empresa. A diretoria é eleita, possui um estatuto social com regimento interno e plano de gestão. Existe um conselho fiscal, também eleito, que tem a incumbência de fiscalizar se a gestão está seguindo o plano pré-estabelecido. O atual diretor-presidente tem mandato até 2022 e está na terceira gestão (COOP-ENT).

A Cooperativa recebe o produto pós-consumo “equipamento inteiro” que foi descartado por pessoas jurídicas ou por pessoas físicas e executa a desmontagem separando as peças e componentes. Os equipamentos são recebidos na própria cooperativa ou são recolhidos nos pontos de coleta voluntária de algum parceiro. Os parceiros possuem pontos de entrega, que atendem uma certa comunidade e a cooperativa realiza a retirada (COOP-ENT).

O processo é considerado uma manufatura reversa, fazendo a desmontagem e separando as partes, peças e componentes. Conforme constatado pela observação direta, na entrada os equipamentos como computadores, notebooks, tablets, celulares com inúmeros itens, são pesados e identificados apenas por fabricante e produto, como por exemplo desktop do fabricante X. Depois são armazenados por tipo de produto para posteriormente serem processados (COOP-OBS).

Busca-se fazer lotes de produtos que forneçam materiais de maior mercado e com maior quantidade. Dessa forma, também é possível concentrar os equipamentos que possuem processo de desmontagem semelhante e assim facilitar o trabalho dos operadores. Por exemplo, os computadores tipo desktop, a desmontagem é muito parecida independentemente do fabricante. No início sabe-se que entraram, 400 kg de desktops e no final saem os mesmos 400 quilos de resíduos, separados em quilos de ferro, de alumínio, de plástico, de fio, de placas, entre outros materiais (COOP-ENT).

Sobre o RFID e tecnologias de rastreamento o diretor fez o seguinte relato:

“É tudo manual, eu ainda não estou controlando por modelo, porque fica muito inviável o processo. Eu só coloco computador do fabricante ABC. O mundo ideal seria todos os fabricantes usassem o mesmo código de barra tudo padronizado. que eu pudesse fazer um leitor ótico que para alimentar o meu sistema. Como não é padronizado não existe isso ainda, quem sabe eles descontam alguma coisa nesse sentido como por exemplo um *QR code*, ganharemos tempo porque isso é feito manual hoje” (COOP-ENT).

Todas essas informações desde a entrada até a produção final são registradas no sistema da cooperativa com o nome Proteus da Empresa Totus que foi adaptado para sua operação. Também não existe nenhuma conexão de sistemas da cooperativa com os fabricantes ou outros atores da cadeia de suprimentos, e nem mesmo nenhum acesso aos sistemas dos fabricantes. Dessa forma, o processo de desmontagem e identificação dos componentes fica a cargo da cooperativa com auto aprendizado (COOP-ENT).

A cooperativa também realiza a gestão dos resíduos eletroeletrônicos através de contratos de serviço. Esse serviço normalmente se aplica quando uma empresa necessita que um grande lote de equipamentos seja retirado e descartado. A Cooperativa garante a destinação correta dos resíduos e fornece os relatórios finais com a informação de quantidade e peso dos produtos, e a garantia de rastreabilidade com a destinação correta de todos os itens. Também fornecem serviço para a destruição dos dados armazenados nos equipamentos, como por exemplo discos rígidos dos desktops e notebooks (COOP-ENT).

Todo o material resultante do processamento tem sua destinação correta. Todo material metálico como ferro e suas ligas, alumínio e cobre, por exemplo, possuem mercado para revenda. Os plásticos também têm mercado, mas com menor valor de revenda. O que não possui mercado, que é menos do que 1% do total, são enviados para empresas que fazem a destinação e emitem certificados com a garantia de destinação, porém com custo para a cooperativa. Alguns dos exemplos que necessitam da contratação de serviços são: a) placas de circuito impresso que são exportadas para serem processadas em fábricas especializadas; b) resíduos que necessitam de neutralização através de um processo químico ou térmico; c) uma parte muito pequena que necessita ir para aterros, como a maior parte das embalagens usadas no retorno dos equipamentos; d) baterias ou qualquer resíduo perigoso (COOP-ENT). Nas palavras do diretor:

“[...] manufatura reversa de eletrônicos não é sustentável, porque a sustentabilidade tem um tripé social, econômico e ambiental. Social e ambiental tem retorno porque se eu estou reciclando, não causará mais prejuízo ao meio ambiente e social porque geramos emprego. A parte econômica do tripé não é atingida, e vou dar um exemplo. Equipamentos com desmontagem complicada, como uma multifuncional, onde o custo operacional é muito alto, ou seja, a desmontagem é complicada e com isso a parte econômica do tripé não é atingida, a conta não fecha” (COOP-ENT).

A Cooperativa consegue ser viável através do convênio com a Prefeitura de São Paulo que arca com custos de aluguel, água e energia elétrica para ter em contrapartida gestão ambiental e capacitação profissional dos funcionários. Em países mais desenvolvidos o equilíbrio econômico só é atingido com os custos da logística reversa sendo incorporados aos

custos do produto ou sendo absorvidos pelos usuários. Nesses países existe maior consciência ambiental da população que permite esse tipo de medida (COOP-ENT).

Uma das operações que ajudam muito nos custos da cooperativa é o condicionamento ou reaproveitamento de equipamentos. Hoje toda a operação da cooperativa utiliza equipamentos de tecnologia reaproveitados, como desktops e impressoras (COOP-OBS). Alguns equipamentos podem ser condicionados e vendidos, desde que não tenha uma exigência do cliente que retornou o equipamento para que esse seja destruído. Normalmente são vendidos para assistências técnicas ou pequenos comércios para que tenham garantia e suporte. Essa operação não é defendida pelos fabricantes embora seja lícita (COOP-ENT).

Todas as operações são controladas pelo sistema Proteus, que permite a emissão de relatórios e a melhor gestão da cooperativa. A colaboração da tecnologia de informação é fundamental para a operação da cooperativa (COOP-ENT).

Pelas palavras do diretor, se os fabricantes fornecessem um processo de captura de informações do equipamento como código de barras, *QR code* ou RFID, e se fossem padronizados por todos fabricantes os custos diminuiriam significativamente. Além disso, a integração de sistemas permitiria a troca de informações como manuais com informação de desmontagens diminuindo o tempo de manufatura reversa, e características dos vários componentes dos produtos, como tipos de plásticos ou metais, a existência de componentes perigosos, peso e tempo de vida útil. A diminuição dos custos estaria relacionada com a diminuição de mão-de-obra para o recebimento e identificação e maior rapidez na desmontagem gerando economia de escala (COOP-ENT). Sobre ecodesign o diretor faz o seguinte relato:

“[...] outro aspecto é o design, pois o produto não é fabricado pensando na desmontagem, tem produtos com desmontagem que parece um pesadelo e o fabricante não auxilia fornecendo manual para uma desmontagem mais eficiente. Você sempre vai ter que descobrir como desmontar, onde estão os parafusos. Tem produto que nós nunca desmontamos, e perdemos tempo aprendendo. No Japão isso já existe, o *ecodesign*, usando menos parafusos e mais encaixes, com um passo a passo para uma desmontagem mais eficiente” (COOP-ENT).

4.8 RECICLADOR

O Reciclador possui uma administração que detém mais de 30 anos de experiência no ramo de comércio de metais, descaracterização de equipamentos, separação, classificação e a correta destinação dos resíduos para reciclagem. É uma empresa com foco na reciclagem de vários matérias e produtos incluindo os resíduos eletroeletrônicos. Com gestão pautada na Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), conta com um processo de produção que atende

todos os requisitos e normas, fornece Certificado de Reciclagem com as respectivas destinações e controle de rastreamento de resíduo (RECI-DOC). O gerente de vendas e operações:

“Somos uma empresa de reciclagem e atendemos várias multinacionais, não só com relação aos eletroeletrônicos como também com materiais ferrosos, metálicos e seus agregados. Esse é um ponto importante pois temos que dar a destinação correta para tudo o que é encontrado nos equipamentos que são reciclados” (RECI-ENT).

É uma recicladora que atende várias empresas incluindo multinacionais, ou seja, apenas pessoas jurídicas. O Reciclador recolhe os produtos em centros de distribuição do fabricante, ou direto no cliente final como por exemplo uma grande multinacional como uma montadora. Não fazem coleta de varejo porque o custo não se paga. Em alguns casos o cliente pessoa jurídica, indica aos seus clientes que retornem os produtos em determinado ponto de coleta, que nesse caso pode ser recolhido pelo Reciclador, como um trabalho no atacado. O Reciclador também exige que os materiais recolhidos sejam enviados para empresas que possuam os devidos certificados, algo que no mercado infelizmente não é feito (RECI-ENT).

O Reciclador tem que destinar corretamente todos os resíduos encontrado nos equipamentos e enfrentam a concorrência dos recicladores menores que na maioria das vezes não possuem as devidas certificações. O Reciclador possui todas as licenças e certificações necessárias incluindo a licença ambiental, e as ISO 9001 e a ISO 14000. Existe um mercado informal com a realização de operações danosas ao meio ambiente, como por exemplo a queima de fios para a extração de metais como cobre e alumínio. Outro exemplo danoso é a incineração de placas de circuito impresso para se trabalhar apenas com material calcinado, muito prejudicial ao meio ambiente. Como frisou o gerente de vendas e operações: “[...] temos conhecimento por exemplo de empresas que queimam placas um forno de carvão” (RECI-ENT).

Muitos dos equipamentos recebidos pelo Reciclador são provenientes de operações de *trade-in*, ou seja, para a venda de novos produtos é oferecida a coleta dos produtos antigos, normalmente com algum benefício comercial. Por exemplo, os maiores fabricantes de eletroeletrônicos voltados para automação, negociam a troca de equipamentos e os antigos são enviados ao Reciclador. Esse processo requer o controle de recebimento e destruição, muitas vezes com o acompanhamento do cliente como auditor do processo. Para o cliente esses equipamentos são considerados lixo que não podem ser reaproveitados ou reconicionados (RECI-ENT).

Não existe recondição. Apenas em casos específicos o cliente pede o reaproveitamento de certas peças ou componentes, normalmente com pouco desgaste que podem ser usadas em outros produtos. Num único caso existiu o reaproveitamento da estrutura ou casco de um lote grande de equipamentos recebendo atualizações internas. Exemplos considerados como exceção (RECI-ENT).

O Reciclador tem acesso direto aos sistemas próprio de alguns clientes, fazendo o reconhecimento que saiu do estoque, quando entrou na empresa e o reconhecimento da descaracterização dos equipamentos. Em alguns casos, esse processo é acompanhado por um agente indicado por eles. Independente desses sistemas o Reciclador também possui o próprio sistema que repassa as informações aos fabricantes, segundo o relato do gerente de vendas e operações: “[...] desconheço qualquer sistema no mercado que dê as informações que precisamos. Existe muita coisa em planilhas Excel, algo um pouco melhorado utilizando-se banco de dados, mas nós contratamos uma empresa para desenvolver o nosso sistema” (RECI-ENT).

O Reciclador não possui nenhuma tecnologia de rastreabilidade. Em alguns equipamentos que não podem ser destruídos imediatamente, porque requerem autorização do cliente, o Reciclador coloca seu próprio código de barras. Mas é apenas um processo interno de controle até a destruição definitiva. No sistema são alimentadas todas as informações de quantidade, unidades, peso indicando todos os componentes e partes, plástico e metal. É um controle completo sobre estoque e produção. Através desse controle separa-se o que será vendido, como metais, Materiais inertes são enviados aos aterros que não prejudicam o meio ambiente (RECI-ENT).

Os fabricantes não disponibilizam informação de desmontagem e também nenhum recurso de rastreabilidade como RFID ou código de barras. Eventualmente é feito controle por número de série a pedido dos clientes, mas até o processo de desmontagem, porque depois acaba se perdendo na produção. No entanto no sistema estará armazenado essa informação comprovando que os equipamentos, com os números de série específicos, foram destruídos (RECI-ENT).

O Reciclador não necessita, pelo menos atualmente, de informação de desmontagem pois o foco do processo é destruição total sem reaproveitamento. Para a empresa é uma maneira de aumentar a credibilidade perante a alguns fabricantes, por meio da comprovação que os componentes não serão reaproveitados no mercado paralelo. O reaproveitamento de qualquer parte do produto só ocorre a pedido do cliente. Caso esse reaproveitamento venha a ocorrer no futuro a informação de rastreabilidade e desmontagem se tornará importante (RECI-ENT).

Além das desmontagens o Reciclador faz a moagem dos cabos com a separação do plástico dos metais que são encaminhados para as indústrias específicas (RECI-OBS). A parte não reaproveitada não passa de 1,5% a 2%, que em média está abaixo do pedido de alguns clientes que exigem no máximo 3%. Em alguns casos é feita uma análise prévia do produto que será recebido. Ainda existem alguns equipamentos onde se misturam tipos de plásticos diferentes contaminando o material e impossibilitando a reciclagem embora os fabricantes tenham melhorado esse processo (RECI-ENT). Nesse caso a rastreabilidade com a informação de tipos de materiais existentes no produto seria muito útil para o processo de reciclagem. Conforme palavras do gerente de vendas e operações:

“[...] não só os materiais existentes, mas também os elementos que estão naquele material e que se estiverem no meio ambiente podem causar algum dano. Isso acontecia muito com os CRT antigos que eram descartados como se tivessem apenas vidro, mas possuíam vários elementos perigosos, como por exemplo o chumbo” (RECI-ENT).

Os dados apresentados apontam inúmeras questões, desafios e oportunidades para o uso de sistemas de informação e tecnologias de rastreamento que possam contribuir para a logística reversa. A última seção desse capítulo irá discutir os dados apresentados com base na revisão bibliográfica dessa pesquisa.

5 ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Este capítulo analisa e discute os resultados da pesquisa em campo, obtidos por meio de entrevistas, observação e da pesquisa documental. A discussão dos resultados foi realizada com a triangulação de dados, analisando os sistemas de informação, as tecnologias de rastreamento, o ambiente corporativo e doméstico, de acordo com as categorias teóricas estabelecidas na pesquisa. Esses resultados foram sintetizados no Quadro 8.

Quadro 8 – Resumo dos resultados da pesquisa

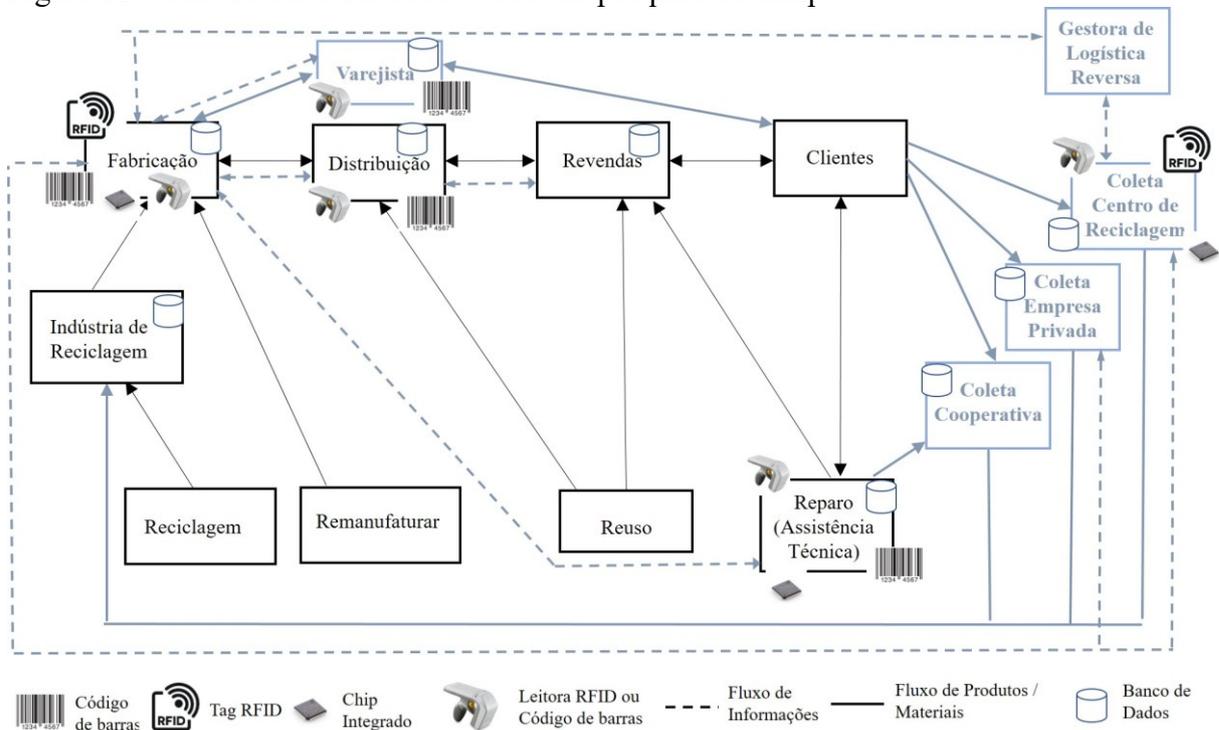
Categoria	Unidades de Análise e Instrumentos de Coleta de Dados	Resumo dos resultados da pesquisa
Logística Direta	Fabricantes FAB-A-ENT/ FAB-B-ENT /FAB-A-DOC/ FAB-B-DOC	Utiliza RFID para controle de processo de fabricação Mantém sistema de informação de produtos, mas não compartilha informação com outros integrantes da cadeia de suprimentos
	Distribuição DIST-ENT/ DIST-DOC	Não utiliza RFID, mas utiliza código de barras em embalagem para controle de estoque. Utiliza código de barras do produto quando produto de pós-venda ou pós-consumo. Não tem interligação de sistemas, as informações são compartilhadas através de formulários Utiliza produtos retornados em negociações de trade-in que estejam em condições de uso. Não faz recondicionamento.
	Varejo VAR-ENT/ VAR-OBS/ VAR-DOC	Não utiliza RFID, mas utiliza código de barras da embalagem para controle de estoque. Utiliza código de barras do produto quando produto de pós-venda ou pós-consumo. Possui sistema B2B para acesso dos fabricantes. Revende produtos de pós-venda em caso da venda incorreta. Não faz recondicionamento pós-consumo.
	Logística reversa	Gestora de Logística Reversa GEST-ENT/ GEST-DOC/INOV-ENT/ INOV-OBS/ INOV-DOC
Cooperativa e Recicladora COOP-ENT/ COOP-OBS/ RECI-OBS/ COOP-DOC/ RECI-ENT/ RECI-DOC		A Cooperativa e a Recicladora não utilizam nenhuma tecnologia de rastreamento. RFID não está presente na maioria dos produtos e os códigos de barra são danificados com uso dos equipamentos. Não tem integração com os sistemas de nenhum fabricante e adaptaram sistemas do mercado para uso nas suas operações.
Assistência técnica ASSISTEC-ENT/ ASSISTEC-DOC		Não utilizam RFID. Usam código de barras tanto da embalagem quanto do produto. Acessam os sistemas dos fabricantes para treinamentos, abertura de chamados em garantia e suporte. Informações de defeitos alimentam as bases de P&D dos fabricantes Reuso para contratos de aluguel e prestação de serviço, mas sem participação do fabricante Remanufatura ou recondicionamento para contratos de aluguel e prestação de serviço, mas sem participação do fabricante

Fonte: Autor

A pesquisa mostrou que os sistemas de informação estão presentes em todas as áreas da cadeia de suprimentos direta e reversa, mas ainda distantes de soluções interligadas que poderiam permitir compartilhamento de informações mais eficientes. Os sistemas de informação fornecem as ferramentas para a gestão eficiente da logística reversa através do compartilhamento de informações que devem ser integradas e monitoradas (SRIVASTAVA,

2007; MÜLLER; SEURING, 2007). A Figura 12 ilustra a síntese dos resultados obtidos na pesquisa de campo.

Figura 12 – Síntese dos resultados obtidos na pesquisa de campo



Fonte: Autor

Na logística direta, o distribuidor e fabricantes utilizam controles, que são relatórios desenvolvidos pelos distribuidores, considerados pouco eficientes para a velocidade de transações comerciais atuais (UM; STROUD; SUH, 2015). A solução B2B desenvolvida pelo Varejista apresenta características importantes de controle online e em tempo real pelos fabricantes. Devido a rapidez com que os estoques no varejo são movimentados somente uma solução dessa ordem pode possibilitar o abastecimento de produtos e não causar impacto nas vendas. A Assistência Técnica, por sua vez, acessa o sistema dos fabricantes quando há a necessidade de compra de peças ou suporte para produtos em garantia. Pode-se dizer que esse sistema está um passo à frente pois possibilita mais agilidade nas transações de reparo. No entanto a pesquisa identificou que as bases de dados não estão interligadas com cada participante da cadeia mantendo sua própria estrutura. Os sistemas de informação necessitam de investimentos em tecnologia e as empresas necessitam desenvolver essas competências (TOYASAKI; WAKOLBINGER; KETTINGER, 2013; HUSCROFT et al., 2013a). A pesquisa mostrou que desenvolver sistemas e interligação entre ocorrem quando o impacto em vendas

se torna significativo. A necessidade do Varejista manter seus estoques abastecidos, e na quantidade correta para evitar aumento de custos em armazenagem levarão a criação de um sistema B2B para acesso *online* pelos fabricantes. Os fabricantes desenvolveram um sistema para acesso das assistências técnicas para não afetar a conserto de equipamentos em garantia que pode atingir a satisfação dos clientes e a imagem da empresa.

Quanto a logística reversa, não existem sistemas prontos no mercado. Todos tiveram que adaptar ou criar seu próprio sistema como foi o caso do Centro de Inovação e Reciclagem. As características de manufatura reversa e o processo de controle de peças e componentes não é contemplado pelas soluções de software de logísticas disponíveis. Mesmo nessas condições o Centro de Inovação e Reciclagem oferece acesso online para seus clientes, que podem requisitar coletas e ter acesso à quantidade em peso de produtos processados. A Gestora de Logística Reversa repassa aos seus clientes as informações de produção também em forma de relatórios, mas está desenvolvendo um sistema que permita acesso online e em tempo real, e a Cooperativa e a Recicladora também adaptaram seus sistemas para atender a manufatura reversa. Os sistemas de informação colaboram e influenciam nas decisões relacionadas ao fluxo reverso de produtos (ZHU; COTE, 2004; LIU; ZHU; SEURING, 2017; GREEN et al., 2012b; SRIVASTAVA, 2007).

O *Product Recovery Management* (PRM) que engloba todas as operações relacionadas com a logística reversa, e aos sistemas baseados em *Information-intensive Product Recovery System* (IPRS), ou Sistemas de Recuperação de Produto com Informações intensivas, podem fornecer informações sobre os produtos para identificação e tempo de vida útil (TOYASAKI; WAKOLBINGER; KETTINGER, 2013). Esses sistemas tornariam mais eficientes os programas de reuso, recondicionamento ou remanufatura (AGRAWAL; SINGH; MURTAZA, 2015; DHANDA; HILL, 2005). No entanto na perspectiva brasileira tais sistemas ainda estão distantes de serem utilizados. A falta de programas para reuso, recondicionamento ou remanufatura pelo menos no contexto atual torna desnecessário o controle da vida útil dos produtos e, conseqüentemente de sistemas como PRM e IPRS. Para as assistências técnicas, o que define o reparo ou recondicionamento está relacionado com a disponibilidade e o custo das peças. Somente programas pontuais como do governo federal de inclusão digital e do Distribuidor, na recompra de produtos de clientes corporativos, apresentam um processo formal para recondicionamento, mas não envolvem os fabricantes. No Brasil, a tecnologia de informação é um enorme obstáculo para as empresas, por falta de recursos e conhecimento adequado para a área (BOUZON; MIGUEL ; RODRIGUEZ, 2014), o que provoca falha de comunicação na cadeia e processos ineficientes (SEURING; MÜLLER, 2008)

A Cooperativa realiza algum acondicionamento de produtos para uso próprio e em pequeno volume para revender. As informações de reparos que podem ajudar no desenvolvimento de produtos ficam a cargo das assistências técnicas. Distribuidores e varejistas repassam informações de defeitos somente quando o produto é devolvido no prazo de 7 dias, conforme o código de defesa do consumidor. Não existe retroalimentação por parte dos recicladores para desenvolver produtos com *ecodesign*, com uso de menos parafusos, mais encaixes que facilitem a desmontagem e a não utilização de materiais que possam contaminar outros, como certos tipos de etiquetas. Essa retroalimentação, diferente da literatura (LI et al., 2016; GMELIN; SEURING, 2014b; HUANG et al., 2009; SRIVASTAVA, 2007), não está disponível para todos os participantes da cadeia e nem em todas as situações de reparo.

A pesquisa mostrou que o uso de RFID para logística reversa existe para apenas uma linha de produtos do Fabricante B, e é utilizado pelo Centro de Inovação e Reciclagem. Mesmo para a logística direta embora tanto o Fabricante A e Fabricante B utilizem na produção, nenhum outro participante da cadeia de suprimento utiliza essa tecnologia para controle de recebimento e de estoque. O argumento principal é custo da tecnologia. Admitem que no futuro possa ser utilizada, mas em produtos com maior valor agregado como os de tecnologia, mas que dificilmente será utilizado em eletroeletrônicos de menor custo. O uso de tecnologia de RFID permitiria um melhor controle sobre o inventário com monitoramento em tempo real e o compartilhamento de informações para que se obtenha maiores benefícios ambientais e maiores benefícios econômicos (NATIVI; LEE, 2012; GREEN et al., 2016).

O uso de código de barras, no entanto, é amplamente utilizado na logística direta, mas principalmente na embalagem. O código de barras do produto é mais utilizado em assistência técnicas e também em situações de pós-venda ou pós-consumo para varejistas e distribuidores. Na logística reversa o código de barras não é utilizado. Como não existe nenhum tipo de interligação com sistemas dos fabricantes, o código de barras não identifica o produto, e conseqüentemente não existe informação como modelo, fabricante, peso, tipos de materiais e informação de desmontagem que poderiam ser úteis para a reciclagem (MUSA; GUNASEKARAN; YUSUF, 2014). Além disso muitas vezes o código de barras está danificado. Como salientou a Cooperativa se os fabricantes criassem um código de barras ou RFID, que fosse inclusive universal, a identificação dos produtos para reciclagem seria facilitada e ajudaria muito na operação, aumentando a produtividade com ganho de escala. Com uma identificação rápida a empresa poderia obter informações de desmontagem, identificação dos materiais e componentes perigosos. A aplicação de um sistema de codificação de dados para fabricantes de equipamentos elétricos e eletrônicos para desmontagem e reciclagem, como

códigos de barras e identificação por radiofrequência (RFID), podem diminuir custos e simplificar o processo (NATIVI; LEE, 2012; NOWAKOWSKI, 2018; PARLIKAD; MCFARLANE, 2007).

O Centro de Inovação e Reciclagem destacou que o RFID poderia ser usado para o planejamento de produção de reciclados com melhor controle de estoque e fluxo de matéria prima. Com a interligação de sistemas e uso de RFID em caminhões seria possível ter uma previsão de quantidade dos materiais recicláveis em trânsito e planejar o fornecimento dessa matéria prima secundária para o fabricante. Dessa forma, o fabricante tendo conhecimento prévio da quantidade de material reciclado disponível, ajusta seu estoque junto com o fornecedor de insumos e, conseqüentemente, diminui o consumo de matéria prima virgem (NATIVI; LEE, 2012).

Quando tratamos do uso do *chip* integrado observamos a existência dessa tecnologia em cartuchos de toner e tintas. A Assistência Técnica que fornece esse suprimento para clientes com contrato de serviço, ou o Centro de Inovação e Reciclagem que tem contrato com o Fabricante A e Fabricante B, controlam e auditam esses suprimentos lendo a informação contida no *chip* para passar aos fabricantes. Os fabricantes têm interesse especial na reciclagem desses suprimentos para evitar que sejam recondicionados e retornem ao mercado paralelo. Os suprimentos são uma fonte importante de lucratividade para quem fabrica e vende impressoras e multifuncionais. A pesquisa não identificou o uso de *chip* integrado em mais nenhum eletroeletrônico, pelo menos com a intenção de rastreabilidade voltado para a logística reversa (UM; YOON; SUH, 2008).

Quando o acordo setorial de abrangência nacional para os produtos eletroeletrônicos e seus componentes, foi finalmente firmado entre as empresas de eletroeletrônicos e o governo federal, haverá a necessidade de maiores investimentos em sistemas e tecnologias de rastreamento na estrutura implementada para o cumprimento das metas (GREEN et al., 2012a; (DOU; ZHU; SARKIS, 2014). O acordo prevê meta de 17% de retorno em peso dos produtos comercializados para uso doméstico após 5 anos da assinatura do contrato. Para o mercado corporativo a PNRS já estipula a necessidade da logística reversa, e pode-se dizer que nesse mercado a logística reversa é menos complexa pois não exige pontos de coleta e os clientes exigem dos fornecedores a retirada com descarte correto dos equipamentos obsoletos. O fluxo de informação precisa fornecer o necessário para tornar os processos de reciclagem mais eficientes e a destinação correta dos resíduos. (PRAJOGO; OLHAGER, 2012; MORGAN et al., 2018).

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O objetivo dessa pesquisa foi analisar a contribuição de sistemas de informação e das tecnologias de rastreamento para a logística reversa de cadeias de resíduos de eletroeletrônicos. A pesquisa mostrou que os sistemas de informação estão presentes em todos os pontos da cadeia de suprimentos direta e reversa, mas a interligação de sistemas não é efetiva na maior parte da estrutura. São poucos os exemplos, como o Varejista que oferece sistema B2B online e em tempo real, para seus fornecedores, ou o Centro de Inovação e Reciclagem que criou um sistema próprio para acesso online para seus clientes. Também não foi encontrado sistema no mercado que atenda às necessidades da manufatura reversa, sendo que todos que atuam nessa área tiveram que adaptar ou criar sistemas próprios. Os resultados mostraram ainda que a PNRS para produtos eletroeletrônicos do mercado corporativo, os clientes exigem dos fornecedores a destinação dos produtos obsoletos ou utilizam as empresas de reciclagem para retirada e destinação dos equipamentos.

Quando analisamos as tecnologias de rastreamento observou-se que RFID só é utilizado em uma única linha de produto de um dos Fabricantes investigados. Nenhum dos atores da logística direta utilizam essa tecnologia para controle de estoques. O principal argumento está no custo da tecnologia, embora considerem que nos produtos de maior valor possa ser uma opção para o futuro. Na logística reversa somente o Centro de Inovação e Reciclagem utiliza o leitor de RFID para capturar essa linha de produto de um dos Fabricantes.

O código de barras é utilizado pelos atores da logística direta e todos utilizam os códigos de barra presentes na caixa ou nos produtos. Distribuidores, varejistas e revendas utilizam os códigos das embalagens durante o processo de armazenagem ou expedição, e o código do produto é lido por coletores no processo de pós-venda ou pós-consumo, e durante o reparo para as assistências técnicas. Não são utilizados na logística reversa, por dois motivos principais: como não existe interligação com a base de dados do fabricante, nenhuma informação do produto é obtida, e muitas vezes os códigos de barra dos produtos estão destruídos e não há mais a embalagem original.

Os *chips* integrados foram encontrados em suprimentos, cartuchos de toner e tinta de impressoras e multifuncionais e são utilizados pelo Centro de Inovação e Reciclagem, pelo fato de que esses suprimentos são muito importantes para os fabricantes, para evitar que sejam reconicionados e comercializados pelo mercado paralelo.

Para a Cooperativa é importante a existência de RFID ou código de barras, com codificação universal para identificação de produtos com possibilidade de acesso a sistemas

que informassem o modelo, o tempo estimado de vida útil, características como peso, tipos de materiais, componentes perigosos e informação de desmontagem. O Centro de Inovação e Reciclagem faz a leitura do RFID, mas mesmo assim realiza a identificação do produto e seus materiais, pois não há informação do fabricante nessa tecnologia de rastreamento. Esses dois atores da cadeia percebem o potencial das tecnologias de rastreamento como uma alternativa para reduzir custos no processo, tornando mais eficiente a desmontagem e a reciclagem, assim como uma oportunidade de ser usada para planejamento de produção e controle de estoque de materiais reciclados.

6.1 LIMITAÇÕES DA PESQUISA

Uma das limitações da pesquisa foi o fato do estudo ter sido realizado em apenas uma cadeia com dois fabricantes, pois podem existir outros fabricantes que utilizam tecnologias de rastreamento em linhas de produtos diferentes. Por outro lado, os demais atores da cadeia como centro de distribuição, varejo, recicladora e cooperativa, que recebem produtos desses dois fabricantes e de vários outros, forneceram informações sobre os sistemas de informação e tecnologias de rastreamento suficientes para identificar um padrão no setor estudado

6.2 RECOMENDAÇÃO PARA FUTUROS ESTUDOS

O desenvolvimento de novas pesquisas sobre redução de custos dos programas de logística reversa, com a implantação de sistemas de informação e tecnologias de rastreamento, surge como um tema emergente e importante para futuros estudos.

Recomenda-se para as próximas pesquisas a ampliação dos atores da cadeia de eletroeletrônicos, principalmente fabricantes, para avaliar se os sistemas de informação e as tecnologias de rastreamento de produtos apresentam as mesmas restrições de uso e interligação entre os elos da cadeia em processos de logística reversa.

A colaboração e cooperação entre os participantes de cadeias e de programas de logística reversa são temas citados por vários autores como relevantes para o desenvolvimento de competências que melhorem a eficiência e diminuição de custos na cadeia. Sendo também um tema importante a ser pesquisado em futuros estudos sobre sistemas de informação e tecnologia de rastreamento em logística reversa.

O fato de o acordo setorial para os produtos eletroeletrônicos e seus componentes ainda não ter sido assinado no Brasil, posterga decisões e investimentos em tecnologias de

rastreamento e com isso limita o interesse das empresas por essas tecnologias. A assinatura do acordo setorial acrescentará responsabilidade aos atores da cadeia de suprimentos em eletroeletrônicos e com isso a necessidade de cumprimento de metas e a busca para soluções de menor custo. Isso deve acelerar o investimento em tecnologia de rastreamento e parcerias estratégicas nas empresas e aumentar campo para pesquisa sobre o tema, como já ocorre nos países europeus.

REFERÊNCIAS

- ABINEE - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA ELETRICA E ELETRÔNICA. **Desempenho Setorial**. 2018. Disponível em: <<http://www.abinee.org.br/abinee/decon/decon15.htm>>. Acesso em: 06 jul. 2018
- AGRAWAL, S.; SINGH, R. K.; MURTAZA, Q. A literature review and perspectives in reverse logistics. **Resources, Conservation and Recycling**, Delhi, v. 97, p. 76–92, abr. 2015.
- AJAMIEH, A. et al. IT infrastructure and competitive aggressiveness in explaining and predicting performance. **Journal of Business Research**, Granada, v. 69, n. 10, p. 4667–4674, out. 2016.
- BAXTER, P.; JACK, S. Qualitative Case Study Methodology : Study Design and Implementation for Novice Researchers. **The Qualitative Report**, Ontário, v. 13, n. 4, p. 544–559, dez. 2008.
- BOUZON, M.; MIGUEL, P.; RODRIGUEZ, C. Managing end of life products: a review of the literature on reverse logistics in Brazil. **Management of Environmental Quality: An International Journal**, Florianópolis, v. 25, n. 5, p. 564–584, ago. 2014.
- COLLIS, Jill; HUSSEY, Roger. **Pesquisa em Administração**. 2. Ed. São Paulo: Bookman, 2005.
- DAUGHERTY, P. J. et al. Reverse logistics: Superior performance through focused resource commitments to information technology. **Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review**, Norman, v. 41, n. 2, p. 77–92, mar. 2005.
- DEMAJOROVIC, J.; AUGUSTO, E. E. F.; SOUZA, M. T. S. de. Logística reversa de REEE em países em desenvolvimento: desafios e perspectivas para o modelo brasileiro. **Ambiente & Sociedade**, São Paulo, v. 19, n. 2, p. 117–136, abr. 2016.
- DHANDA, K. K.; HILL, R. P. The role of information technology and systems in reverse logistics: A case study. **International Journal of Technology Management**, Chicago, v. 31, n. 1–2, p. 140–151, jan. 2005.
- DOU, Y.; ZHU, Q.; SARKIS, J. Evaluating green supplier development programs with a grey-analytical network process-based methodology. **European Journal of Operational Research**, Dalian, v. 233, n. 2, p. 420–431, mar. 2014.
- EISENHARDT, K. M. Building theories from case study research. **The Academy of Management Review**, Stanford, v. 14, n. 4, p. 3–36, out 1989.
- FLICK, U. **Introdução à pesquisa qualitativa**. Porto Alegre: Artmed, 2009.
- GEHMAN, J. et al. Finding Theory–Method Fit: A Comparison of Three Qualitative Approaches to Theory Building. **Journal of Management Inquiry**, Alberta, v. 27, n. 3, p. 284–300, mar. 2017.

- GMELIN, H.; SEURING, S. Achieving sustainable new product development by integrating product life-cycle management capabilities. **International Journal of Production Economics**, Kassel, v. 154, n. 2, p. 166–177, ago. 2014a.
- GMELIN, H.; SEURING, S. Determinants of a sustainable new product development. **Journal of Cleaner Production**, Kassel, v. 69, n. 3, p. 1–9, abr. 2014b.
- GREEN, K. W. et al. Do environmental collaboration and monitoring enhance organizational performance? **Industrial Management & Data Systems**, Arkansas, v. 112, n. 2, p. 186–205, jan. 2012a.
- GREEN, K. W. et al. Green supply chain management practices: impact on performance. **Supply Chain Management: An International Journal**, Arkansas, v. 17, n. 3, p. 290–305, abr. 2012b.
- GREEN, K. W. et al. Impact of RFID on manufacturing effectiveness and efficiency. **International Journal of Operations & Production Management**, Huntsville, v. 32, n. 3, p. 329–350, fev. 2012c.
- GREEN, K. W. et al. Impact of radio frequency identification technology on environmental sustainability. **Journal of Computer Information Systems**, Arkansas, v. 57, n. 3, p. 269–277, set. 2016.
- HAZEN, B. T. et al. Antecedents to and outcomes of reverse logistics metrics. **Industrial Marketing Management**, Auburn, v. 46, n. 1, p. 160–170, abr. 2015.
- HAZEN, B. T.; BYRD, T. A. Toward creating competitive advantage with logistics information technology. **International Journal of Physical Distribution & Logistics Management**, Auburn, v. 42, n. 1, p. 8–35, jan. 2012.
- HAZEN, B. T.; CEGIELSKI, C.; HANNA, J. B. Diffusion of green supply chain management. **The International Journal of Logistics Management**, Auburn, v. 22, n. 3, p. 373–389, mar. 2011.
- HUANG, H. et al. Materials selection for environmentally conscious design via a proposed life cycle environmental performance index. **International Journal of Advanced Manufacturing Technology**, Hefei, v. 44, n. 11/12, p. 1073–1082, out. 2009.
- HUNG LAU, K.; WANG, Y. Reverse logistics in the electronic industry of China: a case study. **Supply Chain Management: An International Journal**, Melbourne, v. 14, n. 6, p. 447–465, set. 2009.
- HUSCROFT, J. R. et al. Task-technology fit for reverse logistics performance. **The International Journal of Logistics Management**, North Carolina, v. 24, n. 2, p. 230–246, ago. 2013a.
- HUSCROFT, J. R. et al. Reverse logistics: past research, current management issues, and future directions. **The International Journal of Logistics Management**, North Carolina, v. 24, n. 3, p. 304–327, nov. 2013b.

- JANSE, B.; SCHUUR, P.; BRITO, M. P. de. A reverse logistics diagnostic tool: The case of the consumer electronics industry. **International Journal of Advanced Manufacturing Technology**, Amsterdam, v. 47, n. 5/8, p. 495–513, mar. 2009.
- JAYARAMAN, V.; ROSS, A.; AGARWAL, A. Role of information technology and collaboration in reverse logistics supply chains. **International Journal of Logistics Research and Applications**, Miami, v. 11, n. 6, p. 409–425, jan. 2008.
- KÖHLER, A.; ERDMANN, L. Expected Environmental Impacts of Pervasive Computing. **Human and Ecological Risk Assessment: An International Journal**, Saint Gallen, v. 10, n. 5, p. 831–852, jul. 2004.
- KRIKKE, H. R.; VAN HARTEN, A.; SCHUUR, P. C. On a medium term product recovery and disposal strategy for durable assembly products. **International Journal of Production Research**, Enschede, v. 36, n. 1, p. 111-140, fev. 1998.
- KRÓL, A.; NOWAKOWSKI, P.; MRÓWCZYŃSKA, B. How to improve WEEE management? Novel approach in mobile collection with application of artificial intelligence. **Waste Management**, Katowice, v. 50, n. 1, p. 222–233, abr. 2016.
- KUMAR, S. A knowledge based reliability engineering approach to manage product safety and recalls. **Expert Systems with Applications**, Saint Paul, v. 41, n. 11, p. 5323–5339, set. 2014.
- LI, S. et al. Proactive environmental strategies and performance: role of green supply chain processes and green product design in the Chinese high-tech industry. **International Journal of Production Research**, Chengdu, v. 54, n. 7, p. 2136–2151, jan. 2016.
- LIU, Y.; ZHU, Q.; SEURING, S. Linking capabilities to green operations strategies: The moderating role of corporate environmental proactivity. **International Journal of Production Economics**, Birmingham, v. 187, n. 1, p. 182–195, mar. 2017.
- MADAAN, J.; KUMAR, P.; CHAN, F. T. S. Decision and information interoperability for improving performance of product recovery systems. **Decision Support Systems**, Roorkee, v. 53, n. 3, p. 448–457, jun. 2012.
- MMA - MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Sistema Nacional de Informações sobre a Gestão de Resíduos Sólidos**. Disponível em: < <http://www.sinir.gov.br/web/guest/plano-nacional-de-residuos-solidos>>. Acesso em: 04 jun. 2018
- MORGAN, T. R. et al. Resource commitment and sustainability: a reverse logistics performance process model. **International Journal of Physical Distribution & Logistics Management**, Ames, v. 48, n. 2, p. 164–182, fev. 2018.
- MORGAN, T. R.; RICHEY JR, R. G.; AUTRY, C. W. Developing a reverse logistics competency. **International Journal of Physical Distribution & Logistics Management**, Ames, v. 46, n. 3, p. 293–315, abr. 2016.
- MÜLLER, M.; SEURING, S. Reducing information technology-based transaction costs in supply chains. **Industrial Management & Data Systems**, Oldenburg, v. 107, n. 4, p. 484–

500, abr. 2007.

MUSA, A.; GUNASEKARAN, A.; YUSUF, Y. Supply chain product visibility: Methods, systems and impacts. **Expert Systems with Applications**, Preston, v. 41, n. 1, p. 176–194, jan. 2014.

NATIVI, J. J.; LEE, S. Impact of RFID information-sharing strategies on a decentralized supply chain with reverse logistics operations. **International Journal of Production Economics**, West Lafayette, v. 136, n. 2, p. 366–377, abr. 2012.

NOWAKOWSKI, P. A novel, cost efficient identification method for disassembly planning of waste electrical and electronic equipment. **Journal of Cleaner Production**, Katowice, v. 172, n. 1, p. 2695–2707, jan. 2018.

OLORUNNIWO, F. O.; LI, X. Information sharing and collaboration practices in reverse logistics. **Supply Chain Management: An International Journal**, Nashville, v. 15, n. 6, p. 454–462, set. 2010.

PARLIKAD, A. K.; MCFARLANE, D. RFID-based product information in end-of-life decision making. **Control Engineering Practice**, Cambridge, v. 15, n. 11, p. 1348–1363, nov. 2007.

PRAJOGO, D.; OLHAGER, J. Supply chain integration and performance: The effects of long-term relationships, information technology and sharing, and logistics integration. **International Journal of Production Economics**, Melbourne, v. 135, n. 1, p. 514–522, jan. 2012.

ROGERS, D. S.; TIBBEN-LEMBKE, R. An examination of reverse logistics practices. **Journal of Business Logistics**, Las Vegas, v. 22, n. 2, p. 129–148, set. 2001.

SEURING, S. Supply chain management for sustainable products - insights from research applying mixed methodologies. **Business Strategy and the Environment**, Kassel, v. 20, n. 7, p. 471–484, nov. 2011.

SEURING, S.; MÜLLER, M. From a literature review to a conceptual framework for sustainable supply chain management. **Journal of Cleaner Production**, Kassel, v. 16, n. 15, p. 1699–1710, out. 2008.

SHIN, S.-J. et al. Process-oriented Life Cycle Assessment framework for environmentally conscious manufacturing. **Journal of Intelligent Manufacturing**, Gyeongsang, v. 28, n. 6, p. 1481–1499, ago. 2017.

SRIVASTAVA, S. K. Green supply-chain management: A state-of-the-art literature review. **International Journal of Management Reviews**, Gurgaon, v. 9, n. 1, p. 53–80, mar. 2007.

SRIVASTAVA, S. K. Value recovery network design for product returns. **International Journal of Physical Distribution & Logistics Management**, Lucknow, v. 38, n. 4, p. 311–331, fev. 2008a.

SRIVASTAVA, S. K. Network design for reverse logistics. **Omega**, Lucknow, v. 36, n. 4, p.

535–548, ago. 2008b.

TOYASAKI, F. ; WAKOLBINGER, T. ; KETTINGER, W. J. The value of information systems for product recovery management. **International Journal of Production Research**, Toronto, v. 51, n. 4, p. 1214–1235, fev. 2013.

TRAMARICO, C. L.; SALOMON, V. A. P.; MARINS, F. A. S. Multi-criteria assessment of the benefits of a supply chain management training considering green issues. **Journal of Cleaner Production**, Guaratinguetá, v. 142, n. 1, p. 249–256, maio 2016.

UM, J.; STROUD, I. A.; SUH, S. H. Development and evaluation of customisation process for ubiquitous product recovery management system. **International Journal of Computer Integrated Manufacturing**, Lausanne, v. 28, n. 9, p. 903–919, set. 2015.

UM, J.; SUH, S.-H. Design method for developing a product recovery management system based on life cycle information. **International Journal of Precision Engineering and Manufacturing-Green Technology**, Cambridge, v. 2, n. 2, p. 173–187, abr. 2015.

UM, J.; YOON, J. S.; SUH, S. H. An architecture design with data model for product recovery management systems. **Resources, Conservation and Recycling**, Pohang, v. 52, n. 10, p. 1175–1184, ago. 2008.

YANG, Z. et al. Peas and carrots just because they are green? Operational fit between green supply chain management and green information system. **Information Systems Frontiers**, Shaanxi, v. 20, n. 3, p. 627–645, jun. 2018.

YIN, R. K. **Estudo de Caso - Planejamento e Métodos**. 4. ed. Porto Alegre: Bookman, 2010.

ZHU, Q.; COTE, R. P. Integrating green supply chain management into an embryonic eco-industrial development: A case study of the Guitang Group. **Journal of Cleaner Production**, Dalian, v. 12, n. 8 /10, p. 1025–1035, out. 2004.

ZURBRÜGG, C.; CANIATO, M.; VACCARI, M. How Assessment Methods Can Support Solid Waste Management in Developing Countries—A Critical Review. **Sustainability**, Duebendorf, v. 6, n. 2, p. 545–570, fev. 2014.

APÊNDICE A – Artigos e fator de impacto

Artigos e fator de impacto

Título	Publicação	Fator de Impacto	Ano
Theory building from cases: Opportunities and challenges	Academy of Management Journal	6,7	2007
The Case Study Crisis : Some Answers The Case Study Crisis : Some Answers	Administrative Science Quarterly	5,8	2008
Supply chain management for sustainable products - insights from research applying mixed methodologies	Business Strategy and the Environment	5,355	2011
RFID-based product information in end-of-life decision making	Control Engineering Practice	2,616	2007
Decision and information interoperability for improving performance of product recovery systems	Decision Support Systems	2,565	2012
Evaluating green supplier development programs with a grey-analytical network process-based methodology	European Journal of Operational Research	3,428	2014
Validity and generalization in future case study evaluations	Evaluation	1,982	2013
Expected Environmental Impacts of Pervasive Computing	Human and Ecological Risk Assessment: An International Journal	1,508	2004
Do environmental collaboration and monitoring enhance organizational performance?	Industrial Management & Data Systems	2,948	2012
Reducing information technology-based transaction costs in supply chains			2007
Antecedents to and outcomes of reverse logistics metrics	Industrial Marketing Management	3,678	2015
Peas and carrots just because they are green? Operational fit between green supply chain management and green information system	Information Systems Frontiers	3,232	2016
A reverse logistics diagnostic tool: The case of the consumer electronics industry	International Journal of Advanced Manufacturing Technology	2,601	2010
Materials selection for environmentally conscious design via a proposed life cycle environmental performance index			2009
Development and evaluation of customisation process for ubiquitous product recovery management system	International Journal of Computer Integrated Manufacturing	1,995	2015
Reverse logistics: past research, current management issues, and future directions	International Journal of Logistics Management	1,776	2013
Task-technology fit for reverse logistics performance			2013
Role of information technology and collaboration in reverse logistics supply chains	International Journal of Logistics Research and Applications	1,82	2008
Green supply-chain management: A state-of-the-art literature review	International Journal of Management Reviews	6,489	2007
Impact of RFID on manufacturing effectiveness and efficiency	International Journal of Operations & Production Management	2,955	2012
Resource commitment and sustainability: a reverse logistics performance process model	International Journal of Physical Distribution & Logistics Management	4,215	2018
Developing a reverse logistics competency			2016
Toward creating competitive advantage with logistics information technology			2012
Value recovery network design for product returns			2008

Continua...

...Continuação

Título	Publicação	Fator de Impacto	Ano
Design method for developing a product recovery management system based on life cycle information	International Journal of Precision Engineering and Manufacturing-Green Technology	3,774	2015
Linking capabilities to green operations strategies: The moderating role of corporate environmental proactivity	International Journal of Production Economics	4,407	2017
Impact of RFID information-sharing strategies on a decentralized supply chain with reverse logistics operations			2012
Supply chain integration and performance: The effects of long-term relationships, information technology and sharing, and logistics integration			2012
Achieving sustainable new product development by integrating product life-cycle management capabilities			2014
Proactive environmental strategies and performance: role of green supply chain processes and green product design in the Chinese high-tech industry	International Journal of Production Research	2,623	2016
The value of information systems for product recovery management			2013
The role of information technology and systems in reverse logistics: A case study	International Journal of Technology Management	0,869	2005
An examination of Reverse Logistics practices	Journal of Business Logistics	2,891	2001
IT infrastructure and competitive aggressiveness in explaining and predicting performance	Journal of Business Research	2,509	2016
A novel, cost efficient identification method for disassembly planning of waste electrical and electronic equipment	Journal of Cleaner Production	5,651	2018
Integrating green supply chain management into an embryonic eco-industrial development: A case study of the Guitang Group			2004
Multi-criteria assessment of the benefits of a supply chain management training considering green issues			2017
From a literature review to a conceptual framework for sustainable supply chain management			2008
Determinants of a sustainable new product development			2014
Impact of radio frequency identification technology on environmental sustainability	Journal of Computer Information Systems	1,577	2017

Continua...

Conclusão

Título	Publicação	Fator de Impacto	Ano
Process-oriented Life Cycle Assessment framework for environmentally conscious manufacturing	Journal of Intelligent Manufacturing	3,667	2017
Finding Theory–Method Fit: A Comparison of Three Qualitative Approaches to Theory Building	Journal of Management Inquiry	1,793	2017
Green multi-tier supply chain management: An enabler investigation	Journal of Purchasing and Supply Management	3,667	2018
Network design for reverse logistics	Omega-International Journal of Management Science	4,311	2008
An architecture design with data model for product recovery management systems	Resources, Conservation and Recycling	5,12	2008
A literature review and perspectives in reverse logistics			2015
Green supply chain management practices: impact on performance	Supply Chain Management: An International Journal	3,833	2012
Reverse logistics in the electronic industry of China: a case study			2009
Information sharing and collaboration practices in reverse logistics			2010
How Assessment Methods Can Support Solid Waste Management in Developing Countries—A Critical Review	Sustainability	2,075	2014
Diffusion of green supply chain management	The International Journal of Logistics Management	1,776	2011
Reverse logistics: Superior performance through focused resource commitments to information technology	Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review	3,289	2005
How to improve WEEE management? Novel approach in mobile collection with application of artificial intelligence	Waste Management	4,723	2016

Fonte: Autor

APÊNDICE B – Roteiro para as entrevistas

Roteiro para as entrevistas

Etapas da entrevista	
1	Apresentação do projeto de pesquisa e do mestrando
2	Agradecimento da disponibilidade para a entrevista e visita de campo
3	Explicar que a pesquisa possui cunho acadêmico e que servirá de base para desenvolvimento de dissertação sobre colaboração da tecnologia de informação na logística reversa de REE.
4	Explicar que as respostas das empresas serão tabuladas em conjunto não havendo possibilidade de identificação única
5	Explicar a questão sigilo da pesquisa quanto à identidade dos entrevistados.
6	Explicar as etapas da pesquisa: transcrição, aprovação e tabulação dos dados coletados.
7	Detalhamento dos objetivos da entrevista
8	Início do questionário (não interromper o entrevistado).
9	Finalização do questionário
10	Questionamento sobre se o entrevistado se colocaria a disposição para uma entrevista adicional, se necessário.
11	Agradecimento da disponibilidade e das informações

Fonte: Autor

APÊNDICE C – Protocolo de observação

Protocolo de observação

Local	Elementos Observáveis
Varejista	Tecnologia de rastreamento e identificação utilizada
	Estoque de pós-venda e pós-consumo
Centro de Inovação e Reciclagem	Uso de tecnologias de identificação e rastreamento
	Processo de recebimento e identificação de produtos
	Linha de desmontagem
	Equipamentos de separação
	Estoque de componentes
	Laboratório de análise de produtos
Cooperativa	Uso de tecnologias de identificação e rastreamento
	Processo de recebimento e identificação de produtos
	Linha de desmontagem
	Equipamentos de separação
	Estoque de componentes
Recicladora	Uso de tecnologias de identificação e rastreamento
	Processo de recebimento e identificação de produtos
	Linha de desmontagem
	Equipamentos de separação
	Estoque de componentes

Fonte: Autor