

# Revista Latino-Americana de Inovação e Engenharia de Produção

---

## ANÁLISE DE OPÇÕES DE TRANSPORTE PARA UM SISTEMA DE LOGÍSTICA REVERSA DE REFRIGERADORES

### ANALYSIS OF TRANSPORTATION OPTIONS FOR REVERSE LOGISTICS SYSTEM FOR REFRIGERATORS

**Fernanda Pereira Lopes Carelli (Doutoranda)** Programa de Pós Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC  
Florianópolis – Brasil [fernanda.pereira.lopes@hotmail.com](mailto:fernanda.pereira.lopes@hotmail.com)

**Enzo Morosini Frazzon (Doutor)** Professor do Departamento de Engenharia de Produção e Sistemas da Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC  
Florianópolis – Brasil [enzo.frazzon@ufsc.br](mailto:enzo.frazzon@ufsc.br)

**Carlos Manuel Taboada Rodriguez (Doutor - PhD)** Professor do Departamento de Engenharia de Produção e Sistemas da Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC  
Florianópolis – Brasil [carlos.taboada@ufsc.br](mailto:carlos.taboada@ufsc.br)

**RESUMO:** Com a crescente complexidade dos sistemas produtivos e de logística e a busca contínua pela competitividade, a Logística Reversa (LR), têm-se tornado uma prioridade nas empresas. Os consumidores estão exigindo um nível de serviço mais elevado e as empresas como forma de diferenciação, estão investindo em LR. Mas ainda existem obstáculos a serem superados pelas organizações, pois a necessidade do cumprimento da legislação requer uma articulação com as partes envolvidas no processo e a definição dos melhores trajetos para a implantação de sistemas de logística reversa. Outra questão é a análise da relação custo benefício para os envolvidos. A proposta do presente artigo foi realizar uma análise de três opções de transporte devido a necessidade do cumprimento da legislação vigente por meio da implantação de um sistema de LR de refrigeradores. A primeira opção trata-se do transporte de responsabilidade do consumidor, a segunda o transporte é de responsabilidade do distribuidor e do fabricante, e a terceira o transporte é realizado pelo fabricante. Os dados foram levantados em uma entrevista com o gestor de uma indústria do setor de eletroeletrônicos de Curitiba e foram levantados dados da região pesquisada. Observou-se os cenários e identificaram-se quais são os aspectos que devem ser observados na implantação de um sistema de LR para refrigeradores.

**Palavras-chave:** Logística reversa. Simulação. Refrigeradores.

## 1 INTRODUÇÃO

O equilíbrio entre práticas sustentáveis e competitividade tem sido um dos desafios enfrentados pelas indústrias em todo o território brasileiro. Buscar alternativas para uma produção mais limpa e seguir as legislações vigentes ao mesmo tempo em que procuram avançar e expandir seus mercados é uma habilidade desejada no mundo corporativo.

A indústria brasileira, consciente de que a sustentabilidade é construída com competitividade, responsabilidade e inovação vislumbram as oportunidades que surgem nessa nova economia (CNI, 2012). O uso responsável dos ativos que o país detém combinado ao engajamento das empresas no processo de produção sustentável abre um amplo leque de novidades com potencial para gerar benefícios econômicos, sociais e ambientais para a sociedade. É hora de buscar novas soluções e desenvolver novos negócios (CNI, 2012).

Neste sentido a logística reversa é um dos elementos que requer novas soluções para ser implementada de forma efetiva dentro das indústrias. O setor eletroeletrônico percebe a necessidade de se adequar as leis, normas e procedimentos para assim poder continuar na condução de seus negócios. (ABINEE, 2012)

A regulamentação do setor rege-se pela Política Nacional de Resíduos Sólidos que é descrita na Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010, que altera a Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998, e dá outras providências. O Decreto nº 7.404, de 23 de dezembro de 2010 que regulamenta a Lei Nº 12.305, de 2 de agosto de 2010, que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos, cria o Comitê Interministerial da Política Nacional de Resíduos Sólidos e o Comitê Orientador para a Implantação dos Sistemas de Logística Reversa, e dá outras providências. (BRASIL, 2014)

A lei estabelece que as indústrias devem encaminhar os produtos em fim de vida e as embalagens para um destino ambientalmente adequado. Desta forma, percebe-se a necessidade das indústrias do setor eletroeletrônico de se adaptarem e se ajustarem a esta nova realidade.

A proposta do presente artigo é realizar a análise de três opções de transporte para um sistema de logística reversa de refrigeradores por meio de um modelo de simulação, identificando os tempos para cada fluxo e propondo cenários com diferentes atores.

O objetivo geral é identificar os fatores que impactam na implantação de um sistema de logística reversa dentro do fluxo gerenciado por uma indústria de refrigeradores. Como objetivos específicos estão: Verificar o comportamento e forma de resposta do sistema aos fatores levantados como obstáculos para implantação da logística reversa; analisar as interfaces entre a indústria e os demais elos da cadeia produtiva; e levantar possibilidades de ações e práticas de melhoria para os sistemas de logística reversa.

O método utilizado para a realização desta análise é a simulação que pode apoiar na identificação destes fatores de impacto para a implantação de um sistema de logística reversa que auxiliará na priorização das ações futuras dentro das empresas do setor eletroeletrônico.

Entre os resultados espera-se identificar os fatores impactantes para a implantação de práticas de Logística Reversa de refrigeradores e simular em um ambiente controlado, diferentes situações capazes de apoiar a indústria em seu processo de tomada de decisão e de priorização de ações.

O presente artigo está estruturado inicialmente por um referencial teórico dos temas logística reversa, setor eletroeletrônico, logística reversa de refrigeradores, ciclo de vida de refrigeradores, gestão de resíduos e modelagem e simulação. Em seguida a descrição do procedimento de modelagem proposto dentro do setor eletroeletrônico, a análise dos resultados obtidos, conclusões e referências utilizadas.

## **2 REFERENCIAL TEÓRICO**

Esse tópico apresenta conceitos sobre logística reversa, sobre o setor eletroeletrônico, apresenta a logística reversa e o ciclo de vida de refrigeradores, gestão de resíduos e os conceitos sobre modelagem e simulação.

### **2.1 Logística reversa**

A logística reversa é considerada um tema bastante genérico. Sendo que em seu sentido mais amplo, significa todas as operações relacionadas com a reutilização de produtos e materiais. Refere-se a todas as atividades logísticas de coletar, desmontar e processar produtos ou materiais e peças usadas a fim de assegurar uma recuperação sustentável (REVLOG, 2002).

A Logística Reversa lida com cinco questões básicas que, segundo Leite (2003) podem ser resumidas em: Quais alternativas estão disponíveis para recuperar produtos, partes de produtos e materiais? Quem deve realizar as diversas atividades de recuperação? Como estas atividades devem ser realizadas? É possível integrar as atividades típicas da logística reversa com sistemas de distribuição e produção clássicos? Quais são os custos e benefícios da logística reversa, do ponto de vista econômico e ambiental?

As empresas de manufatura nunca se sentiram responsáveis por seus produtos depois do uso pelos clientes. Os produtos em sua maior parte eram usados e jogados fora com consideráveis danos ao meio ambiente. Atualmente, consumidores e autoridades esperam que os fabricantes reduzam o lixo gerado por seus produtos. Esse novo pensamento, levou a uma atenção maior com o gerenciamento de resíduos. Recentemente, devido a novas leis de gerenciamento de resíduos, a ênfase se voltou à recuperação, devido aos altos custos e

impactos ambientais do descarte. As principais razões para aderir à logística reversa são (REVLOG, 2002): leis ambientais que forçam as empresas a receber de volta seus produtos e cuidar de seu tratamento, benefícios econômicos de usar produtos devolvidos no processo produtivo, ao invés de descartá-los e a crescente consciência ambiental dos consumidores. Na figura 1 está ilustrada as obrigações previstas na lei 12.305 de 2010.

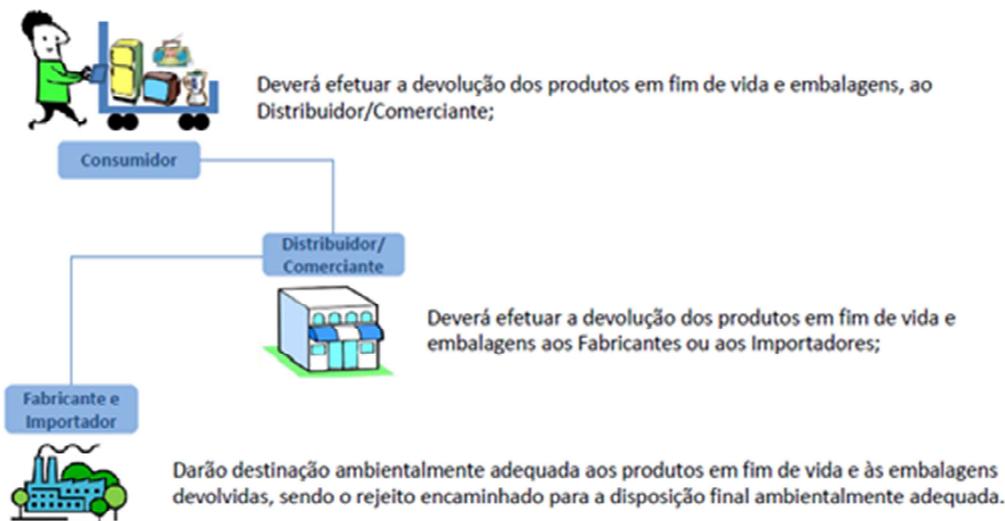


Figura 1: Obrigações da Lei - Política Nacional de Resíduos Sólidos

Fonte: Lei N° 12.305/2010

Na logística reversa existem algumas opções de recuperação, são elas: Reuso direto: Trata-se de produtos que são limpos e recuperados de tal forma que podem ser reutilizados pelo consumidor. Reparo: O produto passa por um processo de conserto e retorna para o seu estado original. Pode se dizer que a qualidade do produto reparado é menor que a do produto novo. Reciclagem: A intenção é utilizar parte ou a totalidade dos materiais do produto devolvido. É possível utilizar os materiais reciclados e recuperados no próprio processo do produto original ou servir de matéria prima ou insumo para outras indústrias. *Refurbishing*: O produto é atualizado para que atinja padrões de qualidade e operação similares ao produto original.

Remanufatura: Os produtos são desmontados e todos os módulos e partes são completamente examinados em detalhe. As peças que estão deterioradas são consertadas ou trocadas. O produto remanufaturado recebe uma avaliação de qualidade e as condições de garantia de um produto novo (REVLOG, 2002).

## 2.2 Setor eletroeletrônico

Definem-se como equipamentos elétricos e eletrônicos (EEE) os equipamentos de uso doméstico, industrial, comercial e de serviços, cujo adequado funcionamento depende de

correntes elétricas ou campos eletromagnéticos. Os equipamentos para geração, transferência e medição dessas correntes e campos, pertencentes às categorias definidas e concebidas para utilização com uma tensão nominal não superior a 1.000 V para corrente alternada e 1.500 V para corrente contínua também estão na categoria EEE (ABINEE 2012).

O setor eletroeletrônico é composto por quatro grandes linhas de produtos (Figura 2): linha marrom, linha verde, linha branca e linha azul.



Figura 2: Linhas de Produtos do Setor Eletroeletrônico  
Fonte: Adaptado de Abinee (2015)

No Brasil a indústria de eletroeletrônicos, durante os anos, tem apresentado um grande crescimento na venda de produtos. Esse forte crescimento está relacionado com vários fatores que motivam a compra por novos produtos, entre os principais estão: diversidade de funcionalidades dos equipamentos produzidos, redução do tempo de vida útil, redução do custo final do produto e inovação tecnológica (SILVA et al., 2010).

Associado a esse crescimento no consumo de equipamentos eletroeletrônicos encontram-se problemas relacionados à gestão dos resíduos gerados por estes dispositivos (resíduos de equipamentos eletroeletrônicos – REE), principalmente aqueles voltados ao manejo e controle do volume de aparatos e componentes eletrônicos obsoletos (SILVA et al., 2010).

### 2.3 Logística reversa de refrigeradores

Nos últimos anos observa-se a melhoria do desempenho produtivo e comercial, como também a melhoria na qualidade de vida em muitos países. Sendo assim, com esse avanço ocorreu uma aceleração de degradação ao meio ambiente provocada pelo abandono de produtos manufaturados em desuso e pela geração de resíduos (GIOVINE e SACOMANO, 2007).

A linha branca compõe os chamados bens eletroeletrônicos de consumo não portáteis ou duráveis e, nada mais são do que os eletrodomésticos de grande porte relacionados à

preservação de alimentos, cozimento e limpeza (ALCÂNTARA e ALBUQUERQUE, 2008). Os refrigeradores, chegaram no Brasil no final da década de quarenta e, nos últimos anos, esse setor vem contribuindo significativamente para a economia do país, sendo um dos produtos mais exportados do país, além de apresentar uma grande demanda interna, gerando vários empregos. O mercado de geladeira no Brasil se encontra hoje entre os principais mercados do mundo, ficando atrás apenas de EUA, China, Alemanha, Inglaterra e Japão (SILVA et al., 2010).

As inovações acabam alternando os padrões produtivos a nível mundial, e o segmento de eletroeletrônico é um dos mais dinâmicos e intensamente afetados por essas inovações. Com isso, as inovações no mercado de Linha Branca e as mudanças nos padrões de vida, ocasionam um sério problema, que é o descarte dos produtos da Linha Branca, pós-consumo desses produtos e a falta de políticas públicas eficientes voltadas para minimizar ou até mesmo solucionar esse problema (SILVA et al., 2010).

Dentro do mercado da linha branca, os refrigeradores apresentam o mercado mais concentrado, sendo responsável por cerca de 90% da produção do setor.

Programas de eficiência energética para consumidores residenciais de baixa renda começaram a ser implantados no Brasil a partir de 1998, mas acabou sendo apenas em 2005, que se tornou obrigatório que cada concessionária investisse, no mínimo, 50% de seu investimento anual em programas voltados para a comunidade de baixa renda. Sendo assim, a população acaba sendo estimulada a substituir suas geladeiras velhas por aparelhos com maior eficiência energética e que usam clorofluorcarbonos - CFC em seus sistemas de refrigeração, a um custo mais baixo (SILVA et al., 2010).

Geralmente as inovações tecnológicas, no mercado de linha branca, são baseadas mais em *design* e imagem do que em funcionalidades do produto, o que pouco favorece melhorias no seu desempenho. Constantes avanços tecnológicos acabam contribuindo na melhoria dos níveis de produção, barateamento de insumos, lançamento de milhares de novos produtos, obsolescência precoce e alto custo do reparo ao preço de um bem novo, têm aumentado a quantidade de bens descartáveis e proporcionando a redução do ciclo de vida mercadológico dos produtos (SILVA et al., 2010).

#### **2.4. Ciclo de vida dos refrigeradores**

Segundo Pessoa Filho e Costa (2009):

“O ciclo de vida de um produto é constituído por diversas etapas, que incluem extração, processamento da matéria-prima, manufatura, transporte, distribuição, uso, reuso manutenção e disposição final. A análise do ciclo de

vida permite uma ampla visão das etapas do processo produtivo, consumo e de destinação final dos produtos, bem como a minimização dos diversos impactos gerados ao meio ambiente, através da identificação das medidas mais adequadas do ponto de vista ambiental e econômico. ”

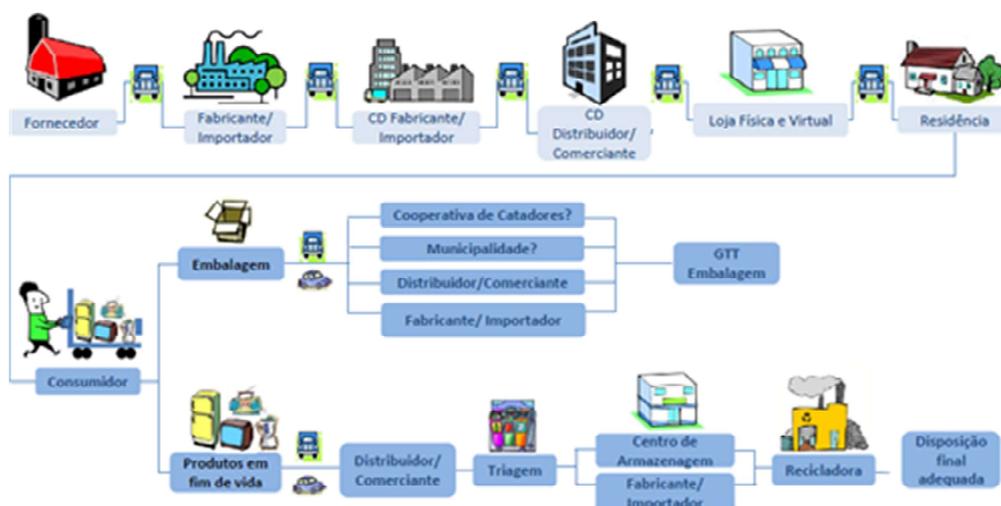


Figura 3: Ciclo de vida dos produtos eletroeletrônicos

Fonte: ABINEE 2012

Os refrigeradores no Brasil apresentam, em média, um tempo de vida estimado entre 10 e 15 anos. A avaliação da análise do ciclo de vida possibilita a avaliação dos impactos ambientais desde o início do processo, passando pela matéria prima utilizada, a fabricação, o transporte do produto acabado a utilização do produto no mercado até o seu descarte final (SILVA et al., 2010).

Na logística reversa, o ciclo de vida do produto, finaliza quando o seu descarte final é realizado de forma segura, podendo dentro do ciclo de vida, ter sido recuperado, remanufaturado e retornado ao mercado, ou ainda sua parte, ou subpartes, terem sido reaproveitadas ou recicladas (GARCIA, 2006). No Brasil, os refrigeradores estão entre os equipamentos que representam as maiores participações no consumo residencial de eletricidade. Portanto, aumentar a eficiência do consumo de energia prestando o mesmo serviço, propicia vantagens tanto pelo lado ambiental, como pelo econômico, pois contribui na conservação de recursos naturais, redução do potencial de degradação ambiental e da necessidade de investimentos na expansão do parque de geração de eletricidade (MELO e JANUZZI, 2008). A análise do ciclo de vida de um refrigerador mostra que, em média, mais de 80% do impacto ambiental total ocorre durante o uso, na forma de consumo de eletricidade e relacionado com as emissões de dióxido de carbono - CO<sub>2</sub>.

Com a análise do ciclo de vida dos refrigeradores, é possível otimizar o processo produtivo através de ideias direcionadas para as diferentes áreas de utilização do produto, tais como: desenvolvimento de produtos mais silenciosos, proporcionando a minimização da poluição sonora; produtos que garantam a segurança das crianças; escolha de materiais que evitem impactos adversos a saúde e ao ambiente, além de informar aos consumidores a melhor maneira de utilizar os produtos, através do baixo consumo de energia, garantindo sua eficiência (MARTORELLI et al., 2009). Utilizando-se materiais recicláveis durante o processo produtivo dos refrigeradores, é possível proporcionar vantagens ambientais e econômicas. Em média 60% de aço reciclado são utilizados na produção dos refrigeradores e estes são desenhados com o intuito de permitir uma fácil desmontagem (SILVA et al., 2010).

Por outro lado, devem ser levados em consideração aspectos legislativos logísticos e socioambientais que avaliam a situação do processo produtivo e definam a viabilidade das etapas do ciclo de vida dos produtos (SILVA et al., 2010).

## **2.5. Gestão de resíduos**

A gestão de resíduos de equipamentos elétricos e eletrônicos (REEE) tem atraído ultimamente, uma atenção especial no que se refere à disposição inadequada destes produtos, pois além de possuírem uma grande quantidade de componentes valiosos como plástico, metais, borracha e outros, esses materiais podem ser reciclados e recuperados. Eles também possuem várias substâncias tóxicas e poluentes, tais como metais pesados, que podem comprometer a saúde humana e o ecossistema. Os resíduos gerados por esses equipamentos estão entre os que mais cresceram nos últimos anos (SILVA et al., 2010).

Na reciclagem do lixo eletrônico, os componentes podem ser separados para reutilização ou transformação metalúrgica por meio de um processo automatizado ou manual (ROBINSON, 2009). Os eletrodomésticos que não podem ser consertados têm todos os seus componentes que são reaproveitáveis retirados para serem utilizados no conserto de outros eletrodomésticos (KOSSAKA, 2004; MASCARENHAS, 2005).

Com o reaproveitamento dos eletrodomésticos, sobram partes de metais, vidros e plásticos que são vendidos a empresas especializadas na reciclagem desses materiais. É importante ressaltar que cerca de 90% dos materiais utilizados em refrigeradores podem ser reciclados, o que traria benefícios significantes se ocorresse em larga escala. Cabe lembrar que alguns produtos da Linha Branca necessitam de cuidados especiais antes do descarte no

meio ambiente, por possuírem componentes químicos e tóxicos, tais como o gás CFC (Clorofluorcarbono) que atua diretamente no efeito estufa (KOSSAKA, 2004).

Os materiais básicos usados na manufatura de refrigeradores são 64% metal, 31% plástico, 4% vidro e 1% outros. (SILVA, 2010).

Atualmente existem no Brasil cerca de 50 milhões de refrigeradores e, deste total, estima-se que 11 milhões ainda dependam do gás CFC para funcionar. Esse gás é altamente poluente e destrói a camada de ozônio e agrava o efeito estufa ao mesmo tempo. Em 1987, o Protocolo de Montreal, determinou a substituição do CFC por outros gases menos danosos ao meio ambiente (ESSENCIS, 2010).

## 2.6. Modelagem e simulação

Um sistema é um conjunto de elementos (pessoas, células, moléculas, máquinas, material, dentre outros) interconectados de forma que produzam seu próprio padrão de comportamento, em resposta a estímulos externos, ao longo do tempo. Um sistema tem elementos, conexões (entre elementos) fluxos de informação ou físicos e propósito (ou função) Meadows (2008).

Os sistemas de Produção e logística possuem um conjunto de Componentes interrelacionados trabalhando em conjunto para alcançar o objetivo de fornecer o custo e / ou diferenciação de valor conforme apresentado na figura 4.



Figura 4: Competitive advantage and the 'Three Cs'  
Fonte: Christopher, 2005

Considerando a situação atual, em que os mercados são voláteis, exigentes e incertos e as organizações devem ser competitivas, em termos de custos e nível de serviço a logística pode contribuir em ambas as estratégias. (Christopher, 2005)

Os Sistemas logísticos representam a parte da cadeia de suprimentos que planeja, implementa e controla, de forma eficiente e eficaz, o fluxo (e estocagem) direto e reverso de bens, serviços e informações relacionadas entre o ponto de origem e o ponto de consumo no intuito de atender aos requerimentos do cliente (CSCMP, 2014).

Desta forma os sistemas logísticos podem ser modelados e analisados por meio de simulação, para que cenários sejam projetados e testados em um ambiente controlado.

O modelamento ou modelagem compreende o uso de técnicas matemáticas para descrever o funcionamento de um sistema ou parte de um sistema produtivo (BERTO; NAKANO, 2000).

Modelo é uma representação de uma situação ou realidade, conforme vista por uma pessoa ou um grupo de pessoas, e construída de forma a auxiliar o tratamento daquela situação de uma maneira sistemática, que permite compreender melhor o ambiente em questão, identificar problemas, formular estratégias e oportunidades e apoiar e sistematizar o processo de tomada de decisões e deve ser suficientemente detalhado para captar elementos essenciais e representar o sistema real e ser suficientemente simplificado (abstraído) para ser tratável por métodos de análise e resolução conhecidos Morabito (2010). Na figura 5 estão descritos os sistemas em engenharia.



Figura 5: Sistemas em Engenharia

Fonte: Adaptado de Kossiakoff and Sweet, 2003.

A modelagem utiliza-se de modelos quantitativos para representar e analisar determinada situação para tomada de decisão (de curto, médio ou longo prazo). O modelo deve capturar os aspectos essenciais do fenômeno (ou problema) em análise e ter uma boa capacidade de análise é fundamental para se chegar a resultados significativos. Por meio do uso de técnicas de modelamento/ modelagem pode-se descrever o funcionamento de um sistema ou parte deste sistema ou ainda simular a sua operação. Modelos de simulação:

referem-se ao uso de técnicas computacionais para simular o funcionamento de sistemas produtivos a partir de modelos matemáticos. (Morabito, 2010).

Modelo conceitual o pesquisador toma decisões sobre as variáveis que precisam ser incluídos no modelo, e a extensão do problema e modelo a ser abordado. Modelo quantitativo: define as relações causais entre as variáveis Processo de resolução Modelo tem lugar, em que a matemática geralmente desempenham um papel dominante Resultados do modelo são implementadas, após o que um novo ciclo pode iniciar. Na figura 6 estão as abordagens e metodologias de pesquisa. (Mirtroff, 1974)

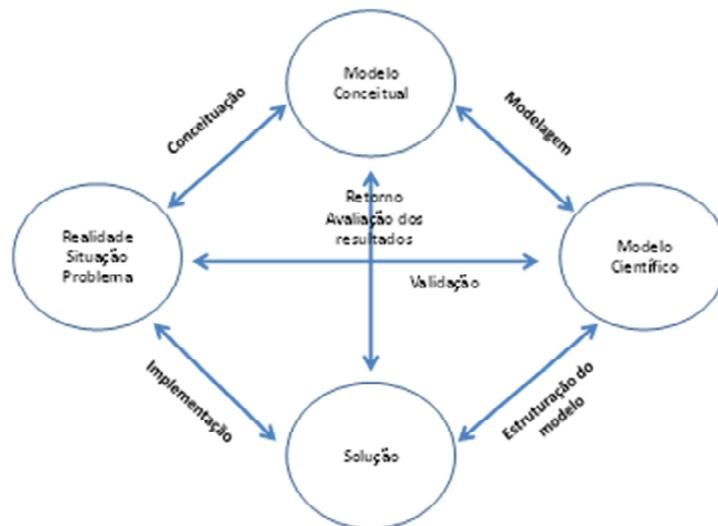


Figura 6: Abordagens e metodologias de pesquisa - Modelagem e simulação  
Fonte: Adaptado Mirtroff et al. (1974)

No presente artigo a proposta é estruturar um modelo específico da realidade estudada e realizar uma simulação de três opções de transporte para um sistema de logística reversa de refrigeradores. A elaboração do modelo está descrita a seguir.

### 3 PROCEDIMENTO DE MODELAGEM

A empresa selecionada para o estudo é uma indústria multinacional localizada na cidade de Curitiba, que fabrica diversos produtos eletroeletrônicos. Neste artigo será estudado um produto da linha branca, os refrigeradores. Atualmente a empresa possui quatro fábricas no Brasil, sendo uma localizada em São Paulo, onde também está a parte administrativa da empresa, uma em Manaus e duas em Curitiba. As unidades fabris do Paraná contam atualmente com aproximadamente 4.500 funcionários diretos, divididos em três turnos de trabalho. Para o desenvolvimento do modelo foram realizadas algumas etapas conforme descrito abaixo na figura 7:

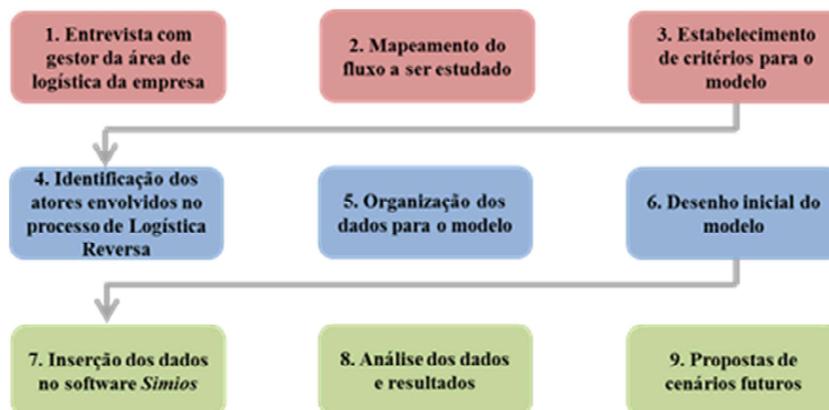


Figura 7: Etapas para a construção do modelo  
 Fonte: Os autores (2015)

Para um melhor entendimento, cada etapa será detalhada a seguir:

1. Entrevista com o gestor da área: Por meio de uma entrevista estruturada conforme modelo descrito no apêndice A, foi perguntado para o gestor da área de logística da empresa de refrigeradores quais eram os desafios para a implantação da logística reversa na empresa. Através desta entrevista foi possível estabelecer quais pontos seriam estudados.
2. Mapeamento do fluxo a ser estudado: Para realizar uma análise efetiva deve se observar que existem diferentes fluxos de resíduos pós-consumo e o fluxo a ser estudado é o do fabricante conforme descrito na figura 8.

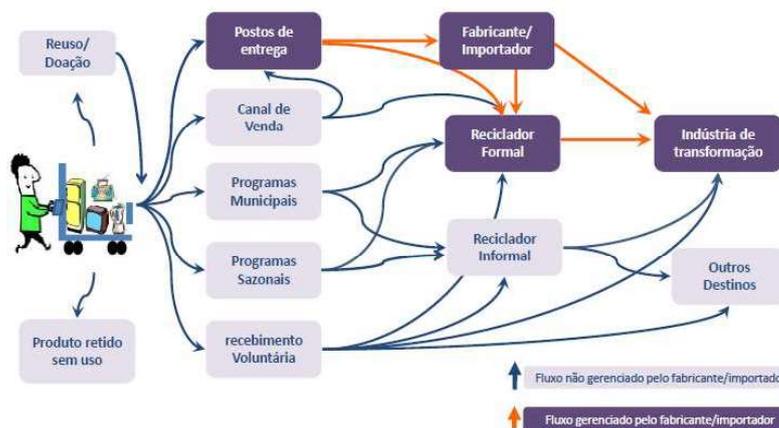


Figura 8: Fluxos de consumo  
 Fonte: ABINEE, 2012

3. Estabelecimento dos critérios para o modelo: Com base nos dados levantados na entrevista e no fluxo, estabeleceram-se critérios para o modelo, sendo eles, os atores envolvidos e as distâncias percorridas em quilômetros. Dois caminhos foram estabelecidos, um via o próprio consumidor e outro via própria empresa.

4. Identificação dos atores envolvidos no processo de logística reversa: Os atores envolvidos foram levantados, sendo eles o fabricante, o comerciante, o consumidor e a empresa de reciclagem ou destinação final.
5. Organização dos dados para o modelo: Foram estruturadas três opções de transporte, sendo a opção 1 o transporte de responsabilidade do consumidor, a opção 2 o transporte realizado por transportadora especializada e a opção 3 o transporte realizado apenas pelo fabricante dos refrigeradores.

Na opção 1, para a estruturação do modelo foi escolhida uma região da cidade a ser estudada, neste caso a região norte da cidade de Curitiba, nela foram mapeados os bairros e respectivas características conforme base de dados da Prefeitura de Curitiba referente à área, número de habitantes, número de domicílios, número de geladeiras/refrigeradores e as distâncias conforme quadro 1.

Bairros	Território Área km2	Número de Habitantes	Número de Domicílios	Número de geladeiras (1 por domicílio)	Distância até a Loja Física (Km)	CD Fabricante - CIC (Km)	Lixo Eletrônico - CIC - Essencis Soluções Ambientais (Km)	Robótica Sem Mistérios - Projeto parceiro da empresa Pilarzinho (Km)
1	Abranches	4,32	11.165	3.154	3.154	24,3	1,2	29,2
2	Atuba	4,27	12.632	3.627	3.627			
3	Bacacheri	6,98	23.106	7.107	7.107			
4	Bairro Alto	7,02	42.033	12.071	12.071			
5	Barreirinha	3,73	17.021	5.024	5.024			
6	Boa Vista	5,14	29.391	9.212	9.212			
7	Santa Cândida	10,33	27.870	7.937	7.937			
8	São Lourenço	2,26	5.556	1.603	1.603			
9	Tingui	2,11	11.654	3.495	3.495			
<b>Total</b>	<b>46,16</b>	<b>180.428</b>	<b>53.230</b>	<b>53.230</b>	<b>35,9</b>			

Quadro 1: Opção 1: transporte de responsabilidade do consumidor

Fonte: Os autores (2015)

A segunda opção também fez a previsão com os mesmos dados, mas com o diferencial de que o início do processo acontece com uma empresa transportadora especializada que coleta os refrigeradores nos bairros e transporta até o centro de distribuição do distribuidor, comerciante, conforme demonstrado no quadro 2.

Bairros	Território Área km2	Número de Habitantes	Número de Domicílios	Número de geladeiras (1 por domicílio)	Distância até o CD do Distribuidor - Quatro Barras (km)	CD Fabricante - CIC (Km)	Lixo Eletrônico - CIC - Essencis Soluções Ambientais (Km)	Robótica Sem Mistérios - Projeto parceiro da empresa Pilarzinho (Km)
1	Abranches	4,32	11.165	3.154	3.154	53,2	1,2	29,2
2	Atuba	4,27	12.632	3.627	3.627			
3	Bacacheri	6,98	23.106	7.107	7.107			
4	Bairro Alto	7,02	42.033	12.071	12.071			
5	Barreirinha	3,73	17.021	5.024	5.024			
6	Boa Vista	5,14	29.391	9.212	9.212			
7	Santa Cândida	10,33	27.870	7.937	7.937			
8	São Lourenço	2,26	5.556	1.603	1.603			
9	Tingui	2,11	11.654	3.495	3.495			
<b>Total</b>	<b>46,16</b>	<b>180.428</b>	<b>53.230</b>	<b>53.230</b>	<b>171,1</b>			

Quadro 2: Opção 2: transporte realizado por transportadora especializada

Fonte: Os autores (2015)

Já a terceira opção o processo é de total responsabilidade do fabricante que coleta os refrigeradores nas casas dos consumidores e levam diretamente para o seu centro de distribuição para a destinação correta, conforme descrito no quadro 3.

		Território Área km2	Número de Habitantes	Número de Domicílios	Número de geladeiras (1 por domicílio)	CD Fabricante - CIC (Km)	Lixo Eletrônico - CIC - Essencis Soluções Ambientais (Km)	Robótica Sem Mistérios - Projeto parceiro da empresa Pilarzinho (Km)
<b>Bairros</b>								
1	Abranches	4,32	11.165	3.154	3.154	24,3	1,2	29,2
2	Atuba	4,27	12.632	3.627	3.627			
3	Bacacheri	6,98	23.106	7.107	7.107			
4	Bairro Alto	7,02	42.033	12.071	12.071			
5	Barreirinha	3,73	17.021	5.024	5.024			
6	Boa Vista	5,14	29.391	9.212	9.212			
7	Santa Cândida	10,33	27.870	7.937	7.937			
8	São Lourenço	2,26	5.556	1.603	1.603			
9	Tingui	2,11	11.654	3.495	3.495			
<b>Total</b>		46,16	180.428	53.230	53.230			

Quadro 3: Opção 3: transporte realizado apenas pelo fabricante  
Fonte: Os autores (2015)

6. Desenho inicial do modelo: Antes de inserir os dados no software foi estruturado o modelo conceitual, em que observou-se a necessidade de se trabalhar com um intervalo entre as distâncias identificadas nos percursos e um critério de quantidade no ponto da destinação correta dos refrigeradores, conforme figura 9 abaixo:

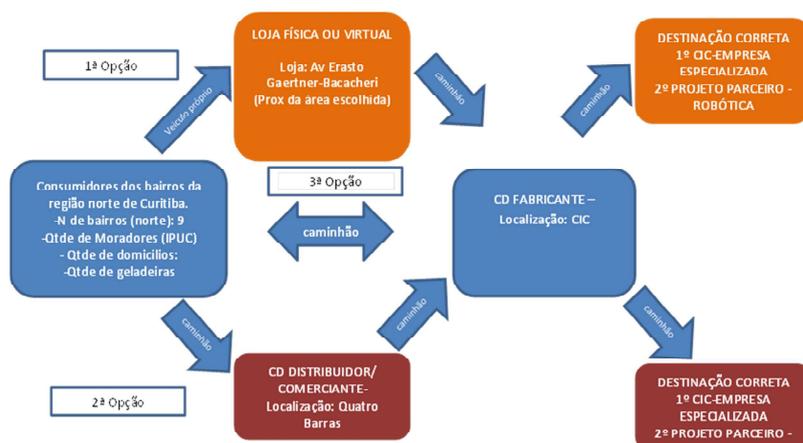


Figura 9: Modelo conceitual  
Fonte: Os autores (2015)

7. Inserção dos dados no software Simio: Os dados foram inseridos dentro do software Simio que é um software de simulação, cedido pela Universidade Federal de Santa Catarina para a realização de estudos com fins acadêmicos.
8. Análise dos dados e resultados: Para a realização da análise dos dados foi retirado um relatório do próprio software com os dados da simulação do modelo proposto. Dentro do modelo aplicou-se a distribuição uniforme, e os dados foram baseados nas distâncias percorridas em quilômetros, com um intervalo de 1,0 para cima e para baixo do valor estipulado. A entrada utilizada no sistema foi o número de geladeiras vendidas ao mês na região estudada cerca de 250 refrigeradores.

9. Propostas de cenários futuros: Nesta etapa a proposta é sugerir possíveis cenários e ações para a implementação de um sistema de logística reversa para refrigeradores.

#### 4 ANÁLISE DOS RESULTADOS

Conforme o modelo proposto e os dados coletados no software simio foram observadas três opções para se estabelecer um sistema de logística reversa de refrigeradores. O modelo representado na figura 10 é o do transporte de responsabilidade do consumidor. Nesta opção o consumidor é o responsável em realizar o transporte do refrigerador da sua residência até o centro de distribuição do fabricante.

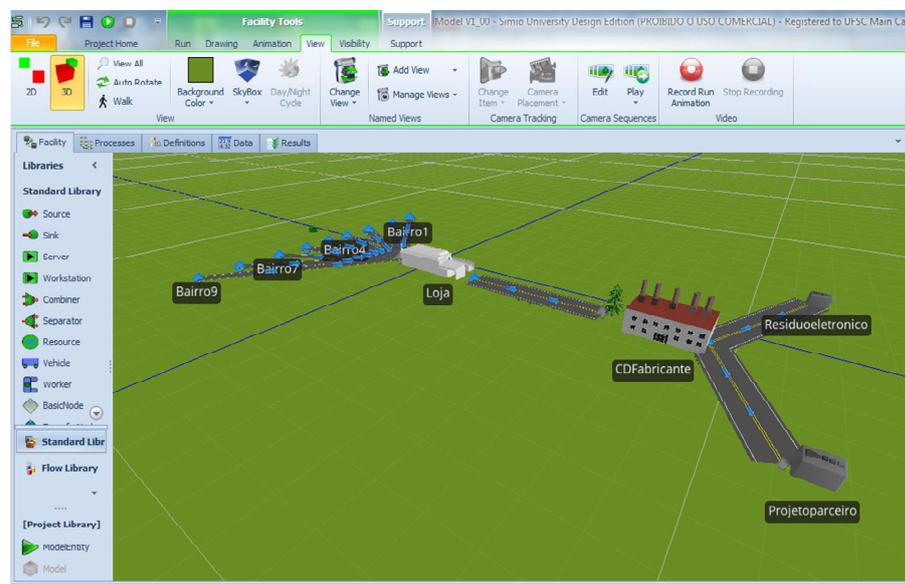


Figura 10: Modelo de logística reversa em que o transporte é de responsabilidade do consumidor  
Fonte: Simio 2015

Abaixo a figura 11 que demonstra o modelo com a opção em que o transporte é realizado via transportadora especializada e é de responsabilidade do distribuidor e do fabricante. Nesta opção o transporte é realizado pela empresa especializada em dois estágios, ou seja, um primeiro estágio até o centro do distribuidor e outro até o centro de distribuição do fabricante. Neste caso são compartilhados entre o distribuidor e o fabricante os custos e a responsabilidade por estocar o material.

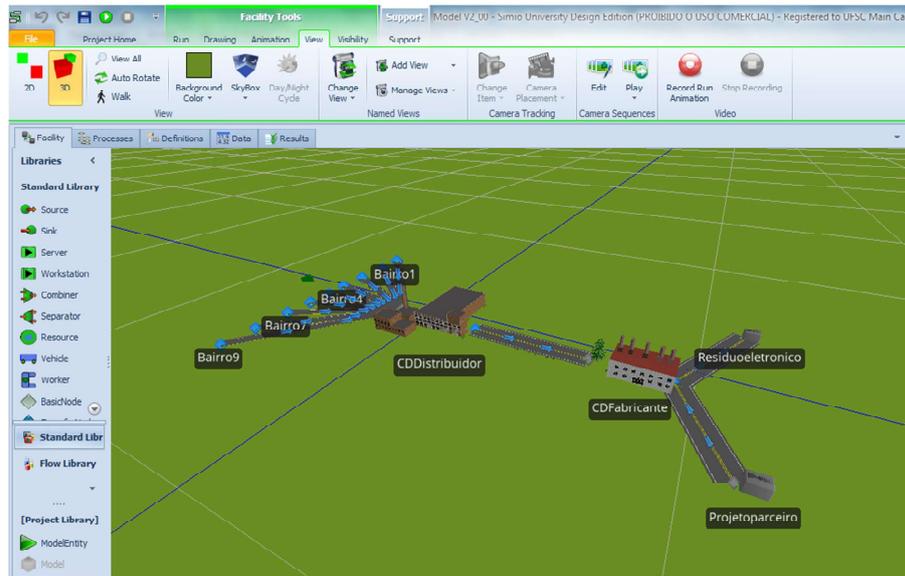


Figura 11: Modelo de logística reversa em que o transporte é realizado pelo distribuidor e fabricante

Fonte: Simio 2015

E por fim o modelo representado na Figura 12 em que o transporte é de responsabilidade apenas do fabricante.

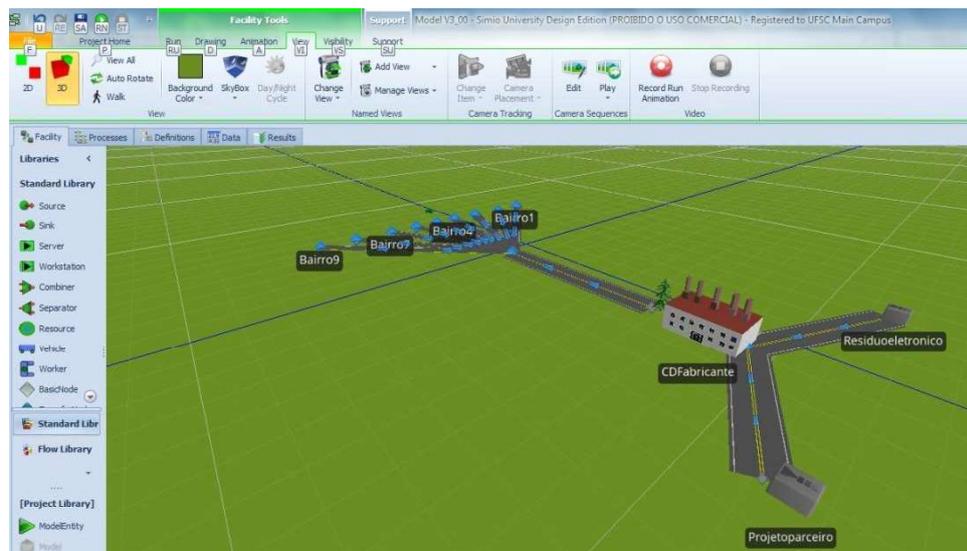


Figura 12: Modelo de logística reversa em que o transporte é realizado pelo fabricante

Fonte: Simio 2015

Nesta opção o fabricante é responsável por todo o transporte, sendo sua responsabilidade buscar o refrigerador entre os consumidores e transportar até o centro de distribuição do fabricante.

Após a simulação foi realizada uma análise dos custos envolvidos e prospectada a possibilidade de uma parceria com organizações não governamentais ONG, que receberiam uma parte dos refrigeradores coletados no processo.

Outro ponto sugerido após a simulação foi a criação de um sistema de inspeção no centro de distribuição do fabricante para ter maior assertividade na destinação dos refrigeradores.

Desta forma, realizou-se uma análise dos custos envolvidos em cada uma das três opções conforme quadro 04 abaixo.

	KM/ MÊS	CUSTO POR KM R\$	TOTAL R\$ POR UNIDADE	QTDE ESTIMADA A SER RECOLHIDA POR MÊS	CUSTO R\$ POR MÊS	OBSERVAÇÃO
OPÇÃO 1 Transporte de responsabilidade do consumidor	35,9 +24,3 = 60,2 ( distância da residência do consumidor+ distância do CD do fabricante)	3,15	189,63	245	46.459,35	Calculando apartir de que as entradas podem ocorrer de todos os bairros dos consumidores.
OPÇÃO 2 Transporte de responsabilidade do distribuidor e do fabricante	171,1+53,2= 224,3 (distância até o CD do distribuidor + distância até o CD do fabricante)	5,61	1.258,32		308.288,40	Calculando com base em uma rota predefinida mas com um percurso maior pois existem dois estágios primeiro o CD do distribuidor e depois o CD do fabricante e ambos compartilham os custos.
OPÇÃO 3 Transporte de responsabilidade exclusiva do fabricante	24,3 ( distância até o CD do fabricante)	5,61	136,32		33.398,40	Calculando com base em uma rota predefinida e com responsabilidade integral do fabricante.

Quadro 4: Análise dos custos para cada uma das opções de transporte

Fonte: Os autores 2015

Com base na análise dos custos envolvidos percebe-se que na opção 3, em que a responsabilidade é apenas do fabricante, é considerada a melhor opção em termos de custo, pois o fabricante tem total controle do processo, não dependendo de terceiros. O fabricante tem com esta opção a possibilidade de inserir modalidades diferenciadas para recolher os refrigeradores que inclusive podem estar vinculados a etapa de entrega de produtos novos. Isso pode ocorrer da seguinte forma, ao agendar a entrega de produtos novos podem ser agendados simultaneamente o recolhimento de outros refrigeradores, isso otimiza o transporte pois o mesmo caminhão pode ser utilizado.

Outro aspecto que deve ser avaliado é a necessidade de se estabelecer parâmetros e critérios para a destinação dos refrigeradores independente da rota realizada, pois existe uma capacidade de recebimento principalmente na ONG que é parceira da empresa. No presente modelo de simulação foi estipulado que de cada 10 refrigeradores, 1 iria para a ONG em vista desta capacidade, mas este critério deve ser validado.

Também sugere criar uma inspeção dos produtos recebidos no centro de distribuição do fabricante para avaliar a qualidade do material e estabelecer um índice de aproveitamento, esta avaliação pode servir como um indicador para o destino mais adequado do produto.

Por fim foram confrontados os obstáculos descritos pelo próprio setor com os aspectos observados na simulação realizada, conforme descrito no quadro 5.

<b>Obstáculos levantados pelo setor</b>	<b>Aspectos observados na simulação</b>
Pressão da legislação	Possibilidade de inserir outros aspectos vinculados a legislação, se necessário.
Articulação entre os elos da cadeia	Necessidade de inspeção e definição de critérios.
Custos	Incentivos financeiros para os consumidores podem ser uma opção (distâncias da opção em que a responsabilidade do transporte é o do consumidor são mais curtas). Os custos por km rodado na opção 1 é de R\$ 3,15 e nas opções 2 e 3 é de R\$ 5,61.
Responsabilidades de cada elo	Maior controle do processo ocorre na opção do transporte realizado apenas pelo fabricante.

Quadro 5: Obstáculos e aspectos observados na simulação

Fonte: Os Autores 2015

Após a análise dos dados da simulação foi possível perceber que na opção 1 em que o transporte é de responsabilidade do consumidor, as distâncias percorridas são menores, e por isso incentivos para os clientes, principalmente os financeiros como descontos em novas compras, pode ser uma estratégia interessante para a implantação de um programa de logística reversa.

Por outro lado, observa-se que na opção 2, em que a responsabilidade do transporte é de uma transportadora pelo fabricante e pelo distribuidor, o controle do processo é maior, mas existe a necessidade de uma boa articulação entre os atores envolvidos no processo, ou seja, entre consumidor, distribuidor e fabricante. Estes acordos entre todas as partes e os processos de comunicação devem estar bem ajustados para que o programa de logística reversa tenha bons resultados.

## 5. CONCLUSÃO

Observou-se no presente artigo que o tema da logística reversa envolve diferentes atores, que devem estar conectados e trabalhando por um mesmo objetivo. Esta conexão deve ocorrer para o cumprimento da legislação, mas também por meio de estratégias que agreguem valor para o consumidor e para o mercado.

A responsabilidade ambiental deve ser uma postura competitiva da empresa, os pilares da sustentabilidade devem estar inseridos dentro do contexto e das estratégias da organização que deseja manter-se no mercado. No entanto existe uma complexidade na implantação de programas de logística reversa, conforme foi observado no modelo de simulação proposto. A

relação entre as partes envolvidas e a definição das rotas são alguns pontos que devem ser avaliados.

A articulação entre os atores envolvidos e o estabelecimento de rotas claras são alguns dos desafios que devem ser vencidos, no entanto deve se entender que dentro do setor de eletroeletrônicos devido a diversidade de produtos, cada produto deve ser analisado de acordo suas características. Neste artigo, foi estudada a proposta de um programa de logística reversa para refrigeradores, mas outros produtos podem ser estudados no futuro.

Pelo fato da temática da logística reversa ser ampla pode se estudar, em trabalhos futuros outros cenários e opções de rotas dentro de um novo modelo de simulação, a fim de verificar quais destes cenários se enquadram melhor a realidade da empresa e do produto. Além de estudar os custos logísticos e a relação entre os atores envolvidos.

A proposta deve ser a busca pela otimização das rotas e das capacidades de transporte, para que as partes envolvidas não tenham custos elevados e para que a legislação prevista seja cumprida e a imagem da empresa seja preservada.

## 6. REFERÊNCIAS

ALCÂNTARA, C. D.; ALBUQUERQUE, D. P. L. **Textos para discussão nº 42: Análise do potencial da indústria da Linha Branca no Ceará**. Fortaleza, 2008. Disponível em: [http://www.ipece.ce.gov.br/publicacoes/textos\\_discussao /TD\\_42.pdf](http://www.ipece.ce.gov.br/publicacoes/textos_discussao/TD_42.pdf). Acesso em: 28 nov. 2014.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA ELÉTRICA E ELETRÔNICA – ABINEE, FEDERAÇÃO DAS INDÚSTRIAS DO ESTADO DO PARANÁ – FIEP. **Perfil Industrial do Setor Eletroeletrônico no Paraná 2012-2013**- Curitiba, 2012.

BRAZILIAN ASSOCIATION OF ELECTRIC INDUSTRY AND ELECTRONICS - ABINEE. **Industrial profile of the electronics sector in Paraná 2013/2014**. Paraná: Abinee, 2014. Disponível em: <http://www.abinee.org.br/informac/arquivos/sonpr.pdf> acesso: Abril 03, 2015.

BERTO, R.M.v.S., NAKANO, D. N. A. Produção Científica nos Anais do Encontro Nacional de Engenharia de Produção: **Um Levantamento de Métodos e Tipos de Pesquisa**. Produção, v. 9, n. 2, p. 65-76, 2000.

BERTRAND, J. W. M.; FRANSOO, J. C. **Modeling and Simulation: Operations Management Research Methodology Using Quantitative Modeling**. International Journal of Operations and Production Management, v. 22, n. 2, p. 241-264.

BRASIL. Lei 12.305/2010. **Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos**; altera a Lei no 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br>>. Acesso em: 24 out. 2014.

CHRISTOPHER, M. **Logistics and Supply Chain Management: creating Value-Adding Networks**. Third Edition, FT Prentice Hall, 2005.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA - CNI. **A indústria Brasileira no Caminho da Sustentabilidade**. Confederação Nacional da Indústria. Brasília: CNI, 2012.

**Council of Supply Chain Management Professionals - CSCMP**. Disponível em: <http://cscmp.org/>. Acesso em 27 nov 2014.

**ESSENCIS – SOLUÇÕES AMBIENTAIS**. Disponível em: <http://www.essencis.com.br/unidades/essencismanufatura-reversa/manufatura-reversa-de-refrigeradorescongeladores-e-condicionadoresde-ar>. Acesso em 27 nov. 2014.

GARCIA, Manuel Garcia. **Logística reversa: uma alternativa para reduzir custos e criar valor**. XIII SIMPEP, 2006.

GIOVINE, H.; SACOMANO, J. B. **A logística reversa como instrumento de melhoria do meio ambiente: Um estudo de caso sobre a fábrica de reciclagem de eletrodomésticos da matsushita**. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 27., 2007, Foz do Iguaçu. Anais... Foz do Iguaçu, 2007.

KOSSAKA, J. **Método de reciclagem de espuma rígida de poliuretano de refrigeradores e congeladores de uso domésticos**, 2004, 66f. Dissertação (Mestrado em engenharia de matérias e processos), Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2004.

KOSSIAKOFF, A.; SWEET, W. N.; SEYMOUR, S. J.; BIEMER, S. M. **Systems Engineering: Principles and Practices**. John Wiley & Sons, 2003.

LEITE, P. R. **Logística Reversa: Meio Ambiente e Competitividade**. São Paulo, 2003. Editora Prentice Hall.

MASCARENHAS, H. R. **O setor de eletrodomésticos da Linha Branca: um diagnóstico e a relação varejo indústria, 2005**, 238f. Dissertação (Mestrado em Economia) FGV: Escola de Economia de São Paulo, São Paulo, 2005.

MATORELLI, C.R.; SILVEIRA, L.C.; MENEZES, S.C.B.T. (2009). **Análise do Ciclo de Vida: Contribuições para a Melhoria da Eco eficiência em Equipamentos do Setor de Eletroeletrônicos**. Monografia de Especialização em Gestão Ambiental e Negócios. Instituto de Eletrotécnica e Energia, Universidade de São Paulo. São Paulo-SP.

MEADOWS D. **Thinking in Systems: A Primer**. EUA: Chelsea Green Publishing Company, 2008

MELO, C.A., JANNUZZI, G.M., **O estoque de refrigeradores no Brasil: diferenças e semelhanças regionais por faixas de renda**. Espaço Energia, Número 08, Abril 2008, ISSN: 1807-8575.

MITROFF, I. I. 1974. **On systemic problem solving and the error of the third kind**. Behavioral Science, 19: 383-393.

MORABITO, R. Pesquisa Operacional. In: BATALHA, M. O. **Introdução à Engenharia de Produção**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2010, p. 157-167.

PESSOA FILHO, N.; COSTA, J.A.F. (2009). **Logística Reversa: Pós-Consumo: Resíduo Sólido da Linha Branca e seu Destino Final no Município do Natal/RN**. Revista Científica da Faculdade de Natal – FAL. Ano VII, v.1. Disponível em: <[http://webserver.falnatal.com.br/revista\\_nova/a7\\_v1/artig\\_Nivaldo.pdf](http://webserver.falnatal.com.br/revista_nova/a7_v1/artig_Nivaldo.pdf)>. Acesso em: 30 nov. 2014.

PIRES, S. R. I. **Gestão da cadeia de suprimentos: conceitos, estratégias, práticas e casos**. São Paulo: Atlas, 2004.

REVLOG. **Grupo de Estudos de Logística Reversa**. [S. l.], 2002. Disponível em: <<http://www.fbk.eur.nl/OZ/REVLOG/Introduction.htm>>. Acesso em: 26 out. 2014.

ROBINSON, B.H. E-waste: **An assessment of global production and enviromental impacts**. Sci Total Environ, Philadelphia, vol. 408:2009, p. 183-191.

SILVA, F. M. S. et al. **Gestão de resíduos eletroeletrônicos: proposta para implementação de sistema de logística reversa de refrigeradores no Brasil**. In: SIMPOSIO IBEROAMERICANO DE INGENIERÍA DE RESIDUOS, 3. e SEMINÁRIO DA REGIÃO NORDESTE SOBRE RESÍDUOS SÓLIDOS, 2., 2010, João Pessoa. Anais...João Pessoa: REDISA, 2010. Disponível em: [http://www.redisa.uji.es/artSim2010/Gestao/Gest%C3%A3o%20de%20res%C3%ADduos%20electroelectronicos\\_proposta%20para%20implementa%C3%A7%C3%A3o%20de%20sistema%20de%20log%C3%ADstica%20reversa%20de%20refrigeradores%20no%20Brasil.pdf](http://www.redisa.uji.es/artSim2010/Gestao/Gest%C3%A3o%20de%20res%C3%ADduos%20electroelectronicos_proposta%20para%20implementa%C3%A7%C3%A3o%20de%20sistema%20de%20log%C3%ADstica%20reversa%20de%20refrigeradores%20no%20Brasil.pdf). Acesso em: 18 nov. 2014.

Originals recebidos em: 15/04/2015

Aceito para publicação em: 30/06/2016