



# **D O S S I Ê T É C N I C O**

## **Logística Reversa de Refrigeradores**

**Lucas José Campanha**

**Maria Cristina Meneghin**

**Ricardo Augusto Bonotto Barboza**

**Universidade Estadual Paulista SIRT/UNESP**

**Novembro  
2011**

## Sumário

<b><u>1. INTRODUÇÃO .....</u></b>	<b><u>2</u></b>
1.1. LOGÍSTICA REVERSA.....	3
1.2. PORQUE A LOGÍSTICA REVERSA?.....	3
1.3. OPÇÕES DE RECUPERAÇÃO.....	4
<b><u>2. LOGÍSTICA REVERSA DE REFRIGERADORES.....</u></b>	<b><u>4</u></b>
<b><u>3. CICLO DE VIDA DOS REFRIGERADORES.....</u></b>	<b><u>6</u></b>
<b><u>4. ASPECTOS LEGAIS E TÉCNICOS DA RECICLAGEM DE REFRIGERADORES .....</u></b>	<b><u>8</u></b>
<b><u>5. RECICLAGEM DE REFRIGERADORES EM LOGÍSTICA REVERSA.....</u></b>	<b><u>12</u></b>

**Título**

Logística reversa de refrigeradores

**Assunto**

Recuperação de materiais metálicos, exceto alumínio

**Resumo**

Trata-se dos conceitos de logística reversa, abordando o as etapas, os devidos destinos e condições necessárias para que os refrigeradores ultrapassados ou que são descartados tenham a destinação adequada, retirando-o do meio ambiente e prevenindo a poluição e degradação do meio ambiente.

**Palavras chave**

Aproveitamento de resíduo; eletrodoméstico; logística; logística reversa; geladeira; refrigerador; reciclagem

**Conteúdo****1. Introdução**

Logística, de acordo com a Associação Brasileira de Logística é definida como:

“O processo de planejamento, implementação e controle do fluxo e armazenagem eficientes e de baixo custo de matérias primas, estoque em processo, produto acabado e informações relacionadas, desde o ponto de origem até o ponto de consumo, com o objetivo de atender aos requisitos do cliente”.

Logística Reversa engloba todos os processos descritos acima mas de modo inverso. Para Rogers e Tibben-Lembke (1999 apud Silva et al., 2010) Logística Reversa é:

“O processo de planejamento, implementação e controle do fluxo eficiente e de baixo custo de matérias primas, estoque em processo, produto acabado e informações relacionadas, desde o ponto de consumo até o ponto de origem, com o propósito de recuperação de valor ou descarte apropriado para coleta e tratamento de lixo”.

No Brasil a indústria de eletroeletrônicos, durante os anos, tem apresentado um grande crescimento na venda de produtos. Esse forte crescimento está relacionado com varios 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).

## 1.1. Logística Reversa

A logística reversa é considerado 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 atividades logísticas de coletar, desmontar e processar produtos ou materias e peças usados a fim de assegurar uma recuperação sustentável (REVLOG, 2002).

Essa gestão de operações é conhecida como Gestão de Recuperação de Produtos (PRM - Product Recovery Management), que trata-se do cuidado com os produtos e materiais depois do seu uso. Algumas dessas atividades acabam sendo, até certo ponto, similares às que ocorrem no caso de devoluções internas de itens defeituosos gerador por processos produtivos. No entanto, a Logística Reversa se refere a todas as atividades logísticas de recolher, desmontar e processar produtos usados, partes de produtos e/ou materiais para garantir uma recuperação sustentável (REVLOG, 2002).

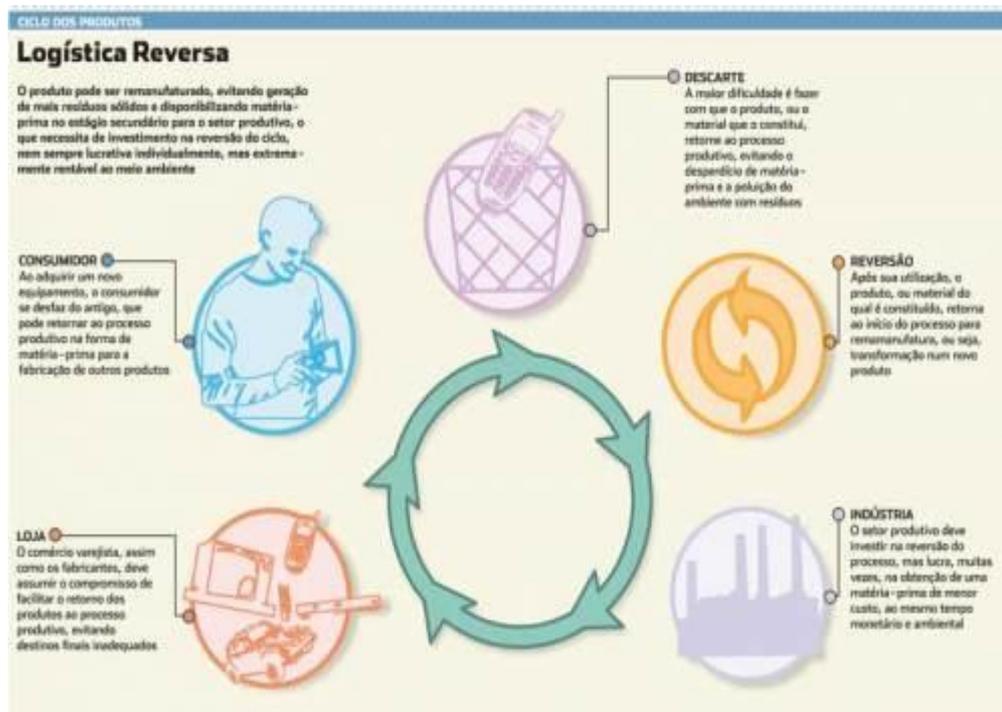


Figura 1 – Ciclo infinito da logística reversa  
Fonte: (J2DA, 2010)

A Logística Reversa lida com 5 questões básicas que, segundo Revlog (2002) 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?

## 1.2. Porque a Logística Reversa?

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. Hoje em dia, 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.
- a crescente consciência ambiental dos consumidores.

### 1.3. Opções de Recuperação

- Reuso direto: São os produtos que não são reparados ou atualizados, esses produtos são limpos e levados a um estado no qual podem ser reutilizados pelo consumidor (REVLOG, 2002).
- Reparo: O produto passa por um processo no qual ele retorna ao estado funcional após algum tipo de conserto. Normalmente a qualidade do produto reparado é menor que a do produto novo (REVLOG, 2002).
- Reciclagem: A funcionalidade do produto não é mantida. Tem como objetivo usar parte ou a totalidade dos materiais do produto devolvido. Podendo utilizar os materiais recuperados nos processos produtivos do produto original ou em outras indústrias (REVLOG, 2002).
- Refurbishing: O produto é atualizado para que atinja padrões de qualidade e operação similares ao produto original (REVLOG, 2002).
- 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 são entregues ao produto sob condições de garantia de produto novo (REVLOG, 2002).

## 2. Logística reversa de refrigeradores

Com a globalização acabou motivando tanto 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 deuso e pela geração de resíduos (GIOVINE e SACOMANO, 2007 apud SILVA et al., 2010).

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 (FIG. 2) 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).



Figura 2 – Linha de refrigeradores  
Fonte: (ECONEXOSPORECONOMIA, 2009)

As inovações acabam alternando os padrões produtivos a nível mundial, e o segmento de eletroeletrônico é um dos mais dinâmicos e intesamente afetados por essa 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).



Figura 3 – Ciclo infinito da logística reversa  
Fonte: (IMPLANTI TRATTAMENTO RIFIUTI, 2011)

Dentro do mercado da linha branca, os refrigeradores apresentam o mercado mais concentrado, sendo responsável por cerca de 90% da produção do setor. Os refrigeradores fabricados no Brasil há dez anos atrás consumiam, em média, 40% a mais que os modelos atuais. Em 1993 foi criado o selo Procel de Economia de Energia, que veio para estimular a produção brasileira de produtos domésticos mais eficientes em economia de energia. O selo foi criado para dar uma orientação para o consumidor no ato da compra, indicando os produtos que apresentam os melhores níveis de eficiência energética dentro da categoria, proporcionando assim uma economia na conta de energia elétrica, o que acaba contribuindo para o desenvolvimento tecnológico e a preservação do meio ambiente (SILVA et al., 2010).

Segundo testes realizados pelo INMETRO (2003) os equipamentos eletrônicos são categorizados conforme faixas de consumo:

“A faixa de classificação A para refrigeradores, por exemplo, corresponde a um índice mínimo de eficiência energética de 0,869, enquanto para as

categorias B e C, os índices correspondem a 0,949 e 1,020, respectivamente. Tais índices aumentam progressivamente até a categoria G, cujo índice corresponde a 1,362, para a menor eficiência energética verificada entre as categorias disponíveis.”

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 tais 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 gás CFC em seus sistemas de refrigeração, a um custo mais baixo (SILVA et al., 2010).



Figura 4 – Descarte inadequado de refrigeradores e sucatas  
Fonte: (CICLO VIVO, 2010)

Com a redução do IPI (Imposto sobre Produtos Importados), em abril de 2009, houve um aumento considerável na demanda por novos produtos, o que acarretou na substituição de refrigeradores obsoletos e, conseqüentemente, uma maior geração de resíduos (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. Constante 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).

### 3. 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.”

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. Com esse contexto, surgiu o conceito de reaproveitamento industrial por meio da reciclagem de rejeitos e da reutilização de produtos descartados (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 apud SILVA et al., 2010).

No Brasil, os refrigeradores estão entre os equipamentos que representam as maiores participações no consumo residencial de eletrecidade. 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 apud SILVA et al., 2010).

A análise do ciclo de vida de um refrigerador mostra que, em média, mais de 80% do impacto ambiental total ocorre durante o uso (Figura 5), na forma de consumo de eletricidade e relacionado com as emissões de CO<sub>2</sub>.

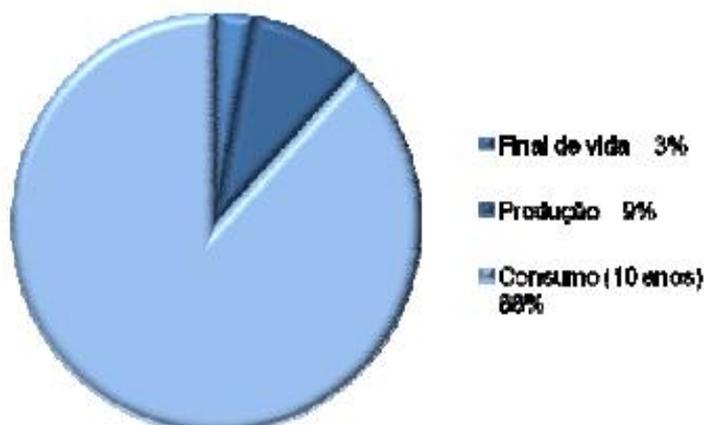


Figura 5 - Percentual de impactos gerados durante o ciclo de vida de um refrigerador  
Fonte: (SILVA et al., 2010)

Com a análise do ciclo de vida dos refrigeradores, é possível otimizar o processo produtivo através de idéias 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 apud SILVA et al., 2010).

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).

Com a busca pela melhoria contínua na qualidade de vida do planeta e, também pela busca da minimização dos impactos ambientais e conservação dos recursos naturais, algumas empresas investem nas análises das etapas do seu processo e serviços, procuram práticas de prevenção à poluição, buscam tecnologias mais limpas e a minimização dos resíduos, proporcionando uma série de benefícios econômicos e ambientais (PESSOA FILHO e COSTA, 2009 apud SILVA et al., 2010).

A logística reversa, segundo Leite (2003):

“É uma operação que controla certos fluxos de matérias-primas, visando uma operação de retorno de bens e pós-consumo e bens de pós-vendas, bem como estabelecer um o fluxo de informações correspondentes desde o ponto de consumo ao ponto de origem”.

Sendo assim, 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).

#### **4. Aspectos legais e técnicos da reciclagem de refrigeradores**

A gestão de Resíduos de Equipamentos Elétricos e Eletrônicos (REEE) tem atraído ultimamente, uma atenção especial no que se refere a 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).

Todos os componentes, subconjuntos e materiais de consumo que fazem parte do produto no momento do seu descarte são os chamados REEE. A desmontagem e destruição dos equipamentos para a recuperação de novos materiais, sendo a separação mecânica dos componentes o primeiro passo, tratam-se das etapas da reciclagem de lixo eletrônico. 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 apud SILVA et al., 2010).

Os eletrodomésticos no Brasil, quando não são repassados para a classes C e D, e quando não aproveitado para o uso doméstico por essas classes, são vendidos para sucateiros ou descartados e lançados em vias públicas, calçadas residências, lixões e outros destinos ignorados. A reciclagem fica por conta dos catadores, carregadores associados a ferros velhos que recondicionam os eletrodomésticos e podem acabar recolocando-o no mercado. 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 apud SILVA et al., 2010).

Com o reaproveitamento dos eletrodomésticos, sobram partes de metais, vidros e plásticos que são vendidos a empresas especializadas na reciclagem desses materiais (FIG. 6). É importante ressaltar que cerca de 90% dos materiais utilizados em refrigeradores podem ser reciclados, o que traria benefícios significantes se fossem feito 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 (Cloro-Fluor-Carbono) que atua diretamente no efeito estufa (KOSSAKA, 2004 apud SILVA et al., 2010).

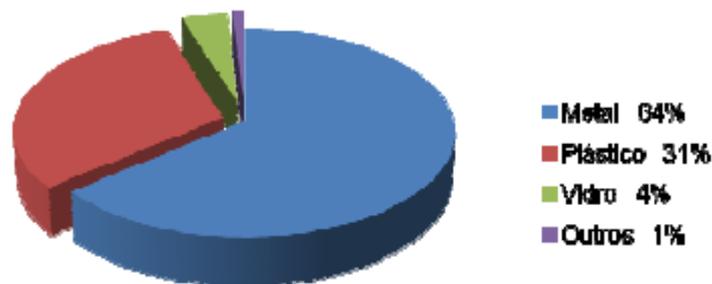


Figura 6 - Materiais básicos usados na fabricação de refrigeradores  
 Fonte: (SILVA et al., 2010)

O refrigerador consiste em um corpo, o meio de funcionamento e outras partes e acessórios. O corpo é constituído de alumínio, plásticos, ferro, poliuretano, e borracha. Já os meios de funcionamento consistem de óleos do compressor, o gás refrigerante (CFC-12) e agente de formação de espuma do poliuretano (CFC-11). As outras partes consistem em capacitores do mercúrio, possivelmente contendo PCBs que é incluído no refrigerador; os acessórios do refrigerador são o compressor, as bandejas plásticas, as bandejas de vidro, os fios elétricos e outros artigos subordinados (DENG et al., 2008).

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 apud SILVA et al., 2010).

O Brasil vem diminuindo o consumo de CFC nos últimos anos. Em 1995, eram cerca de 10 mil toneladas e em 2006 esse consumo foi reduzido para cerca de 480 toneladas. O país parou de produzir o CFC desde 1999 e, segundo a Resolução CONAMA N°267/00, as importações de CFC foram proibidas a partir de dezembro de 2006, o que incentivou o desenvolvimento de projetos que se destinem a eliminar a emissão de CFC 11 e CFC 12 nas geladeiras e freezers domésticos, convertendo-os para o gás ciclo-pentano e HFC 134 (PNUD, 2008).

Para dar um suporte ao cumprimento da meta estabelecida pelo CONAMA, foi aprovado o Plano Nacional de Eliminação de CFC – PNC, em julho de 2002. Através desse plano o Brasil eliminou o consumo de CFCs nos setores de Refrigeração, Espuma, Aerosóis, Solventes, Esterilizantes e, iniciou o gerenciamento da destinação dessas substâncias existentes nos equipamentos em uso e a promoção de alternativas com mínimo impacto ambiental (SILVA et al., 2010).

O Plano Nacional de Eliminação de CFCs – PNC, realizado e aprovado em 2006, teve como uma das propostas o projeto de revisão do Projeto de Apoio ao Desenvolvimento de Normas Técnicas, procedimentos e guias de referência para auxiliar a implantação e o desenvolvimento de ações de conservação de CFCs e HCFCs, o seu transporte e armazenamento adequados entre outros fatores. Tais medidas resultaram na elaboração da NBR 15.833: “Manufatura reversa – Aparelhos de refrigeração”, que entrou em vigor a partir de junho de 2010 (ABNT, 2010).

Esta Norma prescreve os procedimentos para o transporte, armazenamento e desmonte com reutilização, recuperação dos materiais recicláveis e destinação final de resíduos dos aparelhos de refrigeração (ABNT, 2010).

No Brasil, a Whirlpool Latin America responsável pela marca Brastemp e Consul, criou em 2005 um programa pioneiro de logística reversa para a reciclagem de eletrodomésticos. Com a implantação desse processo, em 5 anos, já foram recicladas cerca de 990 toneladas de materiais (ECOPRESS, 2008 SILVA et al., 2010).

A central de reciclagem, fica localizada em Joinville-SC e reciclou em 2008, cerca de 90% dos materiais de refrigeradores e freezers, sendo que, os 10% restantes foram adequadamente destinados para aterros industriais. A União Européia começou a exigir em 2006, pelas Diretrizes da *Waste Electrical and Electronic Equipment* (WEEE), um índice de reciclagem superior a 75% (ECOPRESS, 2008 SILVA et al., 2010).

A Diretivas 2002/95/EC RoHS - *Restriction of the use of certain hazardous substances in electrical and electronic equipment*, e a 2002/96/EC, sobre resíduos de equipamentos elétricos e eletrônicos (WEEE - *Waste electrical and electronic equipment*) foram implementadas para complementar as medidas já existentes na União Européia (SILVA et al., 2010).

A Diretiva 2002/95/EC procura prevenir a geração de resíduos perigosos exigindo a substituição de vários metais pesados, como o chumbo, mercúrio, cádmio e o cromo hexavalente e também os retardadores de chama bromados como o bifenil polibromado (PBB) ou éter difenil polibromado (PBDE) em novos equipamentos elétricos colocados no mercado a partir de 1º de julho de 2006 (SILVA et al., 2010).

Atualmente a reciclagem de equipamentos eletrônicos já é obrigatória em muitos países, como na Europa com a *European Commission-WEEE Directive*, 2003 e o *Home Appliance Recycling Law*, 1998, no Japão, onde se adota o Princípio da Responsabilidade Estendida do Produtor – REP, que determina que o produtor seja o responsável pelo gerenciamento ambientalmente correto do seu produto pós-consumo (SILVA et al., 2010).

O Brasil, ainda possuiu poucas políticas regionais sobre esse assunto, apenas em algumas cidades existem projetos de lei que visam regulamentar o uso e o descarte de resíduos de equipamentos elétricos e eletrônicos REEE. Um exemplo é a cidade de São Paulo, que possui o Projeto de lei nº 15.851 de 2008 (SILVA et al., 2010).

Os estados de Santa Catarina e Paraná também possuem leis que regulamentam essa questão. Já em nível nacional, o Brasil em 2010, aprovou a Política Nacional de Resíduos Sólidos, a qual obrigou os fabricantes, importadores, distribuidores e comerciantes a estruturar e implementar sistemas de logística reversa no país (SILVA et al., 2010).

Uma proposta de sistema de logística reversa para reciclagem de refrigeradores inclui as etapas referentes à unidade de desmontagem e a unidade de reciclagem propriamente dita.

Segundo Deng et al. (2008), sobre a desmontagem de refrigeradores:

“A desmontagem de refrigeradores rejeitados pode ser dividida em duas porções: um é um processo completo da desmontagem e o outro é uma desmontagem preliminar. Para a desmontagem preliminar, há a contenção dos componentes dos materiais perigosos tais como o mercúrio ou o PCBs (Bifenil policlorados), que serão separados para a eliminação apropriada. A desmontagem completa significa que o refrigerador é desmontado de modo que já não possa ser dividido usando ferramentas simples. Os fios eletrônicos, as bandejas plásticas, as bandejas de vidro resultantes do processo e semelhantes podem ser separadas (Figura 7).”

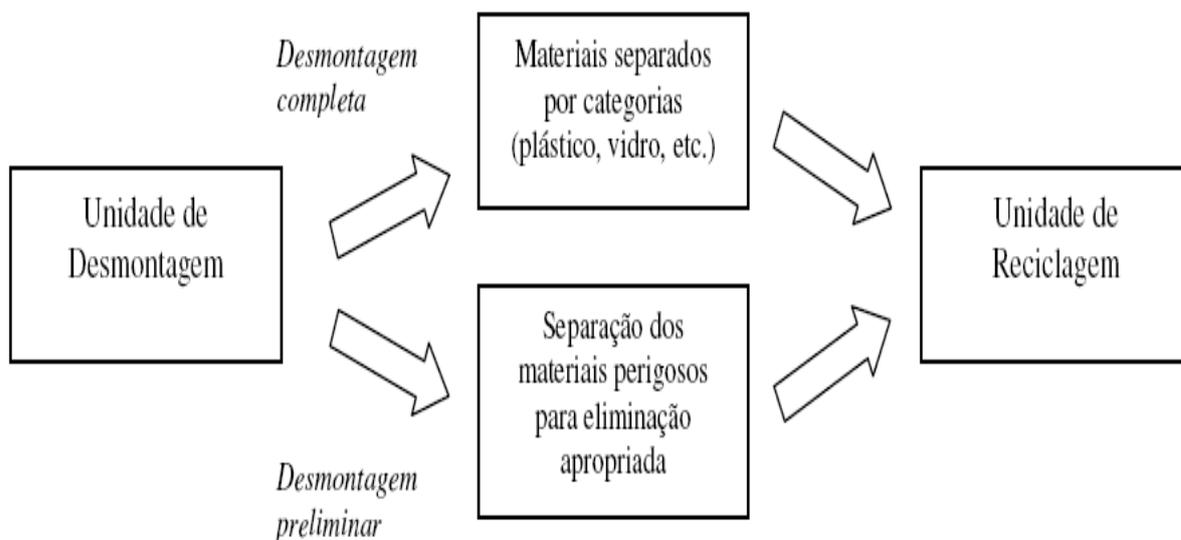


Figura 7 – Etapas iniciais da desmontagem à reciclagem de refrigeradores  
 Fonte: (SILVA et al., 2010)

Em uma unidade de reciclagem, após a preliminar ou completa desmontagem, o corpo do refrigerador deverá ser triturado e transformado. A trituração pode ocorrer em um ambiente aberto ou hermético, sendo que neste último o CFC-11 que se encontra contido dentro da espuma de poliuretano pode ser recuperado e reciclado após condensação (SILVA et al., 2010).

Também é necessário que ocorra uma separação e os metais (ferro, cobre e alumínio), deverão ser separados dos materiais não metálicos como os plásticos e podem ser recuperados após separação magnética, separação da corrente de redemoinho ou a classificação de ar. Ainda, existe a unidade de eliminação, onde os materiais rejeitados são destinados principalmente à incineração ou descarte em aterros (Figura 8) (SILVA et al., 2010).

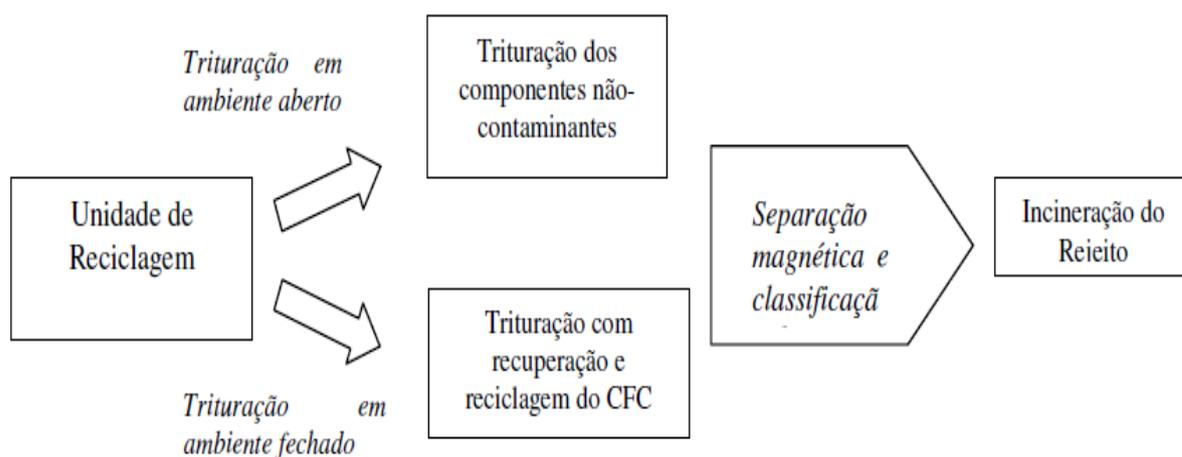


Figura 8 - Etapas da Reciclagem de refrigeradores  
 Fonte: (SILVA et al., 2010)

Através da manufatura reversa é como geralmente ocorre a reciclagem de resíduos eletroeletrônicos, ou seja, os materiais são desmontados (FIG. 9), e os componentes são separados em categorias (plásticos, metais, vidros, por exemplo) para então serem tratados e transformados em sais e óxidos metálicos, pedaços plásticos e pó de vidro. Esses materiais acabam sendo reaproveitados em outros processos industriais (SILVA et al., 2010).



Figura 9 - Desmontagem e seleção das peças dos refrigeradores  
 Fonte: (COMPANHIA ENERGÉTICA DE ALAGOAS - CEAL, [200?])

Alguns requisitos mínimos devem ser respeitados no processo de manufatura reversa de refrigeradores, entre eles, o processo de desmontagem e de disposição dos resíduos, sempre visando minimizar as emissões de CFCs e a liberação no ambiente de materiais que agriam a camada de ozônio e outros poluentes (FIG. 10), como o HCFC e os compostos orgânicos voláteis (SILVA et al., 2010).



Figura 10 – Retirada dos gases  
 Fonte: (CEAL, [200?])

A transformação dos refrigeradores deve ser realizada mediante o emprego de equipamentos técnicos adequados com funcionamento à vácuo para cada fase do processo. Exemplo abaixo (SILVA et al., 2010):

- Etapa 1 – esvaziamento do circuito de refrigeração, ou seja, a retirada do fluido de refrigeração e do óleo do compressor.
- Etapa 2 – remoção da espuma de poliuretano e outros materiais, partes componentes e os elementos integrados.

## 5. Reciclagem de refrigeradores em Logística Reversa

A linha branca, especificamente os refrigeradores, possuem um tempo de vida útil, sendo que com o passar desse tempo eles se tornam obsoletos e são substituídos por novos produtos, tornando os produtos antigos em resíduos ou sucatas. Esses produtos antigos acabados podendo ter três destinos distintos: reuso, remanufatura e reciclagem (SILVA et al., 2010).

Abaixo, a figura (11) ilustra o ciclo de vida dos refrigeradores:

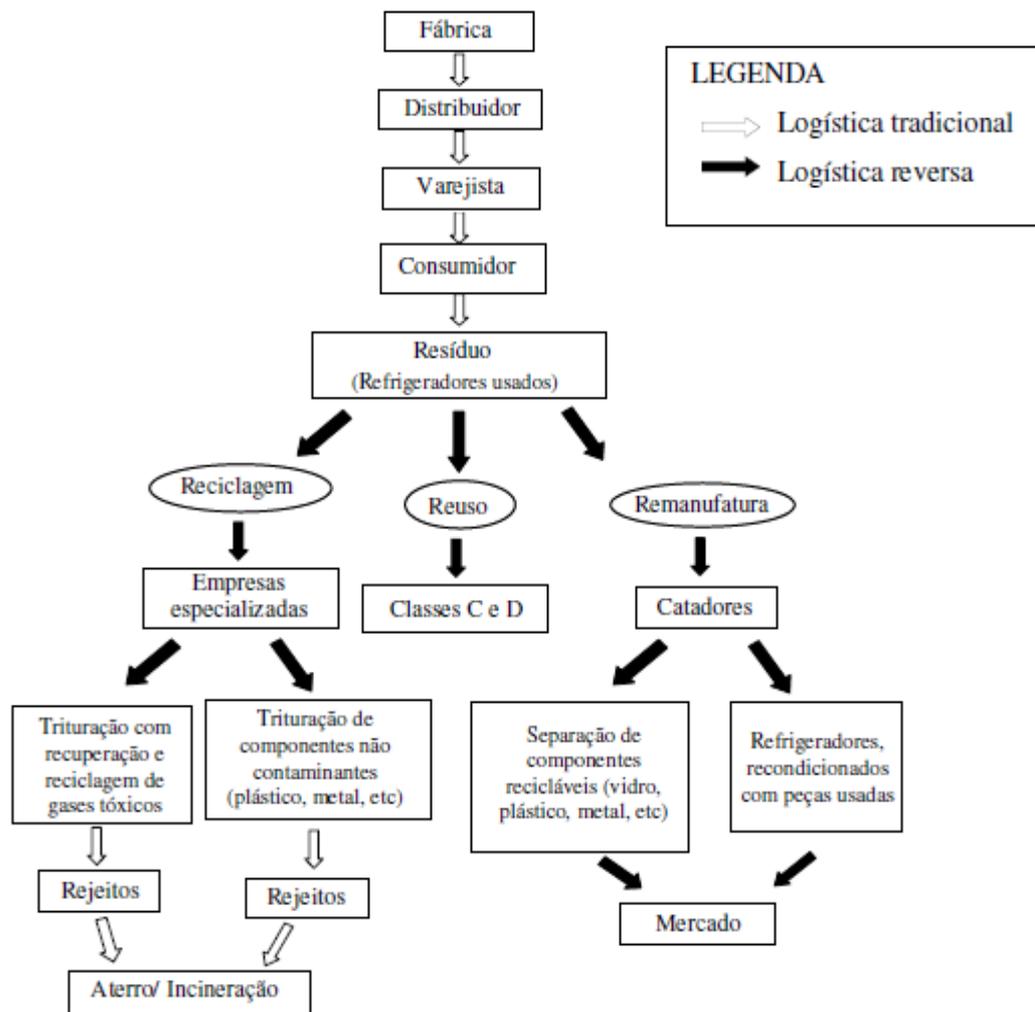


Figura 11 – Modelo de ciclo de vida para refrigeradores  
 Fonte: (SILVA et al., 2010)

Os refrigeradores também podem ser remanufaturados com a ajuda de catadores, sendo eles recolocados no mercado na forma de componentes que foram reciclados ou reconicionados e acabam apresentando um preço mais atrativo para o consumidor. No entanto, essa alternativa exige espaço físico e pessoal capacitado para que se possa desmontar o testar os componentes que possam ser reaproveitados (SILVA et al., 2010).

A reciclagem por meio de empresas especializadas é outro destino que as empresas asseguram ao fabricante que seus produtos serão recolhidos e tratados de forma ambientalmente responsável cumprido com as legislações vigentes (SILVA et al., 2010).

Com o tratamento adequado, os materiais nobres (materiais com condições de serem reaproveitados) são separados e podem ser utilizados como matéria prima de novos processos produtivos. O processo de separação desses materiais deve ser realizado de forma eficiente, através da desmontagem de produtos desenhados com intuito de promover sua própria reciclagem, esses são os chamados ecoprodutos. No entanto, após a separação das partes nobres, os rejeitos (materiais sem funcionalidade) devem ser destinados a aterros ou incinerados (SILVA et al., 2010).

Fatores culturais e econômicos estão diretamente relacionados com as diversas formas de destinação dos equipamentos eletroeletrônicos pós-consumo. Porém, vale resaltar que cada país possui sua legislação específica e elas desempenham um papel fundamental na melhoria da qualidade de vida da população e na minimização dos impactos ambientais. Salienta-se que em países europeus e asiáticos onde a legislação para REEE já está implantada, o reuso e a reciclagem são práticas comuns entre a população. Por outro lado,

a falta de políticas públicas eficientes, destinadas para este tipo de resíduo, em países em desenvolvimento, o armazenamento e a disposição inadequada em aterros ainda é a forma mais praticada (SILVA et al., 2010).

Com o passar do tempo e com os problemas gerados, as responsabilidades sobre os resíduos eletroeletrônicos atualmente em especial os da Linha Branca tem se tornado mais abrangente, e hoje essa responsabilidade é compartilhada entre o fabricante e a população, uma vez que ambos desempenham papéis importantes dentro do conceito de logística reversa, contribuindo no andamento das diferentes etapas do ciclo de vida do produto e minimizando os impactos ambientais gerados nesse processo (SILVA et al., 2010).

Além disso, essas responsabilidades estão cada vez maiores, sendo que hoje já existem empresas independentes que realizam o processo de logística reversa para os refrigeradores. Um exemplo é a REVERT BRASIL que, conforme ilustrações a seguir (Figuras 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21) realiza a operação com as seguintes etapas:

- Pré-desmonte:

No pré-desmonte são retirados alguns elementos que compõem o equipamento, como os cabos de força, condutores, capacitores, vidros, interruptores e lâmpadas (REVERT, [200?]).



Figura 12 – Pré-desmonte  
Fonte: (REVERT, [200?])

- Remoção do óleo do compressor e do gás refrigerante:

Neste processo é realizado o esvaziamento do circuito de refrigeração, ou seja, a retirada do fluido de refrigeração e do óleo do compressor, através de um equipamento de alta sucção (REVERT, [200?]).



Figura 13 - Remoção do óleo do compressor e do gás refrigerante  
Fonte: (REVERT, [200?])

- Desmontagem do compressor:

Nessa etapa o compressor é removido do refrigerador ou condicionador de ar (REVERT, [200?]).



Figura 14 – Desmontagem do compressor  
Fonte: (REVERT, [200?])

- Encaminhamento para a máquina de reciclagem:

Nessa etapa os refrigeradores e/ou condicionadores de ar são encaminhados através de uma esteira rolante para o triturador (REVERT, [200?]).



Figura 15 – Encaminhamento para a máquina de reciclagem  
Fonte: (REVERT, [200?])

- Trituração dos componentes dos refrigeradores:

A partir dessa etapa, o processo é hermeticamente fechado na máquina recicladora, evitando o escapamento de qualquer molécula de substância nociva ao meio ambiente e capturando o gás CFC contido na espuma de isolamento (REVERT, [200?]).



Figura 16 – Trituração dos componentes dos refrigeradores  
Fonte: (REVERT, [200?])

- Sucção e processamento do gás:

Essa é a etapa mais importante do processo. Nela, através de tubos hermeticamente fechados o gás CFC é levado para um equipamento responsável pela liquefação, separação e armazenamento do mesmo (REVERT, [200?]).



Figura 17 – Sucção e processamento do gás  
Fonte: (REVERT, [200?])

- Separação dos metais:

Através de esteira imantada, os metais são separados dos demais resíduos (REVERT, [200?]).



Figura 18 - Separação dos metais  
Fonte: (REVERT, [200?])

- Fragmentos dos materiais triturados Metais, espuma, plástico:

Metais, espuma, plástico. Após a separação dos metais, restam os fragmentos da espuma e do plástico que são separados para a reciclagem (REVERT, [200?]).



Figura 19 – Fragmentos dos materiais triturados: metais, espuma, plástico.  
Fonte: (REVERT, [200?])

- Espuma: desgaseificação granulada:

A espuma passa pelo processo de desgaseificação, e em seguida é granulada/peletizada para reaproveitamento (REVERT, [200?]).



Figura 20 - Espuma: desgaseificação granulada  
Fonte: (REVERT, [200?])

- Metais triturados:

Alumínio, Cobre, ferro e aço. Os fragmentos dos metais são triturados e separados, prontos para a reciclagem e fabricação de novos materiais (REVERT, [200?]).



Figura 21 – Metais triturados  
Fonte: (REVERT, [200?])

## Conclusões e recomendações

O processo de logística reversa dos refrigeradores fez com que surgisse uma forte atuação de catadores na desmontagem, triagem e processamento de equipamentos e componentes, deixando assim que esses refrigeradores fossem descartados de maneira incorreta e podendo vir a prejudicar o meio ambiente. Sendo que através de todo o processo da logística reversa pode-se também vir a diminuir o custo de produção.

Com base em toda a pesquisa realizada e os dados apresentados neste Dossiê Técnico, pode-se afirmar que a questão socioambiental é um dos fatores que mais são beneficiados no aspecto da logística reversa dos refrigeradores.

O pós-consumo dos refrigeradores pode acabar beneficiando as classes C e D que dependendo do estado dos refrigeradores, os equipamentos podem ser reutilizados e possuem um preço mais acessível.

O Serviço Brasileiro de Respostas Técnicas (SBRT) agradece seu contato e informa que já existem, no banco de informação, Respostas Técnicas e o Dossiê Técnico que abordam o assunto de seu interesse e que podem complementar o assunto tratado.

Sugere-se acessar o site [www.respostatecnica.org.br](http://www.respostatecnica.org.br) e realizar a busca no Banco de Respostas, utilizando os códigos das respostas “12596”, “18064” e “18431” para encontrar os arquivos disponíveis.

A Revert Brasil é uma empresa especializada na manufatura reversa de refrigeradores e condicionadores de ar e na incineração de gases, tais como CFCs, HCFCs e HFs. Está localizada nos seguintes endereços:

### **PERNAMBUCO**

Rua Prof. Othon Paraíso, 123  
Torreão  
CEP: 52.030-250  
Recife – PE  
Fone/Fax: (81) 3244-4884

### **ALAGOAS**

Avenida Fernandes Lima, 3333  
Gruta de Lourdes  
CEP: 57.057-000  
Maceió – AL  
Fone/Fax: (82) 3338-3057

### **PIAUI**

Avenida Barão de Castelo Branco, 1923  
Cristo Rei  
CEP: 64.016-850  
Teresina – PI  
Fone/Fax: (86) 3222-3601

### **Unidade Industrial em Minas Gerais:**

Distrito Industrial - Antiga Rodovia Fernão Dias, s/nº  
Bairro: Novo Horizonte  
CEP: 37.556-000  
Careaçu – MG  
Email: <[atendimento@revertbrasil.com.br](mailto:atendimento@revertbrasil.com.br)>

## Referências

ALCÂNTARA, C. D.; ALBUQUERQUE, D. P. L. Textos para discussão n° 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: 18 ago. 2011.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT (2010) NBR15833 – **“Manufatura Reversa – Aparelhos de refrigeração”**. Disponível em: <<http://www.abntcatalogo.com.br/norma.aspx?ID=58338>>. Acesso em: 20 ago. 2011.

CICLO VIVO. **Desenvolvimento**: Empresas encontram novo negócio na prática da logística reversa. [S. I.], 2010. Disponível em: <[http://www.ciclovivo.com.br/noticia.php/1520/empresas\\_encontram\\_novo\\_negocio\\_na\\_pratica\\_da\\_logistica\\_reversa/](http://www.ciclovivo.com.br/noticia.php/1520/empresas_encontram_novo_negocio_na_pratica_da_logistica_reversa/)>. Acesso em: 27 nov. 2011.

COMPANHIA ENERGÉTICA DE ALAGOAS [CEAL]. **Filosofia para investimentos em eficiência energética**. Maceió, [200?]. Disponível em: <<http://www.desenvolvimentoeconomico.al.gov.br/arquivos/2b0-seminario-estadual-de-energia/Eficiencia%20Energetica%20-%20Agente%20CEAL.ppt/view>>. Acesso em: 24 ago. 2011.

DENG, J.; WEN, X; ZHAO, Y. Evaluating the treatment of E-waste - a case study of discarded refrigerators. **Journal of China University Mining & Technology**, Pequim, v.13, n.3, p. 454- 458, 2008.

ECONEXOS POR ECONOMIA. **Governo trocará 10 milhões de geladeiras em 10 anos**. [S. I.], 2009. Disponível em: <<http://ecomeninas.blogspot.com/2009/02/governo-trocara-10-milhoes-de.html>>. Acesso em: 18 ago. 2011.

INMETRO. **Programa Brasileiro de Etiquetagem**. Refrigeradores e Assemelhados. [S. I.], 2003. Disponível em: <<http://www.inmetro.gov.br/consumidor/pdf/resp001.pdf>>. Acesso: 30 ago. 2011.

IMPLANTI TRATTAMENTO RIFIUTI - ITR. **El proceso de transformación y trituración I.T.R.** Jueves, 2011. Disponível em: <<http://www.itrimpanti.com/esp/--sistemas-de-reciclaje-para-refrigeradores-fuera-de-uso-318.asp?idPage=281&id=318>>. Acesso em: 22 ago. 2011.

J2DA. **Logística Reversa ou Logística Verde**. [S. I.], 2010. Disponível em: <<http://j2da.wordpress.com/2010/05/18/logistica-reversa-ou-logistica-verde/>>. Acesso em: 24 jul. 2011.

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

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: 31 ago. 2011.

PROGRAMA DAS NAÇÕES UNIDAS PARA O DESENVOLVIMENTO – PNUD. Venâncio Aires, 2008. Disponível em: <[http://www.pnud.org.br/projetos/meio\\_ambiente/visualiza.php?id07=116](http://www.pnud.org.br/projetos/meio_ambiente/visualiza.php?id07=116)>. Acesso em: 20/08/2011.

REVLOG. Grupo de Estudos de Logística Reversa. [S. I.], 2002. Disponível em: <<http://www.fbk.eur.nl/OZ/REVLOG/Introduction.htm>>. Acesso em: 6 out. 2011.

REVERT BRASIL. **Etapas do processo de manufatura reversa**. [S. I.], 2011. Disponível em: <<http://www.revertbrasil.com.br/index.php?pg=servicos#>>. Acesso em: 22 ago. 2011.

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: 12 ago. 2011.

## Anexos

### Modelos de geladeiras que devem ser substituídos (Figura 1):



Figura 1 – Modelos de Geladeiras a serem substituídos  
Fonte: (adaptado de CEAL, [200?])

### Modelo Básico ideal de Geladeira (Figura 2):

Refrigerador com gás refrigerante Isobutano e gás de expansão C-Pentato (não agride a camada de ozônio).



Classe A  
Consumo de Energia  
24.0 kWh

**Maior área de congelamento**  
Melhor organização e conservação para os alimentos

**2 Prateleiras de altura regulável na porta**  
Com porta ovos e garrafas

**2 Prateleiras aramadas de altura regulável**  
Permite acomodar e organizar melhor os alimentos

**Gaveta para legumes**

Espaço ideal para frutas, verduras e legumes.

**Termostato**  
**Iluminação Interna**

**Ampla espaço interno**  
261 litros líquidos

Figura 2 – Modelo ideal de refrigerador  
Fonte: (CEAL, [200?])

#### Nome do técnico responsável

Lucas José Campanha  
Maria Cristina Meneghin  
Ricardo Augusto Bonotto Barboza

#### Nome da Instituição do SBRT responsável

Universidade Estadual Paulista ( SIRT/UNESP)

#### Data de finalização

28 nov. 2011