

GESTÃO DE RESÍDUOS ELETROELETRONICOS: PROPOSTA PARA IMPLEMENTAÇÃO DE SISTEMA DE LOGÍSTICA REVERSA DE REFRIGERADORES NO BRASIL

Fabrcia M.S. Silva⁽¹⁾

Doutoranda em Engenharia Civil pela Universidade Federal de Pernambuco

Ingrid R.F.S. Alves

Doutoranda em Engenharia Civil pela Universidade Federal de Pernambuco

Lúcia Helena Xavier

Pesquisador Adjunta – CGEA – Fundação Joaquim Nabuco

Rosangela S. Cardoso

Mestre em Engenharia Química – Pesquisadora da Universidade Federal da Paraíba

Endereço⁽¹⁾: Universidade Federal de Pernambuco. Centro de Tecnologia e Geociências, Departamento de Engenharia Civil. Grupo de Resíduos Sólidos – GRS/UFPE, Recife – PE – Brasil - Tel/Fax: +55 (81) 3073-6586 - e-mail: fabricia82@yahoo.com.br

RESUMO

O gerenciamento de resíduos eletroeletrônicos consiste em uma prática, até então, pouco priorizada no país. Apesar de serem conhecidos os impactos negativos decorrente da destinação indevida de sucatas de metais no meio ambiente, pouca informação a respeito de técnicas e processos tornava difícil a prática de gerenciamento de resíduos eletroeletrônicos de forma eficaz. Por outro lado, nas últimas décadas, o fortalecimento de economias, o aumento do consumo de produtos eletroeletrônicos e, por outro lado, a consolidação de instrumentos técnicos e legais, em vários países, gerou uma significativa demanda por postos de desmontagem e processamentos de produtos e componentes eletroeletrônicos. Os refrigeradores, por sua vez, consistem em uma proposta atual contemplada em mecanismos regulamentadores brasileiros. Desta forma, o presente trabalho busca contribuir com a proposta de um sistema de logística reversa de refrigeradores, bem como apresentar considerações a respeito do gerenciamento dessa categoria de equipamento eletroeletrônico.

PALAVRAS-CHAVE: Logística reversa, gestão de resíduos eletroeletrônicos, gestão ambiental.

INTRODUÇÃO

A indústria de eletroeletrônicos no Brasil, durante os anos, tem apresentado um grande crescimento na venda de produtos. Dentre os principais fatores que motivam tal aumento estão: diversidade de funcionalidades dos equipamentos produzidos, redução do tempo de vida útil, redução do custo final do produto e inovação tecnológica. No entanto, associado ao 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.

Tecnologias e produtos inovadores foram lançados no mercado em curto espaço de tempo eliminando fronteiras nacionais e aumentando o fluxo de produção e comércio entre os países. O potencial de geração dos resíduos de equipamentos eletrônicos estimado por Rodrigues (2007) entre os anos de 2002 a 2016 foi em média de 493.400 toneladas anuais, representando uma média per capita de 2,6 Kg/ano.

A globalização pode ser interpretada como um dos principais fatores que motivaram tanto a melhoria do desempenho produtivo e comercial, como também a melhoria na qualidade de vida em muitos países. Porém este avanço também acelerou a degradação do meio ambiente, provocada pelo abandono de produtos manufaturados em desuso e pela geração de resíduos (GIOVINE e SACOMANO, 2007).

De modo geral, o complexo eletrônico é dividido em quatro segmentos: informática, telecomunicações, automação e bens eletrônicos de consumo. Dentre os segmentos, os produtos da Linha Branca compõem 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).

Segundo Alcântara e Albuquerque (2008), equipamentos da Linha Branca são assim chamados por serem produzidos, geralmente nessa cor. Segundo esses autores, tal linha corresponde aos seguintes itens: refrigeradores, freezers verticais, congeladores horizontais, lavadoras automáticas, secadoras de roupas, fogões, condicionadores de ar e fornos de microondas.

A indústria de eletroeletrônicos de Linha Branca está presente no Brasil desde o final da década de quarenta e, nos últimos anos, esse setor vem contribuindo significativamente para a economia do país. Segundo Toledo (1993) o aumento na sua produção e, conseqüentemente, uma grande demanda nas vendas, contribui diretamente na geração e empregos e nas exportações nacionais. Atualmente, esse mercado de eletroeletrônicos, está entre os maiores do mundo, atrás de EUA, China, Alemanha, Inglaterra e Japão (MASCARENHAS, 2005).

O segmento de eletroeletrônico é um dos mais dinâmicos e intensamente afetados pelas constantes inovações que têm alterado os padrões produtivos a nível mundial. Atualmente, devido às inovações no mercado de Linha Branca e as mudanças nos padrões de vida, ocasionam um problema sério 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.

Neste contexto, o trabalho visa apresentar um panorama da situação dos REEE, em especial a Linha Branca no Brasil, através da proposta de um sistema de logística reversa de refrigeradores, que contemple a avaliação de mecanismos de reaproveitamento (reuso, remanufatura e reciclagem), contribuindo para a efetividade das ações oriundas do poder público, bem como para a conscientização da população em geral, com base no arcabouço legal e normativo em vigor.

A metodologia do trabalho consistiu no levantamento e breve análise de dados secundários sobre produção, venda e consumo de eletrodomésticos Linha Branca, consumo de energia elétrica de refrigeradores e geração de resíduos pós-consumo. Busca-se, dessa forma, subsidiar tomadores de decisão a respeito da necessidade de se criar alternativas para o tratamento e recuperação dos resíduos sólidos, como mecanismo de emprego e renda, de preservação do meio-ambiente, evitando desta maneira o impacto causador da degradação socioambiental.

1. PANORAMA DE PRODUTOS LINHA BRANCA NO BRASIL

A indústria de eletrodomésticos de Linha Branca indicador do ponto de vista social e econômico, ou seja, a falta de um eletrodoméstico essencial como o fogão em uma residência, muitas vezes pode ser utilizado com uma forma de avaliar o padrão econômico das famílias. Pesquisas de mercado citadas por Mascarenhas (2005) mostram que os consumidores consideram fogão, geladeira e máquina de lavar os eletrodomésticos mais essenciais e que mais de 95% das residências brasileiras possuíam fogões e geladeiras em 2004.

Em termos mundiais a indústria da Linha Branca tem sofrido um intenso processo de mudança estrutural e principalmente com o surgimento de novos mercados. Após a implantação do Plano Real, pacote de mudanças econômicas no país ocorrido em julho de 1994, a indústria de Linha Branca passa a sofrer um processo de transformação, não somente do ponto de vista da competitividade, mas também do ponto de vista de crescimento absoluto do mercado.

Segundo um levantamento realizado em 2004, as quatro maiores indústrias multinacionais de Linha Branca existentes no Brasil respondiam por mais de 80% da receita líquida do setor. A produção concentrava-se nas empresas Multibrás (detentora das marcas Brastemp e Consul) (37,2%), Electrolux (20,9%), BSH Continental (13,6%) e Mabe (10,4%). Entre os produtos da linha, o mercado mais concentrado é o de refrigeradores, os quais respondem por cerca de 90% da produção (MASCARENHAS, 2005 *apud* ALBERGONI, 2009). Atualmente, a empresa detentora de maior produção de refrigeradores é a Whirlpool Latin America, Subsidiária da Whirlpool Corporation, maior fabricante mundial de eletrodomésticos, que contempla as empresas Brastemp, Consul e KitchenAid, substituindo a antiga Multibrás.

Os modelos de refrigeradores fabricados a dez anos atrás consumiam em média, 40% mais eletricidade que os modelos atuais (WHIRLPOOL, 2009). Visando estimular a fabricação brasileira de produtos domésticos mais eficientes em relação à economia de energia, em 1993 foi instituído o Selo Procel de Economia de Energia. O Selo Procel tem por objetivo orientar o consumidor no ato da compra, indicando os produtos que apresentam os melhores níveis de eficiência energética dentro de cada categoria, proporcionando assim economia na sua conta de energia elétrica. Também estimula a fabricação e a comercialização de produtos mais eficientes, contribuindo para o desenvolvimento tecnológico e a preservação do meio ambiente (ELETROBRÁS, 2010).

De acordo com testes realizados pelo INMETRO (2003), os equipamentos eletroeletrônicos são categorizados conforme a faixa 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.

A Tabela 1 apresenta os índices de eficiência analisados para diferentes marcas de refrigerados categorizados na faixa A, conforme INMETRO (2010).

Tabela 1: Faixas de classificação da eficiência energética para marcas de refrigeradores.

MARCA DO REFRIGERADOR	MODELO	CONSUMO DE ENERGIA (KWH/MÊS) 127 OU 220V	ÍNDICE DE EFICIÊNCIA (C/CP) 127 OU 220V	FAIXA DE CLASSIFICAÇÃO
ELECTROLUX	RE26	22,8	0,820	A
CÔNSUL	CRC30E	23,0	0,807	A
BRASTEMP	BRA08B	17,5	0,799	A
MABE-CONTINENTAL	RC27	23,7	0,837	A

Fonte: Modificado a partir de INMETRO, 2010.

Desde 1998, programas de eficiência energética para consumidores residenciais de baixa renda têm sido implementados no Brasil. No entanto, somente a partir de 2005, tornou-se obrigatório que cada concessionária investisse, no mínimo, 50% de seu investimento anual em tais programas voltados para comunidades de baixa renda (MASCARENHAS, 2005; JANNUZZI, 2007). Dessa forma, a população é estimulada a substituir suas geladeiras velhas por aparelhos com maior eficiência energética e que não usam gás CFC em seus sistemas de refrigeração, a um custo mais baixo.

Em abril de 2009, com a redução do IPI (Imposto sobre Produtos Importados), houve um aumento considerável na demanda de novos produtos, o que acarretou na substituição de refrigeradores obsoletos e conseqüentemente uma maior geração de resíduos. De acordo com Alcântara e Albuquerque (2008) a demanda por esses produtos são cada vez mais exigentes quanto à sua diversificação, as quais envolvem desde designs mais inovadores até tecnologias mais avançadas, que proporcionem uma maior eficiência com menor consumo de energia.

As inovações no mercado de Linha Branca, em geral, são baseadas mais em design e imagem do que em funcionalidades do produto, o que pouco favorece melhorias no seu desempenho (ALBERGONI, 2009). O principal foco das empresas líderes de mercado tem sido nichos que apreciam cada vez mais funcionalidades práticas e decorativas. Logo pesquisas indicam que o setor segmenta o mercado em dois tipos: classe A e B, com produtos mais sofisticados em design e funcionalidades; classe C e D, com produtos mais simples e econômicos (MASCARENHAS, 2005).

Os constantes avanços tecnológicos que consistem na melhoria nos níveis de produção, barateamento de insumos, lançamento de milhares de novos produtos, obsolescência precoce e o 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 (LEITE, 2003). Por consequência, o descarte de produtos de grande porte tem se tornado freqüente na sociedade devido a facilidade de aquisição de novos produtos, o que tem acarretado a busca por soluções ambientalmente corretas que visam a sustentabilidade das gerações futuras.

3. ANÁLISE DO CICLO DE VIDA DE REFRIGERADORES

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 (PESSOA FILHO e COSTA, 2009).

Por definição, a avaliação do Ciclo de Vida é uma técnica para a compilação e a avaliação das entradas, das saídas e dos impactos ambientais potenciais de um sistema de produto ao longo de seu ciclo de vida (ABNT, 2001 *apud* ALDO OMETTO, 2008).

Segundo Chehebe (1997), estabelecidas pela ISO 14040, são quatro as fases que compõem a ACV de produtos e serviços: (1) Objetivo e Escopo; (2) Análise do Inventário; (3) Avaliação do Impacto e (4) Interpretação. As principais etapas de um estudo de ACV são definidas da seguinte forma:

1. Definição do Objetivo e Escopo: Nessa fase, a razão principal para a condução do estudo, sua abrangência e limites, a unidade funcional, a metodologia e os procedimentos considerados necessários para a garantia da qualidade do estudo e que deverão ser adotados são definidos.

2. Análise de Inventário: É a fase que contempla o levantamento, a compilação e a quantificação das entradas e saídas de um determinado sistema em termos de energia, recursos naturais e emissões para água, terra e ar, considerando as categorias de impacto e as fronteiras definidas, com resultados ponderados pela unidade funcional.

3. Avaliação de Impacto: Etapa onde se procura entender e avaliar a intensidade e o significado das alterações potenciais sobre o meio ambiente associado ao consumo de recursos naturais e de energia e da emissão de substâncias, relativas ao ciclo de vida do produto em estudo. As principais categorias de impactos são: consumo de recursos naturais; consumo de energia; efeito estufa; acidificação; toxicidade humana; eutrofização; redução da camada de ozônio.

4. Interpretação: Nesta fase, os resultados da Análise de Inventário e/ou da Avaliação de Impacto são relacionados ao objetivo e ao escopo do estudo para chegar às conclusões e recomendações aos tomadores de decisão.

Nos anos 70, com a crise do petróleo e com o aumento da população mundial, a sociedade começou a questionar o limite da extração de recursos naturais, especialmente de combustíveis fósseis e recursos minerais escassos, bem como o impacto da poluição gerada. Nos anos 80, a preocupação com o meio ambiente aumentou e como resultado, as novas metodologias passaram a ser consideradas como ferramentas para a gestão ambiental, tais como ecobalço (*ecobalance*), ecoperfil (*ecoprofile*), análise de berço ao túmulo (*cradle to grave*), análise do ciclo de vida (*life cycle analysis*) ou avaliação do ciclo de vida (*life cycle assessment*) (PRADO e KASKANTZIS NETO, 2005).

Os bens industriais apresentam ciclos de vida útil que variam de alguns dias a algumas décadas, classificando-se em bens descartáveis, semiduráveis ou duráveis, que são disponibilizados pela sociedade ao término de sua utilidade original. Em geral, produtos de grande porte, tais como eletrodomésticos possuem tempo de vida mais prolongado. No Brasil, em média, os refrigeradores domésticos possuem um tempo de vida estimado entre 10 a 15 anos. (LEITE, 2003; MELO E JANUZZI, 2008).

A 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. Neste contexto, surge também o conceito de reaproveitamento industrial por meio da reciclagem de rejeitos e da reutilização de produtos descartados (MARTORELLI *et al.*, 2009).

O ciclo de vida do produto, dentro de um conceito de logística reversa, 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).

Os refrigeradores estão entre os equipamentos que representam as maiores participações no consumo residencial de eletricidade no Brasil. Aumentar a eficiência do consumo de energia prestando o mesmo serviço propicia vantagens tanto pelo lado ambiental como econômico: 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).

Atualmente, em relação aos equipamentos Linha Branca a maior parte do impacto ambiental ocorre durante o uso, através do consumo de energia e água (ELETROLUX, 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 1), na forma de consumo de eletricidade e relacionado com as emissões de CO₂.

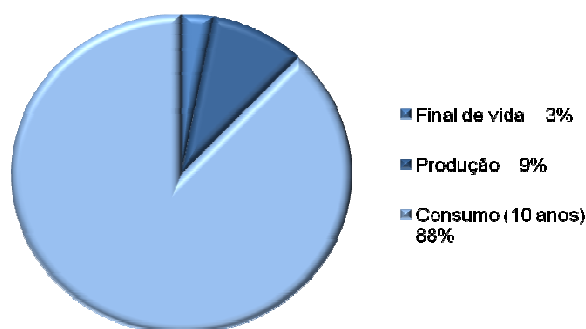


Figura 1. Percentual de impactos gerados durante o ciclo de vida de um refrigerador

Fonte: <http://www.electrolux.com/node106.aspx>

A análise do ciclo de vida de refrigeradores deve permitir a otimização do 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 e informar aos consumidores a melhor maneira de utilizar os produtos, através do baixo consumo de energia elétrica, garantindo sua eficiência (MARTORELLI *et al.*, 2009).

Além disso, o uso de material reciclado durante o processo produtivo de refrigeradores pode proporcionar vantagens ambientais e econômicas, com diminuição na utilização de óleo e água, quando comparado com a matéria prima virgem. Conforme a Electrolux, em média 60% de aço reciclado é utilizado na produção dos refrigeradores e estes são desenhados com o intuito de permitir uma fácil desmontagem.

Observa-se, portanto, que em busca de melhoria continua na qualidade de vida do planeta, na minimização dos impactos ambientais e na 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).

Nesse contexto, a logística reversa 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 (LEITE, 2003). Para tanto, devem ser levados em consideração aspectos logísticos, legislativos e socioambientais que avaliem a situação do processo produtivo e definam a viabilidade das etapas do ciclo de vida dos produtos.

4. ASPECTOS LEGAIS E TÉCNICOS DA RECICLAGEM DE REFRIGERADORES

Atualmente, a questão da gestão de resíduos de equipamentos elétricos e eletrônicos (REEE) tem atraído uma atenção especial no que se refere a disposição inadequada, pois estes além de possuírem uma grande quantidade de componentes valiosos (plásticos, metias, borracha entre outros) que podem ser reciclados e recuperados, possuem também várias substâncias tóxicas e poluentes, tais como os metais pesados, que podem comprometer a saúde humana e o ecossistema. Além disso, o montante gerado constitui uma das frações de resíduos que mais cresce na últimos anos.

Os REEE incluem todos os componentes, subconjuntos e materiais de consumo que fazem parte do produto no momento do seu descarte. A reciclagem de lixo eletrônico implica na desmontagem e na destruição dos equipamentos para a recuperação de novos materiais, sendo a separação mecânica dos componentes o primeiro passo. 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).

No Brasil, os eletrodomésticos quando não são repassados para as classes C e D, e quando não aproveitados para o uso doméstico por essas classes, esses são vendidos para sucateiros ou descartados e lançados em vias públicas, calçadas residências, lixões e outros destinos ignorados. A reciclagem é realizada por catadores ou carregadores associados a um ferro velho que recondiciona o eletrodoméstico, recolocando-o no mercado. Quando não é possível consertá-lo, todos os componentes reaproveitáveis são retirados para utilizar no conserto de outros eletrodomésticos (KOSSAKA, 2004; MASCARENHAS, 2005).

E após o reaproveitamento dos componentes sobram partes de metais, vidros e plásticos que são vendidos a empresas especializadas na reciclagem desses materiais (Figura 2). Vale salientar que cerca de 90% dos

materiais utilizados em refrigeradores podem ser reciclados, o que traria benefícios significativos, se ocorresse em larga escala (WHIRLPOOL, 2009). No entanto alguns produtos do segmento Linha Branca necessitam de cuidados especiais antes do descarte no meio ambiente, por possuírem componentes químicos e tóxicos, tais como os gases CFC's que atuam diretamente no efeito estufa (KOSSAKA, 2004).

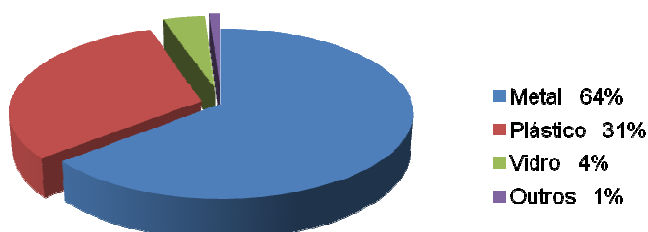


Figura 2: Materiais básicos usados na fabricação de refrigeradores.

Fonte: Modificado a partir de Kang e Shoenung (2005)

Um refrigerador consiste em um corpo, os meios de funcionamento e outras partes e acessórios. O corpo é constituído de ferro, alumínio, poliuretano, plásticos e borracha; os meios de funcionamento consistem 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).

O Brasil possui hoje cerca de 50 milhões de refrigeradores e desse total, estima-se que 11 milhões ainda dependam de um gás altamente poluente para funcionar: o CFC (clorofluorcarbono), que destrói a camada de ozônio e agrava o efeito estufa ao mesmo tempo. Vale salientar que o Protocolo de Montreal, em 1987, determinou a substituição do CFC por outros gases menos danosos ao meio ambiente (ESSENCIS, 2010).

O consumo de CFC no país baixou de 10 mil toneladas, em 1995, para cerca de 480 toneladas, em 2006. Desde 1999, não se produz mais CFC no Brasil e segundo a Resolução CONAMA N°267/00, as importações de CFCs 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 ciclo-pentano e HFC 134 (PNUD, 2008). Ainda como suporte ao cumprimento da meta estabelecida pelo CONAMA foi aprovado o Plano Nacional de Eliminação de CFC – PNC, em julho de 2002. Utilizando esse 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

Um dos projetos propostos na revisão do Plano Nacional de Eliminação de CFCs – PNC, realizada e aprovada em 2006, foi o 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, o que resultou na elaboração da NBR 15.833: “Manufatura reversa – Aparelhos de refrigeração”, válida a partir de junho de 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 criou em 2005 um programa pioneiro de logística reversa para a reciclagem de eletrodomésticos. Desde a implantação do processo, já foram recicladas cerca de 990 toneladas de materiais. Em 2008, a Central de Reciclagem na unidade de Joinville-SC reciclou 90% dos materiais de refrigeradores e freezers. Os 10% restantes foram adequadamente destinados para aterros industriais. Vale lembrar que este índice de reciclagem é superior aos 75% exigidos pelas Diretrizes da Waste Electrical and Electronic Equipment (WEEE), requisito que entrou em vigor na União Européia em dezembro de 2006 (ECOPRESS, 2008).

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

Em 2009, foi inaugurado um Projeto-piloto na Cidade Industrial de Curitiba -PR (CIC), que desmonta refrigeradores antigos sem liberar o gás CFC e atualmente já funciona em escala comercial, reciclando em 2009 cerca de 300 mil refrigeradores. A empresa tem uma unidade de tratamento de resíduos industriais, e importou a tecnologia da Alemanha, na qual a geladeira é triturada e seus diferentes materiais, separados pela máquina, permite aproveitar 99,5% do CFC, que em seguida é transformado em líquido e incinerado em ambiente controlado. Já as técnicas convencionais de reciclagem recuperam apenas 60% do gás CFC contido nas velhas geladeiras e se concentram apenas no compressor, que tem 300 gramas do gás, mas ignoram a espuma de poliuretano, que tem 800 gramas de CFC (JASPER, 2009).

A reciclagem de equipamentos eletrônicos já é obrigatória em muitos países desenvolvidos, tais como Europa (European Commission-WEEE Directive, 2003) e Japão (Home Appliance Recycling Law, 1998), onde se adota o Princípio da Responsabilidade Estendida do Produtor – REP, sendo o produtor responsável pelo gerenciamento ambientalmente correto do seu produto pós-consumo. No Brasil, no que se refere à políticas regionais, apenas poucas cidades possuem projeto de lei que visam regulamentar o uso ou descarte de REEE, é o caso da cidade de São Paulo (Projeto de lei nº 33, de 2008), Santa Catarina (Projeto de lei 0471 de 2007) e Paraná (Lei nº 15.851 de 2008). A nível nacional recentemente, em 2010, foi aprovada a Política Nacional de Resíduos Sólidos que obrigará os fabricantes, importadores, distribuidores e comerciantes a estruturar e implementar sistemas de logística reversa.

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), 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 3).

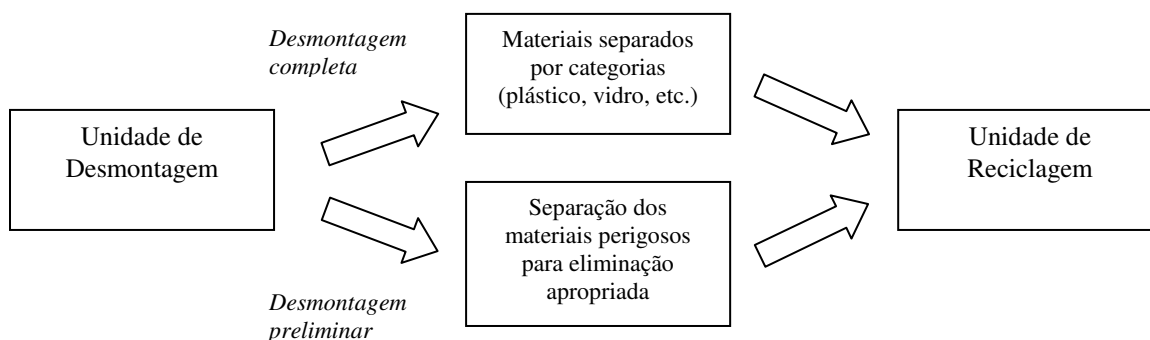


Figura 3: Etapas iniciais da Desmontagem à Reciclagem de refrigeradores.

Na unidade de reciclagem, após preliminar ou completa desmontagem o corpo do refrigerador é triturado e transformado. A trituração pode ocorrer em um ambiente aberto ou hermético, neste último o CFC-11 contido dentro da espuma de poliuretano pode ser recuperado e reciclado após condensação. Os metais (ferro, cobre alumínio) são separados dos materiais não-metálicos (plásticos) e podem ser recuperados após separação magnética, separação da corrente de redemoinho ou a classificação de ar. Por fim, existe uma unidade de eliminação onde os materiais rejeitados são destinados principalmente à incineração ou descarte em aterros (Figura 4).

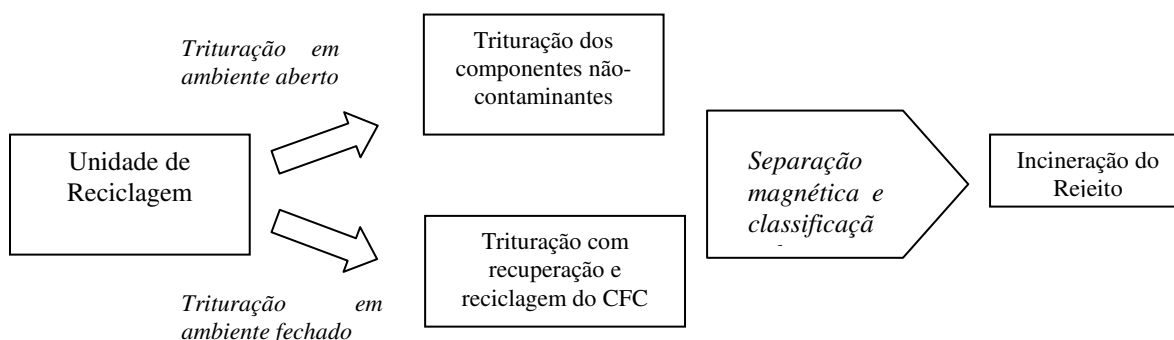


Figura 4: Etapas da Reciclagem de refrigeradores.

A reciclagem de resíduos eletroeletrônicos, em geral, se dá através da manufatura reversa, ou seja, os materiais são desmontados, 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 são reaproveitados como matéria-prima em outros processos industriais.

O processo de manufatura reversa de refrigeradores deve respeitar os requisitos mínimos para desmontagem e disposição dos resíduos, visando minimizar as emissões de CFCs e a liberação no ambiente de materiais que agriam a camada de ozônio e outros poluentes, como por exemplo, o HCFC e compostos orgânicos voláteis. A transformação deve ser realizada mediante o emprego de equipamentos técnicos adequados com funcionamento à vácuo para cada fase do processo, conforme descrito abaixo (ESSENCIS, 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.

4. RECICLAGEM DE REFRIGERADORES – PROPOSTA DE SISTEMA DE LOGÍSTICA REVERSA

Considerando a abordagem anterior a respeito das etapas de processamento de refrigeradores pós-consumo, apresenta-se uma proposta de ciclo de vida para produtos eletroeletrônicos de Linha Branca, especificamente refrigeradores (Figura 5). Após o tempo de vida útil dos refrigeradores, eles ficam obsoletos e são substituídos por novos produtos. No entanto, os produtos antigos tornam-se resíduos ou sucatas, podendo ter três destinos distintos: reuso, remanufatura e reciclagem.

O reuso é uma técnica na qual os refrigeradores são destinados a novos usuários. No Brasil, poderão ser reutilizados e reaproveitados pelas classes “C e D” (baixa renda), já que muitos são descartados ainda em bom estado de funcionamento. Estima-se que a participação de refrigeradores com idade superior a 10 anos no estoque em uso seja de aproximadamente 12%, indicando assim um prolongamento do uso de equipamentos com utilização de tecnologias ineficientes e com eficiência degradada (MELO e JANNUZZI, 2008).

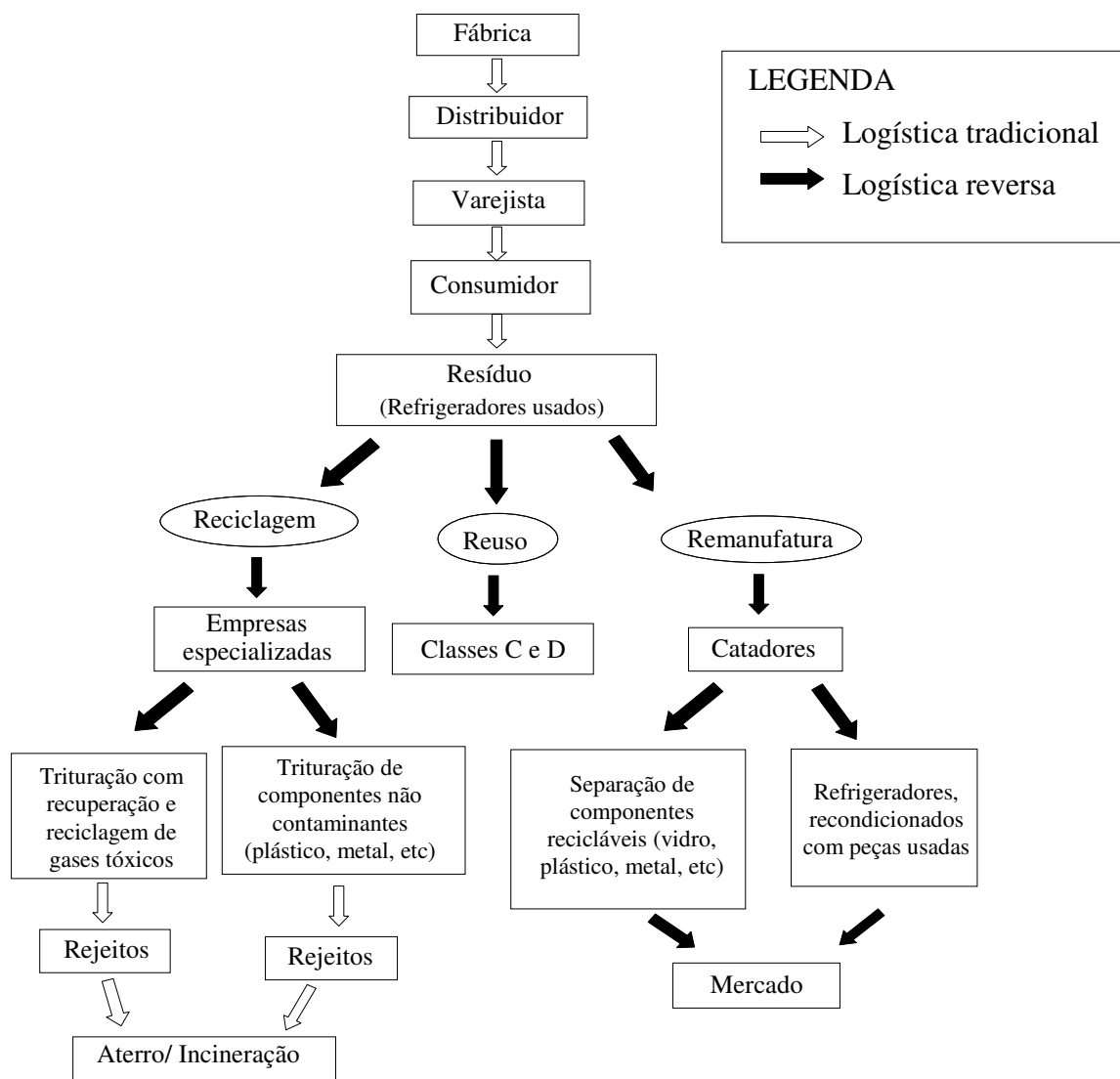


Figura 5: Proposta de ciclo de vida para refrigeradores.

Os refrigeradores usados podem ser remanufaturados com a ajuda de catadores, e retornar para o mercado na forma de componentes recicláveis ou reconicionados com um preço atrativo para o consumidor. No entanto, essa alternativa exige espaço físico e pessoal capacitado para desmontar e testar os componentes.

Outro destino ilustrado na Figura 5, é a reciclagem por meio de empresas especializadas, que assegura ao fabricante que seus produtos serão recolhidos e tratados de forma ambientalmente responsável cumprindo com as legislações vigentes (FERNANDEZ *et al*, 2004).

Após o tratamento adequado, os materiais nobres são separados e podem ser utilizados como matéria prima de novos processos produtivos. A separação desses materiais pode ser realizada de forma mais eficiente, através da desmontagem de produtos desenhados com intuito de promover sua própria reciclagem, denominados ecoprodutos. No entanto, após a separação das partes nobres, os rejeitos (materiais sem funcionalidade) devem ser destinados a aterros ou incinerados.

As diversas formas de destinação dos equipamentos eletroeletrônicos pós-consumo está diretamente relacionada a fatores culturais e econômicos. Entretanto, as legislações específicas de cada país 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.

Atualmente a responsabilidade sobre os resíduos eletroeletrônicos particularmente de Linha Branca gerados em diversos países tem se tornado mais abrangente, transformando-se em uma responsabilidade 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.

5. CONCLUSÃO

Um grande desafio para a implantação de um sistema logístico aplicável a realidade atual da gestão de resíduos eletroeletrônicos no país, é a elaboração de uma metodologia padroniza para desmontar refrigeradores, devido a grande quantidade e variedade de modelos e marcas existentes no mercado, bem como a obsolescência dos mesmos. No entanto, a partir do sistema proposto nesse trabalho, percebe-se que para a eficácia do gerenciamento de refrigeradores pós-consumo, devem ser levados em consideração aspectos logísticos, legais e socioambientais que corroborem para a viabilidade das etapas do ciclo de vida dos produtos.

De acordo com critérios legais específicos para o gerenciamento de refrigeradores pós-consumo, bem como a partir de recentes abordagens da legislação ambiental que preconizam, em diversos âmbitos, a inserção de cooperativas e associações de catadores.

Por fim, conforme apresentado nos resultados, por meio da proposta do sistema de logística reversa de refrigeradores, a questão socioambiental mostra-se como um forte componente, seja pelo beneficiamento das classes C e D com equipamentos pós-consumo, e, principalmente, pela atuação de catadores na desmontagem, triagem e processamento de equipamentos e componentes. Conforme ressaltado nos resultados, a capacitação técnica se faz fundamental para a inserção socioambiental de catadores. Desta forma, espera-se que, em um futuro próximo, haja investimentos significativos em técnicas de otimização dos processos de desmontagem e reciclagem de componentes, tanto provenientes da iniciativa pública quanto da iniciativa privada.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ABINEE (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA ELÉTRICA E ELETRÔNICA). Sondagem setorial. Jan-mai, 2010.
2. ALBERGONI, L. Panorama setorial: o setor de Linha Branca pré-redução do IPI. *Vitrine da Conjuntura*, Curitiba, v.2, n.5, julho 2009.
3. ALCÂNTARA, C. D.; ALBUQUERQUE, D. P. L. Análise do potencial da indústria da Linha Branca no Ceará - Textos para discussão do Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará. Governo do Estado do Ceará e Secretaria do Planejamento e Gestão-SEPLAG.2008. http://www.ipece.ce.gov.br/publicacoes/textos_discussao/td_42.pdf
4. 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: 20/06/2010.
5. CHEHEBE, J.R.B. (1997). *Análise do Ciclo de Vida de Produtos: ferramenta gerencial da ISO 14000*. Rio de Janeiro: Qualitymark.
6. DENG, J.; WEN, X; ZHAO Y. (2008). Evaluating the treatment of E-waste — a case study of discarded refrigerators. *J China Univ Mining & Technol*, n. 18, p. 0454–0458.
7. ECOPRESS (2008). Whirlpool Recicla 990 Toneladas de Componentes de Eletrodomésticos. <http://www.ecopress.org.br/eco+watch/whirlpool+recicla+990+toneladas+de+componentes+de+eletrodomesticos>. Acesso em 18/06/2010.
8. ELETROBRAS (2010). Disponível em: <http://www.eletronbras.gov.br/elb/procel>.
9. ELECTROLUX. Life cycle. Disponível em: <http://www.electrolux.com/node106.aspx>. Acesso em 27 de maio de 2010. Acesso em 27 de junho de 2010.
10. ESSENCIS – SOLUÇÕES AMBIENTAIS (2010). Disponível em: <http://www.essencis.com.br/unidades/essencis-manufatura-reversa/manufatura-reversa-de-refrigeradores-congeladores-e-condicionadores-de-ar>. Acesso em 27 de junho de 2010.
11. FERNANDEZ, A.D. ÁLVAREZ, M.J.G.; GONZALEZ, P.T. (2004). *Logística Inversa y Medio Ambiente. Aspectos Estratégicos y Operativos*. Mc Graw Hill. 353 p.
12. GARCIA, M. G. (2006). Logística Reversa: uma alternativa para reduzir custos e criar valor. In: *XIII Simpósio de Engenharia da Produção*. Anais do XIII SIMPEP, 2006. Bauru-SP.
13. GIOVINE, H.; SACOMANO, J. B (2007). A logística reversa como instrumento de melhoria do meio ambiente: um estudo de caso sobre a fábrica de reciclagem de eletrodomésticos da Matsushita. In: *XXVII Encontro Nacional de Engenharia de Produção*. Foz do Iguaçu – PR.
14. INMETRO, 2003. Programa Brasileiro de Etiquetagem. Refrigeradores e Assemblados (congeladores, combinados e conservadores). Disponível em: <http://www.inmetro.gov.br/consumidor/resp001.pdf>. Acesso em julho de 2010.
15. _____, 2010. Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial. Disponível em: <http://www.inmetro.gov.br/consumidor/pbe/refrigeradores.pdf>. Acesso em julho de 2010.
16. JANNUZZI, G. M. *Programa de substituição de refrigeradores domésticos para domicílios de baixa renda no brasil*. Publicação produzida para revisão da Agência dos Estados Unidos para o Desenvolvimento Internacional, 2007. disponível em :http://pdf.usaid.gov/pdf_docs/pnadj547.pdf
17. JASPER, F. (2009). Curitiba Inicia Reciclagem de Geladeiras. *Jornal Gazeta do Povo*. <http://www.gazetadopovo.com.br/economia/conteudo.phtml?id=867164>. Publicado em 15/03/2009. Acesso em: 18/06/2010.
18. KAHHAT, R.; KIM, J.; XU, M.; ALLENBY, B.; WILLIAMS, E. ZHANG, P. (2008) Exploring e-waste management systems in the United States. *Resources, Conservation and Recycling*. v.52, p. 955-964.
19. KANG, H.Y., SHOENUNG J.M.. Electronic waste recycling: A review of U.S. infrastructure and technology options. *Resources Conservation & Recycling*, Elsevier, v.45, p.368-400. 2005.
20. KOSSAKA, J. (2004). *Método de reciclagem de espuma rígida de poliuretano de refrigeradores e congeladores de uso domésticos*. Dissertação – engenharia de matérias e processo – Universidade Federal do Paraná. 66 p.
21. LEITE, P. R. (2003). *Logística Reversa: Meio Ambiente e Competitividade*. São Paulo, Editora Prentice Hall.
22. MASCARENHAS, H. R. (2005). *O setor de eletrodomésticos da Linha Branca: um diagnóstico e a relação varejo-indústria*. Dissertação (MPFE) – FGV: Escola de Economia de São Paulo. São Paulo, 238p.

23. MATORELLI, C.R.; SILVEIRA, L.C.; MENEZES, S.C.B.T. (2009). *Análise do Ciclo de Vida: Contribuições para a Melhoria da Ecoeficiência 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.
24. MELO, C.A.; JANUZZI, G.M. (2008). Estoque de Refrigeradores no Brasil: Diferenças e Semelhanças Regionais por Faixa de Renda. *Espaço Energia*, n.08, p. 20-27.
25. 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>
26. PRADO, M.R.; KASKANTZIS NETO, G. (2005). A análise do Ciclo de Vida como ferramenta de otimização de processos e gestão ambiental. *Revista Eletrônica Polidisciplinar Vôos*, v.1, n.1. Disponível em: <http://pluridata.sites.uol.com.br/voos.htm>.
27. PROGRAMA DAS NAÇÕES UNIDAS PARA O DESENVOLVIMENTO - PNUD (2008) http://www.pnud.org.br/projetos/meio_ambiente/visualiza.php?id07=116. Acesso em: 20/06/2010.
28. QSP Últimas Notícias (2005). Disponível em <http://www.qsp.org.br/ultimas115.htm>. Ano 9, edição nº 272. Acesso: 30 de junho de 2010.
29. ROBINSON, R.B. (2008) E-waste: An assessment of global production and environmental impacts. *Science of the Total Environment*, n.408, p. 183–191.
30. RODRIGUES, A.C. Impactos socioambientais dos resíduos de equipamentos elétricos e eletrônicos: estudo da cadeia pós-consumo no Brasil. Dissertação - Universidade Metodista de Piracicaba, Faculdade de Engenharia, Arquitetura e Urbanismo, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção. São Paulo. 2007.
31. Termo de Referência (2008). – *Elaboração de Norma Técnica para desmontagem de refrigeradores*. <http://www.pnud.org.br/recrutamento/arquivos/1208204154.pdf>. Acesso em 18/06/2010.
32. TOLEDO, J. C. (1993). *Gestão da Mudança da Qualidade do Produto*. Tese de Doutorado, Escola Politécnica da Universidade São Paulo. São Paulo.
33. TORRES, A.J.F.; ROCHA, M.M. (2008). *Sistema de Monitoramento de Temperatura Interna de Refrigeradores*. Monografia de conclusão de curso. Núcleo de Ciências Exatas e Tecnológicas. Engenharia Elétrica. Universidade Positivo, Curitiba-PR.