

**UNIVERSIDADE DO VALE DO RIO DOS SINOS - UNISINOS  
UNIDADE ACADÊMICA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO E  
SISTEMAS  
MESTRADO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**

**ALCIO SOUZA DINIZ JUNIOR**

**IDENTIFICAÇÃO E ANÁLISE DOS FATORES E ASPECTOS QUE CONTRIBUEM  
PARA A SUSTENTABILIDADE ECONÔMICA E AMBIENTAL DE UM SISTEMA  
REVERSO DE TRATAMENTO DO RESÍDUO DE EQUIPAMENTO ELETRO  
ELETRÔNICO (REEE)**

**São Leopoldo**

**2012**

ALCIO SOUZA DINIZ JUNIOR

IDENTIFICAÇÃO E ANÁLISE DOS FATORES E ASPECTOS QUE CONTRIBUEM  
PARA A SUSTENTABILIDADE ECONÔMICA E AMBIENTAL DO SISTEMA  
REVERSO DE TRATAMENTO DO RESÍDUO DE EQUIPAMENTO ELETRO  
ELETRÔNICO (REEE)

Dissertação apresentada como requisito parcial para a obtenção do título de mestre em Engenharia de Produção, pelo Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção e Sistemas da Universidade do Vale do Rio dos Sinos – UNISINOS

Orientador: Prof. Dr. Guilherme Luís Rohe Vaccaro  
Coorientador: Prof. Dr. Carlos Moraes

São Leopoldo

2012

D585i    Diniz Junior, Alcio Souza  
Identificação e análise dos fatores e aspectos que contribuem para a sustentabilidade econômica e ambiental de um sistema reverso de tratamento do resíduo de equipamento eletro eletrônico (REEE) / Alcio Souza Diniz Junior. -- 2013.  
150 f. : il.; 30cm.

Dissertação (mestrado) -- Universidade do Vale do Rio dos Sinos. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção e Sistemas, São Leopoldo, RS, 2013.

Orientador: Prof. Dr. Guilherme Luís Rohe Vaccaro;  
Coorientador: Prof. Dr. Carlos Moraes.

1. Engenharia de Produção. 2. Sustentabilidade econômica - Ambiental. 3. Resíduo de Equipamento Eletro Eletrônico. 4. Sistemas Reversos. I. Título. II. Vaccaro, Guilherme Luís Rohe. II. Moraes, Carlos.

CDU 658.5

Catálogo na Publicação:  
Bibliotecário Eliete Mari Doncato Brasil - CRB 10/1184

## RESUMO

O conceito de sustentabilidade corporativa é constituído por três pilares: econômico, social e ambiental. Este conceito determina, resumidamente, que organizações devem considerar a inclusão de critérios ambientais, sociais e econômicos em seus processos de decisão e que o resultado destas decisões seja positivo nas três dimensões da sustentabilidade. De forma geral, o setor econômico tem adotado estratégias ambientais, seja focando produtos, processos ou cultura organizacional. Os motivadores para estes movimentos podem ser cultural, econômico, legal ou um conjunto entre todos. Este trabalho, relacionado ao amplo tema da sustentabilidade corporativa, tem como objeto de pesquisa os modelos de tratamento de Resíduo de Equipamentos Eletro Eletrônicos (REEE) adotados no Japão, Estados Unidos, Suíça e a proposta brasileira, elaborada junto ao Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). Seu objetivo é identificar e analisar fatores e aspectos relevantes para a sustentabilidade econômica de um sistema reverso que trata REEE assim como aspectos que potencializem a contribuição ambiental das atividades de um sistema reverso para tratamento de REEE. A abordagem de pesquisa utilizada segue o paradigma indutivista, sendo baseada na estratégia de estudo de caso por meio de entrevistas com especialistas. As principais contribuições produzidas indicam, tanto do ponto de vista teórico como real, a existência de fragilidade econômica de sistemas reversos e obstáculos organizacionais, culturais e de priorização para se potencializar a contribuição ambiental destes sistemas.

Palavras-Chave: Sustentabilidade. Resíduo de Equipamento Eletro Eletrônico. Sistemas Reversos.

## **ABSTRACT**

The corporate sustainability concept is based on three different pillars: economic, social and environmental. This concept determinates in resume that organizations should consider including environmental, social and economic criteria in the decision making processes. In fact, the economic sector has adopted environmental strategies, by focusing products, processes and organizational culture. The drivers motivating this kind of movement towards sustainability go from economic identified opportunities until the obedience to new regulations. This study is to the wide sustainability theme related and it has, as the object of analysis the Waste of Electric and Electronic Equipment (WEEE) models adopted in Japan, EUA, Switzerland and the Brazilian proposal gathered by the National Environmental Council (CONAMA). The main goal of this research is to identify key factors and aspects that support de economic sustainability of any reverse system as well the ones which create possibilities for the reverse systems to contribute effectively to the natural environment. The research approach follows the indutivism paradigm, utilizing the case study strategy based on interviews with specialists. The main contributions, theoretical as practical, indicate that the reverse systems are fragile in respect to the economic dimension as well as the existence of organizational, cultural and prioritization barriers which determinates a low level of environmental contribution of theses systems.

**Keywords:** Sustainability. Waste of Electric and Electronic Equipment. Reverse Systems.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Fluxo do REEE através da logística reversa pós-consumo	15
Figura 2 - Fluxo de atividades do Método de Pesquisa	20
Figura 3 - Sustentabilidade Corporativa	25
Figura 4 - Motivações para a sustentabilidade corporativa.	29
Figura 5 - Stakeholders	30
Figura 6 - Contribuições do design e ecodesign para um EEE	39
Figura 7 - 3 Passos para a sustentabilidade	44
Figura 8 - Complexidade Organizacional X Estratégia Ambiental	45
Figura 9 - Questões pertinentes a Sustentabilidade.	47
Figura 10 - Processos da LR-PC e seus objetivos	60
Figura 11 - Mapeamento de Atores da Indústria Eletro Eletrônica - Brasil	63
Figura 12 - Processos do Sistema Reverso para tratamento de REEE	85
Figura 13 - Classificação do sistemas reverso conforme sua eficácia ambiental	103

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Etapas propostas para o método de trabalho	22
Quadro 2 - Equipamentos relacionados como REEE pela EU	53
Quadro 3 - Equipamentos considerados como REEE pelo PNUMA	54
Quadro 4 - Composição material média de um computador	54
Quadro 5 - Legislação no Mundo	65
Quadro 6 - Resumo dos fatores e aspectos a serem considerados em um sistema reverso	97
Quadro 7 – Análise Prática dos Fatores	115

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

STEP –	<i>Solving the E-waste Problem</i>
ONU –	Organização das Nações Unidas
PNUMA –	Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente
PNUD –	Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento
5W1H –	<i>What, Why, Where, Who, When and How</i>
REEE –	Resíduo de Equipamento Eletro Eletrônico
WEEE –	<i>Waste of Electric and Electronic Equipment</i>
LR –	Logística Reversa
Abrelpe - Especiais	Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos
GS –	Gestão para a Sustentabilidade
UNEP –	<i>United Nations Environmental Program</i>
EPA –	<i>Environment Protection Agency</i>
RoHS –	<i>Restriction of Hazardous Substances</i>
STP –	Sistema Toyota de Produção
EU –	União Europeia
GT –	Grupo de Trabalho
STREEE –	Sistema para Tratamento de Resíduo de Equipamento Eletro Eletrônico
RSC –	Responsabilidade Social Corporativa
EEE -	Equipamento Eletro Eletrônico
GRI –	<i>Global Initiative Report</i>
CE –	Código de Ética
CMMAD –	Comissão Mundial para o Meio Ambiente e Desenvolvimento
IBGC –	Instituto Brasileiro de Governança Corporativa
GC –	Governança Corporativa
GA –	Gestão Ambiental
P&D –	Pesquisa e Desenvolvimento
ABNT –	Associação Brasileira de Normas e Técnicas
GMS –	<i>Green Manufacturing System</i>
JIT –	<i>Just in Time</i>
IW –	Instituto Wuppertal
ACV –	Análise do Ciclo de Vida

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	<b>9</b>
1.1 PROBLEMA DE PESQUISA .....	12
1.2 OBJETIVOS .....	16
1.3 JUSTIFICATIVA .....	17
1.4 DELIMITAÇÕES.....	17
<b>2 METODOLOGIA</b> .....	<b>19</b>
2.1 MÉTODO DE PESQUISA .....	19
2.2 MÉTODO DE TRABALHO .....	20
<b>3 REFERENCIAL DA PESQUISA</b> .....	<b>24</b>
3.1 SUSTENTABILIDADE .....	24
<b>3.1.1 Motivadores</b> .....	<b>26</b>
<b>3.1.2 Conceitos Associados à Sustentabilidade</b> .....	<b>29</b>
3.2 MODELOS DE AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO EM SUSTENTABILIDADE ....	43
3.3 ESTRATÉGIAS PARA A SUSTENTABILIDADE AMBIENTAL.....	44
3.4 RESÍDUO DE EQUIPAMENTO ELETRO ELETRÔNICO (REEE) .....	52
<b>3.4.1 Fluxo Logístico do REEE</b> .....	<b>55</b>
<b>3.4.2 Logística Reversa de REEE</b> .....	<b>57</b>
<b>3.4.3 Legislação</b> .....	<b>64</b>
<b>4 FATORES E ASPECTOS PARA A SUSTENTABILIDADE ECONÔMICA E QUE PONTENCIALIZAM A CONTRIBUIÇÃO AMBIENTAL DE UM SISTEMA DE TRATAMENTO DE REEE</b> .....	<b>68</b>
4.1 FATOR 1 - CONSUMIDOR .....	68
<b>4.1.1 Consumidor Pessoa Física</b> .....	<b>68</b>
<b>4.1.2 Consumidor Institucional</b> .....	<b>70</b>
4.2 FATOR 2 – DESIGN .....	70
4.3 FATOR 3 - TECNOLOGIA.....	71
<b>4.3.1 Informação</b> .....	<b>71</b>
<b>4.3.2 Tecnologia de Reprocessamento</b> .....	<b>73</b>
<b>4.3.3 Tecnologia Aplicada ao Design</b> .....	<b>73</b>
4.4 FATOR 4 - CONHECIMENTO.....	74
4.5 FATOR 5 - COOPERAÇÃO .....	75
<b>4.5.1 Cooperação entre Atores Diretos</b> .....	<b>75</b>

<b>4.5.2</b>	<b>Cooperação entre a Indústria e demais <i>Stakeholders</i></b> .....	<b>76</b>
4.6	FATOR 6 - LEGISLAÇÃO E RESPONSABILIDADES .....	77
<b>4.6.1</b>	<b>Responsabilidade Estendida do Produtor</b> .....	<b>78</b>
<b>4.6.2</b>	<b><i>Free Riders</i></b> .....	<b>80</b>
<b>4.6.3</b>	<b>Organização, Coordenação e Controle</b> .....	<b>80</b>
<b>4.6.4</b>	<b>Certificações e Licenças</b> .....	<b>82</b>
4.7	FATOR 7 – PADRONIZAÇÃO.....	83
4.8	FATOR 8 - FLUXO DE REEE E MATERIAIS.....	83
4.9	FATOR 9 - PROCESSOS .....	85
<b>4.9.1</b>	<b>Processos Reversos de Tratamento de REEE</b> .....	<b>85</b>
<b>4.9.2</b>	<b>Marketing, Receitas e Custos</b> .....	<b>92</b>
4.10	FATOR 10 - INFRAESTRUTURA DO SISTEMA REVERSO .....	95
<b>5</b>	<b>ANÁLISE DOS MODELOS DE TRATAMENTO DE REEE SELECIONADOS</b> ....	<b>103</b>
5.1	MODELO SUÍÇO .....	104
5.2	MODELO DOS ESTADOS UNIDOS DA AMÉRICA .....	106
5.3	MODELO JAPONÊS .....	108
5.4	MODELO BRASILEIRO .....	111
<b>6</b>	<b>ANÁLISE E DISCUSSÃO</b> .....	<b>114</b>
<b>7</b>	<b>CONCLUSÃO</b> .....	<b>140</b>
7.1	CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES.....	141
7.2	LIMITAÇÕES DA PESQUISA .....	143
7.3	SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS .....	143
	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>145</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Desde seu início, o século XX foi caracterizado pelo avanço das organizações industriais que se proliferaram com base em uma estratégia única de produção, a produção em massa (ANTUNES et al., 2008) corroborada e incentivada pelos estudos da administração científica. (CHIAVENATO, 1983). Um dos paradigmas vigentes nesse século é o de que os aumentos de eficiência são correspondidos por queda de preços e o conseqüente aumento do poder aquisitivo da população, gerando assim, um aumento do consumo per capita nos países desenvolvidos (FORD, 1927) e, mais recentemente, nos países em desenvolvimento.

Porém, no início da década de 1970, com as crises do petróleo, as atividades econômicas se depararam com a súbita ociosidade fabril determinada por uma retração na demanda geral por bens de consumo. Neste cenário, o marketing encontrou campo fértil para desenvolver suas teorias, visto que, para se manter competitivas, as empresas necessitavam compreender o processo de decisão de compras dos consumidores. Conforme Kotler (1993, p. 21), o “pensamento orientado para o mercado é uma necessidade no mundo competitivo de hoje, pois há muitos bens à procura de poucos clientes”. Destaca-se, assim, a “orientação para o mercado” como a denominação de um novo paradigma e que tem orientado as empresas nestes últimos 50 anos.

Mas o capitalismo, apesar das crises, saiu fortalecido como sistema econômico de geração de riqueza, principalmente após a queda do comunismo na década de 1980 (HART; MILSTEIN, 2004) e o marketing colaborou intensamente para a construção de uma sociedade de consumo onde o valor do ter é maior que o valor do ser. (FREITAS, 2000; TRANSFERRETI, 2006; DIAS, 2008).

Descartando-se os benefícios trazidos pela evolução tecnológica das atividades empresariais, muitos são, porém, os efeitos colaterais negativos gerados ao longo de todo o período. Entre eles a degradação do meio ambiente natural e a ampliação da distância entre ricos e pobres. (HART; MILSTEIN, 2004; HAWKEN; LOVINS; LOVINS, 2007; DIAS, 2008; GOLEMAN, 2009; SMERALDI, 2009).

Em 1962, *Rachel Carlson* publicava seu livro “*Silent Spring*” (Primavera Silenciosa) que alertava sobre as conseqüências negativas da utilização de agrotóxicos (DDTs) nas lavouras norte-americanas. (DIAS, 2008). Esta obra pode ser considerada o marco inicial do questionamento social sobre os efeitos negativos

das atividades humanas no planeta. Poluição de solo, ar e água em níveis alarmantes, a expansiva minimização de diversos recursos naturais finitos como água, minérios e combustíveis fósseis, o aumento do volume de lixo sólido doméstico e industrial e as mudanças climáticas provocadas pela emissão de gases de efeito estufa são os focos principais das pesquisas relacionadas aos impactos ambientais.

Desde o livro de Carlson, muitos debates foram organizados (DIAS, 2008) e sistematizados para discutir as causas e efeitos promovidos pelo homem no meio ambiente natural. Destes fóruns, muitos conceitos e previsões estão sendo criados e a pressão da comunidade internacional sugere a imposição imediata de um novo modelo de desenvolvimento: O Desenvolvimento Sustentável. (KRAJNIC et al., 2005; BRYSON; LOMBARDI, 2009).

Dentre várias iniciativas existentes destaca-se o relatório intitulado “*Our common Future*” (Nosso Futuro Comum) emitido em 1987 pela Comissão Mundial de Meio Ambiente e Desenvolvimento que define o conceito de desenvolvimento sustentável como “atender as necessidades das gerações atuais, sem comprometer o atendimento das necessidades das gerações futuras”. (ISAKSSON, 2006; DIAS, 2008). Objetivamente, este conceito define que qualquer atividade deve considerar seus impactos econômicos, ambientais e sociais.

Não obstante, o conceito de sustentabilidade também tem sido introduzido nas atividades econômicas. Tidas como as grandes responsáveis pelo processo de degradação ambiental (STARIK et al., 1996), as empresas também são consideradas as organizações que podem construir processos e sistemas que ajudem a criar a necessária “sociedade sustentável”. (ANGEL; HUBER, 1996; HART, 1997; FREITAS, 2000).

Conforme Hart (1997) o mundo se encontra em rota de colisão com a insustentabilidade e para Svensson (2007) se ações preventivas não forem tomadas, mais cedo ou mais tarde, sociedade e governos terão de impor regulamentações e acordos ambientais nos setores público e privado.

Envoltas pelo contexto relatado, pode-se dizer que as empresas se deparam com um novo paradigma; da orientação para o consumidor, precisarão se orientar para o cidadão; da orientação para o mercado, as empresas terão que se orientar para a sociedade. (FREITAS, 2000; DIAS, 2008). A resposta das empresas às novas exigências e pressões deverá vir na forma de melhorias construídas em um

processo contínuo. Estas deverão operar melhor, gerando, quando possível, impacto positivo simultâneo nas dimensões econômica, social e ambiental. Para tanto, fundamentalmente, terão que reconstruir suas culturas e valores internos, alicerçando-os em princípios de ética e responsabilidade socioambiental (STARIK et al., 1996; TRANSFERRETI, 2006) e introduzindo critérios sociais e ambientais em seus processos de controle e decisão. (SUSSE; FÜSSEL, 2000).

Apesar de lenta (ANGEL; HUBER, 1996), a gestão para a sustentabilidade tem evoluído de forma permanente dentro das empresas. (STARIK et al., 1996). Por outro lado, mesmo que diferenciada de país para país, a legislação ambiental tem se desenvolvido e pressiona setores industriais e de serviços a adequar seus produtos e controlar e, se possível, eliminar a poluição resultante de seus processos produtivos. Neste contexto, a legislação ambiental de países desenvolvidos, normalmente alvo comercial de empresas de países em desenvolvimento, tem contribuído para a adaptação de processos e produtos destas empresas mesmo que em seus mercados domésticos tais exigências ainda não estejam legalmente formuladas. (LEITE; LAVEZ; SOUZA, 2009). Portanto, o atendimento a legislação ambiental dos mercados com os quais a empresa se relaciona pode e deve ser o ponto referencial para iniciar a construção de uma cultura ética e de responsabilidade socioambiental.

É neste contexto que se apresenta esta pesquisa, estruturada em sete capítulos. Este primeiro capítulo apresenta a problematização e os objetivos norteadores da pesquisa, sua justificativa sob diferentes prismas e sua delimitação. O capítulo 2 apresenta os elementos metodológicos estabelecidos. O capítulo 3 busca estabelecer o referencial teórico para sustentação da pesquisa, abordando temas como sustentabilidade, REEE, logística reversa e legislação. O capítulo 4 apresenta os fatores determinantes para a sustentabilidade econômica de um sistema reverso assim como para sua contribuição ambiental, encontrados na revisão bibliográfica referida. O capítulo 5 descreve os modelos suíço, japonês, norte americano e brasileiro com o objetivo de contextualização de como esta problemática tem sido enfrentada por estas diferentes regiões. O capítulo 6 apresenta uma análise dos fatores sob a ótica dos especialistas e por fim o capítulo 7 apresenta as principais conclusões e contribuições desta pesquisa assim como limitações e sugestões para futuros estudos.

## 1.1 PROBLEMA DE PESQUISA

Este trabalho versa sobre o tema sustentabilidade, mais especificamente sobre os sistemas de tratamento de Resíduos Eletro Eletrônicos (REEE) existentes no Japão, Estados Unidos, Suíça e Brasil.

Um dos efeitos mais graves, resultante das atividades econômicas e da sociedade de consumo, é a geração contínua de resíduo sólido urbano (domésticos ou residenciais; comerciais; e públicos) (BARTHOLOMEU et al., 2011) e industrial. Somente nos Estados Unidos, no ano de 2009, foram produzidos 243 milhões de toneladas de resíduo sólido urbano (EPA, 2011) sendo que 28,2% deste volume se referem aos materiais papel e papelão.

No Brasil, a Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (ABRELPE) lançou em 2007 um estudo intitulado “Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil”. Este estudo projeta uma geração de Resíduo Sólido Urbano (RSU) na ordem de 140.911 toneladas/dia, quase 1 kg por habitante/dia. A Abrelpe ainda publicou neste mesmo estudo, uma estimativa de geração de resíduo sólido industrial, porém como o estudo foi realizado somente em alguns estados da União, uma projeção de números nacionais não foi possível.

Entre os resíduos sólidos, o de equipamentos eletro eletrônicos (REEE) (CONAMA, 2010), também referenciado na literatura internacional como *Waste of Electrical and Electronic Equipment (WEEE)* ou *e-waste* (UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME - UNEP, 2009), tem chamado a atenção da comunidade internacional e brasileira. REEE ou *WEEE*, de acordo com Khetriwal et al. (2007, p. 154), pode ser definido como “qualquer equipamento que utilize energia elétrica e que tenha chegado ao fim de seu ciclo de vida útil”. Porém, diferentes instituições têm determinado diferentes definições para REEE. Segundo a diretiz *WEEE* da União Europeia são considerados REEE (KHETRIWAL et al., 2007): Grandes equipamentos domésticos, pequenos equipamentos domésticos, equipamentos de TI e comunicações, equipamentos de consumo, iluminação, ferramentas elétricas e eletrônicas, brinquedos e equipamentos esportivos, aparelhos hospitalares, instrumentos de monitoramento e controle e *dispensers* automáticos. No Brasil, a lei 12.305, de 2 de agosto de 2010, intitulada Política Nacional de Resíduos Sólidos, não inclui em seu texto uma definição específica de

quais bens são REEE, apenas inclui a definição equipamento eletro eletrônico (EEE). (PNRS, 2010).

Este tipo de resíduo pode conter diversos elementos (até 60 elementos diferentes conforme o relatório *Step – solving the e-waste problem* – da UNEP, 2009) (SCHAIK; ANTOINETTE; REUTER; MARKUS, 2009) com potencial para poluir terra, ar e água caso não sejam descartados corretamente. Elementos como chumbo, mercúrio e cádmio, entre outros, são considerados substâncias perigosas e a diretiva da união europeia conhecida como RoHs (*Restriction of Certain Hazardous Substances*) já restringe a utilização das mesmas na composição de eletroeletrônicos produzidos e comercializados nesta região. (LI; ZHAO, 2009). A existência de substâncias perigosas como as mencionadas acima e de metais como alumínio, cobre e ouro (UNEP, 2009) pode ser considerada um motivador para que as organizações de cadeias logísticas reversas de fato se configurem, pois além de minimizar os impactos ambientais, a atividade de reciclagem passa a ser interessante do ponto de vista econômico.

O relatório *Step* emitido pelo Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA), também conhecido como “*United Nations Environment Programme*” (UNEP), reconhece que números de geração e do mercado de reciclagem de REEE ainda são escassos, mas uma representação aproximada da dimensão do problema pode ser realizada ao se enumerar os seguintes fatos (UNEP, 2009), considerando os itens vendidos na EU15 (União Europeia): 44 milhões de toneladas de grandes equipamentos domésticos foram vendidos na região EU15 (União Européia); 48 milhões de *desktops* e *laptops*; 32 milhões de aparelhos de TV; 776 milhões de lâmpadas; No mundo, segundo estimativas da GSM Association, 896 milhões de telefones celulares foram comercializados no ano de 2006 (UNEP, 2009). O relatório ainda indica que, segundo estimativas da Universidade das Nações Unidas, cerca de 40 milhões de toneladas de REEE foram introduzidas no mundo no período 2008/2009.

Diversos movimentos mundo afora foram introduzidos desde a década de 70 no sentido de diminuir o impacto ambiental provocado pelas atividades empresariais. Estes movimentos e iniciativas sugerem soluções, parâmetros, conceitos e padrões para o tratamento de REEE:

- **Diretriz da União Europeia WEEE:** Aprovada em 2002, determina responsabilidades, responsáveis e quotas pela recuperação e tratamento

de WEEE. (LEITE; LAVEZ; SOUZA, 2009; LUTTROPP; JOHANSSON, 2009). Determina que o responsável pela coleta, reciclagem e custos é o ator que coloca o produto no mercado, produtor ou varejista. (LUTTROPP; JOHANSSON, 2009);

- **Diretriz da União Europeia RoHs:** Implementada em 2007, esta diretriz restringe a utilização de determinados elementos químicos normalmente encontrados em produtos eletroeletrônicos. (LEITE; LAVEZ; SOUZA, 2009; LUTTROPP; JOHANSSON, 2009). Esta norma afeta não somente os países produtores localizados na região EU, mas também aos produtores externos a esta região que precisaram se adequar a diretriz. (VEIGA, 2005; LEITE; LAVEZ; SOUZA, 2009)
- **Convenção da Basiléia:** Lei internacional aprovada em 1989 regulamenta o trânsito de resíduos perigosos entre países. (VEIGA, 2005);
- **PNUMA / SteP:** Como comentado anteriormente, o Programa das Nações Unidas para o meio ambiente (PNUMA), através de sua iniciativa definida como *Solving the e-waste problem* (STEP) solucionando o problema do lixo eletrônico), lidera e forma parcerias para pesquisa e divulgação de melhores práticas para o tratamento de REEE;
- **Conama/GT – Resíduos de Equipamentos Eletroeletrônicos (REEE) –** O Conselho Nacional do Meio Ambiente criou em 17 de agosto de 2009, um grupo de trabalho (GT) para a formulação de uma proposta que atenda amplamente a problemática do REEE no Brasil. Deste grupo de estudo fizeram parte representantes do governo de Minas Gerais e da Associação Brasileira da Indústria de Equipamentos Eletroeletrônicos (ABINEE).

Legislações similares às diretrizes RoHs e WEEE, formuladas na União Europeia, foram também desenvolvidas na Suécia (KETHRIWAL; KRAEUCHI; ROLF, 2007) e no Japão. (KETHRIWAL; KRAEUCHI; ROLF, 2007; YOSHIDA; TASAKI; TERAZONO, 2009).

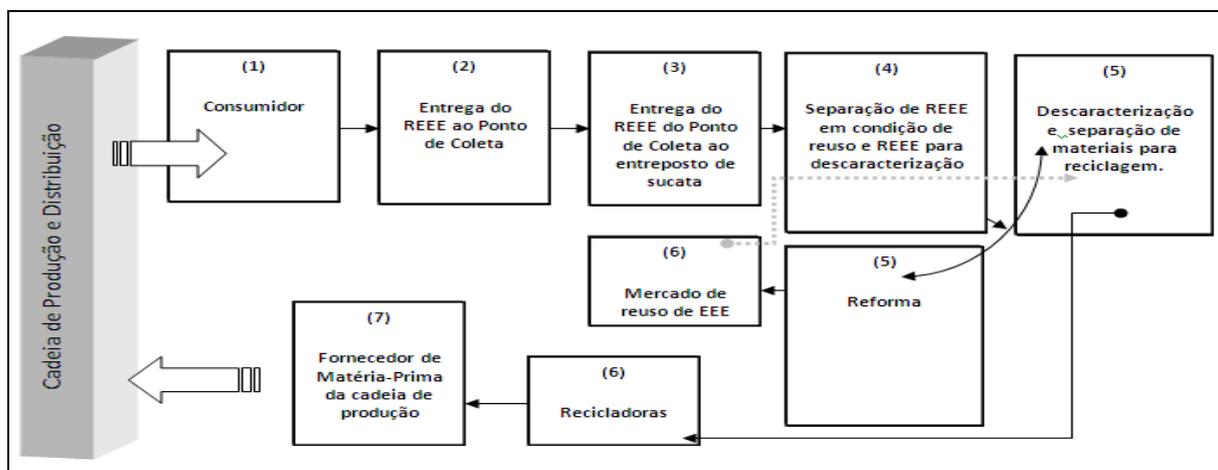
Em comum, as propostas para o tratamento de REEE, ressaltam a importância da construção de um sistema de logística reversa de pós-consumo que possibilite a coleta, reuso, reciclagem ou disposição final adequada para este tipo de resíduo. (LEITE, 2009).

Com base nos elementos expostos anteriormente, entende-se por sistema de tratamento de REEE todas as etapas de fluxo de produtos apresentadas na Figura 1, tendo por base o conceito de Logística Reversa (LR). LR pode ser definida como:

O processo de planejamento, implementação e controle da eficiência e custo efetivo do fluxo de matérias-primas, estoque em processo, produtos acabados e as informações correspondentes do ponto de consumo para o ponto de origem com o propósito de recapturar o valor ou destinar à apropriada disposição. (CLM, 2001 apud LEITE, 2009, p. 18).

A Figura 1 mostra o processo logístico reverso básico que inicia a partir da posição (1), ou seja, a partir do momento em que o consumidor (pessoa física ou jurídica) definir que o EEE não tem mais utilidade. Este processo finaliza quando as recicladoras conseguem devolver os materiais recuperados através da reciclagem aos fornecedores de matéria-prima ((6) para (7)), encerrando-se então o ciclo reverso.

Figura 1 - Fluxo do REEE através da logística reversa pós-consumo



Fonte: Diniz e Moura (2010, p. 5).

A configuração e implantação de um sistema de logística reversa da cadeia de EEE não é tarefa fácil. Muitos são os atores desta cadeia (DINIZ; MOURA, 2010) e aspectos econômicos e culturais são tidos como os maiores entraves para sua aplicação. (KHETRIWAL; KRAEUCHI; ROLF, 2007). Os modelos que se destacam são oriundos do Japão, dos Estados Unidos e da Suíça. O Japão historicamente é um grande ator internacional do setor produtivo de EEE, simbolizado por grandes marcas presentes internacionalmente, dispensando maiores apresentações, assim

como foi o primeiro país a enfrentar de forma legal a problemática do REEE. A Suíça, apesar de não estar legalmente vinculada a comunidade europeia, pode bem representar as práticas daquele continente. A Suíça também tem sido um centro de pesquisa sobre sistema de tratamento de REEE apoiando inclusive o PNUMA em sua iniciativa *SteP*. Os Estados Unidos são considerados pelo fato de ser o maior consumidor de EEE no mundo além de ser reconhecido por sua produção e inovação tecnológica. O último ambiente será o Brasil, que será avaliado por estar neste momento configurando seu próprio modelo. Esta pesquisa então se limitará a analisar apenas estes quatro modelos.

Apesar da legislação recente, o Brasil tem avançado neste sentido. Algumas empresas produtoras de equipamentos de informática, por exemplo, já estruturaram seus programas de logística reversa (LEITE; LAVEZ; SOUZA, 2009) e o país é forte candidato a desenvolver e receber tecnologias para pré e pós-processar REEE. (UNEP, 2009).

Assim, entendendo que os modelos se desenvolvem de formas diferentes, desde a conceituação de REEE até a definição de responsáveis e responsabilidades, não está claro que fatores determinam uma maior contribuição dos sistemas reversos no sentido ambiental e o quê determina a sustentabilidade econômica destes. Surge assim a questão norteadora da presente pesquisa:

**Que fatores, aspectos e variáveis devem ser considerados para que um sistema reverso para tratamento de REEE seja sustentável do ponto de vista econômico e que potencialize sua contribuição ambiental?**

## 1.2 OBJETIVOS

Como uma possível resposta à questão de pesquisa proposta, estabeleceu-se o objetivo de identificar e analisar fatores e aspectos relevantes para a sustentabilidade econômica de um sistema reverso que trata REEE assim como os que podem potencializar a contribuição ambiental das atividades de um sistema reverso para tratamento de REEE.

Para sustentar a obtenção desse objetivo, os seguintes objetivos específicos foram elencados:

- a) analisar e interpretar quatro modelos de tratamento de REEE existentes (Japão, Estados Unidos, Suíça e Brasil);

- b) identificar novos aspectos relevantes para o tratamento do problema REEE ainda não abordados na literatura.

### 1.3 JUSTIFICATIVA

Considerando-se, no contexto apresentado, que:

- a) diferentes regiões do mundo têm desenvolvido diferentes soluções para o tratamento de REEE;
- b) essas diferentes soluções produzem diferentes resultados e efeitos socioambientais (algumas vezes nocivos);
- c) este problema é um problema global;
- d) as empresas começam a entender sua importância social e as oportunidades ambientais que se apresentam; e
- e) no contexto brasileiro, as empresas brasileiras produtoras de EEE terão que apresentar propostas de modelos de planos de gestão de REEE até o final de 2012. (ABINEE, 2012);

Pode-se concluir que novos estudos nesta área, principalmente os que buscam analisar em profundidade os fatores que influenciam o desempenho de sistemas de tratamento de REEE e que possam trazer novos pontos de vista para a solução desta problemática, são relevantes para o desenvolvimento contínuo destes sistemas.

Não por acaso, um maior número de países vêm adotando legislação pertinente ao problema do REEE desde a década passada. Porém, após 10 anos da implantação deste tipo de sistema no Japão e posteriormente pela Europa, o problema ainda não está equacionado. A crescente geração de REEE no mundo inteiro exige uma reação rápida, eficaz e que seja sustentável do ponto de vista ambiental e econômico.

### 1.4 DELIMITAÇÕES

Este estudo se limitará as dimensões ambiental e econômica relacionadas ao sistema reverso de recuperação de REEE, não debatendo sobre a sustentabilidade da indústria de EEE como um todo. Para se identificar fatores econômicos e ambientais relevantes se faz necessário analisar modelos de logística reversa para

tratamento de REEE já existentes. Como apresentado anteriormente, buscou-se comparar a iniciativa brasileira com modelos oriundos do Japão, dos Estados Unidos e da Suíça. No entanto, este trabalho não tem o propósito de estabelecer um método ou modelo para a construção de sistemas de tratamento de REEE apenas uma lista de fatores, aspectos e sugestões sobre o tema REEE.

Apesar de relevante, considerando-se o contexto de cadeias globais de produção na indústria eletroeletrônica, a legislação internacional sobre o trânsito internacional de resíduos perigosos não será abordada de forma aprofundada, apenas ressaltando sua influência nos modelos avaliados.

O escopo de temas que serão abordados neste trabalho tem seus limites determinados pelos sistemas de tratamento de REEE. Entende-se por sistema de tratamento de REEE os processos de logística reversa (LR), de reuso de REEE, de reciclagem e de disposição final dos materiais que não possam ser reciclados. Aspectos que apoiem a estruturação de um sistema de tratamento de REEE como legislação, tecnologia de reciclagem, *ecodesign*, de logística reversa para o pós-venda e sistemas de informação também serão elencados na medida em que se mostrem apropriados ao contexto e aos objetivos estabelecidos para a presente pesquisa.

Apesar de se tratar de tema nobre, o trabalho não apresentará informações aprofundadas sobre impacto social, seja ele positivo ou negativo, que um modelo de tratamento de REEE possa proporcionar. Porém, este aspecto poderá ser inserido caso seja pertinente para a contextualização ou discussão de algum outro assunto. Conceitos como ética, responsabilidade socioambiental corporativa, sustentabilidade e inovação serão descritos para apoiar as outras abordagens e contextualizações quando se fizerem necessário.

## 2 METODOLOGIA

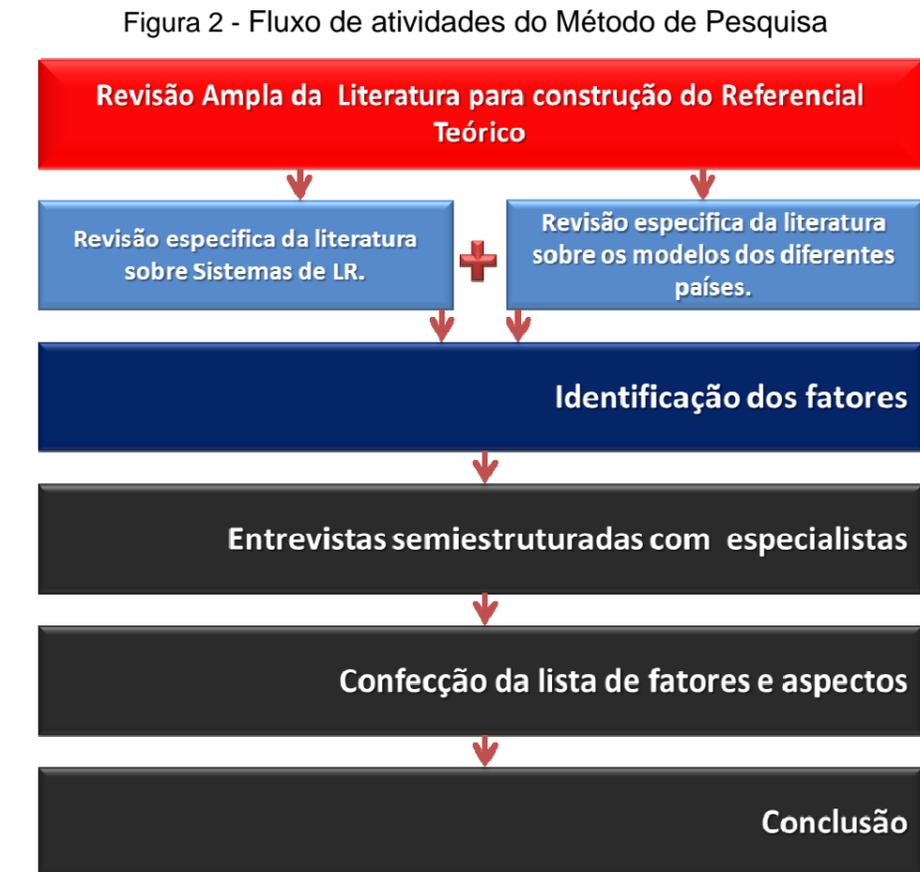
### 2.1 MÉTODO DE PESQUISA

Esta pesquisa adota como método central o estudo comparado de casos, utilizando-se uma abordagem predominantemente qualitativa (SILVA, 2004; MALHOTRA, 2006) onde os objetos de pesquisa serão os diferentes sistemas de tratamento de REEE (LR + Reuso + Reciclagem+ Incineração + Disposição em aterros) adotados pelas empresas de EEE no Japão, Suíça, Estados Unidos, assim como o projeto de proposta para o modelo brasileiro que foi desenvolvido pelo Conama com o apoio da Abinee.

Segundo Miguel et al. (2010), o método de estudo de caso se caracteriza pela análise profunda do objeto de pesquisa em um contexto contemporâneo onde diversos instrumentos de coleta de dados podem ser utilizados. Apesar de críticas aos métodos qualitativos, principalmente pelos aspectos de flexibilidade e versatilidade (MALHOTRA, 2006), dificuldade na manutenção de rigor, restrita a generalização dos resultados e a necessidade de condução por pesquisadores habilidosos (VOSS et al., 2002), é considerado um dos métodos mais apropriados dentro da área de engenharia de produção (MIGUEL et al., 2010) assim como de crescente utilização. (VOSS et al., 2002).

Quanto à natureza e objetivo da pesquisa, a mesma pode ser considerada aplicada, descritiva e exploratória. Aplicada, pois objetiva entender melhor o fenômeno da logística reversa de REEE em diferentes regiões do globo e, portanto deverá contribuir para a indústria de EEE como um todo. (SILVA, 2004; HAIR et al., 2005). Descritiva visto que na primeira fase da pesquisa o principal objetivo é descrever o modelo adotado em cada um dos diferentes países supracitados. E exploratória, pois contatos com entidades, autores e/ou especialistas serão realizados para encontrar conhecimento a ser explicitado (SILVA, 2004) e que possa contribuir para o melhor entendimento dos sistemas reversos de REEE. Esses contatos foram orientados por entrevistas com questionários semiestruturados que serão confeccionados a partir da lista de aspectos encontrados na revisão de literatura pertinente.

Graficamente o método de pesquisa pode ser representado conforme apresentado na Figura 2:



Fonte: Elaborada pelo autor (2011)

Assim, tendo por base as definições apresentadas nesta seção, a próxima seção apresenta o método de trabalho.

## 2.2 MÉTODO DE TRABALHO

Este estudo é composto por pesquisa em dois ambientes distintos com a utilização de instrumentos de pesquisa também distintos. O primeiro ambiente está composto pelos modelos internacionais que foram abordados através da revisão da literatura e de contatos com especialistas. Os contatos com especialistas foram orientados na forma de entrevistas semiestruturadas, utilizando-se para tanto a tabela de fatores e aspectos que será apresentada no capítulo 4. Estes fatores foram identificados, definidos com base no referencial teórico desenvolvido.

O desenvolvimento da pesquisa foi dividido em 6 etapas conforme indicado no Quadro 1 que foi elaborado no formato 5W1H, de tal maneira que se possam cobrir todos os procedimentos planejados de forma sistemática. Em primeiro lugar, foi realizada uma busca por artigos acadêmicos relacionados ao tema sustentabilidade, focando a identificação dos principais conceitos relacionados a este amplo tema. Estes conceitos eram identificados pela frequência em que apareciam nos artigos analisados e buscas adicionais e específicas foram realizadas, sempre que necessário, para a melhor compreensão dos mesmos. Em um segundo momento, foi realizada uma pesquisa nas bases de dados para identificação de artigos acadêmicos relacionados especificamente com os temas REEE e Logística Reversa, seguida de pesquisa sobre os modelos de tratamento de REEE desenvolvidos nos Estados Unidos, Japão, Suíça e Brasil. A análise deste material possibilitou a identificação dos 10 fatores descritos no capítulo 4 que influenciam na sustentabilidade econômica e que potencializam a contribuição ambiental de um sistema reverso.

Após a análise da literatura e a identificação dos fatores, contatos com especialistas foram realizados para se obter (1) validação dos fatores, ou seja, a concordância de que os fatores encontrados realmente influem no desempenho econômico e ambiental de um sistema reverso; (2) para a identificação de possíveis novos fatores, não identificados na literatura e (3) a opinião destes especialistas sobre cada um dos fatores e seus aspectos.

Após a apresentação dos elementos metodológicos, parte-se para o próximo capítulo, Referencial da Pesquisa, que apresenta o resultado compilado das três primeiras etapas do método de trabalho, na forma apresentada no Quadro 1.

Quadro 1 - Etapas propostas para o método de trabalho

Etapa	O quê	Para quê	Por quê	Como	Onde	Quando
<b>(1) Pesquisa e Revisão da Literatura</b>	(1) Legislação de cada país; (2) Logística Reversa; (3) LR para REEE em cada país objetivo; (4) Reuso; (5) Reciclagem	(1) Determinar referencial teórico (2) Identificar empresas, instituições, autores e especialistas relevantes sobre o tema	(1) Identificar a amplitude da legislação de cada país objetivo (2) Conceitos de LR (3) Práticas de LR aplicada em cada país objetivo e (4) Teoria sobre reciclagem de REEE	(1) Os textos serão acessados através de pesquisa junto às bases de dados indexadas pela Capes (2) Livros específicos sobre os temas de interesse (3) Reportagens e artigos de revistas não acadêmicas quando necessário (4) Sites de instituições vinculadas ao tema REEE	(1) Bibliotecas Virtuais (2) Livrarias (3) Internet	Conforme Cronograma
<b>(2) Análise da literatura selecionada</b>	(1) Análise aprofundada da literatura encontrada; (2) Classificação da informação conforme estrutura do capítulo "referencial teórico".	(1) Determinar a teoria que orientará os trabalhos de pesquisa; (2) Identificar na teoria os fatores e dimensões dos diferentes modelos; (3) Definir os contatos nacionais e internacionais a serem contatados.	(1) Escolher as teorias pela qual a pesquisa se orientará é fundamental do ponto de vista científico; (2) Identificação dos construtos (fatores e dimensões relacionados ao REEE); (3) Os contatos nacionais poderão esclarecer possíveis dúvidas assim como poderão avaliar os questionários	(1) Leitura	NA	Conforme Cronograma

<b>(3) Análise dos Modelos</b>	(1) Análise dos Modelos;	(1) Para identificar as características de cada modelo. (2) identificar fatores e aspectos relevantes para cada modelo.	(1) A análise dos diferentes modelos determinará fatores e aspectos comuns entre eles assim como diferenças.	(1) Leitura	NA	Conforme Cronograma
<b>(4) Seleção dos fatores e aspectos</b>	(1) Definir os fatores e aspectos principais que determinam a sustentabilidade econômica e ambiental de um sistema reverso	(1) Identificar as diferenças e similaridades entre os modelos estudados.	(1) Identificar oportunidades de complementariedade entre os diferentes sistemas; (2) Definir os fatores e dimensões importantes a serem considerados para a construção de um modelo mais eficaz de tratamento de REEE	(1) Marcar em cada texto analisado os pontos que podem ser fator e aspecto	NA	Conforme Cronograma
<b>(5) Validação dos fatores e aspectos com especialistas através de entrevistas</b>	(1) Discutir com especialistas os fatores encontrados na literatura.	(1) Para verificar se os fatores e aspectos realmente correspondem a realidade	(1) Para atingir os objetivos da pesquisa.	(1) Entrevistas semi-estruturadas	NA	Conforme Cronograma
<b>(6) Conclusão</b>	(1) Reforçar as contribuições da pesquisa; (2) Sugestões; (3) Conclusões; (4) Futuras pesquisas	(1) Expressar a opinião do autor sobre a pesquisa	(1) Para contribuir com propostas para futuras pesquisas;	NA	NA	Conforme Cronograma

Fonte: Elaborada pelo autor (2011)

### 3 REFERENCIAL DA PESQUISA

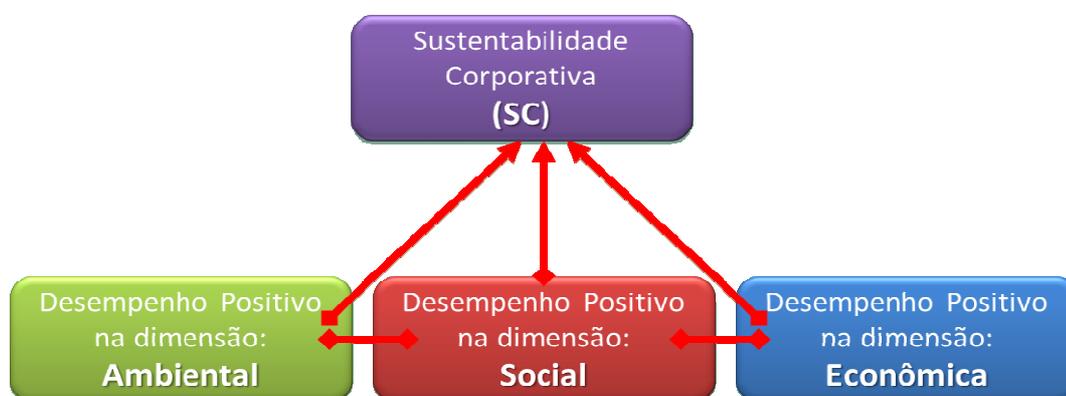
#### 3.1 SUSTENTABILIDADE

O complexo conceito de sustentabilidade ainda não atingiu consenso e total compreensão por parte de pesquisadores e gestores. (VOINOV, 2008; CHEN; BOUDREAU; WATSON, 2008; BRYSON; LOMBARDI, 2009). Porém a descrição mais amplamente utilizada é a apresentada em 1987, através do relatório final intitulado “Nosso Futuro Comum” (também conhecido por “Relatório Brundtland”) e elaborado pela Comissão Mundial do Meio Ambiente e Desenvolvimento (CMMAD), comissão esta ligada a Organização das Nações Unidas (ONU), na qual desenvolvimento sustentável significa “o desenvolvimento que deve atender as necessidades das gerações atuais, sem comprometer o atendimento das necessidades das gerações futuras”. (HART; MILSTEIN, 2004; KRAJNC; GLAVIC, 2004; ISAKSSON, 2006; DIAS, 2008; CHEN; BOUDREAU; WATSON, 2008; BIRKIN; POLESIE; LEWIS, 2009; TAUBITZ, 2010; MANIKAS; GODFREY, 2010; HAHN; FIGGE; PINKSE; PREUSS, 2010; DINIZ; MOURA, 2010; QUENTAL; LOURENÇO; SILVA, 2011).

Desta descrição, que determina que as atividades humanas devam contemplar seus efeitos nas dimensões econômica, social e ambiental (KRAJNC; GLAVIC, 2004; DINIZ; MOURA, 2010), se origina o conceito de Sustentabilidade Corporativa (SC) (LABUSCHAGNE; BRENT; ERCK, 2003), que, da mesma forma, define que as empresas sustentáveis são aquelas que conseguem ter desempenho ambiental positivo, responsabilidade social e que geram contribuição econômica de forma simultânea (KRAJNC; GLAVIC, 2004) (ISAKSSON, 2006) (Figura 2). Para Taubitz (2010), essa definição pode ser traduzida como um novo conjunto de focos a ser assimilado pelas organizações: foco nas Pessoas, foco no Lucro e foco no Planeta ((*P*)eople, (*P*)rofit e (*P*)lanet – 3Ps). De um ponto de vista mais prático, as empresas devem, a cada ano, promover a diminuição na utilização de matérias-primas, energia e geração de resíduos PARA alcançar a sustentabilidade ambiental de suas atividades. (ANGEL; HUBER, 1996).

A inserção deste conceito no ambiente corporativo advém da percepção de que as atividades humanas (produção e consumo) têm determinado um ritmo de deterioração do meio ambiente natural sem precedentes (SMERALDI, 2009) e que as atividades econômicas não têm conseguido se desenvolver como solução para as mazelas sociais. (HART; MILSTEIN, 2004). Do ponto de vista ambiental, o planeta se dirige atualmente para uma condição de insustentabilidade e são as empresas os agentes que dispõem de recursos, tecnologia e a motivação para construir a sustentabilidade. (HART; 1996; ANGEL; HUBER, 1996).

Figura 3 - Sustentabilidade Corporativa



Fonte: Elaborada pelo autor (2011)

Através da atual e crescente percepção social de que as atividades econômicas são as grandes responsáveis pela degradação ambiental (DIAS; 2008; MANIKAS; GODFREY, 2010;), se faz necessário que as organizações constituam competências (GLEN; HILSON; LOWITT, 2009; ELSAYED; PATON, 2009), processos (GEORG; FUSSEL, 2000) e que fundamentalmente evoluam sua cultura organizacional que sustente a gestão para a sustentabilidade (GS). (ANGEL; HUBER, 1996).

Mas a percepção social não é o único motivador (*driver*) para o processo contínuo de mudança que está sendo inserido no cotidiano das empresas. Motivações como a ética e a moral corporativa, legislação, política e desempenho comercial (ISAKSSON, 2006; MANIKAS; GODFREY, 2010) são alguns dos outros fatores que influenciam a transição das empresas do perfil tradicional para o perfil

sustentável. Esta transição não é tarefa fácil. Ao inserir critérios ambientais e sociais nos processos de decisão organizacionais (até então baseados somente em critérios econômicos, (MANIKAS; GODFREY, 2010), a formulação das estratégias se torna um processo mais complexo devido ao surgimento de conflitos de interesses e *trade-offs* quando se busca harmonizar as três dimensões da sustentabilidade: social, econômico e ambiental.

De forma ampla, os desenvolvimentos acadêmicos e institucionais têm buscado contribuir para o processo de mudança organizacional: (1) evoluindo o entendimento de antigos e criando novos conceitos (QUENTAL; LOURENÇO; da SILVA, 2011); (2) mapeando os fatores motivacionais para a construção do desenvolvimento sustentável (HART, 1997; JACOBS, 1997; UNRUH; ETTENSON, 2010); (3) apresentando casos de estudos empíricos (GUTOWSKI et al., 2003; JANSE; SCHURR; BRITO, 2010; UNRUH; ETTENSON, 2010); (4) apresentando modelos para a avaliação do desempenho em sustentabilidade (ISAKSSON, 2006; SVENSSON, 2007), estratégias, modelos e processos operacionais para a gestão ambiental (EPSTEIN; ROY, 2007; HANAFI; KARA; KAEBERNICK, 2008; KHETRIWAL; KRAEUCHI; WIDMER, 2009; MOLLENKOPF; STOLZE; TATE; UELTSCHY, 2009; SCHAIK; REUTER, 2010)); (5) demonstrando o processo de inserção de critérios socioambientais no processo de decisão organizacional (ANGEL; HUBER, 1996), (6) melhorando a compreensão das condições e competências necessárias para a construção de uma cultura organizacional voltada para a sustentabilidade (SWEET; ROOME; SWEET, 2003) e seus efeitos; assim como (6) melhorando a compreensão sobre os obstáculos que se apresentam para a harmonização entre objetivos econômicos, sociais e ambientais. (ISAKSSON, 2006; PINKSE; KOLK, 2010).

### **3.1.1 Motivadores**

#### **3.1.1.1 Legislação**

A legislação ambiental tem sido um dos maiores motivadores externos para a construção do conceito de sustentabilidade nas empresas. (ANGEL; HUBER, 1996;

BRYSON; LOMBARDI, 2009). Da imposição de taxas ambientais, passando pela legislação trabalhista, até as leis de proteção ao consumidor (JACOBS, 1997), a legislação em geral tem sido um dos grandes condutores de mudanças nas organizações. (GLEN; HILSON; LOWITT, 2009). Neste sentido, a globalização têm sido benéfica, visto que a legislação imposta em um outro país pode alterar processos e produtos de empresas fornecedoras que se localizam em outros mercados que não o de onde a legislação foi implantada. (LEITE; LAVEZ; SOUZA, 2009).

No que se refere à legislação específica sobre REEE, ressalta-se, com base nas referências que compõem este texto, que a legislação deve caracterizar o que é REEE, definir responsáveis pelo sistema de logística reversa e determinar metas. A legislação será mais amplamente discutida no Capítulo 4 quando os diferentes modelos serão descritos.

### 3.1.1.2 Oportunidades Mercadológicas

Muitas empresas ainda têm a compreensão de que os recursos financeiros alocados para suportar sua transição até a sustentabilidade não passam de custos. (HART; MILSTEIN, 2004). Porém muitas outras empresas entendem que a sustentabilidade pode trazer oportunidades mercadológicas importantes e até mesmo a possibilidade de criação de vantagem competitiva de longo prazo. (HART, 1996; ARNOLD; HOCKERTS, 2010; BRYSON; LOMBARDI, 2009).

Na esfera tecnológica, o desafio está em promover soluções que ajudem as organizações a diminuir a utilização de recursos naturais finitos, na geração de desperdícios e que apoiem a gestão dos mesmos (ANGEL; HUBER, 1996; HAWKEN; LOVINS; LOVINS, 1999), ou seja, aumentando a eficiência de suas operações do ponto de vista da utilização de recursos. Hart (1997) e Hart et al. (2004) salientam que em um mundo no qual a população e o consumo per capita cresce, apenas a tecnologia poderá criar as condições para dar sustentabilidade ambiental para o modelo de sociedade do consumo atual e do futuro. Tendo o consumidor como objeto de análise, percebe-se a tendência de evolução de seu processo de decisão de compra que se orienta para a atenção crescente aos benefícios socioambientais diretos e indiretos oferecidos pela troca. (DIAS, 2008). Essa maior conscientização e conhecimento determinarão novos padrões de

consumo no longo prazo, quando consumidores optarão por produtos e serviços sustentáveis.

Estudos demonstram que o crescimento do mercado de consumo de produtos ecologicamente corretos é relevante. Conforme Unruh e Ettenson (2010), lançamento de produtos “verdes” cresceu 500% no período de 2007 a 2009 e que uma pesquisa realizada pela IBM identificou que dois terços dos executivos acreditam que o conceito de sustentabilidade é um motivador de vendas. Esta mesma pesquisa ainda revela que a metade destes executivos acredita que iniciativas “verdes” podem conferir a suas empresas uma vantagem competitiva pois entendem que responsabilidade ambiental pode servir como plataforma para crescimento e diferenciação.

Outra pesquisa, realizada pela empresa de consultoria Accenture, em 2007, identificou que 89% dos consumidores já se dizem estar prontos para trocar de fornecedor de energia se o novo fornecedor comprovar que pode oferecer os mesmos serviços com redução de emissão de carbono. Nesta mesma pesquisa, 64% indicaram estar dispostos a pagar mais por produtos e serviços que reduzam a emissão de gases de efeito estufa. (GLEN; HILSON; LOWITT, 2009).

Os governos municipal, estadual e nacional também são grandes compradores institucionais e começam a introduzir critérios de responsabilidade social e ambiental em seus processos de decisão de compra. (BRYSON; LOMBARDI, 2009).

### 3.1.1.3 Pressão Social Institucional

Outro motivador para a adoção de práticas e estratégias ambientais é a pressão social, por vezes exercida por ambientalistas e organizações não governamentais (ANGEL; HUBER, 1996) como a *World Wild Fund* (WWF) e o *GreenPeace*. Outro organismo internacional atuante é a ONU que, através de seus programas PNUMA e PNUD, também exerce pressão sobre o setor empresarial, convidando-o a integrar critérios sociais e ambientais e seus processos de decisão, conforme o Pacto Global. (ONU, 2011).

Do ponto de vista do cliente institucional, também percebe-se uma evolução em seus critérios de compra. Neste setor, verifica-se pressão na cadeia de

fornecimento, onde empresas clientes determinam, por exemplo, a necessidade por certificações do tipo ISO 14001 de seus principais fornecedores.

Figura 4 - Motivações para a sustentabilidade corporativa.



Fonte: Elaborada pelo autor (2012)

A Figura 6 demonstra de forma sintética as três grandes motivações externas para que uma empresa adote princípios e critérios de sustentabilidade em seus processos de decisão referente à processos, produtos e atividades.

### 3.1.2 Conceitos Associados à Sustentabilidade

Os avanços acadêmicos e as contribuições por parte de instituições internacionais têm provocado a consolidação e o desenvolvimento de novos conceitos. Nesta seção será apresentado os principais conceitos encontrados na literatura analisada.

#### 3.1.2.1 Stakeholders

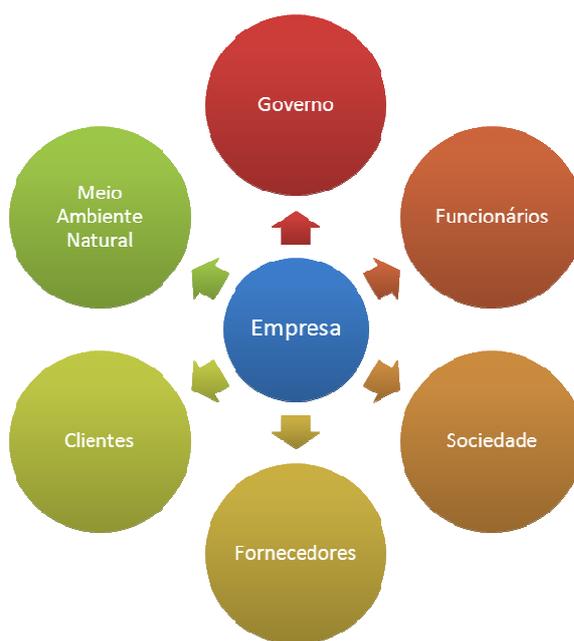
O conceito de *Stakeholder* pode ser definido como todo e qualquer público que tenha interesse e participação na atividade da organização assim como aquele que, potencialmente, possa ser afetado pelas atividades da mesma. (JACOBS, 1997; ISAKSSON, 2006). Entre os principais *Stakeholders* estão acionistas, clientes, governos, fornecedores, funcionários e, de forma mais ampla, a sociedade. Neste ponto, Jacobs (1997) ainda sugere que o meio ambiente natural, assim como as

gerações futuras (humana e outras formas de vida) devam, também, ser considerados *Stakeholders*.

Entre os princípios básicos da gestão da relação com os *Stakeholders* estão: (1) o envolvimento e a participação dos mesmos no processo de decisão; e (2) a divisão de recursos financeiros de forma mais abrangente, ou seja, contribuições para entidades apoiando projetos sociais e ambientais e maior participação de funcionários nos lucros da empresa. (JACOBS, 1997).

A Figura 4 demonstra a posição da empresa como agente central dentro do conceito de *Stakeholder* e sua relação com os mesmos. Este conceito deve ser desenvolvido dentro da estrutura organizacional de forma a reformular o processo de decisão das empresas e efetivamente contribuir para a construção de uma sociedade sustentável.

Figura 5 - Stakeholders



Fonte: Elaborada pelo autor (2012)

Do ponto de vista de sustentabilidade à luz do Relatório Bruntland, observa-se que o principal *Stakeholder* é a sociedade, apresentado não apenas em uma perspectiva presente, como futura. É neste sentido que a discussão sobre REEE se estabelece dado que contaminantes não dispostos no meio ambiente hoje preservam o potencial de sustentabilidade de gerações futuras. Da mesma forma, do ponto de vista econômico, excluindo-se o meio ambiente natural em um primeiro

momento, todos os *Stakeholders* tem interesse na sustentabilidade econômica da empresa. Ao se incluir o meio ambiente, sua degradação pode determinar a impossibilidade de desenvolvimento social e econômico nas áreas atingidas.

### 3.1.2.2 Ética e Responsabilidade Social Corporativa

A palavra *Ética* se origina de duas palavras do grego *êthos* e *éthos*. *Éthos* significa “hábitos” ou costumes enquanto *êthos* significa “morada”, “caráter” ou “índole”. Os dois significados em conjunto formam o que se deve compreender por *Ética*: a formação de uma pessoa que se expressa por seus atos, atos estes influenciados por seus hábitos e virtudes intelectuais e morais. (FIGUEIREDO; GUILHEM, 2008). As virtudes intelectuais são construídas através do ensino, enquanto as virtudes ou vícios morais se constituem através dos hábitos, costumes e experiências.

Do ponto de vista organizacional, a ética pode ser obtida através do ensino e da implantação dos códigos de ética. Com o passar do tempo espera-se que as pessoas envolvidas no processo consolidem estes ensinamentos através do hábito e experiências. A ética, além de estar relacionada com a convivência humana, buscando a harmonia nas relações entre as pessoas, também está relacionada ao meio ambiente, visto que este também é um *Stakeholder* e não deveria ser prejudicado. (TRANSFERRETI, 2006). Assim conclui-se que a empresa ética deve respeitar o meio ambiente natural, tanto quanto aos outros *Stakeholders* com os quais se relaciona. A Responsabilidade Social Corporativa (RSC), por sua vez, nada mais é que a empresa assumir critérios pautados pela ética em seus processos de decisão objetivando não prejudicar os *Stakeholders*.

Conforme o site do Instituto Ethos (2012):

Responsabilidade social empresarial é a forma de gestão que se define pela relação ética e transparente da empresa com todos os públicos com os quais ela se relaciona. Também se caracteriza por estabelecer metas empresariais compatíveis com o desenvolvimento sustentável da sociedade, preservando recursos ambientais e culturais para as gerações futuras, respeitando a diversidade e promovendo a redução das desigualdades sociais.

### 3.1.2.3 *Trade-offs*

Conforme Paiva (2008), um *trade-off* pode ser definido como a relação negativa ou antagônica de efeitos em um “caminho” que se apresenta em um processo de decisão. Ou seja, ao se escolher o caminho “A” uma empresa pode estar mais próxima de alcançar um objetivo “A” porém, ao mesmo tempo, estar se distanciando progressivamente da realização de outro objetivo, também interessante, denominado “B”.

Muitas empresas podem determinar avanços em diversas dimensões de forma simultânea, porém muitas outras não têm os recursos e competências necessários ou a disposição de investir parcialmente em diversos caminhos ao mesmo tempo. Portanto escolhas são necessárias e com a rápida evolução da consciência global em relação aos problemas ambientais (HAWKEN; LOVINS; LOVINS, 2007; DIAS, 2008; GOLEMAN, 2009; LEITE, 2009; UNRUH; ETTERSON, 2010), as empresas se depararam com “objetivos” ambientais que também deveriam ser contemplados através de suas escolhas.

Identificar todos os *trade-offs* que podem se apresentar no processo de planejamento estratégico de uma empresa não é tarefa viável. Porém, de forma reduzida, conclui-se que *trade-offs* básicos que uma empresa enfrentará estarão sempre relacionados ao prazo de retorno sobre investimento (longo x curto prazo), estratégia de produto a adotar, mercados a atingir, desenvolvimento de recursos humanos e aquisição e introdução de tecnologias.

Novos produtos, desenvolvimento de pessoal, tecnologias e mercados exigem recursos financeiros. A liberação de recursos financeiros está atrelada a taxas de risco, prazo e taxas de retorno ou por considerações estratégicas menos econômicas e mais de posicionamento, ainda que raro. Neste contexto, sempre podem-se apresentar alternativas que maximizem o lucro da atividade a prazos mais curtos mas que não necessariamente considerem as dimensões ambiental e social de forma positiva. Conforme Hahn et al. (2010) o paradigma ganha-ganha não é a realidade das empresas que transitam para a sustentabilidade, muito pelo contrário: a normalidade é enfrentar os diversos conflitos que aparecem quando se tenta criar, através dos processos de decisão, as condições para harmonizar os objetivos econômicos e ambientais.

### 3.1.2.4 Gestão Ambiental, Gestão para a Sustentabilidade e Governança Corporativa

Para Angel et al. (1996), existe uma distinção entre os conceitos de Gestão Ambiental (GA) e Gestão para a Sustentabilidade (GS). Enquanto a GA se concentra no atendimento a legislação, a GS é mais ampla, e suas atividades refletem princípios de justiça, respeito, igualdade e um olhar constante para o futuro, proporcionando oportunidades para todos. Assim, a GS requer a internalização de valores adicionais que de fato promovam a sustentabilidade da empresa e da sociedade como um todo. Taubitz (2010), define gestão ambiental como um dos fatores de sustentação do conceito de sustentabilidade porém diferenciando-os.

Já a governança corporativa (GC) deve criar um conjunto de ferramentas e processos para monitorar e assegurar que o comportamento dos executivos da empresa estejam alinhados com os interesses de acionistas e cotistas, ou seja, a GC deve prioritariamente identificar e agir situações de risco na esfera econômica (IBGC, 2011). A execução destas análises é de responsabilidade dos conselhos administrativos das empresas. Inicialmente com o objetivo de apoiar e supervisionar a ação dos principais executivos da empresa e defender os interesses de acionistas e cotistas, a GC tem se desenvolvido para avaliar outros tipos de riscos (ex.: político, geopolítico, de reputação, cultural e o ambiental). (CHARAN, 2010).

O IBGC ainda ressalta que existem basicamente dois modelos de GC: o (1) modelo norte americano, que prioritariamente defende os interesses dos acionistas; e o (2) modelo europeu que considera a defesa de todos os *stakeholders*. Este é um ponto de conexão entre os diversos conceitos apresentados anteriormente, visto que o segundo modelo abre perspectivas de maior alinhamento com os conceitos de GA, GS e RSC. Também tende a apresentar-se, do ponto de vista de sustentabilidade, mais propício à gestão de *trade-offs* que requeiram decisões multiobjetivo ou multicritério, além dos elementos puramente negociais.

### 3.1.2.5 *Design*, *Ecodesign* e Análise do Ciclo de Vida

Segundo Hart e Milstein (2004), uma organização que deseje diminuir o impacto ambiental de suas atividades tem a sua disposição quatro conjuntos de motivadores que devem influenciar a construção de estratégias a serem implementadas de forma simultânea. Estes quatro conjuntos são:

- a) redução do consumo de matéria-prima e de poluição associada as atividades da organização, que a beneficiam, através do aumento de eficiência na utilização de recursos, ao mesmo tempo que beneficiam a sociedade através da diminuição de emissão de resíduos que poluem o meio ambiente;
- b) aumento na transparência das atividades da empresa ao comunicar de forma responsável seus desempenhos e projetos. Essa maior transparência pode ser conquistada ao se definir a inclusão de *Stakeholders* nos processos de decisão;
- c) foco em tecnologias que possibilitem a redução no consumo de energia e matéria-prima por parte de indústrias que as utilizem de forma intensiva;
- d) aumento da população, da pobreza e da desigualdade, que devem motivar as empresas a oferecer produtos e serviços que diminuam os indicadores negativos de desenvolvimento humano ao mesmo tempo que impactem de forma cada vez mais reduzida no meio ambiente.

De forma reduzida, pode-se dizer que o modelo de desenvolvimento sustentável proposto por Hart e Milstein (2004) requer que as organizações entendam de fato seu papel como agente social. Se, à montante, as empresas devem procurar diminuir sua captação e dependência de recursos naturais e fontes de energia poluidoras, à jusante, as empresas devem entregar a sociedade soluções com perfil menos negativo ao meio ambiente e a sociedade como um todo.

Menos ampla e conceitual que a proposta de Hart e Milstein (2004), é o que sugere Kautto (2006), indicando que as estratégias "verdes" podem ter dois grandes focos:

- a) foco em nível de processo:
  - Controle de emissões – utilização de tecnologias (tecnologias de fim de tubo) que capturem os resíduos oriundos dos processos produtivos e logísticos;
  - Produção mais limpa – adoção de tecnologias que diminuam ou evitem as emissões de resíduos.
- b) foco em nível de produto – ou seja, a empresa, portanto, passa a focar na diminuição do impacto ambiental que seus produtos e serviços entregam a sociedade.

Para esse mesmo autor, há uma evolução da gestão ambiental, tanto do ponto de vista legal como gerencial, que inicialmente tinha como foco a minimização do impacto ambiental promovido pelos processos produtivos para o foco na diminuição do impacto ambiental promovido por suas ofertas (produtos e serviços). Albino, Balice e Dangelico (2009) ainda destacam o papel da inovação verde na construção de vantagem competitiva através de uma melhor imagem corporativa, aumento de eficiência, aumento em vendas, desenvolvimento de novos mercados e diferenciação de produtos. Com foco em produtos, conceitos e ferramentas foram desenvolvidos. Entre eles destacam-se a Análise do Ciclo de Vida (ACV) e o *Ecodesign*.

Análise do Ciclo de Vida (ACV) ou LCA (*Life Cycle Assessment*) pode ser conceituada como o processo que avalia o impacto ambiental de um produto e seus componentes, ou de processos, durante todas as suas fases, da extração da matéria-prima que o compõe até a sua disposição final (HEISKANEN, 2000; REX; BAUMANN, 2008). Do ponto de vista prático, para Rex e Baumann (2008), ACV pode ainda ser definida como uma técnica que, implantada na forma de softwares, ajuda as empresas a realizar tecnicamente o processo de identificação do impacto ambiental de seus produtos. Heiskanen (2000) ainda ressalta que a introdução de ACV como técnica no desenvolvimento de produtos pode gerar o que chama de “Pensamento do Ciclo de Vida” sugerindo uma nova diretriz para a gestão, desenvolvimento e melhoria de produtos.

Mas a adoção de ACV por parte das empresas tem se dado de forma lenta (FOSTER; GREEN, 2000). Entre as principais críticas a esta abordagem, ressaltam-se:

- a) a introdução de um contexto interorganizacional no processo de desenvolvimento de produtos, ou seja, a empresa desenvolvedora passa a ter que identificar e monitorar processos e materiais utilizados nas fases anteriores e posteriores a confecção do produto, ampliando o escopo de responsabilidade tradicional das empresas. (HEISKANEN, 2000; SEURING, 2004; REX; BAUMANN, 2008);
- b) o custo financeiro e tempo necessário para se fazer a identificação de todos os impactos ambientais promovidos por toda a cadeia produtiva relacionado a um produto. (HEISKANEN, 2000);

- c) o alto nível de complexidade da ferramenta. (REX; BAUMANN, 2008);
- d) a falta de bases de dados confiáveis e utilizáveis para todo e qualquer objeto de análise. (REX; BAUMANN, 2008);
- e) a aplicabilidade das avaliações no processo de desenho e projeto do produto devido a inexistência, em muitos casos, de integração entre desenvolvedores de produto e especialistas ambientais. (LENOX; EHRENFELD, 1997; SIMON et al., 2000).

Porém, a ACV ainda é considerada a única abordagem capaz de direcionar o desenvolvimento de novas ofertas com perfil “verde”, apoiando designers e projetistas a diminuir o impacto ambiental de produtos.

Concomitante à orientação apresentada nos parágrafos anteriores, desde a década de 90, o crescente interesse em relação aos problemas ambientais têm determinado movimentos por parte de indústrias no sentido de redesenhar produtos existentes ou criar novos que sejam menos prejudiciais do ponto de vista ecológico (BERCHICCI; BODEWES, 2005). Este movimento tem se consolidado através do conceito de *Ecodesign*. Para Dewulf e Duflou (2004), *Design for the Environment* (DfE), *Life Cycle Design*, *Environmentally Conscious Design*, *Green Design* são, todas, variações conceituais e de nomenclatura de *Ecodesign*: a integração sistemática de aspectos ambientais no processo de desenho de produtos com o objetivo de reduzir o impacto ambiental total de um produto durante todo seu ciclo de vida. (EC 2002 apud DEWULF; DUFLOU, 2004).

Convergente ao conceito de *Ecodesign* adotado por Dewulf e Duflou (2004), é o conceito explicitado por Berchicci e Bodewes (2005) que o determina como a tentativa de reduzir e minimizar o impacto ambiental das etapas de desenvolvimento, manufatura, uso e disposição final de produtos e serviços. Para esses autores o processo de desenvolvimento de um produto “verde” é complexo e reflete o aparecimento de vários *trade-offs*, vista a necessidade de se incorporar atributos ambientais positivos em um produto que, ao mesmo tempo, deve se manter competitivo do ponto de vista econômico.

Para se alcançar o status de “verde”, um produto precisa sofrer alterações ou melhorias em sua constituição e desenho que aumentem sua reciclabilidade, a utilização de materiais reciclados, sua eficiência energética e que reduzam sua toxicidade e nível de emissões relacionadas ao seu desempenho. (CHEN, 2001

apud BERCHICCI; BODEWES, 2005). Além disso, em uma visão mais ampla, própria da Engenharia de Produção, elementos associados ao processo de fabricação desse produto deveriam ser considerados para que o mesmo alcançasse o status de “verde”: redução de perdas, eficiência energética do processo, redução do impacto ambiental residual do processo, por exemplo.

Mas a introdução de motivadores ambientais no processo de desenvolvimento de produtos ainda é considerada lenta e complexa. (BERCHICCI; BODEWES, 2005), pois:

- a) a introdução de atributos verdes no processo de desenvolvimento de novos produtos depende da criação de grupos multidisciplinares de desenvolvimento. Unir designers e especialistas ambientais ainda é complexo Ponto também defendido por Lenox e Ehrenfeld (1997);
- b) a incorporação de atributos ideológicos pode aumentar a possibilidade de rejeição mercadológica, como também defendido por Simon et al. (2000); e
- c) a necessidade de balancear especificações técnicas e de processo com custos e momento de mercado; Em alguns casos a empresa pode deter uma tecnologia inovadora, porém inacessível aos clientes do ponto de vista econômico, em um momento específico.

Para Dewulf, Duflou e Ander (2004), outros aspectos aumentam ou podem aumentar a complexidade da introdução de critérios ambientais no processo de desenvolvimento de produtos:

- a) empresas de pequeno porte que estejam envolvidas em uma cadeia produtiva podem não ter os recursos necessários para manter e integrar especialistas ambientais no processo de desenvolvimento de seus produtos; e
- b) a falta de cooperação e padronização entre os atores de uma cadeia produtiva;

E, ainda, outras barreiras que se apresentam são:

- a) gestores ambientais sem conhecimento sobre alternativas tecnológicas para melhorar produtos. (KAUTTO, 2006);

- b) legislação defasada, não motivando as empresas a desenvolver produtos verdes (KAUTTO, 2006) ou falta de pressão mercadológica. (SIMON et al., 2000);
- c) falta de integração entre gestores ambientais e projetistas. (LENOX; EHRENFELD, 1997; KAUTTO, 2006);
- d) certificações como ISO 14001 ainda privilegiam avaliações de processos e não de produtos. (KAUTTO, 2006);
- e) capacidade para o ecodesign depende da integração de diversos recursos e conhecimento, aumentando a complexidade de processos de desenvolvimento de produtos. (LENOX; EHRENFELD, 1997);
- f) a inexistência de processos e rotinas de comunicação e treinamento que efetivamente gerem conhecimento novo e eficaz. (LENOX; EHRENFELD, 1997);
- g) resistência de unidades de negócio em consideração a aspectos ambientais. (LENOX; EHRENFELD, 1997)
- h) resistência e incapacidade de designers em compreender e valorizar questões ambientais. (SIMON et al., 2000);
- i) falta de priorização.

Assim, pode-se depreender que a ferramenta de ACV pode apoiar o desenvolvimento orientado de *Ecodesign*, mas, o sucesso do ponto de vista ambiental, na etapa de desenvolvimento de produtos “verdes”, depende da correta e complexa orquestração de recursos, processos e conhecimento. (STEGER, 1996). Assim uma cultura organizacional, alicerçada em princípios e valores pressupostos pelo conceito de RSC, que identifique no respeito amplo aos *Stakeholders* uma fonte de vantagem competitiva, é fundamental para que os obstáculos aqui relacionados sejam ultrapassados.

### 3.1.2.6 *Design*, *Ecodesign* e o Sistema Reverso de Recuperação de Valor

Para se entender a real contribuição do design e sua variante *ecodesign* para um sistema reverso de recuperação de valor de um REEE, se faz necessária uma análise mais criteriosa, dado que nem todos os focos sugeridos em *design* ou *ecodesign* contribuirão para o sistema reverso, tanto no sentido ambiental como

econômico, podendo estes benefícios se limitar apenas às etapas de produção e de desempenho do EEE.

Conforme White et al. (2003), pesquisas mais antigas, relacionadas a tecnologia e logística reversa para recuperação de valor, mantinham-se concentradas em produtos de design mais simples como pneus, caixas para bebidas e cartuchos de toner. Mais recentemente o foco tem passado para produtos mais complexos como computadores, copadoras e automóveis.

A Figura 5 sugere diversos focos em design/ecodesign para diminuir o impacto ambiental de um EEE durante todo o seu ciclo de vida.

Figura 6 - Contribuições do design e ecodesign para um EEE



Fonte: Elaborada pelo autor (2011).

Muito importante, antes de se realizar esta análise é detalhar a contextualização e de qual ponto de vista se está analisando as contribuições dos diferentes focos. Este trabalho tem por objetivo identificar aspectos que contribuam para a sustentabilidade econômica do sistema reverso, constituído de atores independentes inseridos em uma nova indústria. No que tange à sustentabilidade ambiental, o que se analisa é como os diferentes focos de design podem contribuir para a diminuição do impacto ambiental da indústria de EEE na fase reversa. Portanto, aspectos de design ou ecodesign que não auxiliem na recuperação de valor ambiental na fase reversa serão sinalizados mas descartados no processo de entrevistas.

A primeira alternativa é o foco em design para a desconstrução ou *Design for Disassemble* (DfD). Os processos de desenvolvimento de um EEE devem contemplar a necessidade de facilitar as operações de desconstrução deste mesmo equipamento ao final de sua vida útil. (STEGER, 1996; STEVELS et al., 1999; WHITE et al., 2003; MCKERLIE et al., 2006; SCHAIK; REUTER, 2010; ARNOLD; HOCKERTS, 2010). Este foco é determinante para reduzir o tempo necessário para a desconstrução, possibilitando assim uma maior produtividade do processo e conseqüentemente a possibilidade de se alcançar a sustentabilidade econômica do sistema reverso. Outro benefício deve ser a rápida separação de materiais com alto potencial para reciclagem. Portanto, este foco, beneficia a dimensão econômica do sistema reverso.

O segundo foco é a redução ou eliminação de substâncias tóxicas ou perigosas presente em materiais que compõem o EEE (*ecodesign*). Quanto menor a presença de substâncias tóxicas, menor o risco de contaminação de materiais com potencial para reciclagem. (STEVELS et al., 1999; MCKERLIE et al., 2006; ARNOLD; HOCKERTS, 2010). Este foco contribui para a sustentabilidade econômica e ambiental do sistema reverso.

O terceiro foco é a eliminação de elementos químicos antichamas na composição de plásticos, material de utilização relevante na construção de EEE (*ecodesign*). (STEVELS et al., 1999). Estes elementos, além de tóxicos apresentam alto potencial cancerígeno. (NIMPUNO; MCPHERSON, 2009). Este foco contribui para as dimensões ambiental e econômica do sistema reverso.

O quarto foco, apresentado por Stevels et al. (1999), é a miniaturização (*design*). De forma lógica, o autor defende que a miniaturização de componentes

significa redução de peso e, portanto, da necessidade de materiais para a composição de um EEE. Este foco também é apresentado, de forma distinta, pelos autores Arnold e Hockerts (2010) que identificaram na redução de peso, um dos focos verdes da multinacional Philips. A contribuição econômica deste foco depende dos objetivos legais do sistema reverso e dos responsáveis pelo financiamento do sistema. Caso metas de volume de reciclagem sejam estabelecidas pela legislação e os custos do processo de recuperação de valor estejam atrelados a medida peso, a diminuição do tamanho e peso dos EEE pode influenciar positivamente a dimensão econômica do sistema reverso. Porém, a diminuição de peso dos REEEs pode caracterizar uma menor oferta de materiais com potencial para reciclagem, diminuindo sua contribuição econômica para o sistema reverso e conseqüentemente a motivação dos atores envolvidos no sistema. Neste foco, enxerga-se um *trade-off*. Se por um lado a diminuição de peso determina menor impacto ambiental, por outro lado pode diminuir o potencial de valor econômico a ser recuperado pelo sistema reverso.

O quinto foco se refere ao aumento da durabilidade e confiabilidade deste tipo de produto (*design e ecodesign*). (ARNOLD; HOCKERTS, 2010). Maior durabilidade pode diminuir a frequência de substituição de aparelhos. Esta maior durabilidade deve ser aplicada também aos componentes de um EEE, visto que após a sua desconstrução, vários elementos ainda se apresentariam em condições para reuso. (WHITE et al., 2003). Este foco contribui para a diminuição do impacto ambiental durante a etapa reversa. Mas, mesmo sendo reutilizado integral ou parcialmente, este EEE, mais cedo ou mais tarde, deverá sofrer tratamento para recuperação de valor através de reciclagem. Do ponto de vista econômico, a durabilidade pode viabilizar a criação efetiva de um mercado consumidor secundário, refletindo mais uma atividade econômica para o sistema reverso. Por outro lado, deve-se analisar o perfil crescente de consumo de EEE da sociedade atual. Durabilidade maior pode não significar diminuição no ritmo de obsolescência de equipamentos visto o valor estético deste tipo de produto para os consumidores.

O sexto foco é a diminuição unitária de componentes eletrônicos na composição de um EEE. Stevels et al. (1999) defendem que a redução de componentes beneficia o sistema reverso como um todo, pois os mesmos apresentam mistura complexa de materiais e portanto dificultam o processo de reciclagem. Este foco atende aos objetivos ambiental e econômico do sistema reverso.

O sétimo foco é denominado de *upgrading (design)*. *Upgrading* pode ser definido como uma melhoria adicionada a um EEE para que este aumente sua capacidade ou vida funcional. Neste foco, o design deve possibilitar o *upgrading* de computadores. (WHITE et al., 2003). Isto possibilita a extensão do ciclo de vida útil do EEE (*ecodesign*). Assim, para o sistema reverso, *Upgrading* pode criar oportunidades de reuso de EEE em mercados secundários postergando o processo de reciclagem e disposição final e criando oportunidades econômicas.

O Oitavo foco está na composição material de um EEE (*design*). A diminuição do impacto ambiental de um EEE pode ser atingida através da escolha de materiais que o compõe (*ecodesign*). (STEGER, 1996; WHITE et al., 2003). Um aspecto que merece atenção é aumentar a utilização de materiais reciclados na composição de computadores. (KNEMEYER; PONZURICK; LOGAR, 2002). Outro aspecto é aumentar a incidência de materiais recicláveis. O aumento da reciclabilidade de um REEE contribui para a sustentabilidade econômica do sistema reverso e abre oportunidades para o sistema reverso contribuir para a sustentabilidade ambiental da Indústria de EEE.

O nono foco está em diminuir a quantidade de materiais utilizados nas embalagens de EEEs (*design e ecodesign*). (STEGER, 1996; MCKERLIE et al., 2006; ARNOLD; HOCKERTS, 2010). A exemplo do ocorrido na Alemanha que, após a introdução de legislação pertinente, reduziu em 66% o peso de resíduos de embalagens a serem dispostos em aterros ou incinerados (MCKERLIE et al., 2006), à indústria de EEE de outras regiões, oportunidades para diminuir o impacto ambiental negativo e aumentar o resultado econômico se apresentam.

O décimo foco está em melhorar o desempenho energético do equipamento (*ecodesign*), ou seja, que ele utilize a menor quantidade de energia possível durante seu ciclo de vida. (STEGER, 1996; ARNOLD; HOCKERTS, 2010). Este foco não contribui para a sustentabilidade econômica do sistema reverso, assim como não oportuniza ao sistema possibilidade de contribuir para a sustentabilidade ambiental da indústria de EEE como um todo.

O décimo primeiro foco é a preocupação do design em facilitar os processos de reciclagem (*Design for Recycling – DfR*). Schaik e Reuter (2010) argumentam que o design de um produto deve se preocupar com o processo de reciclagem, portanto criando soluções que facilitem a liberação dos materiais pelos diferentes processos de reciclagem. Quanto maior a separação dos materiais, maior será a recuperação de através da reciclagem.

E por último o foco em possibilitar o equipamento para o processo remanufatura. Para Zoeteman e Krikke (2010), este processo pode reduzir imensamente a necessidade de recursos e a geração de resíduos em um novo processo produtivo.

Ao nível da indústria, particularmente na indústria de EEE, padronização no design, principalmente ao que se refere ao material “plásticos” e a construção dos equipamentos, poderia aumentar receitas (reciclagem do plástico) e diminuir os custos do processo de desconstrução deste tipo de REEE. (KNEMEYER, PONZURICK; LOGAR, 2002). De qualquer forma, ressalta-se a necessidade de que mudanças em design, com foco ambiental, também devam manter a competitividade mercadológica das ofertas. (STEGER, 1996).

### 3.2 MODELOS DE AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO EM SUSTENTABILIDADE

Um dos instrumentos mais utilizados para aferição e comunicação do nível de sustentabilidade de uma organização é o *Global Reporting Initiative* (GRI). (ISAKSSON, 2006; UNRUH; ETTENSON, 2010). Empresas do mundo inteiro adotam este modelo para comunicar seus desempenhos econômico, social e ambiental (GRI, 2010) considerando que o mesmo aumenta a qualidade, o rigor e a utilidade do relatório de sustentabilidade. (LABUSCHAGNE; BRENT; ERCK, 2003). Entre os princípios que norteiam esta ferramenta (ISAKSSON 2006), estão os da transparência, inclusão e a possibilidade de auditoria interna e externa (GRI, 2010).

Outro sistema de avaliação é o *Wuppertal Sustainability Indicators* (LABUSCHAGNE; BRENT; ERCK, 2003) do Instituto Wuppertal (IW). Esse instituto desenvolveu uma série de indicadores para avaliar cada uma das quatro dimensões da sustentabilidade e a intersecção das mesmas. Às três dimensões já relatadas (social, econômica e ambiental), o IW agrega uma outra dimensão denominada como Indicadores Institucionais, que tem como objetivo avaliar como a empresa harmoniza os objetivos sociais, econômicos e ambientais que se apresentam. Além disso, esta quarta dimensão, que foi proposta pela ONU, objetiva compreender também como a empresa se engaja no processo de transição para a sustentabilidade, através da avaliação de: (1) seus princípios éticos e o estabelecimento de missão, visão, valores e objetivos da organização; (2) seu suporte aos acordos internacionais; (3) sua consideração de objetivos externos de desenvolvimento sustentável no processo interno de pesquisa e desenvolvimento

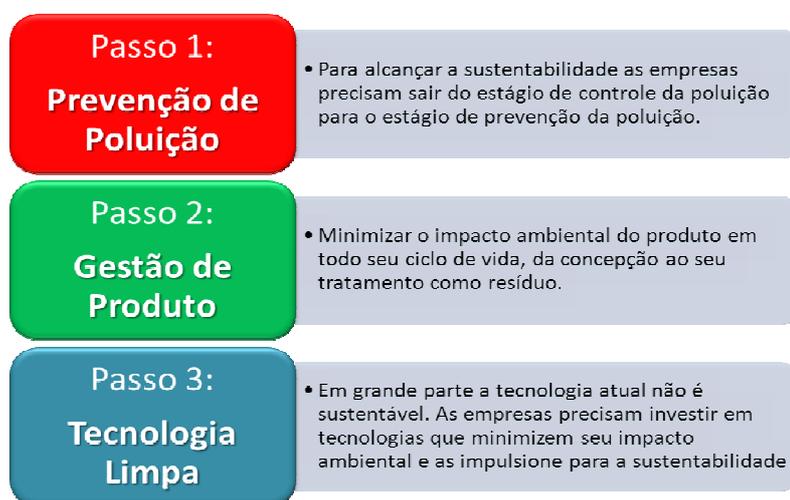
(P&D); e (4) sua alocação de recursos que suportem projetos para o desenvolvimento da sustentabilidade no longo prazo.

No Brasil, o Instituto Ethos desenvolveu duas ferramentas similares ao GRI, inclusive utilizando alguns de seus critérios, para apoiar as empresas na construção e na aferição do estado atual das mesmas em relação ao seu nível de responsabilidade social: Indicadores Ethos e Indicadores Ethos-Sebrae. (INSTITUTO ETHOS, 2011). Os Indicadores Ethos estão mais adequados às empresas de grande porte, sendo que os Indicadores Ethos-Sebrae se destinam a aferição do nível de RSC de micro e pequenas empresas. (INSTITUTO ETHOS, 2011). A diferença entre o GRI e os Indicadores Ethos e Ethos Sebrae é que os dois últimos não avaliam o desempenho econômico das empresas, por isto se restringindo ao conceito de RSC e não de sustentabilidade.

### 3.3 ESTRATÉGIAS PARA A SUSTENTABILIDADE AMBIENTAL

Hart (1997), sugere que a estratégia ambiental de uma empresa está composta por 3 passos conforme a Figura 7:

Figura 7 - 3 Passos para a sustentabilidade



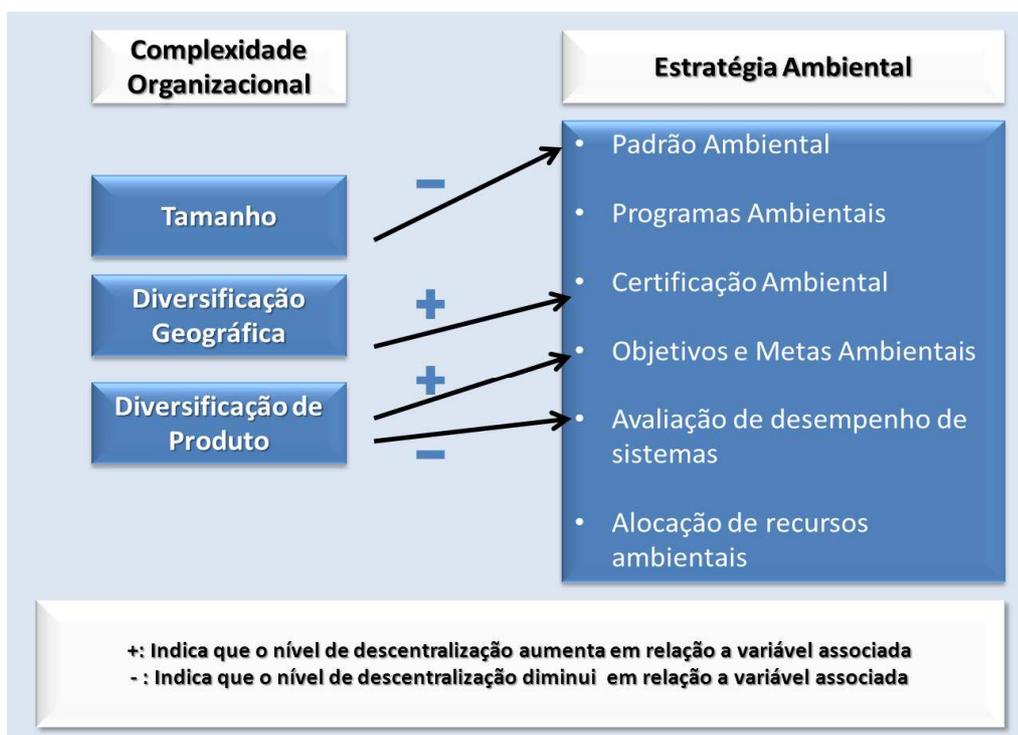
Fonte: Adaptado pelo autor de Hart (1997).

Conforme a Figura 7, a empresa pode começar sua trajetória (Passo 1) construindo processos que eliminem a poluição. Não se trata mais em controlar os resíduos emitidos pelos processos produtivos, mas sim evitar que estes resíduos sejam gerados. No passo 2, Hart argumenta sobre o foco no produto, que deve ser

constituído de atributos que minimize seu impacto desde o momento da produção até o seu descarte, ressaltando a importância do *ecodesign* para a melhorar os processos de reciclagem. E, no passo 3, a empresa deve considerar investimentos em tecnologias limpas, ou seja, tecnologias que não gerem resíduo. Em seu estudo, Elsayed et al. (2009), porém, sugerem que o nível de comprometimento da organização com o atendimento as questões socioambientais não é sempre crescente e que o mesmo deverá variar conforme o ciclo de vida da empresa.

Do ponto de vista das empresas multinacionais que operam em diversos mercados de forma simultânea, Epstein e Roy (2007) desenvolveram um estudo para analisar o que definem como os 6 aspectos chave da estratégia ambiental. Em um segundo momento, o estudo analisa a relação entre as 3 variáveis associadas a complexidade organizacional e o nível de centralização da gestão da estratégia ambiental neste tipo de organização. Das 98 empresas norte americanas que participaram da pesquisa, os autores puderam concluir que a maioria adotou um padrão ambiental global para administrar suas atividades com base em controle centralizado e avaliação de desempenho também centralizado (Figura 7).

Figura 8 - Complexidade Organizacional X Estratégia Ambiental



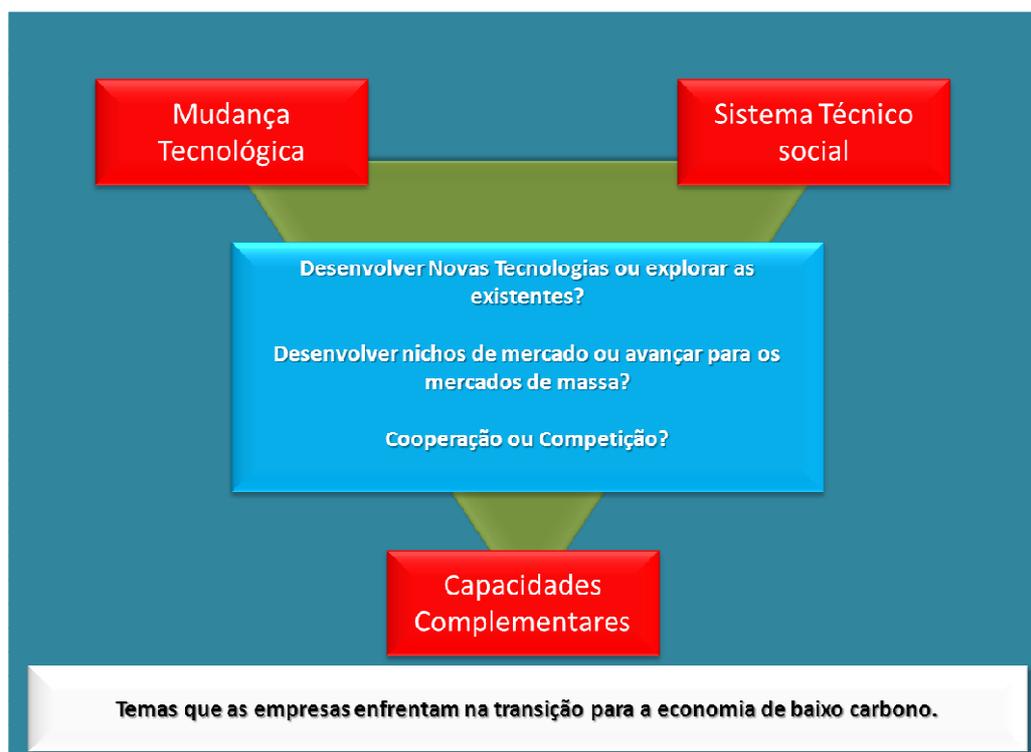
Fonte: Epstein e Roy (2007)

A Figura 8 demonstra que, para este grupo de empresas: (1) quanto maior o tamanho da organização, menor será a autonomia das unidades de negócios e das plantas produtivas para determinar o padrão ambiental, ou seja, há uma maior centralização do processo de decisão; (2) quanto maior a diversificação de mercados atendidos pela organização, maior será a autonomia das unidades de negócios para determinar o tipo e o momento da certificação ambiental necessário; (3) quanto maior a diversificação de produtos, maior a autonomia das unidades de negócios em estabelecer suas metas ambientais; porém (4) quanto maior sua diversificação de produtos menor será a autonomia da unidade de negócio para determinar os modelos de avaliação de desempenho ambiental.

Arnold et al. (2010) ainda determinam que existam dois tipos de empresa com perfil sustentável: (1) o tipo de empresa que explora e otimiza seu modelo de negócios já existente, introduzindo a gestão para a sustentabilidade e reorganizando seus sistemas de comunicação focando a redução de custos através do aumento de eficiência na utilização de recursos; e (2) o tipo de empresa que cria novos produtos, mercados e conseqüentemente constrói um novo modelo de negócio.

Pinkse et al. (2010) construíram um framework que sugere que a empresas devem levantar algumas questões em sua trajetória para a sustentabilidade, principalmente no combate as mudanças climáticas (Figura 9). Para os autores, um dos principais meios para se determinar uma redução relevante na emissão de gases de efeito estufa passa pelo desenvolvimento e implantação de tecnologias que reduzam a necessidade por combustíveis fósseis. Neste sentido, desenvolvem-se estudos em duas frentes: (1) tecnologias que radicalmente criem um novo paradigma energético; e (2) o aumento de eficiência energética das tecnologias já existentes.

Figura 9 - Questões pertinentes a Sustentabilidade.



Fonte: Pinkse et al. (2010)

Outra questão levantada por este *framework* é decisão sobre a estratégia de marketing a ser seguida, ou seja: desenvolver posicionamento em nichos de mercado ou abordar o mercado mais amplo? As conclusões deste debate são muito similares às propostas de Unruh et al. (2010), anteriormente apresentadas.

E por fim, o modelo propõe um terceiro questionamento que se refere à cooperação ou competição. Soluções aos problemas ambientais podem ser caracterizadas por terem um perfil sistêmico. Neste caso muitas empresas podem necessitar de capacidades e tecnologias incrementais das quais não dispõem no momento. Para tanto a empresa precisa avaliar a aliança com outros atores da cadeia de suprimentos, inclusive, em alguns casos, com seus concorrentes para garantir a eficácia de alguns processos.

Ainda, a melhoria contínua da Governança Corporativa (GC), como anteriormente conceituada, é um dos caminhos que devem ser trilhados para apoiar a sustentabilidade. Códigos de Ética, com a definição de missão, visão e valores também é uma ótima ferramenta para apoiar o processo de mudança cultural necessário para a sustentabilidade. A adoção de certificações ambientais, tais como a ISO 14001, assim como o alinhamento dos valores da organização aos valores

contidos em iniciativas como a Declaração dos Direitos Humanos e o Pacto Global (ONU) e participação em avaliações de desempenho socioambiental viabilizadas por instituições como o Instituto Ethos e GRI são também movimentos que aceleram a transição cultural para a sustentabilidade.

Empresas rumo à sustentabilidade precisam criar as condições e as competências para sustentar o longo caminho. Para tanto, a organização precisa estar preparada para a inserção e convivência com modelos de gestão para a sustentabilidade, suas ferramentas e conceitos que possibilitam transformar a cultura tradicional para a cultura alicerçada na cultura da sustentabilidade. Algumas destas ferramentas são: políticas ambientais, auditorias ambientais, definição de padrões ambientais e códigos de gestão. (ANGEL; HUBER, 1996).

Do ponto de vista do produto, uma empresa se depara com três estratégias básicas para a formulação de uma oferta verde e para tanto precisa compreender quais as competências e recursos devem estar disponíveis para definir a melhor estratégia. Segundo Unruh et al. (2010):

- a) acentuar – neste caso a empresa deve se concentrar em melhorar a comunicação de virtudes “verdes” de seu portfólio de produtos existentes. Porém, não basta a empresa comunicar melhor. A virtude a ser comunicada deve estar lastreada por processos verdes e outros produtos também precisam evoluir para que não haja questionamentos por parte da opinião pública. Ter um produto verde não significa que a empresa seja verde, portanto a comunicação deve ser transparente e verdadeira, não “vendendo” atributos que a empresa não possa entregar;
- b) adquirir – muitas empresas estão optando por comprar marcas e outras empresas que já estão posicionadas no mercado como “verdes”. Neste caso o grupo comprador pode, rapidamente, se beneficiar mercadologicamente. Mas um aspecto deve ser levado em conta: o choque cultural organizacional. Os autores destacam que uma empresa “verde” normalmente está constituída de uma cultura verde e que o choque com a cultura puramente capitalista da empresa compradora pode inclusive destruir a cultura absorvida;
- c) arquitetar – neste caso, as empresas optam por desenvolver internamente sua trajetória para a sustentabilidade. Várias empresas estão criando

produtos ecologicamente corretos como no caso da Toyota através do modelo híbrido Prius. A Toyota também é reconhecida pelo seu Sistema Toyota de Produção que tem foco central na eliminação de perdas. A empresa que desde o início optou por um sistema puxado de produção, ou seja, produzir apenas o que for solicitado, gera menor impacto ambiental ao ter uma redução drástica de seus inventários. (MOLLENKOPF; STOLZE; TATE; UELTSCHY, 2009).

Para Unruh et al. (2010), uma empresa deve avaliar os recursos necessários, a velocidade no mercado, sua reputação mercadológica e as competências que inicialmente serão necessárias para desenvolver uma “estratégia verde” de produtos. Ao optar pela estratégia de “adquirir” uma empresa, a empresa contará com velocidade de entrada no mercado, mas, provavelmente, não terá as credenciais e as competências necessárias para manter a estratégia a altura. Já, optando por uma estratégia de “arquitetar”, a empresa deverá ter grande competência na área da sustentabilidade e disponibilidade para investir. Já uma empresa sem um nível de competências apropriado e recursos financeiros, entenderá a estratégia de “acentuar” a mais adequada. Porém Angel et al. (1996) advertem que a sustentabilidade, necessariamente, precisa entregar benefícios tangíveis para as empresas ou cairá no descrédito.

Outro fator importante para criar a transição cultural é a participação efetiva da alta gestão da empresa no processo de mudança, sendo ela a grande incentivadora desta mudança. (TAUBITZ, 2010). Ainda neste sentido, Sweet et al. (2003) realizaram um estudo sobre os diferentes estilos de processamento de informação e de decisão que caracterizam as pessoas. Os autores sugerem que para a empresa que se encaminha para a sustentabilidade, líderes devem ter a capacidade de pensar sistemicamente a fim de conseguirem integrar objetivos ambientais e econômicos, dar suporte para as escolhas e gerar ações colaborativas entre diferentes parceiros da gestão da organização.

Hart (1996) ainda lembra que as competências a serem desenvolvidas não podem se limitar como guias de conduta e de processos internos, mas que devem auxiliar a empresa na construção e manutenção de seus relacionamentos com *Stakeholders* externos.

A harmonização entre os objetivos ambientais, sociais e econômicos não é um processo simples, visto a quantidade de *trade-offs* que se apresentam, principalmente na relação entre as dimensões ambiental e econômica. Os principais obstáculos são: (1) a cultura corporativa que privilegia somente a dimensão econômica (MANIKAS; GODFREY, 2010); (2) a falta de engajamento da alta gestão no processo de mudança; e (3) a maior importância do curto prazo em relação ao longo prazo. (LABUSCHAGNE; BRENT; ERCK, 2003).

De outro ângulo, Birkin et al. (2009) sugerem que o sucesso de modelo de negócios sustentáveis podem estar muito mais atrelados a sociedade e seus valores que ao desempenho técnico das organizações, sugerindo que algumas sociedades nas quais atuam também necessitam evoluir.

Isaksson (2006) ressalta que um dos impeditivos para a melhoria das empresas rumo a sustentabilidade é a resistência instituída pela cultura vigente e a falta de um senso de urgência. (KOTTER, 1996 apud ISAKSSON (2006). Para introduzir um processo de mudança na organização é importante focar na liderança do mesmo. (ANGEL; HUBER, 1996). Isaksson ainda acrescenta que um dos obstáculos principais para a construção da gestão para a sustentabilidade é o despreparo do capital humano e cultural da organização. Empresas que optem por avançar rumo a sustentabilidade devem tomar a firme decisão de incluir critérios ambientais e sociais em seus processos de decisão. (JACOBS, 1997).

Uma das estratégias mais utilizadas para alavancar o posicionamento verde de empresas tradicionais é a aquisição de outras empresas já bem posicionadas em nichos verdes de mercado. Como comentado anteriormente, um aspecto relevante no processo de aquisição é cuidar do choque cultural que haverá entre as duas culturas, da empresa compradora e da empresa adquirida. (UNRUH; ETTENSON, 2010). Para Unruh et al. (2010), o desenvolvimento de produtos “verdes” pode beneficiar culturalmente a empresa. Para que esta decisão atinja o resultado esperado, a mudança cultural, o capital humano deve estar preparado ou deve ser evoluído. Novas regulamentações, oportunidades de investimento, tecnologias e novos valores sociais estão aumentando a necessidade por pessoas que tenham em seus valores pessoais as competências necessárias para agregar valor as atividades de uma empresa que objetive a sustentabilidade. (GLEN; HILSON; LOWITT, 2009).

Neste contexto, uma das táticas com as quais a empresa pode contar para construir a evolução do capital humano no sentido sustentabilidade é o

estabelecimento de um código de ética (CE). Quando a empresa opta por perseguir a sustentabilidade, é importante uma padronização na conduta esperada de todos seus colaboradores, sendo que muitas empresas também aplicam seus princípios éticos junto a seus fornecedores e clientes (*Stakeholders* externos a empresa). Outro aspecto é a implementação de programas de educação ambiental para os funcionários, que podem expandir seu conhecimento e sensibilização ao tema socioambiental quando os mesmos são alocados em projetos com o objetivo de alavancar o desempenho socioambiental da organização. (GLEN; HILSON; LOWITT, 2009). Os processos de melhoria contínua no sentido da sustentabilidade são fundamentais para o sucesso da organização no longo prazo.

Do ponto de vista gerencial, a literatura pertinente ao tema sustentabilidade, principalmente a relacionada à influência que o quadro de gestão da empresa tem no sucesso ou insucesso dos primeiros passos rumo à sustentabilidade, é escassa. (GEORG; FUSSEL, 2000; BIRKIN; POLESIE; LEWIS, 2009). Claro é que, sem a participação e o comprometimento deste nível hierárquico, o processo de transição cultural para a sustentabilidade pode ficar comprometido. (ARNOLD; HOCKERTS, 2010). As atitudes e as novas rotinas impostas pelo novo modelo de negócios, originados na alta gestão devem resultar em uma percepção coletiva de que as melhorias iniciadas fazem sentido. (GEORG; FUSSEL, 2000).

Outro aspecto relevante para a construção da sustentabilidade é o aumento do diálogo com os *Stakeholders* internos e externos. Em uma organização onde o processo de decisão sempre foi centralizado, a mudança para um processo mais aberto e participativo pode encontrar resistência por parte da alta gestão. Por outro lado, estão os *Stakeholders* preparados para participar destes processos de decisão? Para Birkin et al. (2009), o nível de consciência da sociedade em geral em relação aos temas socioambientais, é determinante para a construção do diálogo Organização-*Stakeholders*.

Ainda, transparência é um princípio que deve ser entendido como um valor inerente as estratégias de curto e longo prazos. (UNRUH; ETTENSON, 2010). Porém o retorno sobre investimentos em sustentabilidade é, em geral, de longo prazo. (BRYSON; LOMBARDI, 2009; ARNOLD; HOCKERTS, 2010). A questão da temporalidade desses fatores deve ser considerada, dado que empresas têm adotado a técnica da Análise do Ciclo de Vida (ACV), tanto para produtos como para a análise de suas operações (ARNOLD; HOCKERTS, 2010; BIRKIN; POLESIE;

LEWIS, 2009) e a identificação de que a maioria de produtos e processos geram impactos ambientais negativos, deveria determinar, em forma de um plano estratégico-tático, ações para gradativamente aumentar investimentos focando na redução desses impactos. Investimentos para fomentar a sustentabilidade podem impedir a organização de maximizar seus lucros no curto prazo, impedindo a continuidade do processo de melhoria ambiental ou retardando-o. (BIRKIN; POLESIE; LEWIS, 2009).

### 3.4 RESÍDUO DE EQUIPAMENTO ELETRO ELETRÔNICO (REEE)

Conforme o departamento de oportunidades comerciais e econômicas do Illinois (DCEO) (*Illinois Department of Commerce and Economic Opportunity - DCEO*), em 2002 saiu das linhas de montagem o computador pessoal (*Personal Computer – PC*) de número um bilhão. Conforme Mattos et al. (2008), a Organização das Nações Unidas prevê que 130 milhões de computadores serão vendidos a cada ano a partir da década de 2010.

O modelo de consumo moderno associado à rápida evolução tecnológica (GEYER; BLASS, 2010; YU, WILLIAMS, JU; YANG, 2010; JANSE, SCHUUR, BRITO, 2010) tem proporcionado acesso a uma oferta cada vez maior de aparelhos eletrônicos, tanto a nível doméstico como empresarial (LI; ZHAO, 2010; MATTOS, MATTOS; PERALES, 2008) sendo que a redução do ciclo de vida útil, a descartabilidade (LEITE, 2009) associada, e a heterogeneidade deste tipo de produto têm criado um problema na forma de resíduo sólido: o resíduo de equipamento eletro eletrônico (REEE). (WHITE et al., 2003). Estima-se que, no mundo, anualmente estejam sendo geradas entre 25 e 50 milhões de toneladas de REEE (ELECTRONICS TAKE BACK, 2010), sendo que no Brasil, somente em computadores, são descartadas anualmente 96 mil toneladas (CREA, 2010).

Este tipo de resíduo apresenta grande potencial de contaminação (Classe I conforme a NBR 10004 da Associação Brasileira de Normas e Técnicas – ABNT) do meio ambiente e das pessoas envolvidas em etapas da logística reversa quando não tratado/manuseado de forma correta. (ACOSTA; PADULA; WEGNER, 2008; MATTOS; MATTOS; PERALES, 2008). REEE normalmente apresenta alto grau de elementos tóxicos como mercúrio, cádmio e chumbo. (LEITE; LAVEZ; SOUZA, 2009; ZEHNG et al., 2008; CREA, 2010; GEYER; BLASS, 2010).

O telefone celular é um dos equipamentos categorizados como REEE. Apenas no primeiro trimestre de 2008, foram vendidos 280 milhões de unidades no mundo inteiro. Diferentemente de outros tipos de EEE, o telefone celular é substituído ainda mesmo quando em funcionamento. Estima-se que entre 12 e 24 meses um telefone celular seja substituído por um novo aparelho sendo que sua vida útil pode chegar a até 10 anos. (GEYER; BLASS, 2010). Neste contexto a geração de resíduo deste tipo de equipamento é maior que a considerada do ponto de vista de seu projeto enquanto vida útil de produto, assim como a oportunidade de reuso.

Objeto de legislação em alguns países (LEITE, 2009), o REEE apresenta também potencial para recuperação de valor através da reuso de materiais que o constitui, gerando oportunidades de retorno econômico aos atores envolvidos neste processo. (GUARNIERI et al., 2006).

O REEE, o resíduo que mais cresce no mundo (MATTOS; MATTOS; PERALES, 2008; SAVAGE et al., 2006 apud ZOETEMAN; KRIKKE, 2010), está classificado como resíduo tipo 1 pela Associação Brasileira de Normas e Técnicas (ABNT). Resíduos assim classificados apresentam altos índices de toxicidade (CREA, 2010). Apesar de variar em sua composição, o REEE contém diversos elementos que podem e devem ser recuperados pelos processos de reciclagem.

A União Europeia, através de sua diretriz REEE, classifica o lixo eletrônico conforme o Quadro 2:

Quadro 2 - Equipamentos relacionados como REEE pela EU

**Classificação de REEE utilizada pela União Européia**

- 1 - Grandes Eletro Domésticos
- 2 - Pequenos Eletro Domésticos
- 3 - Equipamentos de Informática e comunicação
- 4 - Equipamentos de Consumo
- 5 - Equipamentos de Iluminação
- 6 - Ferramentas elétricas e eletrônicas
- 7 - Brinquedos elétricos e eletrônicos
- 8 - Aparelhos Médicos
- 9 - Instrumentos de Controle e Monitoramento
- 10 - Dispensers Automáticos

Fonte: Kethriwal et al. (2007)

Já a ONU, através do projeto StEP (*Solving the E-Waste Problem*), tem foco apenas nos equipamentos listados no Quadro 3 (UNEP, 2009):

Quadro 3 - Equipamentos considerados como REEE pelo PNUMA

**Classificação de REEE utilizada pelo projeto STEP do PNUMA**

- 1 - Computadores Pessoais
- 2- Impressoras
- 3 - Telefone Celular
- 4 – Televisores
- 5 – Refrigeradores

Fonte: PNUMA – STEP (2009)

Este trabalho utilizará a amplitude de classificação de REEE considerada pelo PNUMA. Adicionalmente, a incidência média de materiais que compõe um computador é dada no Quadro 4. (LEITE; LAVEZ; SOUZA, 2009).

Quadro 4 - Composição material média de um computador

Composição material média de um Computador Pessoal	
Metais Ferrosos	32%
Plástico	23%
Metais não-ferrosos	18%
Vidro	15%
Placas Eletrônicas (ouro, platina, prata e	12%

Fonte: Leite, Lavez e Souza (2009)

Dos materiais que compõem um computador, o plástico merece especial atenção. Este material, devido à variedade de formulações em que se apresenta ou pela despadronização da indústria de EEE quanto aos tipos de plásticos utilizados em EEEs, produz dificuldades para sua identificação e classificação, inviabilizando a eficácia dos processos de reciclagem. (KNEMEYER; PONZURICK; LOGAR, 2002; WHITE et al., 2003). Neste sentido, o plástico, ao ser reciclado, não se apresenta como matéria-prima competitiva, tanto pela qualidade como pelo preço quando comparado a plásticos virgens. (WHITE et al., 2003).

Vale ainda destacar que, apesar da importância de sistemas reversos que recuperem valor ambiental e econômico de um REEE, é no processo de fabricação de componentes e posterior produção de um EEE que o impacto ambiental é maior. (ACOSTA; PADULA; WEGNER, 2008; MATTOS; MATTOS; PERALES, 2008).

### 3.4.1 Fluxo Logístico do REEE

O relatório *StEP* tem como objetivo identificar e informar as melhores tecnologias e práticas disponíveis para o processo de reciclagem para diversos tipos de eletroeletrônicos nas diferentes fases. A falta de legislação e padronização de processos de reciclagem entre os países causa diferentes impactos nas diferentes regiões do globo. A legislação no sentido de mensurar, definir e organizar a cadeia logística reversa para o tratamento de REEE ainda difere muito entre os diferentes países e regiões. (ZOETEMAN; KRIKKE, 2009; LI; ZHAO, 2009). Mesmo na União Europeia, a aplicação da diretiva WEEE ainda varia de país para país. (KHETRIWAL et al, 2007). Percebe-se ainda que, nos países onde a legislação é inexistente ou não restritiva, os métodos utilizados para descaracterização de REEE e os processos de recuperação de metais são mais precários, ou seja, as atividades geram altos impactos socioambientais e atingem baixo desempenho. (LI; ZHAO, 2009).

Um exemplo de “desastre” social vinculado a condições precárias para a reciclagem de REEE é a situação encontrada quando um grupo de crianças chinesas das cidades de Guiyu e Chendian foram analisadas. Mais precisamente, 278 crianças, oriundas das duas cidades, com idade inferior a 8 anos, tiveram amostras de sangue coletadas para verificação de presença de chumbo e cádmio. Em Guiyu, 70,8% das crianças continham altos índices de chumbo enquanto que 20,1% continham cádmio. Em comparação com Chendian estes índices são bem mais altos visto que, nesta cidade, apenas 38,7% das crianças apresentavam altas taxas de chumbo 7,3% apresentavam altas taxas de cádmio. Explica-se, em Guiyu, cerca de 80% das famílias estão envolvidas em processos primitivos de reciclagem de REEE. (ZHENG et al., 2008).

Conforme a literatura analisada, existe forte movimentação de REEE originados em países desenvolvidos para países em desenvolvimento. (YU et al.; 2010; LI; ZHAO, 2009; VEIGA, 2005). Entre 2016 e 2018, espera-se que a geração de REEE em países em desenvolvimento, 400 a 700 milhões de computadores, será maior que a geração de REEE de países desenvolvidos, 200 a 300 milhões (YU et al., 2010). A principal causa é o fator econômico. Segundo dados, em 1988, o custo para disposição de resíduos perigosos nos países periféricos variava entre US\$ 2,50 e US\$ 50,00 por tonelada, enquanto que nos países desenvolvidos este custo

variava entre US\$ 100,00 e US\$ 2.000,00 por tonelada. (VEIGA, 2005). As regiões que mais recebem REEE para reciclagem são Sudeste Asiático (principalmente China) e África. (LI; ZHAO, 2009). Como se pode pressupor, o impacto socioambiental origina-se a partir da infraestrutura e nos processos rudimentares utilizados para a desconstrução do REEE e a reciclagem de materiais, processos estes com alto impacto ambiental e social. (YU et al., 2010).

Diferentes partes do mundo têm tratado este problema de formas também diferentes. Enquanto a União Europeia assim como o Japão responsabilizam fabricantes e importadores de EEE pela construção de sistemas de LR que efetivamente diminuem o impacto ambiental deste tipo de resíduo. (KHETRIVAL et al., 2007; YOSHIDA et al., 2009), outras regiões apenas começam a abordar este tema de forma organizada, como América Latina e Ásia. Este desequilíbrio legal tem provocado um fluxo contínuo de REEE de países desenvolvidos para países em desenvolvimento. (LI et al., 2009). Se do ponto de vista social pode-se considerar que este movimento é benéfico, pois gera emprego nos países em desenvolvimento, do ponto de vista ambiental e de saúde pública este fluxo de materiais tem provocado saldo negativo. (LI et al., 2009; ZHENG et al., 2008).

Estima-se que mais de 50% do fluxo total de migração de resíduos perigosos tenham como destino países menos desenvolvidos (VEIGA, 2005; MATTOS; MATTOS; PERALES, 2008) sendo a China, Índia e os países do oeste do continente africano os destinos mais frequentes para o REEE gerado em países desenvolvidos (ZOETEMAN et al., 2009). Determinar os volumes exatos de REEE gerado em cada região e identificar as rotas de fluxo destes materiais não é tarefa fácil. (ZOETEMAN et al., 2009).

Apesar da legislação, este fluxo se mantém intenso. O baixo custo da mão-de-obra, legislação branda (VEIGA, 2005), demanda por materiais “commodities” em alta, a exemplo do cobre, e a geração de empregos proporcionada pelas atividades de reciclagem são fatores que impulsionam a continuidade do “sistema”. Sugere-se ainda que a continuidade do processo de migração ilegal de REEE se dá pelo fato de que a Convenção da Basileia e a legislação dos países receptores não identifica claramente qual a diferença entre REEE e EEE usado. (CARPANEZ, 2007 apud MATTOS; MATTOS; PERALES, 2008). Isto possibilita a transferência de REEE como se fosse EEE usado, com o objetivo de prover acesso a estes equipamentos por parte das populações de menor renda do planeta quando na verdade este

material destina-se a processos primitivos de tratamento. (LI et al., 2009; YU et al., 2010).

Um aspecto a ser analisado no fluxo logístico do REEE é o fato de que o próprio transporte deste material gera impacto ambiental relevante através do consumo de fontes finitas de energia e sua consequente emissão de CO<sub>2</sub> (ZOETEMAN et al., 2009) colocando em cheque a sustentabilidade ambiental de um sistema de logística reversa.

Estudos estão sendo desenvolvidos com o objetivo de prever os volumes reais de descarte de EEE no mundo inteiro. Previsões são importantes para a construção de referenciais para o controle sistemático da geração e tratamento de REEE. Utilizando-se análise do fluxo de materiais e o modelo logístico, estima-se que os países em desenvolvimento liderarão a geração de REEE no mundo a partir de 2016 sendo que o volume de computadores pessoais obsoletos a ser gerado deva ficar entre 600 milhões e 1 bilhão de unidades/ano até 2030 (YU et al., 2010). Ao se avaliar os números de previsões identifica-se a dificuldade das mesmas. Isto por que é o processo de decisão do descarte do consumidor pessoa física ou jurídica que determina a quantidade, a qualidade e o nível de estabilidade de fornecimento do sistema reverso, ou seja, o fluxo de materiais. (FLYGANSVAER; GADDE; HAUGLAND, 2008; WHITE et al., 2003). O aspecto consumidor será analisado com mais profundidade no capítulo “Fatores e Aspectos”.

### **3.4.2 Logística Reversa de REEE**

#### **3.4.2.1 Definição e Finalidades da Logística Reversa**

A LR é apresentada através da literatura acadêmica de diversas formas. Alguns autores a definem como uma ferramenta (MATTOS; MATTOS; PERALES, 2008), outros como um sistema (DOWLATSHAHI, 2000 apud KNEMEYER; LOGAR, 2002), como processo (ACOSTA; PADULA; WEGNER, 2008; ROGERS; TIBBEN-LEMBKE, 1998 apud KNEMEYER; LOGAR, 2002) e até mesmo como um fluxo. (JACK; POWERS; SKINNER, 2009). Para Leite (2009), Tibben-Lembke (2002), Caixeta-Filho e Gameiro (2011) e Mattos, Mattos e Perales (2008) a LR tem sido conceituada diferentemente por vários autores, criando-se assim uma conceituação bastante ampla para este termo.

Conforme Tibben-Lembke (2002, p. 224) LR é

[...] o processo de planejamento, implementação e controle da eficiência e custo efetivo do fluxo de matérias-primas, inventário em processo, produtos acabados e a informação relacionada do ponto de consumo até o ponto de origem, com o objetivo de recapturar ou criar valor ou dar disposição final.

Assim a interpretação da definição oferecida por Tibben-Lembke (2002) é de que a LR é o fluxo em sentido contrário de matérias-primas e produtos acabados, ou seja, de quem consumiu para quem fabricou/vendeu. A partir deste ponto, o fabricante determinará como este material será tratado, buscando alternativas de recuperação de valor (reuso ou reciclagem) ou a disposição final. Esta definição, para o autor desta pesquisa, é incompleta. Primeiro por que a definição não separa claramente o que é LR de pós-venda de LR de pós-consumo. Segundo por que o fluxo físico de pós-venda e de pós-consumo, na maioria dos casos não leva o produto do destino até sua origem. Os problemas encontrados no pós-venda (dependendo do problema) ou no pós-consumo são tratados por outros agentes, não pertencentes ao sistema de distribuição direta.

Já para Leite (2009, p. 17), a definição de LR é

a área da logística empresarial que planeja, opera e controla o fluxo e as informações logísticas correspondentes, do retorno de bens de pós-venda e de pós-consumo ao ciclo de negócios ou ao ciclo produtivo, por meio de canais de distribuição reversos, agregando-lhes valores de diversas naturezas: econômico, de prestação de serviços, ecológico, legal, logístico, de imagem corporativa, dentre outros.

Leite (2009, p. 18) ainda define que a LR de pós-venda (LR-PV) é

a área de atuação específica que se ocupa do equacionamento e da operacionalização do fluxo físico e das informações logísticas correspondentes de bens de pós-venda, não usados ou com pouco uso, os quais, por diferentes motivos, retornam aos diferentes elos da cadeia de distribuição direta, que se constituem de uma parte dos canais reversos pelos quais esses produtos fluem. Seu objetivo é agregar valor a um produto logístico que é devolvido por razões comerciais, erros no processamento dos pedidos, garantia dada pelo fabricante, defeitos ou falhas de funcionamento, avarias no transporte, entre outros. Esse fluxo de retorno se estabelecerá entre os diversos elos da cadeia de distribuição direta, dependendo do objetivo estratégico ou do motivo do retorno.

Complementando a definição de Leite (2009) para a LR-PV, Tibben-Lembke (2002) cita a importância desta temática para empresas que comercializam seus

produtos via internet e os “recalls” mais frequentemente estabelecidos por grandes empresas assim como agrega motivos adicionais para o retorno de produtos como expiração de validade, descontinuação de um produto, sazonalidade, estoques altos por parte do varejo ou até mesmo pelo processo de falência de um varejo.

Leite (2009, p. 18) ainda define LR de pós-consumo (LR-PC) como

a área de atuação da logística reversa que equaciona e operacionaliza igualmente o fluxo físico e as informações correspondentes de bens de pós-consumo descartados pela sociedade em geral, que retornam ao ciclo de negócios ou ao ciclo produtivo por meio dos canais de distribuição reversos específicos.

Para o autor desta pesquisa, a definição de Leite (2009) para LR-PC é mais completa e mais adequada à temática REEE. Mas acredita-se que o termo mais adequado deveria ser Sistema de Recuperação de Valor Econômico e Ambiental ou Cadeia de Valor Estendida. Esta proposta de definição será explorada no capítulo de análise deste trabalho.

Não se pode descartar que a ineficácia da LR-PV também pode transformar o pós-venda em pós-consumo ao determinar, equivocadamente, o fim precoce do ciclo de vida útil de um produto. Porém, este estudo, não pesquisará esta dimensão da LR. A LR-PC tem como principal finalidade a recuperação de valor do REEE. Seja através da reuso integral ou parcial (apenas componentes) do produto ou através da reciclagem. O valor recuperado pode ser econômico e/ou ambiental (ACOSTA; PADULA; WEGNER, 2008) e inclusive pode proporcionar benefícios sociais através de geração de empregos. (IDC, 2011).

Vinculada ao conceito de solução para os problemas ambientais (CAIXETA-FILHO; GAMEIRO, 2011) provocados pelo REEE, a LR-PC deve ser entendida como uma solução de “fim de tubo” (HOEK, 1999), ou seja, não se concentrando na geração, mas apoiando o processo completo de recuperação de valor que pode ser extraído deste tipo de resíduo, oportunizando o aumento de sua vida útil através dos processos de reuso e remanufatura ou levando-o para os processos de separação de materiais e reciclagem. Portanto a LR é o processo que conecta o REEE aos diferentes processos de recuperação de valor e não tem caráter preventivo como, por exemplo, o *ecodesign*. (MCKERLIE, 2006).

Para Stevels, Ram e Deckers (1999), a LR-PC deve melhorar a conservação de recursos naturais, oportunizar mais reciclagem e reuso de EEE, diminuir o volume

de resíduo e incentivar o *eco-design*. Mattos, Mattos e Perales (2008) complementam, indicando que a LR deve ainda planejar, implementar e controlar o fluxo de materiais e informações do consumidor para o produtor e gerar segurança ambiental na destinação final. Estes autores ainda indicam que a LR-PC deve ser compreendida pelas empresas responsabilizadas como uma oportunidade de lucro e não como um custo operacional adicionado. Opinião também compartilhada por Zoeteman e Krikke (2010).

### 3.4.2.2 Processos da LR-PC para REEE

A Figura 10 apresenta os processos básicos que LR-PC desempenha a partir do momento do descarte, sendo que a finalidade destes processos, constituindo um sistema, é recuperar valor ambiental e econômico. (ACOSTA; PADULA; WEGNER 2008; LEITE, 2009; LUTTROPP; JOHANSSON, 2010).

Figura 10 - Processos da LR-PC e seus objetivos



Fonte: Elaborada pelo autor (2011)

O processo de descarte será mais amplamente discutido no capítulo 4, porém este processo é iniciado através do processo de decisão do consumidor final (pessoa física ou jurídica) quando este entende que o EEE chegou ao final da sua vida útil para

ele. A partir deste momento o consumidor final decidirá como o REEE será descartado. Para tanto, existem diversas alternativas legais, ambientalmente adequadas ou não.

Se a decisão do consumidor for a de descartar o produto junto a um agente especializado (empresa de coleta, ou a unidade de reprocesso) (FLYGANSVAER; GADDE; HAUGLAND, 2008), o processo seguinte poderá ser o da negociação. (FLYGANSVAER; GADDE; HAUGLAND, 2008). Por negociação deve-se entender o processo pelo qual a empresa de coleta e o consumidor final definirão se haverá o pagamento (fluxo financeiro) da empresa ao consumidor (consumidor institucional mais frequentemente) (FLYGANSVAER; GADDE; HAUGLAND, 2008) e como a coleta será realizada.

Terminado o processo de negociação, caso ocorra, após o descarte, o próximo passo é o processo de coleta. Para o REEE originado domesticamente, é de fundamental importância a capilaridade do sistema de coleta (MCKERLIE et al., 2006; MATTOS; MATTOS; PERALES, 2008) através de containers ou pontos de coleta localizada principalmente junto a rede varejista. Já para o consumidor institucional, que pode prover um maior número de equipamentos, a empresa de coleta deverá contar com infraestrutura de transporte e estocagem adequada para a coleta. (FLYGANSVAER; GADDE; HAUGLAND, 2008).

Tanto o processo de descarte, negociação e de coleta poderão variar de país para país. Isto por que em cada país a existência de legislação, nível de educação ambiental dos consumidores e o sistema de financiamento do sistema reverso, que pode incluir o pagamento de taxas de descarte ao consumidor, ou não, determinarão o comportamento e a interação entre os diferentes atores envolvidos.

Ao receber o REEE, a empresa de coleta, reciclador ou o produtor original do produto deverá fazer uma avaliação (TIBBEN-LEMBKE, 2002; WHITE et al., 2003) para determinar se o REEE pode ser reutilizado integral (venda para mercado secundário) ou parcialmente (reuso de componentes), sofrer processo de remanufatura e voltar para o ciclo de negócios, ou se o mesmo deverá ser encaminhado para o processo de desconstrução, separação de materiais, reciclagem ou dispô-lo em aterro apropriado.

O processo de reuso integral significa que, entendendo que o REEE recebido ainda opere de forma satisfatória, este REEE pode ser reutilizado sem ou pequena necessidade de qualquer intervenção. (ZOETEMAN; KRIKKE, 2010). Assim o produto pode ser repassado ao mercado secundário, ou de usados, onde outras

pessoas ou empresas o poderão utilizar. Dentro do escopo de “reuso” está o que a literatura define como recondicionamento (*refurbishment*), que é fazer uma atualização funcional do equipamento com a substituição de alguns componentes ou partes críticas. (ZOETEMAN; KRIKKE, 2010). Estes processos permitem o alongamento da fase útil do produto. O valor de venda passa a simbolizar a recuperação de valor econômico do que antes era considerado um resíduo. Na questão ambiental, acredita-se que esta possibilidade interfira na demanda por novos EEEs, diminuindo-se o impacto ambiental global gerado pela produção de um novo equipamento. White et al. (2003) sinaliza que a maioria dos computadores ao final de sua vida útil se apresentam com tecnologias e design ultrapassado e portanto baixo valor de mercado. Assim, muitas empresas preferem ingressá-los diretamente para o processo de desconstrução.

Existe também a possibilidade da remanufatura do REEE como uma oportunidade de recuperação de valor. (WHITE et al., 2003). Por remanufatura entende-se por substituição ou recondicionamento de componentes avariados ou em mal estado que permitam a reintegração do REEE ao ciclo de negócios. (CLENDEININ, 1997).

O processo de desconstrução de um REEE ou *disassemble* (termo em inglês) remete à etapa na qual o REEE começa a ser descaracterizado, ou seja, as partes que o integram são separadas para possíveis e diferentes fluxos: componentes que podem ser reutilizados (RAVI; SHANKAR, 2005 apud ACOSTA, PADULA & WEGNER, 2008), materiais que podem ser reciclados e materiais que deverão sofrer disposição final adequada. (WHITE et al., 2003). Uma alternativa para o processo de desconstrução é o processo de demolição que destrói todo o valor de design do REEE. Neste processo não há a preocupação com a reuso de partes e componentes de um REEE, objetivando apenas a reciclagem de materiais através de tecnologia específica. Preocupante, porém, é que o processo simples de demolição pode contaminar com elementos tóxicos grande parte do material reciclável, transformando-o em um material de baixa aplicação. (STEVENS et al., 1999)

E por último o processo de reciclagem que significa o tratamento dos materiais recicláveis para transformá-los em matéria-prima para serem integrados no ciclo produtivo original (*closed loop*) ou em novos/alternativos ciclos produtivos (*open loop*) (KNEMEYER; LOGAR, 2002; ACOSTA; PADULA; WEGNER, 2008). Segundo Li e Zhao (2010), os processos de reciclagem de REEE são lucrativos visto a

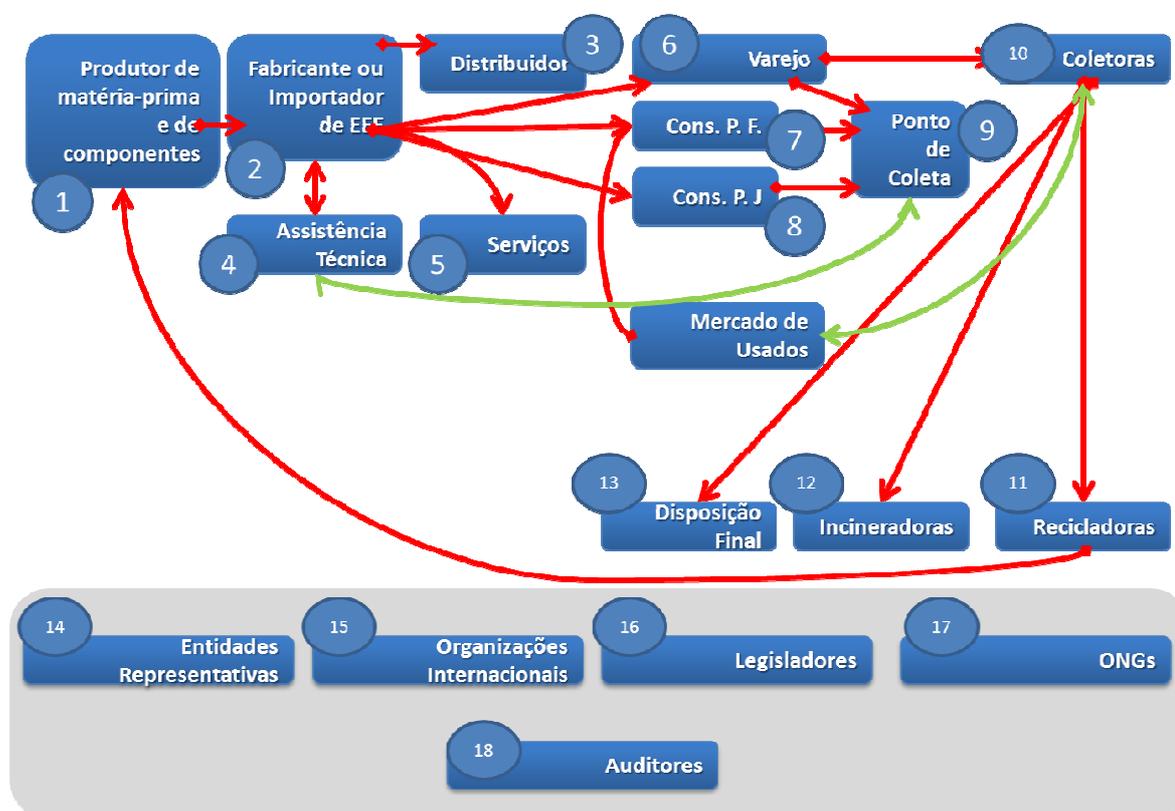
presença de metais valiosos em sua composição como o ouro e a prata e pela crescente demanda por materiais em várias cadeias produtivas.

A eficiência dos processos de reciclagem é ainda desconhecida (LUTTROPP; JOHANSSON, 2010), porém entende-se que se o EEE fosse preparado para o processo de reciclagem ainda na fase de projeto, a eficiência poderia aumentar significativamente. Eficiência, neste caso, significa a quantidade líquida e pura que se pode recuperar de cada elemento constituinte de um REEE. Ao final o que não pode ser reciclado pode ser utilizado como fonte de energia através de incineração ao ser disposto de forma ambientalmente correta.

### 3.4.2.3 Atores que influenciam ou podem influenciar o Sistema Reverso

Outro aspecto importante da LR de REEE é o mapeamento dos atores envolvidos direta e indiretamente no sistema de tratamento de REEE. Diniz e Moura (2010) mapearam 18 atores que podem influenciar ou são influenciados pelas decisões referentes ao modelo de LR para o tratamento de REEE.

Figura 11 - Mapeamento de Atores da Indústria Eletro Eletrônica - Brasil



Fonte: Diniz e Moura (2010)

A Figura 11 demonstra cada um destes autores: O ator 1 é o fornecedor de matérias-primas e componentes para a indústria de EEE, sendo o ator 2 a indústria. A partir do ator 2, o EEE pode chegar às mãos do varejo, consumidor pessoa física e consumidor pessoa jurídica através de vários canais (Venda direta do ator 2 à estes, ou através de distribuidores, ou empresas de serviços que alugam equipamentos, por exemplo). Quando os atores 7 e ou 8 determinarem o fim da vida útil dos seus EEEs, os atores da cadeia reversa devem ser acionados para que o tratamento correto seja dado à este resíduo. Assim as empresas coletoras passam a determinar o destino do REEE ao aplicar o processo de avaliação, determinando se o resíduo será reutilizado, reciclado, incinerado ou a ele será aplicado o processo de disposição em aterros. A determinação de o quê fazer com o resíduo pode ser entendido como um tratamento do REEE integral ou parcial, sendo mais usual a aplicação de diferentes destinações para diferentes partes de um REEE.

Ainda, neste caso, não se pode negar a influencia inclusive de atores que não manuseiam o EEE ou REEE como Legisladores, Organizações Internacionais, ONGs e Entidades Representativas. Segundo estes autores, o maior envolvimento de todos os atores nos debates que objetivem a diminuição na geração do lixo eletrônico é positivo (preventivo) e determinam mudanças em novos projetos que facilitem os processos de recuperação de valor, pode viabilizar a sustentabilidade econômica e ambiental dos sistemas reversos.

### **3.4.3 Legislação**

O desenvolvimento de legislação, sistemas de logística reversa, tecnologia de reciclagem e disposição final para o tratamento do REEE está se caracterizando de forma diferenciada nas distintas regiões do planeta. (MCKERLIE et al., 2005). Se por um lado a União Europeia lidera a configuração de legislação e sistemas de LR, em outras regiões este tema é tido como irrelevante. Esta assimetria legal, tecnológica e de processos tem provocado diversos problemas aos países e regiões que ainda não tenham desenvolvidos seus modelos. (LI; ZHAO, 2010). O problema se configura na forma de exportações de REEE de países desenvolvidos para países em desenvolvimento, transferindo os riscos associados a saúde e ao meio- ambiente de um país para o outro. (LI; ZHAO, 2010). A legislação referente a cada país será

mais amplamente abordada no Capítulo 5. Porém, resumidamente se pode identificar as legislações pelo Quadro 5.

Quadro 5 - Legislação no Mundo

Legislação para o tratamento de REEE			
País	Legislação	Responsabilidade	Desde
Suíça	Ordinance on the Return, Taking back and Disposal of Electrical and Electrônica Equipment. (ORDEE)	Produtor/Importador	jul/98
Dinamarca	Statutory Order from the Ministry of Environment and Energy No 1067	Governo Local	dez/99
Holanda	Disposal of White and Brown Goods Decree	Produtor/Importador	jan/99
Noruega	Regulations regarding Scrapped Electrical and Electronic Products	Produtor/Importador	jul/99
Belgica	Environmental Policy Agreements on the take back obligation for waste from electrical and electronic equipment	Produtor/Importador	mar/01
Japão	Specified Home Appliances Recycling Law (SHAR)	Produtor/Importador	abr/01
Suécia	The Producer Responsibility for Electrical and Electronic Products Ordinance (SFS - 2000:2008)	Produtor/Importador	jul/01
Alemanha	Act Governing the Sale, Return and Environmentally Sound Disposal of EEE	Produtor/Importador	mar/05
EU*	Diretiva Rohs - restringe 6 substâncias tóxicas na fabricação de eletrônicos		2003
EU*	Diretiva REEE - aumento da reciclabilidade de EEE, das taxas de reciclagem e proibição de depósito inadequado	Produtor/Importador	2002
EUA-CA*	Igual as diretivas RoHS e REEE da União Europeia	Produtor/Importador	2003
EUA-NY*	Electronic Equipment Collection	Produtor/Importador	2008
Mundial	Convenção da Basileia - regulamenta a movimentação de resíduos tóxicos entre os países signatários		1989
EU*	União Europeia		
EUA-CA*	Estados Unidos da América - Califórnia		
EUA-NY*	Estados Unidos da América - Nova Iorque		

Fonte: CREA (2010) e Khetriwal (2007)

A maioria dos países que adotam legislação para regulamentar o tratamento de REEE tem definido o produtor ou importador de EEE como o responsável por criar, viabilizar, inclusive financeiramente, e coordenar a estrutura e infraestrutura necessárias para os processos de coleta, avaliação, reuso, remanufatura, reciclagem e disposição final correta dos elementos que não podem ser reciclados. (LUTTROPP; JOHANSSON, 2010; LI; ZHAO, 2010). Esta definição se aplica ao conceito de Responsabilidade Estendida do Produtor. (KHETRIWAL; KRAUEUCHI; WIDMER, 2007). Apesar de não ser alvo específico desta pesquisa, uma análise das diretrizes WEEE e RoHS, criadas na União Europeia se faz necessária, visto que essas legislações têm servido como objeto de pesquisa por muitos estudiosos, assim como base para a criação de legislação REEE em outros países e regiões.

A diretriz WEEE classifica REEE em quatro grandes categorias: (1) Grandes aparelhos domésticos; (2) Pequenos aparelhos domésticos; (3)

equipamentos de informática e telecomunicação; e (4) equipamentos de consumo. (JANSE; SCHUUR; DE BRITO, 2010).

Acredita-se que cada cidadão dos países membros da EU-15 esteja produzindo um volume estimado entre 14 e 20 kg de REEE anualmente. (ENVIROS, 2002 apud ZOETEMAN; KRIKKE, 2010). Deste volume, acredita-se que 90% esteja se encaminhando para os processos de disposição em aterros, incinerados ou recuperados sem pré-tratamento (contexto de 2005). Entre os principais objetivos da legislação europeia está a diminuição do volume de REEE em aterros, consolidação de sistemas reversos que impulsionem a reuso e reciclagem deste resíduo, o ecodesign. Já em 2006, a meta para cada país membro era coletar e tratar um peso mínimo de 4 kg per capita / ano. Para isto, os países membros devem informar, através de um relatório padronizado, seus desempenhos. (ZOETEMAN; KRIKKE, 2010).

Apesar disto, diferenças existem entre os países membros. Alemanha, França, Itália e o Reino Unido são os grandes geradores de REEE dentro do bloco, sendo que países do leste europeu apresentam volumes muito menores de geração (ZOETEMAN; KRIKKE, 2010). Deve-se ressaltar que as diretrizes europeias incluem um maior número de categorias de equipamentos definidos como REEE. Sendo que 50% do volume gerado no bloco correspondem a aparelhos como refrigeradores e máquinas de lavar. (ZOETEMAN; KRIKKE, 2010).

A legislação europeia ainda determina que cada país membro deva alcançar capacidade para tratar REEE dentro de suas próprias fronteiras. Restringindo, dentro do possível, a exportação de REEE para outros países membros ou participantes da OECD. Com certa liberdade, sistemas reversos se consolidam de diferentes formas nos diferentes países do bloco. (LUTTROP; JOHANSSON, 2010). A Suíça, país não membro do bloco, já não permite mais a exportação de REEE. Porém países não pertencentes a estas regiões, como China e países africanos continuam sendo destino de REEE gerado dentro do bloco (ZOETEMAN; KRIKKE, 2010) na forma de exportação ilegal.

Este capítulo objetivou abordar os principais conceitos e temas relacionados à sustentabilidade. Em nível da corporação, esta se desenvolve a partir da assimilação de princípios de ética e RSC que influenciam a cultura corporativa, da definição de estratégias para a sustentabilidade, da aplicabilidade

de conceitos como design e de LR. Dentro deste novo paradigma que se apresenta para muitas empresas, com especial atenção a indústria brasileira de EEE, a presença de obstáculos e dificuldades pode ocorrer. Porém, deve-se entender as motivações externas legislações, pressão social e oportunidades mercadológicas como alternativas para a criação de capacidade competitiva no futuro.

## **4 FATORES E ASPECTOS PARA A SUSTENTABILIDADE ECONÔMICA E QUE PONTENCIALIZAM A CONTRIBUIÇÃO AMBIENTAL DE UM SISTEMA DE TRATAMENTO DE REEE**

Através da revisão da literatura pertinente a REEE, foram identificados 10 fatores relevantes para gerar sustentabilidade econômica e potencializar a contribuição ambiental em um sistema de logística reversa de REEE. Estes fatores se apresentam de forma interligada e sistêmica na literatura, muitas vezes, alguns mencionados em um mesmo parágrafo. Explicar um fator sem mencionar outros é complexo dada sua natural rede de relacionamentos. Assim, alguns fatores podem ou poderiam ser classificados, até mesmo, como variáveis de outros. Porém, para atender ao objetivo da pesquisa, o autor entendeu que esta é a melhor maneira de apresentá-los. Não obstante, outras formas de apresentação poderiam ser desenvolvidas e entregar até mesmo mais clareza.

### **4.1 FATOR 1 - CONSUMIDOR**

O comportamento do consumidor final no processo de descarte de REEE é fundamental para a sustentabilidade econômica e ambiental do sistema reverso. De qualquer forma, prover serviços de coleta que facilitem o descarte por parte dos consumidores é essencial para se aumentar a taxas de coleta. (FLYGANSVAER; GABBE; HAUGLAND, 2008). Porém os comportamentos do consumidor pessoa física e jurídica/institucional diferem. Assim serão apresentados separadamente.

#### **4.1.1 Consumidor Pessoa Física**

Vários aspectos podem determinar o processo de descarte de REEE de um consumidor e, por consequência, gerar instabilidade no processo de fornecimento de REEE para o sistema reverso:

- a) cobrança de taxas para reciclagem ou eco taxas – este aspecto relevante por dois motivos. O primeiro é participação do consumidor final no processo de financiamento do sistema reverso, como ocorre no Japão (YOSHIDA; TASAKI; TERAZONO, 2009) e na suíça. (KHETRIWAL; KRAEUCHI; WIDMER, 2009). Por outro lado, a cobrança de taxa, obrigada

por legislação em alguns países desenvolvidos tem provocado efeitos colaterais, como a disposição ilegal de REEE em aterros e por consequência a exportação deste resíduo para países em desenvolvimento. (LI; ZHAO, 2010). A primeira questão em relação ao comportamento do consumidor pessoa física é se este deve ou não contribuir financeiramente para o sistema reverso, visto que muitos sistemas, sem a participação do consumidor, seriam deficitários. (ZOETEMAN; KRIKKE, 2010). Cobrança de taxas aos consumidores também é defendida por Yu et al. (2010). Para incentivar o descarte, depósitos em consignação poderiam ser criados no ato da compra. Para o cliente recuperar o valor, teria que comprovar o descarte correto. (YOSHIDA; TASAKI; TERAZONO, 2009). Outros autores acreditam que incentivos financeiros podem acelerar o processo de descarte, viabilizando o acesso do sistema reverso a REEE com maior potencial para reuso. (GEYER; BLASS, 2010);

- b) a segurança dos dados – um obstáculo ao descarte por parte dos consumidores é o receio de que dados pessoais gravados em discos rígidos de um computador, mesmo apagados, possam ser recuperados pela empresa de coleta. Yoshida et al. (2009) descrevem que o consumidor japonês somente descarta um computador após ter removido todas as suas informações para um novo aparelho;
- c) também abordado por vários autores é o aspecto relativo a estocagem doméstica de EEE após o final de vida útil para o consumidor. Seja por acreditar que ainda exista algum valor residual, seja por desconhecimento de onde e como descartar (HANAFI; KARA; KAEBERNICK, 2008) ou pelo simples fato de não priorizar o descarte, o consumidor retarda por anos o descarte, basicamente eliminando o potencial de reuso do REEE. (GEYER; BLASS, 2010; YU et al., 2010). Conforme White et al. (2003), a quantidade de REEE estocados domesticamente pode chegar a centenas de milhões de unidades nos Estados Unidos. O consumidor final não se visualiza como o fornecedor da cadeia reversa (ZIKMUND; STANTON, 1971 apud FLYGANSVAER et al., 2008) e, portanto, não se interessa por vender seu REEE.

Outro aspecto é a informação que o consumidor pessoa física pode prover à empresa de coleta sobre o estado geral do aparelho a ser descartado. Conforme White et al. (2003), informação incompleta ou errada sobre o produto, acaba eliminando a possibilidade de reuso do mesmo. Não obstante, a educação de consumidores pode ser uma ação encabeçada pelos governos através dos sistemas públicos de educação. (WITTSTRUCK; TEUTEBERG, 2011).

#### **4.1.2 Consumidor Institucional**

O consumidor institucional, instituições governamentais e empresas, tem sido o grande provedor de REEE para os sistemas reversos de forma geral. (IDC, 2011; WHITE et al., 2003). Mais atingido por legislações ambientais existe uma pré-disposição para que o REEE seja efetivamente tratado de forma correta para que as instituições não corram riscos. Porém ainda se trata de uma fonte que requer pagamento para liberar seu REEE.

#### **4.2 FATOR 2 – DESIGN**

O design pode trazer vantagem competitiva para um produtor (LENOX; EHRENFELD, 1997), caso este esteja responsabilizado pela legislação a criar, organizar e controlar um sistema reverso. Esta vantagem competitiva será realizada caso cada competidor crie seu próprio sistema reverso e não quando do compartilhamento com outros competidores. (ZOETEMAN; KRIKKE, 2010).

Design está associado ao processo de P&D de novos produtos e na melhoria de existentes. Como visto anteriormente, a inclusão de critérios ambientais e design para desconstrução e recuperação de valor no desenvolvimento de produtos pode ajudar a viabilizar o sistema reverso, ambientalmente e economicamente. (HOEK, 1999). Alterações em design não deveriam favorecer apenas o processo de construção de EEE mas também favorecer o processo de desconstrução. (WHITE et al., 2003).

O *design* também, através da introdução de novas tecnologias e tendências de consumo ou moda, pode gerar a inutilização de componentes em bom estado por simplesmente não se ajustarem ao novo desenho. Isto prejudica, por exemplo, a utilização de componentes em um processo de remanufatura. (ZOETEMAN;

KRIKKE, 2010). Adicionalmente, para Schaik e Reuter (2010), o *design* de um produto está atrelado a especificações funcionais e estéticas, determinando, por exemplo, a escolha de materiais, a complexidade de mistura destes materiais e as conexões dentro do produto.

No caso de telefones celulares, o *design* pouco pode ajudar na taxa de recuperação de valor através da reciclagem. Para o processo ser mais efetivo, processos prévios de desconstrução deveriam ser adotados. Atualmente os aparelhos são derretidos por inteiro. (GEYER; BLASS, 2010).

O estudo feito por Janse, Schuur, de Brito (2010) mostra que, no caso das empresas envolvidas em seu estudo, 50% delas já começaram a introduzir princípios de design para reciclagem e design para reparo. Mas Lenox e Ehrenfeld (1997) advertem que o caminho mais promissor deve ser desenvolver as capacidades para que o *ecodesign* efetivamente auxilie a diminuição de impacto ambiental de produtos. O foco deve ser menor nas ferramentas de *ecodesign* e mais nos processos de construção e integração de diferentes fontes de conhecimento proporcionando a introdução de fato de melhorias com sentido ambiental no desenho de produtos.

A possibilidade de atualização (*up-grading*) de equipamentos usados também deveria ser um foco da indústria de EEE, favorecendo assim o aumento da vida útil do equipamento. (WHITE et al., 2003).

## 4.3 FATOR 3 - TECNOLOGIA

### 4.3.1 Informação

A falta de informação sobre a geração de REEE em diferentes mercados é uma realidade. (GEYER; BLASS, 2010). Precisar adequadamente a quantidade e tipologia do REEE a ser gerado em períodos futuros orienta os atores do sistema reverso quanto a necessidade de infraestrutura, possibilitando uma maior eficiência na utilização da mesma. (ONGONDO; WILLIAMS; CHERRETT, 2011).

A tecnologia da informação em muito pode auxiliar os sistemas reversos. As áreas de foco são:

- a) desenvolvimento de métodos padronizados e mais precisos para a previsão de geração de REEE e, portanto, do fluxo de materiais para o sistema reverso. (ZOETEMAN; KRIKKE, 2010; JANSE; SCHUUR; BRITO, 2010; ONGONDO; WILLIAMS; CHERRETT, 2011);
- b) no desenvolvimento de um sistema de informações que possibilite controlar o desempenho e melhorar continuamente o sistema reverso, de forma organizada. (WITTSTRUCK; TEUTEBERG, 2011; ZOETEMAN; KRIKKE, 2010). Estes autores ainda sugerem que um sistema de informação robusto deveria organizar e gerar informações sobre:
- caracterização do REEE que entra para o sistema reverso;
  - REEE gerado e tratado por região geográfica;
  - por período;
  - tipo de canal de entrada e perfil do processador: sistema de coleta municipal, ponto de coleta no varejo, reciclador, LR-PC do produtor, e ainda determinar os percentuais de cada canal de coleta do total recolhido;
  - quantidade e perfil de reuso;
  - quantidade exportada: qual o país de destino e o perfil do REEE enviado;
  - projeções para períodos futuros.

A proposta de sistema de informação elaborada por estes autores teria amplitude internacional. Os mesmos admitem que, atualmente, a construção de um sistema assim ainda depende de muito debate e análise para se efetivar. Não obstante, ao nível de empresa, sistema de informação de perfil similar também pode ajudar. (JANSE; SCHUUR; BRITO, 2010). O estudo realizado por Wittstruck et al. (2011) ainda conclui que empresas de um sistema reverso que participam de um sistema padrão de informação se beneficiam mais devido as trocas constantes e padronizadas.

Outro aspecto relacionado a tecnologia da informação (TI) é o abordado por Luttrupp e Johansson (2010) que um sistema de códigos deveria ser anexado a cada EEE para que este, ao ser lido possa prover informações relevantes para o aumento de eficiência dos processos de avaliação, reuso e reciclagem. Outra vertente é a *Radio Frequency Identification Devices* (RFID) ou dispositivos de identificação por frequência de rádio. Este sistema pode oferecer maior controle

sobre os destinos do REEE. A legislação WEEE, desde 2003, exige que produtores de EEE sinalizem em seus produtos que ao se tornar REEE o EEE deve ser descartado de forma segura e deve-se evitar a disposição através do sistema público de lixo. (KHETRIWAL et al., 2007).

Do ponto de vista do sistema reverso, infraestrutura de informação ainda é um problema na Europa. (LUTTROPP; JOHANSSON, 2010). O mesmo é relatado por White et al. (2003) em relação ao mercado norte americano.

#### **4.3.2 Tecnologia de Reprocessamento**

Acesso à tecnologia de ponta para a coleta, análise, desconstrução e reciclagem é fundamental para a sustentabilidade econômica e ambiental de qualquer sistema reverso. (LEITE, 2009). Segundo reportagem do CREA-RS (2010), especialistas apontam que a tecnologia nacional não oferece a eficiência necessária e que equipamentos importados não estão acessíveis devido à falta de linha de crédito para atores da cadeia reversa. Esta discrepância tecnológica tem obrigado o país a vender para outros países a sucata tecnológica que poderia ser processada internamente. Destes processos, por exemplo, se poderia extrair os metais preciosos, tão valorizados pelo Japão, como será visto mais adiante.

Altos índices de reciclagem somente serão conquistados com acesso a tecnologias modernas que permitirão a recuperação do potencial de valor do REEE e a TI potencializa a tecnologia de processamento ao determinar qual o tratamento mais correto para cada REEE.

#### **4.3.3 Tecnologia Aplicada ao *Design***

Para aumentar o potencial de contribuição ambiental por parte do sistema reverso e sua sustentabilidade econômica, torna-se importante desenvolvimentos por parte da cadeia direta que desencadeiem melhorias de materiais e para os processos reversos. (LEITE, 2009). Como visto anteriormente, desenvolvimentos em design de EEE que favoreçam a cadeia reversa dependem essencialmente da inclusão de, e não somente, critérios ambientais nos processos de desenvolvimento.

Diminuição de ligas e mesclas de materiais que, economicamente, tem na sua separação um processo inviável, redução de soldas e colas na fixação de

componentes, diminuição de cores, diminuição e padronização nos tipos de plásticos utilizados pela indústria e de metais pesados na constituição de componentes (LEITE, 2009), tudo isto, aumenta o potencial de contribuição econômica e ambiental de um sistema reverso. Para que isto ocorra, tecnologias como ACV devem ser desenvolvidas para que efetivamente as melhorias sejam definitivas do ponto de vista ambiental. Critérios não ambientais podem ser entendidos como aqueles que aumentem a eficiência das operações de reuso, desmanche, reciclagem e disposição, trazendo sustentabilidade econômica para o sistema reverso.

#### 4.4 FATOR 4 - CONHECIMENTO

Considerado o componente técnico intensivo do EEE, e por consequência, do REEE, conhecimento pode ser considerado o principal elemento para o desenvolvimento de práticas e melhorias em todas as dimensões de seu sistema. O fator conhecimento será apresentado como fundamental para desenvolvimento de tecnologias, capacidades e competências. Educação e treinamento são essenciais para a estabilidade e eficiência econômica e ambiental dos sistemas reversos.

Arnold e Hockerts (2010) acreditam que os atores de um sistema reverso devam incentivar ou subsidiar programas de treinamento e educacionais que ofereçam um foco em sustentabilidade. Mais especificamente, Stevels et al. (1999) sugerem que as autoridades devam garantir o desenvolvimento de programas de pesquisa com o objetivo de criar tecnologias que aumentem a eficiência dos sistemas reversos. Para White et al. (2003), fóruns para o debate entre os que desenham o produto e os atores da cadeia reversa deveriam ser criados com intuito de dividir informação continuamente e apressar o desenvolvimento e definição de focos de design que contribuam para a sustentabilidade econômica e a contribuição ambiental da cadeia reversa.

Lenox e Ehrenfeld (1997), acreditam que a capacidade para design ambiental deriva da integração de diferentes fontes de conhecimento através de canais de comunicação e de estruturas interpretativas.

## 4.5 FATOR 5 - COOPERAÇÃO

### 4.5.1 Cooperação entre Atores Diretos

Conforme Wittstruck e Teuteberg (2011), tem crescido o número de empresas que estão se unindo e criando redes de reciclagem através de contratos de médio e longo prazos que garantam o tratamento adequado e seguro para resíduos. Para estes autores, o primeiro passo para se atingir eficiência dentro de uma cadeia de suprimentos é gerar a cultura da cooperação entre todos os atores que a compõem.

Neste mesmo sentido, Arnold e Hockerts (2010) sugerem que as redes devem incrementar a troca de informações entre os atores da cadeia reversa. Esta cooperação deve ter como base a confiança, eficiência e comprometimento de longo prazo. (WALTON et al., 1998 apud WITTSTRUCK; TEUTEBERG, 2011). Esta conclusão também é compartilhada por Attaran e Attaran (2007) que especifica que o processo de planejamento conjunto é fundamental para se atingir desempenho na cadeia de distribuição.

Para a identificação das empresas que devem compor a rede, Wittstruck e Teuteberg (2011) ainda mencionam a importância da publicação de relatórios de sustentabilidade que servem como uma sinalização da cultura empresarial e assim mais assertivamente encontrar parceiros que compartilhem os mesmos valores. Colaboração entre fabricantes de EEE e os demais atores que compõem a cadeia reversa é desejável para que desenvolvimentos tecnológicos sejam mais facilmente obtidos e adequados aos processos de desconstrução de REEE (WHITE et al., 2003; MELO; NICKEL; SALDANHA-DA-GAMA, 2009) e, nesse sentido, compartilhamento de visão e de valores torna-se um elemento relevante para a criação de planos comuns. Para estes autores, fóruns para o debate entre os que desenham o produto e os atores da cadeia reversa deveriam ser criados com intuito de dividir informação e criar uma dinâmica para acelerar desenvolvimentos.

White et al. (2003) sugerem que um obstáculo para o distanciamento entre a cadeia de distribuição direta e cadeia de distribuição reversa é que o produto da

última não necessariamente é considerado como matéria-prima da primeira. Para este mesmo autor, a prioridade em tratar o REEE como matéria-prima para a reciclagem e não para remanufatura, não obtendo componentes que talvez pudessem suprir a indústria de EEE, é uma das razões para este distanciamento. A questão que reside sob essa argumentação é: qual a contribuição econômica direta que a cadeia reversa pode entregar para a cadeia direta?

Entre os atores, sinergias operacionais podem ser construídas para apoiar a sustentabilidade econômica e a contribuição ambiental da cadeia reversa. Flygansvaer, Gadde e Haugland (2008) sugerem que o processo de coleta oferece grande oportunidade para desenvolver sinergia para diversas empresas de coleta de um sistema reverso otimizando o recolhimento de cargas e no envio de materiais para as recicladoras.

Steger (1996), ainda levanta a possibilidade de cooperação entre concorrentes. Esta cooperação pode ser estabelecida tanto na fase de pesquisa e desenvolvimento como na etapa da logística reversa. Para ele, o desenvolvimento conjunto pode se dar através do apoio de um centro de pesquisa comum. O autor ainda levanta questionamentos importantes sobre a cooperação entre concorrentes: é possível cada empresa construir seu próprio sistema de LR-PC e alavancar vantagem competitiva ou seria melhor cooperar com sistemas mais amplos (envolvendo competidores) e remover qualquer possibilidade de manutenção de vantagem competitiva? Economias de escala trazem mais benefícios a um concorrente que a manutenção de vantagem competitiva através de um sistema de LR-PC individual? Em conclusão Steger (1996) defende que acima dessas considerações, cooperação sempre será necessária quando a proteção ambiental não for entendida com uma fonte de vantagem competitiva e que uma ação padronizada e conjunta pode impedir a criação de desvantagem competitiva para todos os atores.

#### **4.5.2 Cooperação entre a Indústria e demais *Stakeholders***

Stevens et al. (2003) sugerem que responsabilidade do produtor, questões financeiras, organização do sistema são atingidas apenas se todos os envolvidos (autoridades locais e federais, Indústria de EEE e atores da cadeia de REEE)

trabalharem em conjunto, organizados por uma agenda comum e com responsabilidades definidas.

Cooperação também é citado por Janse, Schuur e Brito (2010) que, através de seu estudo, identificaram iniciativas de cooperação entre produtores e varejistas para melhorar os serviços de garantia entre atores não competidores dentro da indústria para a troca de experiências e melhores práticas, para a construção de sinergias entre infraestruturas e entre produtores e outros atores do sistema reverso. O argumento fundante é o de que a inteligência coletiva aumentará se houver manutenção de um nível aceitável de integração. (LENOX; EHRENFELD, 1997).

Por fim, Mckerlie et al. (2006) chamam atenção para a cooperação entre os vários agentes governamentais, que devem definir um padrão comum a todos para que assim possam monitorar e ajudar os sistemas e Steger (1996) defende a ideia de cooperação entre competidores que podem unir esforços em projetos de pesquisa.

#### 4.6 FATOR 6 - LEGISLAÇÃO E RESPONSABILIDADES

A legislação tem sido o grande motivador para a criação de sistemas reversos para o tratamento de REEE. (ZOETEMAN; KRIKKE, 2010). Através dela, responsáveis e responsabilidades, metas e métricas (McKERLIE et al., 2006) para acompanhar a recuperação de valor, principalmente através da reciclagem, são definidas. Com este impulso os sistemas reversos se consolidam.

Porém, as legislações devem acompanhar o dinamismo da sociedade, sendo objeto de revisões constantes para que a contribuição econômica e ambiental dos sistemas reversos seja a melhor possível. Estas revisões devem reavaliar metas e processos, estimular padronização, remover inconsistências nas leis e promover certificações e rotulagem ambiental (*eco-labeling*). Rotulagem ambiental, conforme Arnold e Hockerts (2010) é um fator importante na comunicação da responsabilidade corporativa e ética nos negócios.

Aparte, produtores globais de EEE têm enfrentado variação de exigências legais de mercado para mercado. (FURUHJELM; YASUDA; TRANKELL, 2000). Por outro lado, a experiência vivida em um determinado mercado pode acelerar a inclusão de sistemas reversos por parte de produtores globais de EEE em outras

regiões que ainda não contêm com legislação específica. (KHETRIWAL; KRAEUCHI; WIDMER, 2009).

Para Zoeteman e Krikke (2010), uma falha da diretiva WEEE da União Europeia é a falta de metas que incentivem a reuso e remanufatura a partir do REEE. Este aspecto tem se constituído em um obstáculo para a mudança de curso. Reciclagem ainda continuará sendo o processo mais utilizado.

Outras legislações também têm se baseado no processo de reciclagem, evitando a rota considerada por Zoeteman e Krikke (2010) como a que mais potencial apresenta para a recuperação de valor: reuso e remanufatura. Inclusive mencionam que a diretiva da União Europeia RoHs, que restringe a utilização de algumas substâncias tóxicas na composição de EEE, determina a não reuso de partes que contenham estas toxinas, mesmo que a reuso não libere as mesmas para o meio-ambiente.

Outro aspecto importante é a informalidade dos sistemas reversos. A legislação pertinente deve prever ações para se evitar a criação de uma cadeia informal de coleta de REEE para assegurar o cumprimento dos objetivos ambientais. Sendo amplamente criticado, o transbordo de REEE para países em desenvolvimento sofre processos rudimentares de recuperação de valor, em consequência da informalidade das atividades. (YU et al., 2010). Este também deve ser foco das legislações nacionais. Transbordo de REEE para outros países não é solução e sim o possível aumento dessa problemática.

#### **4.6.1 Responsabilidade Estendida do Produtor**

Responsabilidade Estendida do Produtor (REP) pode ser definida como a política que determina o produtor original de EEE como o responsável mais significativo, tanto do ponto de vista financeiro e/ou físico, para o tratamento ou disposição dos produtos. (LIFSET; LOMBARDI, 1997 apud ZOETEMAN; KRIKKE, 2010). Este conceito é desenvolvido em larga escala a partir da legislação alemã chamada de "*Green Dot*" (ponto verde), de 1991, que passa a responsabilizar a indústria nacional pela coleta e reciclagem de embalagens plásticas e de papel que acompanhem a comercialização de seus produtos. (McKERLIE et al., 2006). Além da coleta e reciclagem dos diferentes materiais, emendas a lei foram desenvolvidas no sentido de restringir substâncias tóxicas na composição de embalagens.

Zoeteman e Krikke (2010) explicam que a REP apresenta duas grandes características: a primeira é definir o produtor como responsável pelo produto após seu descarte pelo consumidor; e a segunda é, portanto, incentivar o produtor a incluir critérios ambientais na fase de desenvolvimento de EEE para facilitar e viabilizar o processo de recuperação de valor do REEE do ponto de vista ambiental e econômico. Para Mckerlie et al. (2006) a inclusão destes critérios estimula também a diminuição de peso e por consequência o volume de matéria-prima primária para a composição dos mesmos.

Segundo estes mesmos autores (McKERLIE et al., 2006), a legislação, que objetiva a diminuição do impacto ambiental do REEE, tem estimulado fluxo de REEE, através de exportação, para países em desenvolvimento. Para eles, este material encontra nestes países, sistemas rudimentares de recuperação de valor, diminuindo a eficiência da LR-PC a nível global.

Janse, Schuur e Brito (2010), mencionam algumas barreiras para o desempenho da LR-PC: (1) a falta de clareza nas políticas corporativas em relação a LR, principalmente em definir o papel de departamentos no aumento da eficiência, como o departamento de vendas; (2) o pouco reconhecimento interno de que a LR-PC pode se efetivar em vantagem competitiva; (3) a dificuldade em prever o fluxo de materiais; (4) a falta de sistemas de informação para apoio ao processo de decisão; e (5) a falta de sistemas e métricas apropriadas para medir o desempenho da LR-PC, que dificulta a melhoria contínua do processo. Estes autores ainda concluem que empresas do setor de eletrônicos, na Europa, de forma geral, ainda não consideram a LR-PC como um processo estratégico.

Da legislação com base no princípio REP, uma questão importante é levantada: os produtores de EEE devem consolidar cadeias reversas individualmente ou devem participar de um sistema coletivo de tratamento de REEE?. (KHETRIWAL; KRAEUCHI; WIDMER, 2009). Se, por um lado, um sistema coletivo pode determinar sinergias, padronização e economias de escala, por outro, um produtor individualmente pode não se favorecer inteiramente dos desenvolvimentos/investimentos em design. (KHETRIWAL; KRAEUCHI; WIDMER, 2009). Do ponto de vista de um sistema individual, o feedback quanto aos desenvolvimentos pode ser melhor, porém o custo de manutenção do sistema podem ser maiores. Adicionalmente, é defendido que um sistema coletivo é mais

amistoso ao consumidor que sistemas individuais. (KHETRIWAL; KRAEUCHI; WIDMER, 2009).

Para Leite (2009), o fator determinante para a escolha de um sistema coletivo ou individual e do nível de controle exercido pelo responsável está diretamente ligado ao potencial de revalorização econômica do objeto a ser tratado. Caso o potencial de recuperação de valor econômico do resíduo seja alto, normalmente as empresas optam por exercer um forte controle sobre o sistema. Caso contrário, o sistema se desenvolve mais livremente, sem o a verticalização dos processos de controle.

#### **4.6.2 Free Riders**

Um ponto ressaltado na literatura é como o sistema reverso deve agir no caso dos “*Free Riders*” ou produtos “órfãos”, como também são denominados. (KHETRIWAL; KRAEUCHI; WIDMER, 2009). Este termo define produtores ou marcas de EEE que, ou não mais existem e, portanto, não podem participar do sistema financeira ou operacionalmente, ou fabricantes ou marcas que evitam participar do sistema. (ZOETEMAN; KRIKKE, 2010; LUTTROPP; JOHANSSON, 2010). Na UE, estima-se que 15% a 20% do volume total de REEE não esteja sendo tratado devido a essa questão. Os responsáveis legais pelo sistema, não querem absorver os custos de tratar REEE que não foram gerados por eles mesmos. (APPELBAUM, 2002). Appelbaum (2002) ressalta ainda que nos Estados Unidos, empresas como HP e IBM cobram de 13 a 30 dólares americanos para coletar um aparelho de outra marca.

#### **4.6.3 Organização, Coordenação e Controle**

Para que o sistema reverso seja eficiente, coordenação e controle são aspectos importantes. Para Flygansvaer et al. (2008), quanto maior o nível de coordenação de um sistema, melhor o seu desempenho.

No Japão e nos países da Europa é comum a criação de associações ou companhias para gerir o sistema reverso a partir da responsabilidade estendida do produtor. Nos Estados Unidos não se percebe claramente a relevância destas instituições no desenvolvimento do setor reverso pelo material acadêmico analisado.

A coordenação tem a função de determinar atividades e mudanças que devem ser executadas para que o sistema reverso alcance seus objetivos econômicos. (FLYGANSVAER; GADDE; HAUGLAND, 2008) e ambientais. O controle por sua vez monitora o desempenho global do sistema, servindo como fonte de informação para o processo de decisão da coordenação. Métricas devem ser estipuladas para monitorar o desempenho do sistema reverso como um todo e dos diferentes processos em específico (MELNYK; STEWART; SWINK, 2004) e a partir do monitoramento, estratégias podem ser formuladas.

No Japão e na Europa, onde a legislação se baseia no princípio de REP, associações foram criadas para administrar os sistemas de LR-PC para atender a vários produtores. McKerlie et al. (2006) advertem que a legislação deve prever a formação de monopólios e portanto a criação de um número mínimo de associações deve estar claramente informado.

Por outro lado, a configuração de sistemas informais de recuperação de valor de REEE pode ser uma ameaça ao sistema. Janse, Schuur e Brito (2010) observam que, a partir do momento em que um EEE é vendido, se torna muito difícil para o produtor manter um controle sobre seu destino.

Um dos pontos negativos apresentados pela literatura é a falta de incentivo ao design e ecodesign que um sistema reverso compartilhado por todos os produtores pode oferecer. (ZOETEMAN; KRIKKE, 2010). Entende-se que em um sistema com este perfil, vantagem competitiva criada pelo design de novos produtos será perdida em um sistema conjunto.

Zoeteman e Krikke (2010) argumentam que para se aumentar a viabilidade econômica e a contribuição ambiental do sistema reverso, quem deve controlar e coordenar o sistema são os produtores de EEE. Esta visão se aplica em um contexto onde o produtor de EEE, definido por legislação, é o único responsável pela coordenação e organização do sistema reverso. Estes autores acreditam que a recuperação de valor de REEE é mais alta quando a capacidade (infraestrutura) necessária esteja localizada na região onde o REEE é gerado. Isto por que o sistema reverso, na visão dos autores, pode ser sustentável a partir do momento em que se concentrar mais nos processos de reuso e remanufatura de REEE, que podem ser incentivados pelos produtores de EEE através de reuso de partes de REEEs em novos EEEs, ou, organizando mercados secundários.

Para Flygansvaer et al. (2008), os contratos representam mecanismos de coordenação. Portanto a existência dos mesmos deve definir os direitos e responsabilidades de cada ator envolvido no sistema reverso e o nível de padronização das atividades. Para estes mesmos autores, dois aspectos devem receber atenção especial quando da constituição de uma associação ou empresa para o tratamento de REEE:

- a) a heterogeneidade das empresas e produtos atendidos pela iniciativa;
- b) e que tipo de consumidor será atendido pela associação.

A heterogeneidade das empresas que compõem a iniciativa (associação ou empresa) pode determinar conflitos quanto a valor que cada uma deverá contribuir financeiramente para o sistema. Empresas pequenas associadas a empresas grandes, empresas que atuam em determinados mercados geográficos em detrimento de outros e empresas com portfólio de produtos muito diferentes umas das outras.

Outro aspecto é qual o tipo de cliente que a associação deverá atender, institucional, pessoa física ou ambos? Esta definição é importante para determinar a infraestrutura de coleta necessária para se atingir os objetivos da associação. A associação deverá determinar o sistema de coleta, as empresas que fornecerão o transporte, e os processos de avaliação, desconstrução, reuso, reciclagem e disposição final.

#### **4.6.4 Certificações e Licenças**

Para Zoeteman e Krikke (2010), certificações dos atores envolvidos, assim como do produtor, podem incentivar o maior envolvimento das empresas em processos de melhoria contínua, visto que as mesmas podem agregar valor comercial as suas operações. Kethriwal et al. (2009) ainda destacam que a organização e controle dos sistemas reversos devem gerar credibilidade através da transparência dos processos de escolha e certificação de atores e de mensuração de custos. Esta credibilidade é fundamental para a sobrevivência dos sistema e para o comprometimento de todos os *stakeholders*.

#### 4.7 FATOR 7 – PADRONIZAÇÃO

A padronização tem sido discutida ou mencionada como um fator que pode fomentar a sustentabilidade econômica e potencializar a contribuição ambiental de um sistema reverso em muitas dimensões:

- a) dimensão 1 – padronização de um método de previsão de geração de REEE. (ZOETEMAN; KRIKKE, 2010; ONGONDO; WILLIAMS; CHERRETT, 2011);
- b) dimensão 2 – padronização em design de EEE. (ZOETEMAN; KRIKKE, 2010; DEWULF; DUFLOU; ANDER, 2004; KNEMEYER; LOGAR, 2002);
- c) dimensão 3 – padronização em sistemas de informação e ferramentas como ACV entre todos os atores da cadeia. (STEGER, 1996; DEWULF; DUFLOU; ANDER, 2004);
- d) dimensão 4 – padronização de indicadores de desempenho ambiental, em relação a produto (DEWULF; DUFLOU; ANDER, 2004) e em relação as medidas de desempenho. (WITTSTRUCK; TEUTEBERG, 2011);
- e) dimensão 5 – padronização de materiais na composição de produtos. (DEWULF; DUFLOU; ANDER, 2004).

O programa *StEP* da UNEP (2009) também tem se demonstrado como uma iniciativa que procura divulgar as melhores práticas nos processos de reciclagem de diferentes tipos de REEE buscando aumentar o nível de eficiência global na recuperação de valor. Wittstruck et al. (2011) ainda ressaltam a necessidade de treinamento para que padrões possam ser assimilados e executados por toda a cadeia reversa. Estas padronizações devem ser acompanhadas por métricas.

#### 4.8 FATOR 8 - FLUXO DE REEE E MATERIAIS

O fluxo do REEE, tema explorado no Capítulo 3, tem importância para a sustentabilidade econômica e ambiental de um sistema reverso sob dois aspectos:

- a) o primeiro foi bastante explorado na parte conceitual do trabalho e refere-se ao fluxo de REEE e materiais originados pelos sistemas reversos na forma de exportação para outros países. Este aspecto é importante devido

ao transporte a longas distâncias e o custo do transporte que afetam a sustentabilidade ambiental e econômica do sistema reverso;

- b) o outro aspecto é o fluxo de REEE que alimenta o sistema reverso. Heterogeneidade de equipamentos e materiais que constituem um REEE e a estabilidade do fluxo são perfis também importantes para a sustentabilidade econômica e ambiental do sistema reverso.

Yu et al. (2010) ressaltam que legislações procuram impedir o transbordo internacional de REEE para países em desenvolvimento. Porém, sinalizam que o impacto ambiental deste movimento começa a se somar ao impacto ambiental promovido pelo aumento do consumo interno de EEE nestes mesmos países. Portanto a importação de REEE de outros países não é aconselhável e a pressão internacional é para a proibição total da possibilidade de exportação de REEE.

Observa-se também que a incerteza em relação a todas as atividades do sistema reverso é uma realidade. (HANAFI; KARA;& KAEBERNICK, 2008). Vários são os métodos utilizados para prever a geração de REEE, porém, devido à falta de informação, os números apresentados normalmente se limitam a especulações. (ZOETEMAN; KRIKKE, 2010). Zoeteman e Krikke (2010) descrevem 3 tipos de métodos mais amplamente utilizados:

- a) método que se baseia no consumo e utilização – este método utiliza a quantidade média de aparelhos em um domicílio padrão;
- b) método com base na produção e vendas em um determinado mercado;
- c) método com base no “velho por um novo”, utilizado na Suíça, onde a compra de um novo determina o fim da vida útil de um equipamento velho.

Os autores ainda ressaltam que o aumento na utilização de EEE e o tempo de utilidade destes equipamentos devem ser levados em conta.

Importante para este tema é a questão da estabilidade e a qualidade do fluxo de REEE para os sistemas reversos. O que se identifica como problema neste caso é incerteza sobre o fluxo de materiais. (ZOETEMAN; KRIKKE, 2010; HANAFI; KARA; KAEBERNICK, 2008). Além disso, o perfil do consumidor deve ser incluído em um modelo de previsão. (HANAFI; KARA; KAEBERNICK, 2008). Uma das alternativas, em um contexto onde o produtor é o responsabilizado pelo sistema, é

desenvolver garantias de retorno do material ao final da vida útil de seus equipamentos comercializados com instituições. (ZOETEMAN; KRIKKE, 2010).

#### 4.9 FATOR 9 - PROCESSOS

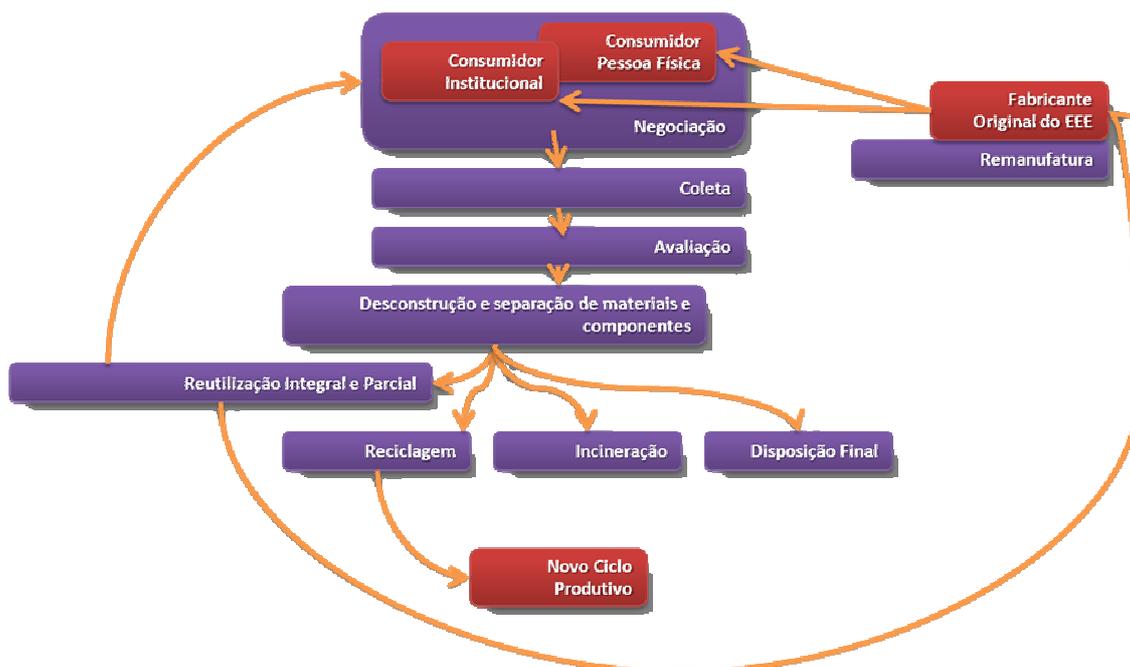
Os processos que compõem um sistema reverso foram discutidos no Capítulo 3. Porém a escolha e priorização, assim como a tecnologia e design podem favorecer a maior ou menor recuperação de valor. Não menos importante é o comportamento do consumidor, responsável direto pela “alimentação” do sistema reverso.

##### **4.9.1 Processos Reversos de Tratamento de REEE**

Os processos aplicados ao REEE por um sistema reverso, sejam estes executados por um ator somente ou por vários, determinam, em geral, três tipos de produtos da cadeia reversa: (1) o equipamento inteiro; (2) partes e peças do equipamento original; e (3) materiais que o constituem para reciclagem, incineração ou disposição final.

A Figura 11 esquematiza os principais processos aplicados ao REEE e que serão analisados a seguir.

Figura 12 - Processos do Sistema Reverso para tratamento de REEE



Fonte: Autor

#### 4.9.1.1 Coleta

Um dos problemas enfrentados por um sistema reverso é a incerteza de acesso ao fornecimento de material. (WHITE et al., 2003). Esta incerteza leva as empresas de coleta e desmanche a aceitar diferentes tipos de REEE para manter viável suas operações. A coleta de aparelhos celulares nos Estados Unidos, por exemplo, não chega a 20% do total vendido, demonstrando que o consumidor mantém depositado em casa os aparelhos recentemente substituídos. Os programas de coleta desenvolvidos pelos produtores originais de celulares ou empresas independentes auxiliadas por ONGS ou em parceria com o varejo, constroem pontos de coleta para incentivar os consumidores pessoa física a descartar os aparelhos recentemente substituídos. (GEYER; BLASS, 2010). Recicladores na Europa não estão envolvidos no processo de coleta deste tipo de aparelho.

A eficiência da coleta dependerá dos tipos de consumidores e os incentivos a eles propostos mas também pela infraestrutura de coleta a sua disposição. (HANAFI; KARA; KAEBERNICK, 2008). Para estes autores a melhor estrutura de coleta de telefone celular, por exemplo, é o de depósito em containers. Para eles este sistema é o mais viável ambientalmente e economicamente.

Para Geyer e Blass (2010), existem três estratégias de coleta:

- a) minimizar o custo de coleta ao não oferecer incentivos econômicos para o processo de descarte;
- b) estipular um incentivo com valor fixo, independentemente do modelo a ser recolhido; e
- c) estabelecer um programa de recompra, onde o valor pago dependerá da marca e do modelo do aparelho.

Yu et al. (2010) sugere que os governos deveriam investir em pontos de coleta. Isto viabilizaria economicamente os sistemas reversos assim como garantiria que o REEE fosse tratado por empresas certificadas / licenciadas, evitando-se o tratamento informal.

O processo de coleta também se relaciona com os volumes, a frequência de fornecimento, a qualidade e os tipos de REEE (e sua composição) que entram no sistema reverso, sendo estas variáveis fundamentais para a sustentabilidade econômica do sistema. O potencial de valor a ser recuperado deveria ser mensurado antes da execução deste processo. Nesse sentido, observa-se que, em países onde a legislação determina o sistema REP, associações ou empresas especializadas em coleta são formadas e a coordenação das atividades de coleta passam a ser padronizadas.

#### 4.9.1.2 Avaliação

Após o processo de coleta a empresa deve realizar a avaliação do material recebido para determinar que tipo de tratamento deverá ser dado ao REEE. Este processo é fundamental para o sistema definir o que fazer objetivando a maior extração de valor econômico e ambiental. Na avaliação é decidido se o REEE tem potencial para reingressar o ciclo de negócios, através da reuso ou se deverá ser reciclado. (WHITE et al., 2003).

O reuso de um aparelho de celular ou outro eletrônico, por exemplo, se configurará se houver mercado para seu modelo e marca e, obviamente, se estiver funcional e em condições estéticas aceitáveis. Para isto, algumas empresas na Europa já se apoiam em programas de *software* para auxiliá-las no processo de

avaliação e separação de aparelhos em categorias deste tipo de REEE. (GEYER; BLASS, 2010).

Também fundamental para este processo é a maturidade dos mercados que podem ser fornecidos pelo sistema reverso. Isto, mais que qualquer outra coisa, determinará o que será feito com o REEE ao ingressar em um sistema reverso.

#### 4.9.1.3 Reuso

A reuso do REEE é o processo que mais gera valor ambiental e econômico para o sistema reverso. (GEYER; BLASS, 2010; ZOETEMAN; KRIKKE, 2010). Conforme esses autores, muitas publicações recomendam que a reuso e a remanufatura a partir de REEE oferece maior qualidade de recuperação, ambiental e econômica para um sistema reverso.

Como visto anteriormente, esses autores criticam as legislações de REEE que estão se formatando, pois as mesmas privilegiam o processo de reciclagem ao não obrigarem os atores a buscar o mercado de usados, preferencialmente. (GEYER; BLASS, 2010). Para que a reuso seja possível, se faz necessário criar mercado de consumo para estes produtos. No Japão, o mercado de usados tem crescido através da constituição de revendas especializadas em usados e devido a popularidade dos sistemas digitais de leilão. (YOSHIDA; TASAKI; TERAZONO, 2009). Nos Estados Unidos, estima-se que 65% dos aparelhos celular coletados são destinados a reuso. (GEYER; BLASS, 2010).

Segundo Yoshida, Tasaki e Terazono (2009), o valor de um computador usado, por exemplo, depende de sua condição, especificações, marca, versão do sistema operacional e do volume de computadores coletados. No caso japonês, existem 20 grandes atores neste mercado. Em 2006, estas empresas criaram uma associação (RITEA) que tem incentivado os japoneses a comprar computadores usados, através de canais de comunicação, assim como desenvolveram guias para apagar os dados do disco rígido e inclusive criaram rotulagem específica para estes aparelhos. Estimativas desta associação indicam que 1,3 milhões de computadores foram vendidos em 2006. (YOSHIDA; TASAKI; TERAZONO, 2009).

Em relação ao aparelho celular, uma outra característica pode ser um obstáculo para sua reuso: seu sistema padrão de comunicação (GSM, CDMA ou

TDMA). (GEYER; BLASS, 2010). Por outro lado, este aspecto pode definir um sistema reverso fechado, que do ponto de vista ambiental e econômico é importante.

Portanto se pode concluir que o processo de reuso depende em muito de uma rede de distribuição que incentive a recompra destes equipamentos, assim como acelerar o processo de descarte por parte dos consumidores quando os aparelhos são substituídos por novos. Um foco de debates sobre o processo de reuso é o quanto o mercado secundário poderá determinar a diminuição na venda de aparelhos novos, conclusões não estão claras. Resumidamente, o valor ambiental é recuperado apenas quando um telefone usado canibaliza a produção de um novo. (GEYER; BLASS, 2010).

Outro ponto importante é a terceirização e transferência da produção de EEE para países distantes do mercado consumidor. Isto tem afetado os processos de reuso viabilizados pela assistência técnica e atividades de condicionamento. O fornecimento de peças de reposição tem se transformado em um problema a mais. Seja pelo excesso de estoque de peças de reposição trazidos para o mercado consumidor, seja pela falta destas peças para a assistência técnica. (JANSE; SCHUUR; BRITO, 2010).

Como contraponto, White et al. (2003) defendem que a reuso poderia ser mais representativa se a qualidade da informação que acompanha o REEE no momento da coleta fosse mais completa e verdadeira. Segundo seu estudo, empresas de coleta e desmanche de REEE sofrem com a falta de informação ou informação errada sobre o estado geral do equipamento.

#### 4.9.1.4 Desmontagem

O processo de desconstrução se faz necessário para a separação de diferentes materiais e componentes, que poderão ser dirigidos para a reuso, reciclagem ou disposição final. (WHITE et al., 2003). O que deve ser reciclado, reutilizado ou disposto será determinando pelo processo de avaliação e as condições mercadológicas para os materiais recuperados.

#### 4.9.1.5 Remanufatura

O processo de remanufatura de um REEE, conforme Zoeteman e Krikke (2010), apoiado por design para a desconstrução e remanufatura, pode reduzir intensamente a necessidade por recursos e a geração de resíduos durante o processo de produção.

Conforme estes autores, a remanufatura pode utilizar apenas 15% da energia consumida se comparado ao processo de manufatura desde o projeto. Mesmo assim enfatizam que esse processo ainda não tem sido valorizado corretamente. Como obstáculos à remanufatura, os autores apontam a complexidade logística de um sistema reverso, que deve estar desenhado para fomentar o processo, dúvidas sobre a qualidade dos itens recuperados e mudanças em layout das linhas de produção. Além disto as empresas precisariam adaptar sua estratégias de marketing.

Zoeteman e Krikke (2010) ainda argumentam que muitos produtores contratam empresas especializadas para a recuperação de peças para diminuir custos e alerta que pequenas distâncias entre estes especialistas e produtores, assim como a cooperação, são aspectos cruciais para alcançar alta qualidade no processo de remanufatura. Porém advertem que produtos que apresentam altas taxas de obsolescência, como computadores, apresentam problemas para a criação de sistemas reversos fechados. Isto por que novas produções não tendem a assimilar componentes recuperados pelo sistema. De qualquer forma o encurtamento das distâncias entre o problema e a solução problema é fundamental.

#### 4.9.1.6 Reciclagem

Conforme Zoeteman e Krikke (2010), reciclagem é o processo com menor potencial para recuperação de valor visto que a utilização de energia e processos de tratamento complexos ainda o encarecem (ROBINSON, 2009), determinando custos financeiros e ambientais maiores. Mas a reciclagem tem sido tomada como “a” alternativa para tratar a problemática REEE, visto que o longo período de estocagem doméstica tem determinado sua obsolescência quando este entra no sistema reverso devido sua desatualização estética e funcional. (WHITE et al., 2003). Mesmo

sendo identificada como um processo que traz benefício ambiental para a sociedade, autores alertam para o fato de que sistemas de reciclagem também geram custos ambientais, principalmente pelo fato da utilização intensa de energia. (WHITE et al., 2003). De qualquer forma, o processo de recuperação de metais através deste processo ainda é energeticamente mais eficiente se comparado com o processo original de confecção destes mesmos materiais. Estima-se que o consumo de energia gasto na recuperação de alumínio é 94% inferior ao processo original, de cobre 75%, de chumbo 70% e aço de 40%.

A infraestrutura para reciclagem pode variar. No Japão, por exemplo, muitos fabricantes criaram suas próprias plantas de reciclagem, porém 80% do volume total de reciclagem é processado por empresas independentes. (YOSHIDA; TASAKI; TERAZONO, 2009).

Schaik e Reuter (2010) analisam o processo de trituração (*shreding*) de REEE como pré-processo da reciclagem. Os autores apresentam como a liberação e separação de materiais de um REEE podem interferir no desempenho ambiental e econômico do processo de reciclagem.

Para estes autores, o grau de liberação dos materiais conectados durante os processos de desconstrução ou trituração define a qualidade do material para a reciclagem. Sendo melhor quanto mais puro for a partícula a ser reciclada (por pureza deve-se entender a mono composição do material, ou seja sem a presença de outros elementos). Esta pureza também está associada a eficiência dos processos de desmantelamento e trituração. Em seu estudo, os autores concluíram, que em grande parte se consegue recuperar metais de partículas trituradas, mas que muito destes metais acabam se misturando a outros materiais (ou seja há uma perda), determinando inclusive a baixa recuperação de plásticos. Como comentado no capítulo anterior, o material plástico se apresenta como o grande desafio do processo de reciclagem de REEE. A enorme variedade de composições químicas nestes materiais praticamente impossibilita a reciclagem e a criação de mercado consumidor devido a sua baixa qualidade e custo/benefício. (WHITE et al., 2003).

Convergente é o estudo de Geyer e Blass (2010), que também ressaltam o potencial de recuperação de um número limitado de metais na reciclagem de telefones celulares (Cobre, Prata, Ouro e Platina), ou seja, de um aparelho se recupera apenas 12 e 19% do peso total. Referente a este tipo de REEE, a

reciclagem se mostra como uma sub alternativa no sentido econômico. O reuso pode proporcionar margens financeiras melhores.

Outro aspecto é o nível de informação sobre o potencial de reciclagem do REEE recebido. Autores identificam que a disponibilidade de informação poderia aumentar a eficiência do processo de reciclagem ao identificar por exemplo o material com maior potencial para reciclagem, presença de elementos tóxicos na composição de materiais e partes, etc. (LUTTROPP; JOHANSSON, 2010). Para estes autores o sistema deve ser construído com a participação de todos os atores do sistema reverso.

#### 4.9.1.7 Incineração

Um processo alternativo para o tratamento de partes de REEE é a incineração. Estes materiais servem como combustível, gerando energia para sistemas produtivos. Este processo apresenta pontos negativos, principalmente pelo resíduo gasoso produzido, exigindo especial atenção das atividades para se evitar o efeito colateral. (SCHAIK; REUTER, 2009; ROBINSON; BRETT, 2009; GEYER; BLASS, 2010).

#### 4.9.1.8 Disposição Final

Em não se conseguindo reutilizar, reciclar ou incinerar, os rejeitos eletro eletrônicos são dispostos em aterros. Porém é consenso que esta alternativa não é a menos aceitável entre todas as soluções. (GEYER; BLASS, 2010).

### 4.9.2 Marketing, Receitas e Custos

O processo de marketing de um sistema reverso está intimamente ligado com a geração de receitas e custos.

O processo de marketing pode se dividir em dois momentos distintos e não necessariamente serão executados por um único ator do sistema reverso. O primeiro, que será chamado de marketing a montante (MM), são as atividades de prospecção de REEE no mercado consumidor. (GEYER; BLASS, 2010). Como visto anteriormente, é fundamental para o processo de reuso, que o consumidor pessoa física acelere seu processo de decisão e efetive rapidamente o descarte de

aparelhos que apresentem valor de design e funcionalidade, porém não mais utilizados. Destaca-se que o consumidor institucional tem sido o grande fornecedor de REEE para os sistemas reversos.

Neste ponto, outra observação se faz necessário. Se o produtor criar sua própria infraestrutura para o reprocessamento de REEE, a comercialização de EEE com consumidores institucionais pode garantir acesso, a ele, aos mesmos equipamentos ao final da vida útil dos mesmos. Cláusulas contratuais podem garantir isto assim como o sistema de “*Leasing*” ou de aluguel de EEE. O paradigma é não vender o ativo, mas sim vender o acesso ao ativo, como um serviço. (STEGGER, 1996). Assim o produtor tem posse do ativo para posteriormente reutilizá-lo, remanufaturá-lo ou reciclá-lo. (YOSHIDA; TASAKI; TERAZONO, 2009; ZOETEMAN; KRIKKE, 2010).

O segundo momento se apresenta quando o ator busca vender o material coletado, seja para recicladoras ou para o mercado secundário, o marketing a jusante (MJ). Para Geyer e Blass (2010), as fontes de receita do sistema reverso são a venda de aparelhos recondicionados para reuso e a venda de metais preciosos recuperados pelo sistema de reciclagem. Janse, Schuur & de Brito (2010), ainda ressaltam que o marketing de usados, quando este processo estiver sob o controle do produtor original do equipamento, deve estar alinhado ao marketing estratégico da empresa.

Muitos autores apontam que mais incentivo e organização devam ser criados para que componentes usados, partes e materiais reciclados encontrem mercados de consumo. (YOSHIDA; TASAKI; TERAZONO, 2009; ZOETEMAN; KRIKKE, 2010).

Geyer e Blass (2010) observam que, em um sistema reverso, dois tipos de custos econômicos principais se apresentam:

- a) custos logísticos; e
- b) custos de reprocesso (ou dos processos).

Estes autores determinam que os custos logísticos se dividem em três atividades: (1) o custo de incentivo ao descarte, (2) coleta e remessa de REEE, e (3) inspeção e sortimento do material coletado.

Os custos com incentivo são criados para que o processo de descarte seja acelerado por parte do consumidor, visto que um aparelho celular usado, por exemplo, perde seu valor rapidamente com o passar do tempo. O valor dos

incentivos variam muito de região para região. Alguns pagam pelo aparelho e pelo transporte do mesmo enquanto outros pagam apenas pelo transporte.

Os custos de coleta e remessa, ou seja, os custos de transporte dependerão da infraestrutura utilizada pela empresa para coletar e de seu modelo de negócio. Geyer e Blass (2010) identificaram, na Europa, diferentes posicionamentos das empresas. Enquanto algumas buscam se especializar em determinadas linhas de produtos (com maior valor agregado, como, por exemplo, *smartphones*), outras não selecionam muito, aceitando um alto nível de heterogeneidade no fluxo de entrada de materiais. Estudos apontam que os custos logísticos representam até 80% dos custos reversos. Para estes autores, a reciclagem de telefone celular na Europa somente é lucrativa se outros agentes da cadeia tradicional e reversa financiarem os custos logísticos. A partir dos modelos suíço e japonês, verificasse a necessidade de participação financeira por parte dos consumidores para financiar o sistema reverso através do pagamento de taxas de reciclagem já no ato da compra de um aparelho novo. (KHETRIWAL; KRAEUCHI; WIDMER, 2009).

Quanto aos custos de reprocesso, estes se constituem pelo custo das atividades aplicadas ao REEE a partir do momento em que este ingressa na cadeia reversa. Caso a atividade principal seja a reciclagem, alguma operação de avaliação, desconstrução e separação de materiais será necessária. Quando, anterior ao processo de reciclagem, é aplicado o processo de trituração os processos anteriormente citados podem ter menor duração. De qualquer forma, alguns autores definem que os custos de triagem e reciclagem são altos, obrigando uma corrida contínua em busca de eficiência e escala de produção. (GEYER; BLASS, 2010). Também se faz necessário ressaltar que o nível de mecanização e treinamento de funcionários pode aumentar a eficiência e conseqüentemente diminuir os custos dos processos. Janse, Schuur e Brito (2010), em sua pesquisa, concluíram que a maioria das empresas ainda não conta com um sistema de custos implantado para medir o desempenho econômico das atividades reversas. Os autores ainda ressaltam que não basta medir as linhas corretas, mas também medi-las corretamente.

Uma outra questão é a divisão de custos dos sistemas de coleta coletivos. Como os produtores responsáveis não conseguem identificar quais produtos de quais marcas estão sendo tratados, cada associado ao sistema pode estar pagando mais ou menos pelo o que o sistema oferece. Uma solução para o problema é um sistema de

identificação do produto com código de barras que possa alimentar um banco de dados assim que o produto entra no sistema reverso coletivo. Assim o custos poderiam ser divididos de forma mais justa. (LUTTROPP; JOHANSSON, 2010).

#### 4.10 FATOR 10 - INFRAESTRUTURA DO SISTEMA REVERSO

Para uma empresa investir em infraestrutura que apoie sua estratégia de LR-PC, uma avaliação de sua maturidade da gestão em relação ao tema se faz necessário. (JANSE; SCHUUR; BRITO, 2010). Através de uma pesquisa realizada com atores da cadeia reversa de REEE na Europa, esses autores encontraram que alguns setores produtivos de EEE estão mais maduros para lidar com as exigências do sistema reverso imposto por lei. No caso, empresas produtoras de equipamentos eletrônicos de entretenimento tem desempenho ainda abaixo do desempenho da indústria de computadores e de aparelhos de celular. Outra constatação é a forte terceirização das atividades de LR-PC: 30% dos entrevistados já utilizavam terceiros para o processo de desconstrução dos aparelhos coletados. Esta é uma tendência no setor.

A recuperação de valor de um REEE em um país depende da localização da infraestrutura que se apresenta. Para atender a demanda por consertos, algumas empresas têm criado estoques de equipamentos para trocas. Segundo Janse, Schuur e de Brito (2010), cerca de 80% dos reparos são feitos com a substituição de peças, sendo que os outros 20% com o envio de um aparelho novo para o cliente. Para Zoeteman e Krikke (2010), o forte fluxo de materiais de países desenvolvidos para países menos desenvolvidos, através da exportação de REEE, configura uma opção com baixo potencial para a recuperação de valor. Estes autores ainda sugerem que a estrutura e infraestrutura necessárias para se recuperar valor de REEE deve se apresentar com capacidade para tratar integralmente o REEE gerado domesticamente em cada país. É importante, tanto do ponto de vista ambiental como do econômico, evitar a exportação de REEE ou frações do mesmo para outros países. Assim, as emissões de CO<sub>2</sub> e o custo do transporte internacional respectivamente são eliminados, diminuindo os impactos ambiental e econômico negativos relacionados a este processo. Além disso, todo o potencial de recuperação se realiza no país de origem, trazendo benefício econômico.

Kethriwal et al., (2007) também destacam a necessidade de desenvolver uma infraestrutura completa para o tratamento de REEE sempre próxima de sua geração. No caso suíço, apresentado por estes autores, os sistemas desenvolvidos neste país adotam o critério distância do local de coleta como um dos critérios para o licenciamento de atores (fornecedores reversos – empresas coletoras e recicladoras). Sua localização não deve ultrapassar 30 km de distância do ponto de coleta. Este aspecto também é defendido por Leite (2009).

A Quadro 7 sintetiza os fatores e aspectos identificados nesta análise, indicando se seus pontos importantes, conforme a literatura analisada, interferem na sustentabilidade econômica e na contribuição ambiental do sistema reverso. A definição se “sim” interfere não explicita se positivamente ou negativamente. Essa análise foi definida a posteriori, através das entrevistas realizadas com especialistas, cujo resultado será apresentado nos próximos capítulos.

Quadro 6 - Resumo dos fatores e aspectos a serem considerados em um sistema reverso

Fator	Aspectos	Pontos importantes sobre os aspectos	Referencial	Aplicação* p/S.A*?	Aplicação p/S.E*?
(1) Consumidor	Consumidor Pessoa Física	<p>* O fornecimento de REEE para um sistema reverso é de difícil previsão, tanto no sentido de volume como do tipo de REEE que ingressará.</p> <p>* Entendendo o consumidor (jurídico/físico) como fornecedor de REEE para os sistemas de LR, se faz necessário compreender seu comportamento em relação ao processo de descarte.</p>	<p>Knemeyer et al. 2002</p> <p>Steger 1996</p> <p>Flygansvaet al. 2008</p> <p>Ongondo et al. 2011</p>	sim	sim
	Consumidor Pessoa Jurídica	<p>* Também é ressaltado pela literatura que o sistema de coleta e negociação pelo REEE difere entre os dois tipos de consumidores.</p> <p>* Ambos consumidores se preocupam com a segurança de dados presentes nos REEE descartado.</p> <p>* Cobrança de taxas de reciclagem à incentivos monetários e tributários são discutidos pela produção acadêmica pertinente.</p> <p>* Pouca informação sobre o estado geral do REEE é fornecido no momento de descarte, inviabilizando o processo de reutilização.</p> <p>* Educação ambiental é importante para acelerar o processo de descarte por parte de ambos consumidores.</p>	<p>Yoshida et al., 2009</p> <p>Khetriwal et al., 2009</p> <p>Li et al., 2010</p> <p>Zoeteman et al., 2010</p> <p>Geyer et al., 2010</p> <p>Hanafi et al., 2008</p> <p>Yu et al., 2010</p> <p>White et al., 2003</p> <p>Wittstruck &amp; Teuteberg, 2011</p> <p>IDC, 2011</p>	não	sim
(2) Design		<p>* O design na indústria de EEE pode trazer vantagem competitiva para o produtor. Tanto do ponto de vista da cadeia tradicional como da reversa.</p> <p>* É essencial para a sustentabilidade econômica e ambiental do sistema reverso favorecer as atividades de desconstrução e determinar elementos com maior potencial de reciclabilidade.</p> <p>* O design tem determinado a obsolescência precoce de produtos e componentes.</p> <p>* A indústria não foca a possibilidade de up-grading e maior durabilidade.</p> <p>* Despadronização na indústria, tanto em fixação de componentes como nas matérias-primas e componentes utilizados.</p>	<p>Geyer et al., 2010</p> <p>Lenox et al., 1997</p> <p>Hoek, 1999</p> <p>Zoeteman et al., 2010</p> <p>White et al. 2003</p> <p>Schaik et al., 2010</p> <p>Janse et al., 2010</p>	sim	sim
		<p>* Um sistema único de informação sobre pode ajudar a caracterizar o fluxo de REEE para os sistemas reversos assim como ajudar na previsão de geração futura.</p> <p>* Um sistema padrão auxilia a constância na troca de informações e melhorando o desempenho de toda a cadeia reversa.</p> <p>* A previsão mais precisa pode ajudar na construção de infraestrutura adequada para o tratamento de REEE.</p> <p>* Um sistema de identificação e informação sobre cada REEE poderia potencializar a sustentabilidade econômica e ambiental do sistema reverso informando ao ator o potencial de recuperação de valor econômico e ambiental.</p> <p>* A tecnologia aplicada aos processos de recuperação, de forma geral, são ainda rudimentares no Brasil, resultando em baixa eficiência econômica e ambiental.</p> <p>* Tecnologia aplicada ao design tem potencial para a aumentar a reciclabilidade do REEE assim como favorecer os processos de tratamento.</p> <p>* O ACV é uma ferramenta que pode potencializar a contribuição do design para aumentar a contribuição ambiental dos sistemas reversos.</p>	<p>Geyer et al., 2010</p> <p>Ongondo et al. 2011</p> <p>Janse et al., 2010</p> <p>Zoeteman et al., 2010</p> <p>Wittstruck &amp; Teuteberg, 2011</p> <p>Luttrupp et al., 2010</p> <p>Leite, 2009</p> <p>CREA-RS, 2010</p>	sim	sim
(3) Tecnologia	Tecnologia aplicada as atividades de: (a) Sistema de Informação (b) Processos Reversos (c) Design			sim	sim
				sim	sim

Fator	Aspectos	Pontos importantes sobre os aspectos	Referencial	Aplicação* p/S.A*?	Aplicação p/S.E*?
(4) Conhecimento	(a) Consumidor	* O consumidor, seja ele pessoa física ou jurídica, papel fundamental na manutenção do sistema de LR.	Steger 1996	sim	sim
		* É do fornecimento de REEE que o sistema depende e este fornecimento deve ser fomentado pelo sistema através de educação do consumidor.	Guarnieri et al. 2006 Knemeyer et al. 2002 Flygansvaet al. 2008	sim	sim
	(b) Demais atores	* Todos os atores, tanto os que participam da logística tradicional quanto aqueles que participam da etapa reversa, devem se desenvolver constantemente para que o sistema seja viável econômico e ambientalmente.	Wittstruck & Teuteberg, 2011 Ongondo et al. 2011 Stevens et al., 1999	sim	sim
		* maior integração entre a cadeia tradicional e a reversa poderia fomentar a criação de novo conhecimento.	Arnold et al., 2010 White et al. 2003	sim	sim
		* Em um sistema de tratamento de REEE precisa-se organizar a informação e criar acesso fácil ao conhecimento que possibilite a maior recuperação de valor possível pelo sistema de LR.	Lenox et al., 1997	sim	sim
		* Treinamento é essencial para aumentar a eficiência e diminuir riscos.		sim	sim
(5) Cooperação	(a) Dentro da indústria	* No Japão, na Suíça e nos Estados Unidos a construção de sistemas reversos coletivos é fato, determinando cooperação entre concorrentes.	Steger 1996	sim	sim
		* A cooperação entre concorrentes nos processos de P&D pode diminuir custos e impacto ambiental do REEE.	Attaran & Attaran 2007 Mckerlie et al. 2006	sim	sim
	(b) Entre a Indústria e demais Stakeholders.	* A cooperação deve ter como base a confiança, o foco em eficiência e comprometimento de longo prazo.	Wittstruck & Teuteberg, 2011 Arnold et al., 2010 White et al. 2003	sim	sim
		* planejamento conjunto é essencial para melhorar a eficiência global de um sistema reverso.	Flygansvaet al. 2008 Stevell, 2003	sim	sim
	(c) Padronização	* Cooperação entre a cadeia tradicional e a reversa é desejável para a melhoria do desempenho econômico e ambiental da cadeia como um todo.	Janse et al., 2010 Lenox et al., 1997	sim	sim
		* Cooperação entre as cadeias tradicional e reversa e outros stakeholders favorecem a sustentabilidade econômica e a contribuição ambiental do sistema reverso.	Melo et al., 2009	sim	sim
		* Cooperação entre os agentes governamentais é essencial para definir padrões e eliminar retrabalho.		não	sim

Fator	Aspectos	Pontos importantes sobre os aspectos	Referencial	Aplicação* p/S.A*?	Aplicação p/S.E*?
(6) Legislação	(a) Responsabilidade Estendida do Produtor/Importador (REP) (b) Free-riders (c) Organização, Controle e Coordenação (d) Certificações	* A legislação tem impulsionado a constituição de sistemas reversos.	Steger 1996	sim	sim
		* A legislação deve ser constantemente revista para acompanhar o dinamismo social, estimular padronização e rever metas.	Guarnieri et al. 2006	sim	sim
		* Diferenças na legislação de país para país apresentam dificuldades para os produtores.	Knemeyer et al. 2002		
		* Legislação em alguns países pode acelerar a inclusão de processos de REEE por parte dos grandes produtores.	Clendenin 1997	sim	sim
		* As legislações devem determinar metas para a reutilização e remanufatura.	Mattos et al. 2008		
		* A informalidade dos sistemas reversos é uma ameaça a eficiência dos mesmos.	Stevens & Deckers 1999	sim	sim
		* A responsabilização estendida do produtor incentiva a inclusão de critérios no processo de design que favoreçam o sistema reverso no sentido econômico e ambiental.	Mckerlie et al. 2006		
		* A responsabilidade estendida do produtor também determina redução no consumo de matérias-primas para a composição de um EEE.	Ongondo et al. 2011	sim	sim
		* O princípio REP determina a exportação de REEE de países desenvolvidos para países em desenvolvimento, infringindo a legislação internacional que regulamenta o transbordo de resíduos perigosos entre países.	Stevens 2003.	sim	sim
		* Muitos produtores não reconhecem a oportunidade de vantagem competitiva através do atendimento da legislação baseada no princípio REP.	Appelbaum 2002		
		* Produtores devem criar sistemas individuais de LR-PC ou coletivos?	Furuhjelm et al. 2000	sim	sim
		* Sistemas reversos coletivos favorecem o consumidor.	Flygansvaet et al. 2008		
		* Haverá verticalização se o potencial de recuperação de valor econômico for maior.	Wittstruck & Teuteberg, 2011		
		* Produto "órfão" é um problema para qualquer sistema.	Nagel 2007	não	sim
		* A legislação deve impedir a formação de cartéis.	Zoeteman et al., 2010		
* Organização, controle e coordenação aumentam a eficiência do sistema reverso.	Arnold et al., 2010	sim	sim		
* Certificações e licenciamentos são importantes para a credibilidade do sistema reverso.	Khetriwal et al., 2009				
(7) Padronização	(a) Matérias-primas	* Em geral, os REEEs apresentam diversos tipos de materiais em sua composição. Muitos destes materiais não podem ser reciclados pela dificuldade de identificação dos mesmos (Plásticos) ou pela alto nível de mistura entre variações.	Yu et al., 2010		
		* Uma maior padronização na fixação de componentes entre todos os fabricantes deve trazer ganhos de produtividade nos processos de desmontagem de REEE.	Janse et al., 2010	sim	sim
		* Padrões mínimos de qualidade podem garantir a diminuição no ritmo de criação de REEEs aumentando a vida útil do EEE de forma integral ou parcial (reutilização de componentes).	Leite, 2009		
		* Muitos são os métodos para determinar a geração futura de REEE. Não há padrão quanto a metodologia a ser utilizada.	Luttrupp et al., 2010	sim	sim
		* Também existem muitos programas para a análise do ciclo de vida. Não havendo padrão.	Appelbaum 2002	sim	sim
(7) Padronização	(b) Fixação	* Em geral, os REEEs apresentam diversos tipos de materiais em sua composição. Muitos destes materiais não podem ser reciclados pela dificuldade de identificação dos mesmos (Plásticos) ou pela alto nível de mistura entre variações.	Melnyk et al., 2004	não	sim
		* Uma maior padronização na fixação de componentes entre todos os fabricantes deve trazer ganhos de produtividade nos processos de desmontagem de REEE.			
		* Padrões mínimos de qualidade podem garantir a diminuição no ritmo de criação de REEEs aumentando a vida útil do EEE de forma integral ou parcial (reutilização de componentes).	Steger 1996	sim	sim
		* Muitos são os métodos para determinar a geração futura de REEE. Não há padrão quanto a metodologia a ser utilizada.	White et al. 2002		
		* Também existem muitos programas para a análise do ciclo de vida. Não havendo padrão.	Wittstruck & Teuteberg, 2011		
(7) Padronização	(c) Qualidade	* Em geral, os REEEs apresentam diversos tipos de materiais em sua composição. Muitos destes materiais não podem ser reciclados pela dificuldade de identificação dos mesmos (Plásticos) ou pela alto nível de mistura entre variações.	Leite, 2009		
		* Uma maior padronização na fixação de componentes entre todos os fabricantes deve trazer ganhos de produtividade nos processos de desmontagem de REEE.	Zoeteman et al., 2010		
		* Padrões mínimos de qualidade podem garantir a diminuição no ritmo de criação de REEEs aumentando a vida útil do EEE de forma integral ou parcial (reutilização de componentes).	Ongondo et al. 2011	sim	sim
		* Muitos são os métodos para determinar a geração futura de REEE. Não há padrão quanto a metodologia a ser utilizada.	Dewulf et al., 2004		
		* Também existem muitos programas para a análise do ciclo de vida. Não havendo padrão.	Knemeyer et al. 2002		
(7) Padronização	(d) Previsão de Geração de REEE	* Em geral, os REEEs apresentam diversos tipos de materiais em sua composição. Muitos destes materiais não podem ser reciclados pela dificuldade de identificação dos mesmos (Plásticos) ou pela alto nível de mistura entre variações.	StEP (UNEP), 2009	sim	sim
		* Uma maior padronização na fixação de componentes entre todos os fabricantes deve trazer ganhos de produtividade nos processos de desmontagem de REEE.			
		* Padrões mínimos de qualidade podem garantir a diminuição no ritmo de criação de REEEs aumentando a vida útil do EEE de forma integral ou parcial (reutilização de componentes).			
		* Muitos são os métodos para determinar a geração futura de REEE. Não há padrão quanto a metodologia a ser utilizada.			
		* Também existem muitos programas para a análise do ciclo de vida. Não havendo padrão.			
(7) Padronização	(e) ACV	* Em geral, os REEEs apresentam diversos tipos de materiais em sua composição. Muitos destes materiais não podem ser reciclados pela dificuldade de identificação dos mesmos (Plásticos) ou pela alto nível de mistura entre variações.			
		* Uma maior padronização na fixação de componentes entre todos os fabricantes deve trazer ganhos de produtividade nos processos de desmontagem de REEE.			
		* Padrões mínimos de qualidade podem garantir a diminuição no ritmo de criação de REEEs aumentando a vida útil do EEE de forma integral ou parcial (reutilização de componentes).			
		* Muitos são os métodos para determinar a geração futura de REEE. Não há padrão quanto a metodologia a ser utilizada.			
		* Também existem muitos programas para a análise do ciclo de vida. Não havendo padrão.			

Fator	Aspectos	Pontos importantes sobre os aspectos	Referencial	Aplicação* p/S.A*?	Aplicação p/S.E*?
(8) Fluxo de materiais	(a) Qualidade	* Em algum momento, todo o REEE deverá passar pelo processo de reciclagem gerando um novo fluxo de matérias-primas para sistemas produtivos. A qualidade destas matérias-primas determina seu valor de mercado.	Tan & Kumar 2006 Knemeyer et al. 2002 Flygansvaet al. 2008 Mattos et al. 2008	sim	sim
	(b) Previsibilidade e estabilidade do fluxo	* A criação de estruturas para o tratamento de REEE depende da previsão de volumes. Onde estes volumes se encontram e os tipos de REEE são informações importantes para viabilizar estruturas de tratamento e recuperação de valor.  * A heterogeneidade de perfil e a inconstância de fornecimento é um problema para a cadeia reversa. Dificultando a especialização de processos.	Ongondo et al. 2011 Stevens 2003. Appelbaum 2002 Nagel 2007 Yu et al., 2010 Hanafi et al., 2008 Zoeteman et al., 2010	sim  sim	sim
(9) Processos	(a) Processos reversos de tratamento de REEE: **Coleta	* O processo de coleta é um dos processos mais importantes e existem variações na realização do mesmo. Estas variações determinam custos logísticos maiores ou menores. * Em alguns mercados, taxas de reciclagem são cobradas no ato da compra de um novo EEE. Em outros, existe o incentivo financeiro para que o consumidor descarte seu REEE. * Governos deveriam investir na construção de pontos de coleta. * A irregularidade e a heterogeneidade do descarte dificulta a especialização das empresas de desmontagem. * Pontos de coleta oficiais diminuem o tratamento informal de REEE. * Associações e empresas que operacionalizam os deveres reversos dos produtores de EEE ajudam a coordenar o processo de coleta, aumentando a eficiência econômica e ambiental.	White et al. 2003 Guarnieri et al. 2006 Steger 1996 Knemeyer et al. 2002 Flygansvaet al. 2008 Stevens & Deckers 1999 Mckerlie et al. 2006 Tibben-Lembke 2002 Acosta 2008 Ongondo et al. 2011 Stevens 2003. Furuhjelm et al. 2000 Nagel 2007	sim  sim	sim
	**Avaliação	* A avaliação é fundamental para definir o que fazer com o REEE: Reutilizá-lo ou Reciclá-lo?	Appelbaum 2002 Zoeteman et al., 2010	sim	sim
	**Reutilização	* O encaminhamento de REEE para a reutilização agrega valor econômico para o sistema reverso assim como ambiental pelo estensão de sua vida útil. * A reutilização também depende da criação de demanda por EEE usado. * Para aumentar o potencial de reutilização é importante que o equipamento ainda esteja funcionalmente e esteticamente o mais atualizado possível. * A produção de EEE em países distantes ao mercado de consumo tem determinado a falta de peças de reposição para reparos. Esta situação tem acelerado a inutilização de aparelhos.	Hanafi et al., 2008 Geyer et al., 2010 Yu et al., 2010 Yoshida et al., 2009 Janse et al., 2010 Robinson, 2009 Schaik et al., 2010 Luttrupp et al., 2010	sim  sim  sim  sim	sim
	**Desconstrução	* Desconstrução manual encarece o sistema reverso, porém a separação de materiais aumenta o potencial de reciclagem e reutilização de componentes.		sim	sim

Fator	Aspectos	Pontos importantes sobre os aspectos	Referencial	Aplicação* p/S.A*?	Aplicação p/S.E*?
	<b>**Remanufatura</b>	* Os aparelhos ou componentes com potencial para reutilização podem suprir processos de remanufatura.		sim	sim
		* Obstáculos a este processo são as dúvidas quanto a qualidade dos componentes, a mudança no lay-out das linhas de produção, as mudanças em design e a distância entre os recuperadores e os locais de produção.		sim	sim
	<b>**Reciclagem</b>	* É "o" processo de recuperação de valor econômico e ambiental mais utilizado. Porém é tido como uma alternativa ineficiente se comparado ao potencial de reutilização e remanufatura.		sim	sim
		* A infraestrutura para reciclagem varia de região para região.		sim	sim
		* Design para a desconstrução pode aumentar a eficiência deste processo, determinando uma separação de materiais mais fácil e através da utilização de ligas monomaterial.		sim	sim
		* O plástico é um material de difícil reciclagem devido a grande variedade de tipos.		sim	sim
		* A falta de informação determina um menor potencial de reciclagem.		sim	sim
	<b>**Incineração</b>	* Como fonte de energia para sistemas produtivos.		sim	sim
	<b>**Disposição final</b>	* Disposição em aterros - alternativa a ser evitada.		sim	sim
	<b>**Marketing</b>	* A prospecção de REEE no mercado consumidor de EEE é importante para aumentar o potencial de recuperação de valor econômico e ambiental.		sim	sim
		* A prospecção é necessária para aumentar a regularidade e a qualidade do fornecimento de REEE para o sistema reverso.		sim	sim
		* O consumidor institucional tem sido o grande fornecedor de REEE para os sistemas reversos.		sim	sim
		* sistemas reversos pautados pelo princípio REP, onde o produtor original cria infraestrutura para o tratamento de REEE, modelos de comercialização como "leasing" ou aluguel de TI por parte da cadeia tradicional podem garantir acesso aos equipamentos ao final da vida útil. Isto aumenta o potencial de reutilização, remanufatura e reciclagem.		sim	sim
		* O marketing, como processo, também busca oportunidades para a revenda do material coletado. Esta etapa determina as receitas do sistema reverso.		sim	sim
	<b>**Custos</b>	* Os custos se resumem aos custos logísticos, de marketing e de processo: > Logísticos: transporte para coleta, armazenamento e entrega do produto do sistema reverso para novos ciclos produtivos. > Marketing: custos para a prospecção de REEE no mercado consumidor e de mercado para a revenda dos produtos do sistema reverso. > Processo: os custos inerentes as atividades de avaliação, triagem, desconstrução e reciclagem. Escala e especialização são necessários para o aumento de eficiência das atividades.		não	sim
		* No caso de um sistema reverso pautado pelo princípio REP, poderá haver necessidade de contribuição financeira por parte de fabricantes para sustentar o sistema reverso deficitário. A organização de um sistema de informação ajuda na divisão de custos entre os participantes de um sistema de coleta coletivo.		não	sim

Fator	Aspectos	Pontos importantes sobre os aspectos	Referencial	Aplicação* p/S.A*?	Aplicação p/S.E*?
(10) Infraestrutura	(a) Capacidade/Competência	* A infraestrutura construída para o tratamento de REEE deve ter capacidade de assimilar os grandes volumes gerados assim como ter as competências para recuperar o valor disponível de forma integral sem depender de sistemas externos ao país.	Tan & Kumar 2006 Knemeyer et al. 2002 White et al. 2002 Flygansvaet al. 2008	sim	sim
		* Terceirização das atividades reversas por parte dos fabricantes originais é uma tendência.	Appelbaum 2002	sim	sim
		* Assistência técnica e disponibilidade de peças aumentam a possibilidade de estender a vida útil de um EEE.	Zoeteman et al., 2010 Khetriwal et al., 2009 Leite, 2009	sim	sim
		* Mão-de-obra deve ser desenvolvida constantemente.	Janse et al., 2010		
(10) Infraestrutura	(b) Localização da Infraestrutura	* A capilaridade do sistema é importante para que se minimize os custos de transporte e seus efeitos nocivos ao meio-ambiente.		sim	sim
		* A infraestrutura deve ser completa, para que todo o potencial de recuperação de valor de REEE seja realizado localmente.		sim	sim

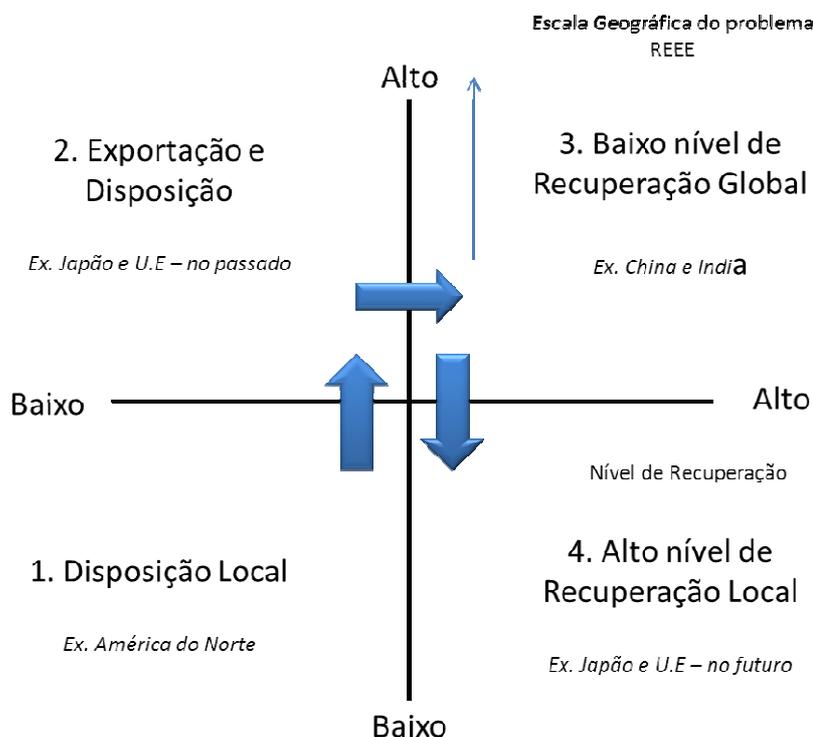
Fonte: Elaborada pelo autor (2012)

## 5 ANÁLISE DOS MODELOS DE TRATAMENTO DE REEE SELECIONADOS

Este capítulo tem por objetivo descrever como os modelos para tratamento de REEE estão se desenvolvendo no Japão, Estados Unidos, Suíça e Brasil. Não obstante, inicialmente, uma breve classificação dos diferentes modelos desenvolvidos a nível global é apresentada.

Zoeteman e Krikke (2010) determinam 4 cenários pelos quais se pode enquadrar os diferentes modelos de tratamento de REEE no mundo e como estes tem influenciado a eficácia global na recuperação de REEE (Figura 13).

Figura 13 - Classificação do sistemas reverso conforme sua eficácia ambiental



Fonte: Adaptado de Zoeteman e Krikke (2010)

A Figura 13 apresenta os diferentes estágios onde os sistemas reversos nacionais podem se encontrar. No cenário 1, nomeado como “Disposição Local”, os autores classificam o estágio onde se encontra por exemplo os Estados Unidos da América. Neste país não existe legislação sobre REEE a nível nacional e portanto disposição local e incineração são aos caminhos mais comuns para o REEE. Assim que aterros locais estiverem cheios, países desenvolvidos sem legislação,

exportarão seus resíduos, compatibilizando-se no cenário 2. Neste cenário, países desenvolvidos simplesmente exportam seus resíduos para países menos desenvolvidos ampliando seus problemas locais para além de suas fronteiras geográficas.

No cenário 3, os países que recebem estes resíduos se transformam em depósitos globais de REEE. Levando-se em conta a baixa tecnologia aplicada no processo de recuperação destes resíduos, o valor recuperado também é pequeno, influenciando o nível global de eficiência e eficácia da recuperação de valor de REEE.

Por último, o cenário 4 é o cenário que toda a sociedade deve buscar, ou seja, solução local para o problema local. Conforme os autores, este é o cenário ótimo para sistemas de recuperação de valor de REEE. O cenário 3 é emergente, sendo que o cenário 4 deve ser o cenário a ser alcançado o mais rápido possível.

A seguir são apresentados então, de forma descritiva, os modelos desenvolvidos nos países escolhidos como objeto desta pesquisa. A descrição de cada modelo se limita a teoria específica encontrada.

## 5.1 MODELO SUÍÇO

O modelo suíço começa a tomar forma a partir de 1991, quando a fundação suíça para a gestão de resíduos (Swiss Foundation for Waste Management – S.E.N.S) começa a organizar um sistema para a reciclagem de refrigeradores e congeladores. (STREICHTER-PORTE, 2006; KHETRIWAL; KRAEUCHI; WIDMER, 2009). Para a indústria de tecnologia da informação, a pressão por soluções por parte de clientes institucionais também determinava, à indústria de TI, a criação de um sistema seguro para a disposição final de equipamentos ao final da vida útil (KHETRIWAL; KRAEUCHI; WIDMER, 2009). Em 2004, o S.E.N.S já tratava 40 mil toneladas de REEE por ano.

Outro sistema, encabeçado por alguns produtores e importadores de EEE, foi desenvolvido a partir de 1994, a Associação Suíça para a tecnologia da Informação, Comunicação e Organização (*Swiss Association for Information, Communications and Organization Technology* – SWICO) atualmente trata 35.000 toneladas de REEE todos os anos.

Os dois sistemas se financiam através de uma taxa que cada produtor/importador de EEE deve pagar para os mesmos a partir dos volumes de vendas declarados. Para cada tipo de EEE é determinado uma taxa que basicamente cobre o déficit financeiro do sistema, que existe caso o sistema reverso por si só não consiga gerar receita suficiente para sustentá-lo. Estas taxas são repassadas até o consumidor final, que deve pagá-la ao adquirir um novo EEE (STREICHTER-PORTE, 2006) e são revisadas anualmente pelos dois sistemas, que projetam a geração de REEE futuro. (KHETRIWAL; KRAEUCHI; WIDMER, 2009). Como um sistema previdenciário, a taxa paga hoje cobre o custo de tratar um REEE adquirido no passado e que está sendo disposto no presente. A taxa de reciclagem é visível, ou seja, o cliente tem total clareza de que está pagando por ela. Para Khetriwal et al. (2009), este detalhe é importante para criar consciência no consumidor de que a taxa foi paga e que ele deverá descartar o produto ao final de sua vida útil.

Os registros demonstram que os valores cobrados do consumidor e os valores pagos aos coletores e recicladores têm diminuído com o passar do tempo devido a economias de escala e uma organização mais eficiente dos processos. Preocupante para este sistema é o volume de REEE que deverá ingressar o sistema, REEE este pelo qual nenhuma taxa de reciclagem foi paga.

Os dois sistemas organizam as atividades de coleta e de reciclagem certificando os atores que devem dinamizar o sistema. Estimativas demonstram que 11 kg per capita de REEE já eram reciclados neste país em 2005. (ZOETEMAN; KRIKKE, 2010; ONGONDO; WILLIAMS; CHERRETT, 2011). Para a certificação, as empresas precisam atingir critérios ambientais. As empresas de coleta e reciclagem se remuneram através da venda do material recuperado e pela contribuição financeira provida pelos dois sistemas. (ONGONDO; WILLIAMS; CHERRETT, 2011).

Para Khetriwal et al. (2009), um sistema reverso deve ser constituído antes mesmo da criação de uma legislação específica. Isto fornece aos atores do sistema, a experiência real e valiosa para o debate com legisladores além da possibilidade de criar um sistema menos oneroso do ponto de vista financeiro, como sistemas legislados podem ser. Outro detalhe, é que o sistema não deve esperar até que todos os produtores e importadores de EEE aceitem participar de uma associação. Massa crítica pode ser atingida com a participação de apenas alguns grandes atores.

A legislação ainda determina o varejo como responsável pela coleta do REEE proveniente do consumidor físico, sem custo adicional ao mesmo. Além disto, o varejo está autorizado a revender os produtos usados que ainda apresentem valor funcional objetivando a reuso. Apenas 2% do REEE recolhido são revendidos. (KHETRIWAL; KRAEUCHI; WIDMER, 2009).

## 5.2 MODELO DOS ESTADOS UNIDOS DA AMÉRICA

Neste país, até a data de realização da pesquisa, não havia legislação federal relacionada à temática REEE e informações consistentes sobre este mercado são mais difíceis de se obter. (ZOETEMAN; KRIKKE, 2010; COHEN et al., 2006; NAGLE, 2007). No entanto, por se tratar do tipo de resíduo que apresenta a maior taxa de crescimento entre todos os tipos de resíduos coletados (EPA, 2008) pelos sistemas municipais de coleta de lixo, em 2005 o senado norte americano introduziu o projeto de lei “s. 510”, que passou a incentivar estudos aprofundados sobre substâncias tóxicas presentes no REEE e a criação de um programa federal de reciclagem. (COHEN et al., 2006). Este projeto ainda inclui ações que motivem a criação e a consolidação da indústria de reciclagem através de incentivos tributários, tanto ao nível de consumidor como para as empresas de reciclagem assim como subsídios federais para financiar o crescimento da oferta de infraestrutura para reciclagem.

Recentemente, legislação pertinente tem se desenvolvido a partir dos estados da federação americana. Como no caso da Califórnia, através da lei AB2901, a legislação não impõe qualquer tipo de meta de reciclagem, como ocorre no caso da diretiva WEEE da EU. (GEYER; BLASS, 2010). A lei californiana apenas exige a construção de infraestrutura para a coleta dos aparelhos. Assim, a única motivação neste mercado é o potencial econômico a ser recuperado. Além da Califórnia, outros 3 estados configuraram legislação para o tratamento dos monitores de Tubo de Raios Catódicos (TRCs) ou *Cathode Ray Tube* – (CRT) sendo que outros 26 começam a estudar a criação de legislação similar.

Porém, a falta de legislação motiva a consolidação dos processos de disposição final em aterros municipais (COHEN et al., 2006; ONGONDO; WILLIAMS; CHERRETT, 2011) e a incineração de REEE como as alternativas mais utilizadas. Estima-se que 80% do volume de REEE gerado nos EUA são dispostos em aterros.

(ZOETEMAN; KRIKKE, 2010). Assim, devido ao volume gerado, em torno de 22 kg per capita, os Estados Unidos é o país que mais incinera ou dispõe REEE em aterros sanitários no mundo. (ZOETEMAN; KRIKKE, 2010). Para agravar, este país não restringe a exportação de REEE para países não pertencentes a OECD e, terminando sua capacidade de disposição local, o volume exportado para o leste asiático e oeste africano deve se intensificar. (ZOETEMAN; KRIKKE, 2010). O volume estimado de exportações é de 1,3 milhões de toneladas ano, ou 20 % da geração total anual neste país.

Neste país, três alternativas para o descarte de REEE têm se desenvolvido: (1) a disposição em latas de lixo que serão coletadas pelo sistema municipal; (2) a deposição do REEE em algum ponto de coleta; ou (3) a requisição de serviço de coleta oferecido por alguns produtores de EEE. Porém não há evidências de que uma dessas alternativas tenha se consolidado como tendência (WHITE et al., 2003). No decorrer da presente pesquisa, junto às fontes consultadas não se evidenciou dados que indiquem que esse quadro tenha mudado. (EPA, 2008; DC, 2011).

Neste contexto, criação de sistema próprio de LR-PC por parte de produtores americanos de EEE, como a Dell Computadores, HP e Apple tem sido efetivada local e globalmente. (WHITE et al., 2003; COHEN et al., 2006; ZOETEMAN; KRIKKE, 2010). Outras iniciativas são como a MRM (Manufacturers Recycling Management Company) resultante da união entre Sharp, Toshiba e Panasonic, que recentemente iniciaram um programa conjunto de reciclagem a nível nacional. (ONGONDO; WILLIAMS; CHERRETT, 2011).

Um estudo capitaneado pelo IDC (2011) demonstra os números da indústria de reciclagem nos Estados Unidos. Segundo o estudo, 3,5 milhões de toneladas de REEE foram recicladas em 2010, gerando uma receita de US \$ 5.1 bilhões e empregando 30.000 pessoas. 74,1% do volume tem origem em descartes promovidos por empresas comerciais, industriais e instituições governamentais, demonstrando baixo índice de participação do consumidor pessoa física no fornecimento de REEE para os sistemas de reciclagem. (WHITE et al., 2003; IDC, 2011; ONGONDO; WILLIAMS; CHERRETT, 2011). Esta situação aumenta a competição pelo fornecimento corporativo, criando instabilidade no fornecimento e diminuindo margens do sistema reverso como um todo devido a alta competição pelo REEE. Esta instabilidade ainda favorece a heterogeneidade do fornecimento,

onde a maioria das empresas recicladores não se especializam em um determinado tipo de REEE.

Segundo o mesmo estudo do IDC, essa indústria se apresenta fragmentada, ou seja, um grande número de atores pequenos a compõe, sendo que 50,5% das empresas participantes tinham entre 1 e 10 funcionários. Estima-se que existam entre 600 e 1.000 empresas ativas no campo da reciclagem de REEE sendo as fusões e aquisições uma tendência neste setor com o objetivo de criar economias de escala. Por consequência, outro aspecto levantado pelo IDC é a preocupação de produtores originais de EEE com a confiabilidade de empresas terceiras que prestam serviços de coleta e reciclagem para elas. Fatores legais e de gestão de marca têm compelido as empresas contratantes a aumentar a complexidade de seus processos de decisão quanto aos parceiros a escolher assim como a supervisão de suas atividades.

Neste país, o foco está no tratamento de equipamentos como telefone celular, TVs e computadores pessoais, com especial atenção aos CRTs. Porém outros estudos demonstram que o debate também considera outros tipos de REEE como equipamentos de produção de cinema, equipamentos médicos e sistemas de robótica. (EPA, 2008).

Por fim, REEE nos Estados Unidos tem sido tratado por diversas instituições e associações de classe. Essas diversas iniciativas podem estar duplicando esforços. (STOCK, 1998 apud KENMEYER; LOGAR, 2002). Destaca-se a Agência de Proteção Ambiental (EPA – Environment Protection Agency) uma das mais atuantes e solicitadas.

### 5.3 MODELO JAPONÊS

Em 2001, o Japão determinou que, através do ato “Promoção para a Efetiva utilização de Recursos”, 10 indústrias e 69 categorias de produtos, incluindo partes e variações de computadores, como desktops, laptops, CRTs e monitores de cristal líquido, quando ao final de sua vida útil, recebessem tratamento para a recuperação de valor. Deste momento em diante, as empresas produtoras deveriam criar modelos de logística reversa que efetivamente atendessem os objetivos impostos pela lei. Em 2001, sistemas reversos foram criados para captar e recuperar valor de

computadores de consumidores institucionais. Em 2003, REEE doméstico começou a ser atendido por sistemas reversos. (YOSHIDA; TASAKI; TERAZONO, 2009).

Desde 2003, uma marca de reciclagem (como um rótulo) tem sido colocada em novos computadores pessoais indicando que o consumidor poderá descartar o produto ao final de sua vida útil através do correio japonês sem custo adicional, ou seja, nem uma taxa adicional para a coleta do produto seria cobrada, visto que o cliente já havia pago uma taxa de reciclagem no ato da compra do aparelho, junto ao varejista. (YOSHIDA; TASAKI; TERAZONO, 2009). Uma taxa de coleta porém é cobrada para um computador adquirido antes de 2003, visto que o pré-pagamento não ocorreu. A determinação do valor da taxa é de responsabilidade de cada produtor, assim como não é devolvida, mesmo em caso de o computador ser descartado fora do país. As taxas ainda variam de acordo com tipo de produto a ser recolhido. Esta cobrança, segundo Ongondo, Williams e Cherret (2011) tem determinado a entrega de REEE por parte de consumidores a empresas exportadoras de REEE para outros países asiáticos, exemplificando um efeito colateral do sistema de pós-cobrança.

Cada produtor organiza seu próprio sistema reverso. Depois do pagamento da taxa, o consumidor entra em contato com a empresa e a mesma define qual a planta de reciclagem que deverá receber o aparelho. Esta então envia um rótulo para o consumidor que o colocará na caixa que contém o aparelho a ser descartado. Depois leva a caixa para o posto do correio ou solicita a coleta em casa. Este sistema de coleta não atende ao consumidor institucional.

A PC3R Center é uma instituição que ajuda os fabricantes e importadores de computadores (em seus diversos formatos) a divulgar os princípios de (R)educir, (R)euutilizar e (R)eciclar. A partir de 2004, esse centro de promoção dos três Rs foi criado. Este centro conta com uma gestão cooperada do sistema reverso e organiza a informação para os demais "stakeholders". (YOSHIDA; TASAKI; TERAZONO, 2009). Computadores "órfãos" (*free-riders*) são coletados pelos sistemas, mas a quantidade coletada é inferior a 5% do total coletado (para o ano de 2004). Cerca de 35 plantas de reciclagem participam do sistema PC3R. Os processos são os de desconstrução, separação de partes para reuso e de materiais para reciclagem ou para geração de energia. Yoshida, Tasaki e Terazono (2009) ainda revelam um dado importante: após a lei entrar em vigor o número de sistemas públicos que

passaram a não coletar computadores passou de 31% para 74% em 2004 demonstrando assim o impacto dos sistemas reversos privados.

Em outra dimensão desse contexto, o mercado de computadores usados no Japão tem se consolidado através da venda desses aparelhos em sites de leilão ou em lojas especializadas. Não há programas governamentais para incentivar a doação ou reuso de computadores neste país. Empresas que compram aparelhos usados para revender, basicamente aplicam o processo de eliminação de dados do proprietário original que possam constar no disco rígido e fazem a limpeza do mesmo. Atualizações dificilmente são realizadas devido à demora do processo e o alto custo de mão-de-obra no Japão. (WILLIAMS; HATANAKA, 2005). A obtenção de licença para operar como revendedor no mercado de usados é muito fácil. Assim empresas de leasing, varejo tradicional e até mesmo alguns produtores têm se dedicado a este canal de negócios. Este mercado tem se profissionalizado e alianças para se promover têm sido construídas. Novas marcas estão sendo desenvolvidas para os aparelhos usados de algumas empresas de revenda e inclusive garantias estão sendo oferecidas ao consumidor. (WILLIAMS; HATANAKA, 2005).

O Japão, depois da União Europeia, é o país que mais recicla REEE no mundo. A geração anual está estimada em 24 kg per capita/ano. (ZOETEMAN; KRIKKE, 2010).

No ano fiscal 2000/2001, 4,88 milhões de computadores pessoais foram descartados, sendo que dois terços deste volume foi disposto ou reciclado dentro do país, um quarto reutilizado e 8% do total foi exportado. (YOSHIDA; TASAKI; TERAZONO, 2009).

No caso dos telefones celulares, o sistema é um pouco diferente. O usuário, ao decidir por descartar o aparelho, o leva para a loja da operadora onde o aparelho é perfurado para inutilizar a memória e o acesso aos dados dos usuários. Das lojas os aparelhos são destinados às empresas de reciclagem onde baterias, carregadores e inclusive a embalagem são recicladas. Destes aparelhos, os metais preciosos são recuperados. O valor econômico recuperado através da venda destes metais sustenta economicamente o sistema. Muitos fabricantes de EEE são clientes do sistema, fechando o sistema reverso em relação a estes materiais. O plástico é transformado em óleo combustível, sendo fonte de energia para o próprio sistema de reciclagem. (BARTHOLOMEU; CAIXETA-FILHO, 2011).

Estimativas informam que o volume exportado de REEE deva ser na ordem dos 20% do total gerado. (ZOETEMAN; KRIKKE, 2010). O principal destino é a China. Neste sentido, Yoshida, Tasaki e Terazono (2009) acreditam que as exportações tenham determinado mudanças no mercado de usados no país.

Ainda, o Japão é um dos grandes exportadores e desenvolvedores de EEE e tecnologias associadas. Por isso é “atingido” por outras legislações REEE. Empresas japonesas do setor de eletrônicos, foram as primeiras desenvolver soldas sem chumbo, atendendo as diretrizes WEEE e RoHS da EU. (GUTOWSKI et al., 2005).

No Japão, a Associação Japonesa de Eletrônicos e Tecnologia da Informação (*Japanese Electronics and Information Technology Association - JEITA*) é a organização que exerce papel similar ao da Abinee no Brasil. Esta entidade, no entanto coordena juntamente com a PC3R as atividades para a promoção dos 3Rs assim como seu site apresenta conexão para o site do Green IT Council (conselho para a sustentabilidade ambiental da tecnologia da informação produzida no Japão). (JEITA, 2012).

#### 5.4 MODELO BRASILEIRO

O Brasil ainda não conta com um modelo de tratamento de REEE consolidado. Apenas em 2 de agosto de 2010 o então presidente da república, Luís Inácio da Silva, sancionou o projeto de lei nº 203/1991, que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS). (CREA, 2010). Essa lei é ampla e abrangente e não se destina especificamente a tratamento de REEE, porém o inclui. Sua inclusão se dá a partir do artigo 33, onde está determinado que fabricantes, importadores, distribuidores e comerciantes de EEE e seus componentes deverão criar sistemas de LR-PC para seus produtos de forma independente do serviço público de limpeza urbana. Estes planos deverão ser aprovados pelo poder público e um plano setorial pode ser apresentado nas esferas federal, estadual ou municipal. (CREA, 2010).

Outros pontos destacados pela legislação referem-se à importância dada para a constituição de um sistema unificado de informação - Sistema Nacional de Informações sobre a Gestão de Resíduos Sólidos (SINIR) vinculo ao Sistema Nacional de Informação sobre o Meio Ambiente (SINIMA), à cooperação técnica e financeira, à pesquisa científica e tecnológica, à educação ambiental, e ao cadastro

nacional de operadores de resíduos perigosos. Importante ainda é ressaltar que a PNRS incentiva a solução regionalizada dos resíduos sólidos, isto assim, em consonância com o exposto anteriormente sobre infraestrutura e sua localização. (PNRS, 2010).

Em 23 de dezembro de 2010, o decreto nº 7.404 determinou a criação do comitê Interministerial da Política Nacional de Resíduos Sólidos com a finalidade de garantir a implementação da PNRS. A nova lei determina a responsabilidade compartilhada entre governo, indústria, comércio e consumidor final pela gestão do REEE. Porém, claramente determina que a operacionalização de um sistema reverso para REEE é do produtor, importador, distribuidor e comerciante de EEE. (PNRS, 2010). Conforme Caixeta-Filho e Hauber (2011), a lei ainda determina que sua abrangência foca na não geração de resíduos, redução, reuso, reciclagem, tratamento e disposição final ambientalmente adequada. Isto reflete a orientação governamental explícita, na lei, para que a indústria de EEE melhore o design de seus produtos favorecendo os processos de reuso, reciclagem e disposição final ambientalmente adequada.

A partir deste marco legal, o Ministério do Meio Ambiente (MMA), os Estados e Municípios e o setor empresarial deverão criar seus respectivos Planos de Resíduos Sólidos e a legislação sofrerá revisões de 4 em 4 anos. (CAIXETA-FILHO; HAUBER, 2011). Ao nível de empresa, as geradoras de resíduos também terão que apresentar seus planos de gerenciamento dos resíduos por elas gerados. O agente central na legislação ambiental no Brasil é o Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), que é o órgão que tem a finalidade de assessorar, estudar e propor diretrizes para a legislação ambiental. O CONAMA apoia o Sistema Nacional do Meio Ambiente (SISNAMA) e tem papel fundamental na elaboração de leis com base no princípio de REP e LR-PC. (BARTHOLOMEU; BRANCO; CAIXETA-FILHO, 2011).

Mas no Brasil, apenas poucos passos foram dados até o momento no sentido de organizar a cadeia reversa. Estimativas consideram que 0,5 kg per capita são gerados de REEE anualmente. (BARTHOLOMEU; BRANCO; CAIXETA-FILHO, 2011). E tímidas ainda são as iniciativas da iniciativa privada. (CREA, 2010). Conforme reportagem da Revista do CREA-RS (2010), apenas 1% do lixo eletrônico no Brasil é reciclado, sendo que o processo de desconstrução e até mesmo de reciclagem ainda são muito rudimentares, criando-se uma “indústria” de baixa

eficiência. Como resultado, os processos de segregação de materiais e moagem são as atividades assim aplicadas ao REEE nacional, tendo na exportação a única alternativa para recuperação de valor econômico. (LEITE; LAVEZ; SOUZA, 2009).

A infraestrutura de reciclagem apresenta problemas de capacidade devido a localização geográfica e quantidade de empresas especializadas. Conforme Bartholomeu, Branco e Caixeta-Filho (2011) existem:

- a) 5 empresas recicladoras de baterias (Em SP e SC);
- b) 9 recicladoras de lâmpadas (SP, SC, RS, PR);
- c) 13 de REEE (todas em SP).

Este contexto é preocupante. Segundo a Associação Brasileira da Indústria de Equipamento Eletrônicos, ABINEE, são vendidos anualmente 10 milhões de novos computadores anualmente no Brasil. (CREA, 2010). Estima-se que a quantidade de computadores em funcionamento no país é de 100 milhões de unidades.

Por fim, conforme o relatório *StEP* da UNEP (2009), a participação do consumidor final no financiamento de um sistema reverso é tida como improvável devido a alta carga tributária já existente no país. Porém a PNRS não abrange esta questão.

Este capítulo apresentou de forma descritiva os quatro modelos analisados através da bibliografia referenciada. O capítulo 6 a seguir apresenta a opinião dos especialistas quanto aos fatores encontrados na bibliografia e uma análise destas opiniões é textualizada ao final do capítulo.

## 6 ANÁLISE E DISCUSSÃO

Os fatores encontrados na análise da literatura referenciada e descritos no quarto capítulo desta pesquisa foram validados por especialistas, mais precisamente por três atores/empresas inseridas na cadeia reversa de REEE no Estado do Rio Grande do Sul. Duas dessas empresas estão localizadas na região metropolitana de Porto Alegre e outra na serra gaúcha. Estas empresas são similares no sentido dos processos que executam: prospecção, negociação, coleta, avaliação e desconstrução. Porém apresentam diferenças em aspectos como tempo de funcionamento, organização e volumes de REEE manuseados.

As entrevistas foram concedidas em momentos diferentes e tiveram duração média de 3 horas. Foi denominado “A1” o primeiro ator a ser entrevistado, “A2” o segundo e “A3” o terceiro. Os entrevistados das 3 empresas foram os proprietários das mesmas, sendo que nenhum funcionário participou do processo de entrevistas. Partiu do pesquisador o compromisso em não identificar as empresas entrevistadas.

A entrevista semiestruturada teve como orientação o quadro de fatores apresentado anteriormente no capítulo 4, sendo que todos estes e seus aspectos foram avaliados pelos especialistas. Os comentários e opiniões de todos os três atores entrevistados sobre cada fator são apresentados na forma de quadros. Após os quadros é realizada a discussão sobre as opiniões coletadas, os fatores e os modelos descritos.

Quadro 7 – Análise Prática dos Fatores

Fator	Aspectos	A1	A2	A3
(1) Consumidor	Consumidor Pessoa Física Consumidor Pessoa Jurídica	<p>Sim, os dois tipos de consumidores adotam posturas diferentes em relação ao descarte. O P.F. ainda espera receber algum valor pelo seu REEE e a cobrança de taxas a este consumidor é ainda inviável. O P.J. tem evoluído nos últimos anos, passando a compreender que o REEE é um problema e não um ativo que mereça ser valorizado. Assim o P.J. já compreende que deve pagar a empresa coletora pelo tratamento do resíduo, porém para o descarte de equipamentos mais atualizados o P.J. ainda tem a expectativa de alguma valorização pela empresa coletora devido o potencial de reuso. <u>A previsão</u> do descarte tanto no sentido volume como o tipo de REEE que entrará é uma incógnita. Em Janeiro e Fevereiro de 2012 a empresa teve muitas dificuldades pois não houve descarte institucional negociado com ela. <u>A segurança</u> dos dados é algo questionado por apenas 10% dos P.F. e do lado institucional, muitos descartes chegam sem o HD. Sim, <u>pouca informação sobre os estado geral do REEE</u> é fornecida, sendo que a maioria não apresenta condições para reutilização. A educação ambiental pode acelerar o processo de descarte e fazer os dois tipos de consumidor entender que a empresa coletora é uma solução e não um comprador de REEE. Descartes gerados por P.J. representam 80% do volume recebido por A1.</p>	<p>Sim, não há como <u>prever</u> o volume, o momento e a tipologia do descarte. Manter contato com as fontes P.J. é essencial, mas não há garantia de fornecimento pois este consumidor não quer estar atrelado contratualmente com uma única empresa de coleta. O P.J. ainda tem expectativa de receber algum valor pelo descarte. Quanto a acelerar o processo de descarte, a empresa argumenta que não há necessidade, visto que o país ainda não conta com infra-estrutura suficiente para absorver grandes volumes. Quanto a <u>segurança dos dados</u>, P.F. não se preocupa com isto, e do lado institucional, ou os HDs não são fornecidos ou não se preocupam. A2 porém, acredita que será uma exigência a eliminação de qualquer acesso aos dados por parte dos consumidores no futuro breve visto que algumas empresas já pedem fotos do HD inteiro e depois danificado. Pouca <u>informação sobre o estado geral</u> é fornecida, impossibilitando a reutilização. A <u>educação ambiental</u> é importante, mas A2 acredita que o sistema deve estar melhor preparado para assimilar grandes volumes. No momento, atores despreparados podem minar a credibilidade do sistema como um todo.</p>	<p>Sim, não há como <u>prever</u> o volume, o momento e a tipologia do descarte. A empresa ainda divide a postura do cliente institucional em duas classes distintas: A pequena e média empresa ainda não compreendem que o REEE deva ser descartado através de um agente especializado. A grande empresa já compreende a necessidade do agente especializado. Quanto ao consumidor P.F. A3 entende que o sistema de coleta seletiva público ainda é mais conveniente e que portanto o agente especializado ainda não é procurado. Assim a empresa opina que a cobrança de taxas deva ser evitada para que não se crie o hábito errado de descarte. Pouca informação ou <u>informação errada sobre o estado geral</u> do REEE é fornecida. <u>Educação ambiental</u> é essencial para acelerar o descarte e principalmente sobre onde descartar. A3 ainda ressalta o alto desconhecimento sobre os materiais e elementos tóxicos que compõe um computador, e seu potencial de reciclagem por parte dos consumidores. Este fato determina um processo de negociação complexo com P.J. pois os mesmos não acreditam que o valor econômico a ser recuperado ainda seja pequeno.</p>

Fator	Aspectos	A1	A2	A3
(2) Design		<p>De forma geral A1 <b>não percebe melhorias no design</b> de produtos com o propósito de facilitar o processo de desconstrução do REEE recebido. Quanto aos materiais utilizados, o plástico é um problema, devido a grande quantidade de mesclas observadas e a despadronização da indústria de EEE. A informação fornecida pelo produtor sobre o tipo de plástico utilizado em um determinado REEE ainda gera desconfiança. Alguns processos em plástico são utilizados quando misturas de materiais são aceitas (vareta de calçado e salto). Quantidade de materiais e tipos de fixação são uma constante e que deixam o processo de desconstrução mais lento. Percebe-se sim que a presença de metais preciosos está diminuindo. Sobre metais pesados a empresa não consegue fazer uma análise.</p> <p>Design para remanufatura A1 não sabe informar. Percebe-se sim que a durabilidade do EEE está caindo, principalmente impressoras. Percebe uma redução de componentes eletrônicos e miniaturização. Upgrade – raro. Mesmo a atualização funcional sendo possível, a facilidade em comprar um novo desincentiva este processo.</p> <p>Se percebe um layout interno tem melhorado (design) nos mais novos.</p>	<p>De forma geral A2 <b>não percebe melhorias no design</b> de produtos com o propósito de facilitar o processo de desconstrução do REEE recebido. Plástico é um problema e sugere que a indústria procure padronizar e diminuir os tipos de plásticos utilizados. Não percebe design para a desconstrução e opina que a mecanização do processo de desconstrução ainda é impossível. Levanta a despadronização dos parafusos de fixação, que a indústria deveria escolher um modelo apenas. Este material poderia voltar a ser reutilizado pela indústria. O design do produto tem acelerado o descarte de modelos menos recentes. A tendência é a descartabilidade dos EEE em função dos preços menores de EEE novos, minimizando os processos de conserto.</p>	<p>A3 não sabe opinar ainda sobre a evolução do design mas acredita que a indústria deverá se preocupar com isto conforme a legislação e a sociedade passem a pressionar. Não percebem design para desconstrução mas sim uma preocupação da indústria em diminuir o peso e a presença de metais preciosos, o que pode ser uma ameaça para a sustentabilidade econômica do sistema reverso no futuro próximo. A redução no consumo de energia também é uma constatação. O design tem determinado maior obsolescência de equipamentos ainda funcionais e aliado ao aumento do poder aquisitivo da classe a opção de up-grade e consertos é cada vez menos utilizada. A3 argumenta que a preocupação da indústria é aumentar a descartabilidade do EEE. A despadronização deixa o processo de desconstrução mais lento e complexo gerando baixa eficiência da mão-de-obra, porém A3 adverte que a padronização também pode ser uma barreira a evolução do design que em algum momento pode começar a priorizar a desconstrução.</p>

Fator	Aspectos	A1	A2	A3
(3) Tecnologia	<p>Tecnologia aplicada as atividades de:</p> <p>(a) Sistema de Informação</p> <p>(b) Processos Reversos</p> <p>(c) Design</p>	<p>Sistema de Informação - A1 concorda que um sistema de informação como o proposto pela dissertação seria o ideal para o planejamento da empresa, porém este sistema ainda não existe. Em seu caso, A1 deve fornecer o volume tratado a prefeitura do município a cada 3 meses. Este é o único sistema para o qual fornece dados. Existe a proposta de um sistema nacional, mas ainda não teve acesso. Do ponto de vista do REEE, nenhuma informação sobre sua composição e o melhor método de desconstrução é fornecida. Processos reversos - sim existem máquinas que fazem a demolição mas que ainda não estão acessíveis. Esta tecnologia ainda não retira o metal precioso.(Mini-usinas). O problema é o financiamento para se adquirir este tipo de equipamento. A máquina separa plásticos, e os diferentes metais. Isto viabilizaria economicamente o processo de reciclagem. Usinas grandes ainda não teriam suprimento suficiente para mantê-las em funcionamento. Quanto a tecnologia aplicada ao design, a empresa não opinou.</p>	<p>A2 opina que um sistema que possa rastrear todos os processos e caminhos do REEE é essencial para a cadeia reversa e tradicional. Porém não percebe movimentação para a construção de um sistema único. Concorda que a construção de sistemas que possam ajudar na previsão de geração de REEE é fundamental para o planejamento da cadeia e de seus atores. Também concorda que um sistema que pudesse determinar o potencial de recuperação de valor econômico de cada REEE poderia ajudar na priorização dos lotes para desconstrução e também para a valorização de estoques. Não percebe a tecnologia em design para aumentar a reciclabilidade do REEE e sobre ACV não soube opinar.</p>	<p>A3 concorda que um sistema único pode beneficiar a cadeia como um todo. Informa que na Europa já existe um sistema consolidador, principalmente pela construção dos consórcios. A3, que recebe consultoria externa, acredita que um sistema reverso deveria vender cotas de reciclagem aos produtores, assim como o sistema de crédito de carbono. Um sistema único poderia incentivar este processo. Quanto a tecnologia aplicada aos processos, A3 opina que a mão-de-obra ainda é barata no Brasil e que o desenvolvimento da infraestrutura continuará utilizando mão-de-obra para e não a mecanização dos processos de desconstrução. Sobre o aumento da reciclabilidade e da utilização de ACV, a empresa não soube opinar.</p>

Fator	Aspectos	A1	A2	A3
(4) Conhecimento	(a) Consumidor (b) Demais atores	<p>É importante a disseminação do conhecimento, a informação e educação do consumidor, para que ele execute o descarte de forma correta. A1 verifica que mercado (consumidores) ainda está se desenvolvendo. Eventos para compartilhar conhecimento estão sendo realizados através de fóruns eliminando "mitos" e reposicionando o descarte de REEE como um processo importante para a sociedade. Infelizmente, no Brasil, há uma distância entre a Abinee, governo e os recicladores. Existe a proposta de criação de uma associação de empresas recicladoras para poder propor padrões, fóruns, criar voz para se representar nos fóruns legais (Conama). Esta aproximação deve fomentar novos conhecimentos mas não percebe que haverá uma aproximação tão logo.</p> <p>Falta de experiência entre atores é muito grande. Programas de treinamento para as pessoas que trabalham na cadeia reversa deveriam ser criados.</p>	<p>Para A2, aumentar o conhecimento do consumidor ainda não é uma prioridade devido a falta de infraestrutura para absorver grandes volumes de descarte. Mesmo assim, concorda que isto seja importante no médio e longo prazo. A2 ainda defende que o Brasil precisa contruir infraestrutura para que o país possa recuperar os metais preciosos dentro do país, sem a necessidade de exportação. No entanto A2 acredita que a redução no volume de metais preciosos na composição de REEE pode desestimular a construção desta infraestrutura. Quanto ao conhecimento formal sobre os processos, não há quem proporcione isto no momento. O aprendizado se dá com a experiência do dia-a-dia. Integração entre produtores e recicladores não existe até o momento.</p>	<p>A3 defende que a integração entre as cadeias reversa e tradicional seria importante principalmente para se identificar tendências em materiais. Este ator ainda ressalta o cuidado que se deve ter com o conhecimento, que pode ser a única fonte de vantagem competitiva de cada ator. Os operadores aprendem no dia a dia. Não formação profissional para este tipo de processo.</p>

Fator	Aspectos	A1	A2	A3
(5) Cooperação	<p>(a) Dentro da indústria</p> <p>(b) Entre a Indústria e demais Stakeholders.</p> <p>(c) Padronização</p>	<p>Ainda não existe, a não ser que sejam parceiros. Uma Associação poderia criar um maior nível de cooperação entre os atores.</p> <p>A1 percebe a formação de cadeias competitivas ou seja cadeia A1 contra cadeia A2. A cadeia se forma entre atores que pensam da mesma forma. Cada empresa deve ter a cultura ganha-ganha. O pensamento pela cadeia deve ser homogêneo.</p> <p>Troca de informações entre concorrentes ainda não existe.</p> <p>O material recuperado não retorna necessariamente para o ciclo produtivo de EEE. Portanto não há motivação direta para que a indústria de EEE acelere desenvolvimentos em design.</p> <p>Não há busca por sinergias entre concorrentes do setor – transporte.</p> <p>Varejo também não está preocupado com a questão.</p> <p>Parcerias – redes podem atender melhor e mais localmente as demandas de cada mercado.</p>	<p>A2 acredita que um consórcio entre os atores da indústrias de REEE é recomendado principalmente para a criação de volume e para a certificação de terceiros (recicladoras) que executariam os processos reversos em nome do consórcio. Quanto a cooperação entre empresas recicladoras, não enxerga isto acontecendo no momento. A2 ainda informa que instituições públicas estão se "conversando" para criar um sistema único de informação.</p>	<p>A3 concorda como todos os fatores e aspectos mas não teceu comentários mais aprofundados. O único ressaltado é a importância da cooperação dentro da indústria de EEE, para a padronização. No sentido da construção de consórcios, a empresa defende um sistema mais direto, com a venda e compra de cotas de reciclagem a serem negociadas diretamente entre recicladoras e produtores de EEE.</p>

Fator	Aspectos	A1	A2	A3
(6) Legislação	(a) Responsabilidade Estendida do Produtor/Importador (REP) (b) Free-riders (c) Organização, Controle e Coordenação (d) Certificações	Sem ela nada acontece. As legislações devem ser permanentemente revistas, por isto um sistema de informação que identifique o desempenho do sistema é tão importante. A lei deveria ainda definir que as soluções deveriam ser locais, determinando um raio máximo de transporte, minimizando-se assim o impacto ambiental e econômico a ele atrelado. Certificações podem determinar um desempenho mínimo dos atores e faz sentido. ISO 14.000 pode ajudar no processo comercial que é valorizado pelos clientes. Licença de operação para este tipo de empresa ainda é despadronizado em alguns estados. A Fepan no RS ainda regulamenta até um determinado tamanho de empresa, passando ao município a responsabilidade de licença por certificado de regularidade do Ibama – cobram ou não pela atividade e não há uma inspeção. Não se exige um responsável técnico pela lei mas alguns clientes já pedem. A legislação realmente incentiva a reciclagem e não a reutilização. As empresas também não tem mais responsabilidade quando o produto é reciclado, ao ser reutilizado, o aparelho ainda continua sendo responsabilidade do produtor que na verdade não quer mais tê-la.	Não há ainda uma consolidação da PNRS, dificultando ainda a responsabilização de atores pelo resíduo. A PNRS tem impulsionado o sistema reverso, principalmente através da educação ambiental e o aumento da concorrência e de volume de descarte. A informalidade do sistema não é vista como uma ameaça pois percebe que o cliente está buscando soluções mais formais e seguras. Percebe claramente que os fabricantes estão diminuindo o volume e o peso dos EEE, diminuindo assim a captação de matéria-prima. Existem algumas empresas que prospectam celulares e REEE para a exportação como usados, mas isto não ocorre pelo fato da legislação, é oportunidade comercial puramente. Concorda que muitos produtores de EEE não entendem suas novas responsabilidades como oportunidade para criar vantagem competitiva. Os produtores devem criar sistema coletivos de coleta. A2 concorda com a possibilidade de verticalização caso o potencial de valor econômico a ser recuperado seja alto. Porém não enxerga ambiente para que isto ocorra no Brasil. Produto órfão é um problema. A2 adverte para o caso das pilhas que em 40% são piratas. Quanto aos cartéis, A2 sinaliza a pouca quantidade de empresas que compram as placas para exportação e que um único consórcio entre produtores pode determinar dificuldades para a cadeia reversa.	A3 concorda com quase todos os pontos apresentados. Não soube opinar sobre: (1) Diferenças na legislação de país para país apresentam dificuldades para os produtores, (2) as legislações devem determinar metas para a reutilização e remanufatura, apenas indicam que a operacionalidade disto é difícil e (3) a responsabilização estendida do produtor incentiva a inclusão de critérios no processo de design que favoreçam o sistema reverso no sentido econômico e ambiental. Este último por não perceberem isto ainda. Os sistemas para descarte de REEE devem ser coletivos para atender o consumidor P.F. e que certificações são necessárias para diminuir a informalidade dentro da cadeia reversa.

Fator	Aspectos	A1	A2	A3
(7) Padronização	(a) Matérias-primas (b) Fixação (c) Qualidade (d) Previsão de Geração de REEE (e) ACV	Padrionização de plásticos seria de grande ajuda. Quanto a fixação vários sistemas utilizam vários tipos de parafusos. Esta percepção pode estar desatualizada por ainda se estar descontruindo aparelhos mais antigos. A1 percebe uma redução na qualidade para diminuir o ciclo de vida útil dos aparelhos e gerar novas vendas. Os equipamentos estão cada vez mais frágeis. Obsolescência programada. O valor de peças está muito caro, aumentando a tendencia de uma nova compra e diminuindo a tendência de consertos. Quanto a previsão de geração de REEE, importante, porém não há ainda um sistema padrão que auxilie a cadeia reversa. Quanto ao ACV concorda pela importância mas não sabe opinar se está ocorrendo isto ou não.	A2 concorda como o exposto apenas ressalta que a padronização dos plásticos seria uma importante prioridade para a indústria de EEE.	A3 concorda com todos os pontos não manifestando pontos de vista.

Fator	Aspectos	A1	A2	A3
(8) Logística de REEE e materiais	(a) Qualidade (b) Previsibilidade e estabilidade do fluxo	Concorda com os pontos mencionados, destacando realmente a dificuldade em prever o volume, o momento e tipologia do descarte. Isto gera enormes dificuldades na operação, principalmente quanto a especialização da mão de obra.	Para A2 o destaque está na qualidade das placas eletrônicas, com a redução de metais preciosos, as mesmas tem perdido valor no mercado determinando menor desempenho econômico das recicladoras.	A3 concorda com todos os pontos expostos.

Fator	Aspectos	A1	A2	A3
(9) Processos <u>Início</u>	(a) Processos reversos de tratamento de REEE: **Coleta **Avaliação **Reutilização **Desconstrução **Remanufatura **Reciclagem	Importante para a sustentabilidade econômica do sistema reverso é não cobrança da eco taxa ao consumidor, assim como o não pagamento por parte das empresas de coleta ao consumidor. A1 exemplifica as iniciativas das prefeituras que tem ajudado a "educar" o consumidor no sentido de que o REEE não tem valor econômico residual. A1 defende que o governo invista na construção de eco pontos para a coleta de REEE de P.F.. Estes eco pontos também diminuiriam a informalidade do sistema reverso. Porém adverte que ainda não há uma entidade que coordene este sistema. Quanto ao processo de avaliação, A1 questiona: Como reutilizar o HD? Como dar segurança para os dados? Como garantir que posteriormente o descarte será realizado em conformidade com a legislação? Quanto ao mercado de reutilização, para A1 este está encolhendo, devido aos baixos valores de EEE novos e as condições de pagamento. O processo de desconstrução é ainda todo manual. A1 não supre processos de remanufatura até o momento. A1 ainda defende que o único processo capaz de tratar grandes volumes de REEE é o da reciclagem.	A2 concorda com a importância do processo de coleta, principalmente para atender P.F. visto que o mesmo, individualmente, não apresenta volume adequado. Os eco pontos são a solução para consolidar os volumes gerados por P.F. mas este ator acredita que a construção dos eco pontos deve ser de responsabilidade do varejo. A2 não paga pelo material recebido, mas cobra. Esta empresa se enxerga como solução e portanto o consumidor P.J. ou P.F. são vistos como seus clientes. Sistema ainda não conta com uma coordenação. A2 não faz avaliação do REEE recebido com o objetivo de identificar oportunidades para reutilização. A2 é contra a reutilização, pois é um processo que não garante o descarte correto ao final de sua vida útil. O processo de desconstrução é ainda todo manual. A2 não supre processos de remanufatura até o momento. A2 também defende que o único processo capaz de tratar grandes volumes de REEE é o da reciclagem.	A3 não percebe ambiente para a cobrança de eco taxas ao consumidor P.F., tanto na compra de um novo EEE como no momento do descarte. O sistema público de coleta seletiva o impede de cobrar uma taxa de P.F. no momento. A empresa incentiva a criação de uma associação que coordene as negociações para que se estabeleça um preço mínimo, porém admite interesses divergentes entre as recicladoras a nível nacional. A3 concorda que o melhor do ponto de vista econômico e ambiental seria a reutilização do REEE porém a operação de avaliação é muito demorada e o consumidor secundário quer garantias, aspectos com os quais A3 não quer se envolver. Não vê como operacionalizar o processo de avaliação. O processo de desconstrução é ainda todo manual. A3 não supre processos de remanufatura até o momento. A3 também defende que o único processo capaz de tratar grandes volumes de REEE é o da reciclagem.

Fator	Aspectos	A1	A2	A3
(9) Processos <u>Continuação</u>	(a) Processos reversos de tratamento de REEE: **Incineração **Disposição Final  (b) Processos de Marketing  © Custos	A1 concorda com os pontos relacionados aos processos de Incineração e Disposição Final. Quanto ao marketing - A1 revela sentir dificuldade em comunicar sua solução para o mercado potencial. O cliente P.F. corresponde ao segundo maior volume de descarte da empresa visto que a mesma trabalha próximo a prefeituras e desenvolveu eco pontos em parceria com várias pequenas empresas no setor de serviços. A1 também opina sobre os modelos de comercialização de EEE junto aos consumidores jurídicos, leasing ou aluguel, e não a venda, que realmente possibilita o acesso aos computadores ao final de sua vida útil por parte dos produtores originais, isto pode no futuro, interferir nos volumes hoje negociados com a recicladoras. A1 confirma que suas fontes de renda vem do marketing a montante e ajusante. Quanto aos custos dependerem de escala e/ou especialização, A1 acredita que o ambiente atual ainda não proporciona as condições para nenhuma das situações.	A2 concorda com os pontos relacionados aos processos de Incineração e Disposição Final. Apenas ressalta que a emissão de gases poluentes no processo de incineração deve sugerir controles. Para A2 o consumidor P.J. é o alvo de suas atividades de prospecção. A2 não tem interesse em clientes P.F.. A2 ainda confirma que o marketing a montante e ajusante estão corretos e que a empresa tem nestes odis mercados suas fontes de renda. No caso brasileiro, A2 acredita que a receita do sistema virá exclusivamente do pagamento pelos serviços de coleta, não acredita no aporte financeiro por parte da indústria.	A3 informa que apenas 2% do seu material vai para aterro (borrachas). A3 ainda confirma que o marketing a montante e ajusante estão corretos e que a empresa tem nestes odis mercados suas fontes de renda. A3 acredita que o sistema reverso receberá aportes financeiros por parte da indústria de EEE;

Fator	Aspectos	A1	A2	A3
(10) Infraestrutura	(a) Capacidade/Competência (b) Localização da Infraestrutura	O País ainda não conta com infraestrutura adequada para assimilar grandes volumes de REEE. Além disto, não há no Brasil estruturas para recuperar o valor econômico contido nas placas, definindo a exportação das mesmas para outros países que detenham esta tecnologia. Algumas soluções de reciclagem se encontram apenas em São Paulo, determinando alto custo logístico e ambiental para as recicladoras. A1 ainda opina que a terceirização das atividades reversas por parte da indústria é uma tendência para se atingir a capilaridade necessária e concorda que a infraestrutura de reciclagem deve ser completa e próxima aos locais de geração do REEE.	A2 concorda com todos os pontos expostos no fator 10.	A3 concorda, mas acha que a iniciativa privada deve buscar aproximar tecnologias, como a de descontaminação dos CRT's mais proxima do local de geração e não esperar somente pelo governo. A iniciativa publica deve ser nas soluções altamente tecnológicas como as que possam recapturar os metais preciosos.

Fonte: Autor

A partir deste ponto é então desenvolvida a análise das opiniões dos especialistas em relação aos fatores identificados e a descrição dos modelos apresentada no capítulo 5.

#### Fator 1 – Consumidor:

Todos os atores concordam com o fator consumidor e seus aspectos e sua influência no potencial de contribuição do sistema reverso ao meio-ambiente e para a sua sustentabilidade econômica. A previsão do volume, momento em que ocorrerá o descarte e a tipologia do REEE é impossível de ser prevista no momento, apesar de essencial. Esta opinião valida a informação encontrada na literatura que apresenta esta situação como o grande empecilho para o aumento de produtividade deste tipo de empresa visto que as mesmas não conseguem se especializar por tipologia ou até mesmo manter processos ininterruptos de desconstrução. A segurança dos dados é sinalizada como uma preocupação crescente por parte do consumidor pessoa jurídica entre os atores 1 e 2, não tendo sido observada ainda por A3. Pouca informação sobre o estado geral do REEE no momento do descarte é uma realidade para os 3 atores o que determina operações voltadas para a desconstrução e reciclagem e não para o reuso. A educação ambiental dos dois tipos de consumidores é importante, porém A2 acredita que, neste momento, educação ambiental pode acelerar o descarte sendo que a estrutura atual não tem capacidade de assimilar grandes volumes e que isto pode gerar descrédito ao sistema no longo prazo devido aos erros de tratamento que podem ocorrer por atores despreparados. Apesar de todos concordarem com a classificação dos consumidores em pessoa física e jurídica e que seus hábitos de descarte são diferentes, A3 ainda sugere que existe uma diferença de conscientização entre empresas pequenas e médias e as empresas de grande porte, estando as últimas mais sensibilizadas e maduras para o descarte junto a agentes especializados. Para este ator, a educação ambiental aos dois tipos de consumidores é essencial para que os mesmos entendam que o potencial de recuperação de valor econômico de um REEE é baixo e que portanto a crença de que o REEE a ser descartado tenha algum valor residual está errada.

Fica ainda perceptível que estas empresas começam a se posicionar no mercado como uma solução, ou seja, estas empresas enxergam os consumidores

como clientes e não como fornecedores de REEE para o sistema. Assim, estes agentes esperam receber valor econômico por parte dos consumidores para entregar a solução correta de descarte de REEE e não pagar algum valor pelo REEE ao consumidor.

Este comportamento, ao longo do tempo, deve gerar um perfil de consumidor pessoa jurídica semelhante ao consumidor suíço, japonês e norte americano. Porém os três atores discordam da necessidade de cobrança de eco taxa para o descarte de REEE por parte do consumidor pessoa física. Estes acreditam que isto fomentaria o descarte informal do resíduo.

#### Fator 2 – Design:

Os 3 atores não percebem melhorias no design de EEE que facilitem o processos de desconstrução e reciclagem. Esta percepção ainda é difícil visto que o REEE que entra no sistema é de concepção mais antiga que os atuais EEEs. O que se percebe claramente é uma corrida pela diminuição do peso, volume e de metais preciosos, sendo isto uma ameaça econômica ao sistema. A3 adverte que esta tendência pode prejudicar a sustentabilidade econômica do sistema reverso ao diminuir o potencial de valor econômico a ser recuperado. Esta preocupação não foi encontrada na literatura de forma relevante.

O plástico, em suas diversas composições, é o material que apresenta maior dificuldade para sua reciclagem, mesmo aspecto encontrado na literatura analisada. A1 conseguiu uma finalidade para o plástico em outro ciclo produtivo, .... Talvez esta seja uma possibilidade para países que ainda contam com alto grau de industrialização e diversificação de indústrias. Quanto maior a diversificação da indústria, maiores as possibilidades para a reciclagem do plástico.

O design, na percepção dos 3 atores, de forma geral tem acelerado a obsolescência do EEE, visto que o aumento da durabilidade não é percebido como foco da indústria. Uma maior padronização de fixações de componentes e dos materiais é incentivada por A1 e A2 porém A3 adverte que a padronização também pode se constituir em uma barreira a novos desenvolvimentos, apresentando-se aí um *trade-off*. Nenhuma das empresas soube opinar sobre o design como ferramenta que proporcione vantagem competitiva para a indústria de EEE.

A percepção geral indica que design para a reciclagem efetivamente ainda não está implementado pela indústria de EEE. Ainda, as opiniões apresentadas pelos atores convergem com a literatura no que tange ao plástico, na diminuição de peso e padronização de fixações.

### Fator 3 – Tecnologia:

Percebe-se que todos os atores entrevistados concordam com a importância da construção de um sistema único de informação. A necessidade por informação que ajude as recicladoras a compreender seus desempenhos, a acelerar o processo de desconstrução, a ser mais eficiente na valorização de estoques de REEE e aumentar a velocidade de comercialização das materiais é essencial para a sustentabilidade econômica dos atores da cadeia reversa e para potencializar a contribuição ambiental do sistema reverso.

As opiniões convergem para as conclusões encontradas na literatura. A nível nacional não se tem ainda um sistema de informação ou banco de dados único que possa compreender o desempenho atual do sistema. O sistema também deveria prover informações sobre os REEEs que chegam ao sistema reverso, orientando as empresas coletoras quanto a composição material e a forma mais rápida para se desmontar o REEE em questão. Um sistema ainda poderia ajudar as empresas na valorização de seus estoques, com preços atualizados diariamente para os principais materiais que compõem os REEEs.

Em comparação aos modelos, entende-se que o Japão e a Suíça já desenvolveram sistemas de informação que apoiem as decisões. Estes sistemas são criados pelos consórcios entre produtores e importadores de EEE. Portanto o Brasil, atualmente se assemelha ao modelo norte americano que não conta com sistemas específicos para monitorar os descartes e o nível de recuperação de valor econômico e ambiental.

Quanto a tecnologia aplicada a mecanização dos processos reversos, A1 e A2 percebem uma oportunidade econômica para suas operações, mas ressaltam a falta de linhas de crédito para a importação de maquinário e que os componentes com maior valor agregado (as placas) estão sendo exportadas para outros países que detêm a tecnologia para o refino dos metais preciosos. O Brasil não detém essa tecnologia e portanto exporta este potencial de valor econômico para outros países,

perdendo divisas e adicionando custo ambiental ao sistema reverso. Já no Japão, Suíça e Estados Unidos, a mecanização das atividades é mais intensa visto que o custo de mão de obra é mais alto nestes países. A este respeito A3 ainda acredita que a mão de obra brasileira é ainda relativamente barata e que investimentos em mecanização e o conseqüente retorno financeiro ainda são incertos.

Quanto a tecnologia empregada pela indústria de EEE para melhorar a reciclabilidade, não percebem ou não conhecem. ACV não é conhecido por estes atores. Isto pode estar demonstrando a falta de integração da indústria com os atores da cadeia reversa, algo defendido como relevante por autores conforme explicitado no capítulo 4.

#### Fator 4 – Conhecimento

Todos os atores concordam com os fatores e aspectos levantados pela pesquisa relativos ao conhecimento. A2 porém alerta para que o processo de educação do consumidor seja postergado para que não se gere um volume que a infraestrutura atual não possa absorver. A postergação da educação ambiental pode ser necessária enquanto não se tenha a capacidade necessária para assimilar grandes volumes, mas isto é uma hipótese. Conforme a literatura, observa-se nos Estados Unidos que o consumidor pessoa física precisa descartar com mais frequência, ou seja, contando com 600 a 1000 empresas na cadeia reversa americana com capacidade para tratar um volume maior de REEE, o consumidor pessoa física ainda é o gargalo do sistema. Isto pode ser um alerta de que a conscientização e como conseqüência o descarte pode demorar muito e portanto é fundamental agir agora.

Outro aspecto levantado por A1 é a distância entre a cadeia tradicional e reversa, até mesmo por que a cadeia reversa não conta com uma associação no momento. A3 defende que esta aproximação seria importante para a detecção de tendências. E a formação de operadores através de cursos é inexistente na região. Isto demonstra mais uma vez a distância da cadeia tradicional e a cadeia reversa. Esta aproximação é necessária, tanto entre os atores da cadeia reversa quanto destes com os atores da cadeia tradicional.

O conhecimento e sua consequente aplicação deve promover um melhor desempenho dos sistemas reversos. Para tanto se faz necessário maior integração e cooperação entre todos os atores.

#### Fator 5 – Cooperação

A cooperação dentro da indústria de EEE é defendida por A2, essencialmente para a construção dos consórcios que fixariam contratos de reciclagem com as recicladoras. Este raciocínio é constatado nos casos japonês e suíço. Do ponto de vista de A1, estas (recicladoras) estão competindo na forma de cadeias, exemplo.: Cadeia A1 contra Cadeia A2. A3 concorda, mas acredita que o maior potencial a ser explorado pela cooperação entre agentes da indústria de EEE é a padronização.

A1 defende a cooperação entre concorrentes da cadeia reversa através de uma associação que represente a categoria. Do ponto de vista logístico isto também poderia ser interessante, determinando mercados geográficos para as atividades de coleta. Isto está de acordo com a literatura. Estas cadeias se formam com base na confiança e de uma cultura do ganha-ganha. A indústria não manifesta interesse em cooperação com as recicladoras até o momento. E A3 apoia a ideia de que negociações entre produtores e recicladoras sejam realizadas através de um sistema de cotas de reciclagem, entendendo que a criação e manutenção dos consórcios é um custo desnecessário.

Pela literatura analisada, as duas possibilidades existem: Consórcios no Japão e na Suíça, e negociações diretas entre recicladoras e indústria nos Estados Unidos. Neste, não há nenhuma determinação que impeça qualquer uma das duas possibilidades. No Brasil, o modelo ainda não se configurou.

Estas opiniões demonstram diversificação dos pontos de vista. Pelo constatado, não há cooperação entre os atores da cadeia reversa, nem destes com os da cadeia tradicional. Sem esta cooperação, o sistema se forma e se sustenta pela teoria do livre mercado, aproximando a realidade brasileira à realidade norte americana. Segundo a literatura, é necessária a criação de ambientes de cooperação para aumentar a eficiência das atividades reversas.

Cooperação com agentes governamentais não foi realizada até o momento. Mas A2 percebe atividades de cooperação entre os agentes governamentais para a construção de um sistema de controle único.

Em resumo, a cooperação parece ainda não ter se desenvolvido até o momento. Pela literatura analisada, a cooperação é essencial para que os sistemas reversos atinjam seus objetivos econômicos e ambientais. Os especialistas consultados parecem estar de acordo com o fato de uma maior cooperação de modo geral.

#### Fator 6 – Legislação e Responsabilidades

Neste fator observa-se uma heterogeneidade maior entre as respostas de cada ator. Não houve discordância em relação aos aspectos e pontos importantes mencionados, porém houve em alguns casos a falta de opinião. De fato todos concordam que a legislação é a grande motivação para que se organize um sistema reverso, tanto na criação da infraestrutura como no aumento do volume descartado. No entanto A1 observa ainda certa falta de padrão na geração de licenças, de município para município e de estado para estado. Também observa que não há a exigência de um responsável técnico para cada empresa coletora sendo exigência crescente por parte do consumidor pessoa jurídica.

A2 acredita que a PNRS ainda levará algum tempo para se consolidar, principalmente no sentido responsáveis e responsabilidades. A questão é: quando, de fato, os atores responsabilizados começarão a agir? Apesar de, inicialmente a PNRS exigir das empresas a apresentação de planos de gestão para os resíduos sólidos até 2011, a data já foi prorrogada para o final de 2012. (ABINEE, 2012). O aspecto sobre revisão constante da legislação é defendido pelos especialistas.

A1 e A3 veem na informalidade dos sistemas reversos uma ameaça, já A2 não, pois entende que o consumidor corporativo está buscando soluções formais e seguras. Explica-se, o descarte do consumidor pessoa física não é o foco de A2 e sim o descarte de pessoa jurídica. A informalidade aqui significa a coleta de REEE por catadores sem registros e despreparados para os processos reversos. Uma preocupação é com a capacitação das cooperativas de catadores previstas na PNRS. Quem encabeçará esta preparação? Quais agentes serão responsabilizados por esta preparação? Haverá critérios para o enquadramento de cooperativas já existentes? Estas cooperativas terão linhas de crédito para criar a infraestrutura necessária? Todas estas são questões pertinentes.

Neste ponto vale contribuir com a seguinte observação: para gerar um fluxo constante e volume logisticamente interessante para o sistema, uma infraestrutura de coleta voltada para o consumidor pessoa física, como eco pontos, deverá ser desenvolvida principalmente junto ao varejo. Capilaridade é essencial para atender este tipo de consumidor. Aliás, o varejo é o grande captador de REEE descartado pelo consumidor pessoa física na Suíça. Nos Estados Unidos não se constatou, pela literatura analisada, esta prática. No Japão, os correios e outros serviços de telebusca são mais praticados. Para os atores, é fundamental que esta infraestrutura seja construída, ou este consumidor não será atingido. Todos os 3 atores entrevistados concordam que o sistema de coleta para pessoa física deve ser coletivo, o que ocorre na Suíça e no Japão.

Certificações e rotulagem ambiental são importantes para todos os atores, funcionando como um cartão de visitas e gerando credibilidade para estas empresas. Quanto ao fato de que as legislações pouco incentivam o reuso de REEE, A1 adverte que a reciclagem diminui o período de responsabilidade do produtor de EEE enquanto que reuso a alonga, algo que o produtor não quer. A3 ressalta ainda dificuldade do processo de avaliação dos REEEs para o reuso. Em produtos "órfãos" A2 se manifesta chamando a atenção para a pirataria e que a falta de opções para a venda de placas pode determinar uma situação de oligopólio.

Quanto a verticalização por parte dos produtores, passando a assumir processos reversos para a captar o valor econômico a ser recuperado do REEE, para A2 não há ambiente para acontecer neste momento no Brasil. De fato, esta verticalização não ocorreu ainda nos outros países analisados. Ainda pertinente a este tema, a percepção dos entrevistados é de que os produtores atuantes no mercado nacional não entendem ainda que a PNRS pode ser uma oportunidade para se criar vantagem competitiva.

Conforme discutido anteriormente no fator "Design", os especialistas não enxergam melhorias neste sentido nos EEEs que recebem. Neste momento, a legislação recente não gerou ainda este efeito na indústria local. Quanto à diminuição de volume matéria-prima, observa-se sim este efeito, mas não se pode determinar se isto está vinculado à legislação ou pela oportunidade de diminuir custos. A3, não soube opinar sobre o tema.

Quanto à exportação de REEE como EEE para outros países, A1 e A3 não souberam opinar. A2 cita que eventualmente é procurado por empresas que buscam

REEE para exportar mas que este fato não é motivado pela legislação mas pela oportunidade econômica simplesmente.

Quanto à formação de cartéis, A2 adverte para o fato de que existem poucas empresas que comprem placas eletrônicas e que portanto uma maior concorrência seria benéfica para a sustentabilidade econômica do processos reversos.

Quanto aos produtos órfãos, A2 se manifesta quanto a pirataria como um obstáculo ainda maior no Brasil. A1 e A3 concluem que isto será um problema para os consórcios de produtores e importadores no sentido econômico: Quem pagará a conta?

Referente aos aspectos organização, controle e coordenação pouca opinião foi verbalizada. A atenção e preocupação destes atores se concentra ainda na criação de uma associação que represente esta categoria de empresas para que possam se incluir formalmente nos processos de decisão futuros.

Em resumo, percebe-se entre os especialistas muita dúvida em como a indústria irá se organizar para atender a legislação. Uma aproximação com a indústria de EEE ainda não ocorreu e a criação de uma associação representativa deste segmento deve impulsionar este estreitamento.

#### Fator 7 – Padronização:

A discussão quanto a este fator não gerou muitas opiniões. Porém ficou claro que a reciclagem do plástico é ainda um desafio, interferindo na sustentabilidade econômica e ambiental do sistema reverso. A1, A2 e A3 opinam que a despadronização em relação as fixações é percebida como um entrave para a produtividade do setor. A2 comentou durante a entrevista sobre a oportunidade de reutilização dos parafusos pela própria indústria de EEE, que se apresentam intactos após a retirada dos mesmos. A qualidade geral dos REEEs é percebida como pior com o passar do tempo, denotando uma forte tendência na construção de EEE com ciclos de vida útil cada vez menores. Quanto a geração futura e ACV, os especialistas não souberam opinar.

A maior parte das oportunidades de padronização deverão ocorrer nas etapas de projeto e produção dos EEE. Não se teve a oportunidade de entrevistar produtores de EEE para verificar estes pontos e portanto este aspecto não pode ser profundamente explorado. O que se verificou é que até o momento não há

movimentos da indústria para que uma maior padronização em relação a fixações e materiais (plásticos) seja realizada.

Não se verificou maior nível de padronização de EEE entre atores da indústria nos modelos dos outros países analisados. Visto que o Brasil ainda importa muito EEE, principalmente computadores e celulares, de grandes produtores globais, pode-se concluir que a padronização de EEE ainda é um ponto a ser desenvolvido em outros países também.

#### Fator 8 – Fluxo de REEE e Materiais:

A qualidade da matéria-prima que compõe um REEE determina o potencial de valor econômico a ser recuperado pelo sistema reverso. A questão é a dificuldade em prever o que e quanto descartar, e quando o descarte ocorrerá, determinando processos pouco especializados de desconstrução diminuindo-se o potencial para incrementos de produtividade desta atividade.

Os entrevistados concordam com todos os aspectos ressaltados. Todos se preocupam com a miniaturização dos equipamentos e com a consequente diminuição das placas eletrônicas, resultando em volumes de metais preciosos cada vez menores. Este ponto gera preocupação na forma de uma ameaça à sustentabilidade econômica dos sistemas reversos.

Estes atores ainda observam desconhecer qualquer metodologia de previsão de geração futura de REEE. Este fato demonstra o alto nível de incerteza que permeia este tipo de atividade, gerando dificuldades para aumentar a produtividade e para a decisão de investimentos.

Quanto ao fluxo de materiais para o exterior, todos se preocupam com a questão de o Brasil não dispor localmente da tecnologia para reciclar as placas eletrônicas e portanto exportar este valor econômico para outros países. Não se percebe, pelas entrevistas, que o Brasil seja neste momento um grande exportador de REEE para outros países. De fato existe sim um fluxo importante de placas eletrônicas que são exportadas para alguns países que detêm a tecnologia para recuperar os metais preciosos presentes nestas placas.

## Fator 9 – Processos Reversos

### Processo Coleta:

Todos os atores consultados concordam com a importância do processo de coleta, visto o custo logístico/econômico para a realização deste processo. Estes também se opõem ao pagamento de taxas para o descarte de REEE do consumidor pessoa física assim como não concordam que, a este consumidor, algum valor seja pago pelo REEE descartado. Estas opiniões diferem da realidade dos modelos analisados. No Japão e na Suíça existe a cobrança de uma eco taxa para o consumidor pessoa física e nos Estados Unidos identificou-se a prática de pagamento a este tipo de consumidor para o descarte do REEE, principalmente para aparelhos de celular visto seu potencial de reuso. A1 e A3 defendem a construção de eco pontos pelo governo, e que estes eco pontos sirvam para consolidar volumes descartados pelo consumidor P.F.. Já A2 acredita que esta infraestrutura de coleta seja realizada pelo varejo. A1 ainda ressalta as iniciativas de prefeituras através de eventos de recolhimento de REEE que acabam também educando o consumidor pessoa física no sentido de que o REEE não tem valor econômico residual.

Entendem, porém, que o descarte de REEE de pessoa jurídica deva ser pago às empresas coletoras especializadas. A3 ainda menciona que o sistema público de coleta de lixo urbano é um concorrente para o seu negócio, visto que o sistema recolhe o REEE descartado pelo consumidor pessoa física. Pela literatura, os modelos desenvolvidos nos outros países, objetivam evitar que o sistema público recolha este tipo de equipamento, mesmo de pessoa física. Este é um ponto que merece atenção. Sendo isto permitido, haverá o desinteresse na construção de eco pontos por parte do varejo e/ou do governo.

Novamente, na discussão quanto a este processo, a dificuldade de previsão dos volumes, tipologia e quando os descartes ocorrerão é reiterado como problema para a especialização e consequente aumento de produtividade no processo de desconstrução.

### Processos de Avaliação e Reuso:

A conclusão dos entrevistados é de que o processo de avaliação, como o objetivo de segregar REEE para reciclagem e REEE para reuso, é um processo não utilizado atualmente. Todos os atores são contra a reutilização, primeiro pela

morosidade do processo de avaliação, segundo por não entenderem como competir com os preços de produtos novos cada vez mais baixos e por não garantir que o descarte futuro seja realizado adequadamente pelo novo proprietário. A1 ainda explora outro aspecto, no caso de computadores: como reutilizar os discos rígidos, gerando a segurança dos dados do proprietário anterior? Neste processo, identificou-se que no Japão (computadores) e nos Estados Unidos (aparelho celular) os mercados de usados se desenvolveram. Na Suíça não se identificou este movimento.

A percepção é que este processo (de avaliação) tem se limitado apenas à conferência da quantidade e tipologia do material recebido e cada vez menos atenção se dá para a oportunidade de reuso. Além disto, a preocupação crescente com a segurança dos dados em computadores tem determinado o fluxo de REEE para a reciclagem. Como consequência o processo de reuso tem sido desmotivado. A diminuição constante de preços ao consumidor para EEEs novos, ausência de garantias para EEEs usados, segurança de dados, a perda inevitável de valor estético e funcional dos EEEs usados determina que o fluxo seja direcionado para a reciclagem.

#### Processos de Desconstrução, Remanufatura e Reciclagem:

O processo de desconstrução dos três atores é manual, sem mecanização. A mecanização, no momento exige investimentos considerados altos para a estrutura financeira destas empresas.

Quanto à remanufatura, os atores opinam que sim haveria a possibilidade de reutilização de componentes, mas que, até o momento, afirmam não suprir qualquer cadeia produtiva de EEE. No decorrer desta pesquisa percebe-se que a falta de proximidade relacional e geográfica entre a cadeia tradicional e a reversa pode ser a razão para a baixa exploração da remanufatura como um caminho a ser mais explorado pelos sistemas reversos. Além disto, apesar de não se poder afirmar, os avanços tecnológicos podem impedir a reutilização de componentes antigos em novos projetos.

Em relação ao processo de reciclagem há uma unanimidade em afirmar que esta é a única opção para se tratar grandes volumes de REEE. Em comparação com os processos de reuso e remanufatura, que exigem avaliação mais demorada, a

reciclagem gera mais dinamismo para o sistema reverso como um todo. Velocidade é uma necessidade para se tratar os grandes volumes ainda não liberados para os sistemas reversos.

De forma geral, estes três processos são bastante similares nos modelos dos outros países. A reciclagem tem sido a opção mais adotada em detrimento de reuso e remanufatura. O que diferencia o modelo brasileiro dos demais é a falta de mecanização no processo de desconstrução e de tecnologia para manter no país a reciclagem das placas eletrônicas. Outra evidência é a falta de foco do design por parte da Indústria no sentido de promover processos de desconstrução mais fáceis.

#### Processos de Incineração e Disposição Final:

Todos os atores concordam que incineração e disposição final são alternativas a serem evitadas, o que corrobora a conclusão obtida através da literatura analisada. A2 ressalta que o processo de incineração deve sempre contar com algum tipo de controle sobre os gases emitidos e A3 informa que apenas 2% do peso total tratado segue para aterro visto não ter encontrado uma solução.

Sendo estes processos menos indicados devido ao impacto ambiental que promovem, se faz necessária legislação pertinente. Por outro lado, a exigência do consumidor pessoa jurídica pode se constituir em motivação para que estes processos sejam evitados, apoiando os órgãos fiscalizadores a deter este fluxo sempre que possível.

#### Processo de Marketing:

Em relação ao marketing a montante, A1 revela que percebe muita dificuldade para comunicar a sua solução ao mercado corporativo. Desta forma, tem desenvolvido atividades de coleta em conjunto com prefeituras e eco pontos com pequenas empresas de serviços para captar REEE descartado por consumidor pessoa física. Os descartes de pessoa física, em conjunto, representam o segundo maior fluxo de REEE para sua operação. A2 por sua vez, tem como objetivo principal captar REEE de consumidores pessoa jurídica, revelando seu desinteresse por descartes de pessoas físicas. Esta empresa tem se posicionado como uma solução para o tratamento deste tipo de resíduo originado em instituições e percebeu-se

durante a entrevista um telemarketing intenso de um funcionário prospectando descartes junto ao seus clientes em potencial. Já para A3, a maior dificuldade encontra-se nas pequenas e médias empresas que, por desconhecimento, ainda esperam receber algum valor financeiro pelo descarte de seus REEEs. Quanto ao consumidor pessoa física, espera ainda muita concorrência com o setor público de limpeza urbana, que capta REEE também.

Pode-se identificar que A2, posicionando-se como solução, encontra no processo de marketing a montante a oportunidade de geração de fluxo de caixa positivo, enquanto A1 e A3 ainda esperam evitar custos.

Nos modelos estudados, conforme já abordado anteriormente, os sistemas do Japão e Suíça contam com o aporte financeiro da indústria de EEE para viabilizar economicamente seus sistemas reversos. Nos Estados Unidos esta situação não se apresenta. A1 e A3 esperam que a indústria de EEE no Brasil gere algum fluxo financeiro para as recicladoras, mas A2 não acredita nesta possibilidade, entendendo que a renda virá do pagamento pelos serviços de descarte e pela venda dos diferentes materiais para a reciclagem.

A1 ainda opina sobre os sistemas de comercialização de EEE entre produtores e consumidores pessoa jurídica que podem se efetivar na forma de leasing ou aluguel: isto possibilitaria um maior controle sobre o fluxo destes produtos ao final de sua vida útil, retornando ao controle do produtor. Não foi encontrado na literatura exemplo prático desta situação.

Em relação ao marketing à jusante, que se configura pela venda dos diferentes materiais para as recicladoras, o principal obstáculo é o baixo valor do plástico, dificuldades estas já exploradas anteriormente no fator Design.

Quanto aos custos, todos os especialistas concordaram que marketing (prospecção), logística de recebimento de REEE e de envio de materiais para reciclagem assim como os de mão de obra para os processos internos compõem basicamente a estrutura de custos de uma operação como esta. Escala e especialização seriam aspectos relevantes para uma maior produtividade do setor, porém não se verifica, ainda, as condições necessárias para este desenvolvimento.

## Fator 10 – Infraestrutura

Neste fator fica claro que o Brasil ainda não conta com a infraestrutura adequada, tanto do ponto de vista técnico como o de capacidade de assimilação dos volumes futuros. Além disso, soluções de reciclagem e descontaminação devem estar mais próximas da geração de REEE diminuindo-se assim os custos logísticos e ambientais.

A PNRS indica a abertura de linhas de crédito para os atores da cadeia reversa, mas não está claro ainda como o acesso a estas linhas será determinado. Isto demonstra a perda de tempo visto a novamente a necessidade de construção de infraestrutura para a reciclagem das placas no Brasil, isto evitaria os custos logísticos e ambientais ao mesmo tempo que aumentaria a renda líquida do sistema reverso.

Do ponto de vista do produtor, este precisa criar as condições para que a vida útil de EEEs seja alongada através de serviços de garantia, uma rede técnica autorizada bem distribuída e com a disponibilização de peças de reposição.

## 7 CONCLUSÃO

Esta pesquisa objetivou identificar, através de análise da literatura referenciada e de entrevistas com atores locais da cadeia de REEE, os fatores que contribuem para a sustentabilidade econômica e que potencializam a contribuição ambiental de um sistema reverso para o tratamento de REEE. 10 fatores foram identificados e analisados pelos especialistas, sendo unânime a concordância de todos os entrevistados (atores) quanto à importância dos mesmos. Entende-se que estes fatores devem ser considerados por qualquer agente que esteja envolvido na construção de um modelo que trate dessa problemática, independente da região em que se localize. Porém cada região contará com peculiaridades que podem maximizar ou minimizar a importância de um ou outro fator, como por exemplo, o nível de educação ambiental da população e o custo da mão de obra de cada país.

Destaca-se ainda a importância da descrição dos modelos suíço, norte americano, japonês e brasileiro para o pesquisador, sendo que esta atividade contribuiu em muito em conhecimento, tão necessário para a execução das entrevistas.

Novos aspectos não foram revelados através das entrevistas, o que induz à compreensão de que um número maior de entrevistas poderia indicar novos achados. Porém uma percepção que fica é a de que a operacionalização de um sistema reverso é complexa pelo fato da divergência de interesses dos diferentes atores responsabilizados pela legislação brasileira. São nos bastidores, nas negociações e no poder de cada agente que um equilíbrio se cria e determina o modelo vigente.

Dentre os 10 fatores identificados, sendo que cada fator apresenta variáveis, aqui denominadas de aspectos, os pontos principais de cada fator foram explicitados. Estes fatores foram ainda discutidos com três atores da cadeia reversa de REEE através de entrevistas semiestruturadas que ocorreram entre os meses de dezembro de 2011 e abril de 2012. Os atores consultados, ainda que poucos, aprovaram os fatores relacionados, havendo apenas algumas divergências de opiniões entre os mesmos sobre alguns aspectos. De toda forma, os resultados ainda carecem de profunda análise para que possam ser validados na forma de um modelo.

Uma descrição dos modelos japonês, suíço, norte americano e brasileiro foi apresentada para a contextualização de como esta problemática vem sendo tratada nas diferentes regiões. A escolha dos três primeiros países se deu por razões já explicitadas na seção “delimitações”. A escolha do Brasil, apesar da recente legislação, se deu por motivos óbvios.

## 7.1 CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES

Ressalta-se inicialmente que, apesar da aura “ambiental” que circunda a imagem das empresas recicladoras, as mesmas dependem essencialmente de transações comerciais que possibilitem sua sustentabilidade econômica no médio prazo ou verificar-se-á a possibilidade de pouquíssima atratividade deste setor, determinando raros empreendimentos e por consequência baixa eficácia no tratamento deste tipo de resíduo no Brasil. No Japão e na Suíça, consórcios formados pelos produtores de REEE apoiam financeiramente os terceiros para que o sistema seja economicamente viável, além disto, existe a cobrança de eco taxas aos consumidores pessoa física. e percebe-se que o aceite desta eco taxa está vinculada ao nível de educação ambiental presente nestes países.

Inerente à sustentabilidade econômica de um sistema reverso é a incerteza quanto aos volumes, tipologia e momento no qual um descarte ingressará nos processos reversos da empresa coletora. A heterogeneidade constante presente nos descartes não possibilita, à empresa coletora, a especialização na desconstrução de determinado REEE, diminuindo a possibilidade de maior produtividade no processo de desconstrução. Além disso, o processo de desconstrução de um REEE é, essencialmente, manual.

Uma infraestrutura de coleta, considerando o aspecto capilaridade que o sistema deve ter para consolidar volumes logisticamente viáveis para as coletoras, deve ser construído para atender os consumidores pessoas físicas. As empresas entrevistadas defendem um sistema coletivo, que atenda a todas as marcas de EEE.

Da mesma forma, a infraestrutura de reciclagem precisa ser construída muito próxima do local de geração do REEE para que o custo econômico e ambiental da logística seja menor. Tanto nos Estados Unidos, como no Japão e na Suíça, observa-se esta situação. Especial atenção deve ser dada a possibilidade de o Brasil construir a estrutura para a reciclagem das placas eletrônicas, que é o

componente mais valorizado pelo mercado reciclador visto o potencial de recuperação de metais preciosos.

Com exceção dos casos suíço/europeu e japonês, as legislações deveriam focar mais no combate as causas da geração e na qualidade do REEE. Melhorias em design para a desconstrução e padronização de materiais (principalmente o plástico) que aumentem o potencial de reciclagem dos EEE, sua durabilidade e condição de *upgrade*, padronização de periféricos e conexões, disponibilidade de peças de reposição e a exigência de um mínimo de qualidade técnica são pontos que deveriam estar presentes nas legislações.

Ainda na linha da padronização, ferramentas como ACV e modelos para o cálculo da geração futura precisam ser padronizados e adotados. Estas ferramentas devem apoiar um sistema de informação que possa calcular os impactos ambientais deste tipo de resíduo.

Por parte do governo brasileiro, este ainda deve dar especial atenção à pirataria e ao combate à informalidade que poderá se apresentar nas atividades reversas e a capacitação adequada das cooperativas de catadores previstas em lei. Por parte das coletoras (que se denominam recicladoras), as três empresas entrevistadas demonstraram a necessidade da criação de uma associação que as representem nos mais diversos fóruns onde o modelo brasileiro tem sido debatido. Até o momento não existe esta associação e, portanto, os fatores como cooperação, conhecimento, padronização e infraestrutura não estão sendo defendidos desde os pontos de vista desta categoria. Da mesma forma, uma integração com indústria de EEE fica impossibilitada. Para construir sustentabilidade econômica para essa cadeia no Brasil, se faz necessário um maior apoio por parte de governos, através de incentivos tecnológicos e financeiros para a construção de infraestrutura que possibilite um maior nível de recuperação de valor econômico deste resíduo dentro das fronteiras do país.

Um sistema reverso não será efetivo em atender seu objetivo ambiental caso um sistema de informação único não seja construído para dar suporte aos processos de decisão e coordenação. Este fator merece muita atenção. Números sobre a geração e tratamento de REEE é um problema global. Um banco de dados que permita segmentar informações por área geográfica, volumes e tipos de REEE. Ambiciosamente, o autor defende a ideia da construção de um sistema global único,

talvez encabeçado por uma nova entidade semelhante ao Painel Intergovernamental para Mudanças Climáticas (IPCC).

A reuso de REEE é defendida por teóricos como a melhor solução porém, na prática, observa-se um forte alinhamento, tanto da cadeia tradicional como da reversa, no sentido da reciclagem. E por fim, é perceptível também a existência dos *trade-offs* pautados por: (1) mais benefício econômico ou mais benefício ambiental, (2) curto prazo ou longo prazo? Interferindo no processo de decisão e de opinião dos atores envolvidos em um sistema reverso.

## 7.2 LIMITAÇÕES DA PESQUISA

No método de trabalho proposto tinha-se planejado a validação da “leitura” dos modelos do Japão, Suíça e Estados Unidos junto a autores e/ou especialistas destes países. Esta etapa não foi realizada. Pouco material descritivo dos modelos foi encontrado nas bases de dados, apesar de alguns poucos serem muito claros sobre a estruturação destes modelos. A partir desta dificuldade, o autor entendeu que uma pesquisa muito mais profunda deverá ser realizada para possibilitar o entendimento detalhado de cada sistema, não sendo isto viável no tempo disponível para a pesquisa.

Outra limitação é que se objetivava a entrevista com um número maior de atores brasileiros. Ao todo foram contatados oito atores. Os atores não respondentes foram contatados até três vezes, com contatos feitos duas vezes através de e-mail ou presencialmente. O baixo número de respostas pode indicar inadequação na forma de contato ou na compreensão dos motivos da pesquisa, ou ainda, refletir a imaturidade do setor para responder aos questionamentos propostos. Observa-se, no entanto, que os atores que responderam, demonstraram opiniões muito semelhantes sobre os fatores validados. De toda forma, torna-se um limitante para as conclusões obtidas, requerendo continuidade de estudos.

## 7.3 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Sugerem-se cinco focos para pesquisas futuras:

1. Sistemas de Informação para gestão e tratamento de REEE, dado que não foram encontrados nas bases de dados, artigos que descrevam os

diferentes sistemas de informação existentes na Suíça e Japão. Nos Estados Unidos verificou-se que não existe um sistema que monitore o REEE gerado e tratado naquele país. Sistemas de informação são essenciais para a eficiência e eficácia dos sistemas reversos;

2. *Design*, especialmente enfocando quais os avanços e os focos que a indústria tem realizado e necessita realizar para diminuir o impacto ambiental de seus produtos;
3. Padronização de elementos dos produtos da indústria de EEE, dado que uma maior padronização de itens e elementos que não agregam valor estético e operacional aos aparelhos deveria ser fortemente considerada. Uma análise mais aprofundada das causas que determinam a obsolescência precoce dos produtos também poderia ser relacionada à padronização.
4. O processo de formação dos consórcios é outra sugestão. Referendados como necessários para a melhor organização e coordenação das atividades reversas, este tema e os custos relacionados a ele não foram profundamente explorados por esta pesquisa.
5. Sendo os contratos de leasing entre a indústria de EEE e consumidores institucionais uma opção para o maior controle sobre o fluxo de REEE por parte dos produtores, como esta opção tem se desenvolvido no Brasil e em outros modelos.

Por fim e de forma geral a pesquisa demonstrou que a problemática do REEE ainda merece pesquisa constante com o objetivo de aprimorar processos, técnicas e ferramentas que efetivamente ajudem os sistemas reversos de REEE a se transformar naquilo que necessariamente precisam ser: sustentáveis do ponto de vista econômico e contribuintes para a minimização do impacto ambiental causado pela sociedade do consumo.

## REFERÊNCIAS

- ACOSTA, Byron; WEGNER, Douglas; PADULA, Antonio Domingos. Logística reversa como mecanismo para redução do impacto ambiental originado pelo lixo informático. **Revista Eletrônica de Ciência Administrativa**, maio 2008.
- ALBINO, Vito; BALICE, Azzurra; DANGELICO, Rosa Maria. Environmental strategies and green product development: an overview on sustainability-driven companies. **Business Strategy and the Environment**, v. 18, p. 83-96. 2009.
- ANGEL, David P.; HUBER, Joseph. Building sustainable industries for sustainable societies. **Business Strategy and the Environment**, n. 5, p. 127-136, 1996.
- ANTUNES, Junico et al. **Sistemas de produção**: conceitos e práticas para projeto e gestão da produção enxuta. Bookman, 2008.
- APPELBAUM, Alec. Europe cracks down on e-wast. **IEEE spectrum**, maio 2002.
- ARNOLD, Marlen Gabriele; HOCKERTS, Kai. The greening dutchman: philip's process of green flagging to drive sustainable innovations. **Business Strategy and the Environment**, 2010.
- ATTARAN, Mohsen; ATTARAN, Sharmin. Collaborative supply chain management – the most promising practice for building efficient and sustainable supply chains. **Business Process Management Journal**, v. 13, n. 3, 2007.
- BIRKIN, Frank; POLESIE, Thomas; LEWIS, Linda. A new business model for sustainable development: an exploratory study using the theory of constraints in nordic organizations. **Business Strategy and the Environment**, n. 18, p. 277-290, 2009.
- CAIXETA-FILHO, Jose Vicente; BARTHOLOMEU; Daniela Bacchi (Org.). **Logística ambiental de resíduos sólidos**. São Paulo: Atlas, 2011.
- BERCHICCI, Luca; BODEWES, Wynand. Bridging environmental issues with new product development. **Business Strategy and the Environment**, v. 14, p. 272-285, 2005.
- BLACK, J. T.; PHILLIPS, Don T. The lean to green evolution. **Industrial Engineer**, June 2010.
- BRYSON, John R.; LOMBARDI, Rachel. Balancing product and process sustainability against business profitability: sustainability as a competitive strategy in the property development process. **Business Strategy and the Environment**, n. 18, p. 97-107, 2009.
- CHEN, Adela J.W.; BOUDREAU, Marie-Claude; WATSON, Richard T. Information systems and ecological sustainability. **Journal of Systems and Information Technology**, 2008.

- CHIAVENATO, Idalberto. **Introdução à teoria geral da administração**. São Paulo; McGraw-Hill do Brasil, 1983.
- COHEN, Steve. **S 510**: electronic waste recycling promotion and consumer protection act. Columbia: Columbia University, 2006.
- DAOUD, David. Survey - Inside the U.S. electronics recycling industry. **IDC #229786**, v. 1, 2011.
- DELMAS, Magali; BLASS, Vered. Measuring corporate environmental performance: the trade-offs of sustainability ratings. **Business Strategy and the Environment**, n. 19, p. 245-260, 2010.
- DEWULF, Wim; Duflo; ANDER, Asa. Toward a sectorwide design for environment support system for the rail industry. **Environmental Management**, v. 34, n. 2, p. 181-190. 2004.
- DIAS, Reinaldo. **Marketing ambiental**: ética, responsabilidade social e competitividade nos negócios. São Paulo: Atlas. 2007.
- DINIZ JR., Alcio Souza; MOURA, Luciane Oliveira. **Sustentabilidade ambiental**: mapeamento do ciclo de vida de um produto eletroeletrônico - do fornecimento ao descarte. [S.l.]: Simpep, 2010.
- ELECTRONICS TAKE BACK. **Facts and figures on e-waste and recycling**. 2010. Disponível em: <[www.electronicstakeback.com](http://www.electronicstakeback.com)>. Acesso em: 05.09.2010.
- ELSAYED, Khaled; PATON, David. The impact of financial performance on environmental policy: does firm life cycle matter? **Business Strategy and the Environment**, p. 397-413, 2009.
- EPSTEIN, Marc J.; ROY, Marie-Josée. Implementing a corporate environmental strategy: establishing coordination and control within multinational companies. **Business Strategy and the Environment**, n. 16, p. 389-403, 2007.
- FOSTER, Chris; GREEN, Ken. Greening the innovation process. **Business Strategy and the Environment**, p. 287-303, 2000.
- FREITAS, Maria Ester de. Contexto social e imaginário organizacional moderno. **RAE**, 2000.
- FURUHJELM, Jorgen; YASUDA, Yumiko; TRANKELL, Richard. **Recycling of telecommunication products in Europe, Japan and USA**. USA: IEEE, 2000.
- GAMEIRO, Augusto Hauber et al. **Logística ambiental de resíduos sólidos**. São Paulo: Atlas. 2011.
- GEYER, Roland; BLASS, Vered D. The economics of cell phone reuse and recycling. **Int. J Adv Manuf Technol.**, 2009.
- GEORG, Susse; FÜSSEL, Lanni. Making sense of greening and organizational change. **Business Strategy and the Environment**, n. 9,p. 175-185, 2000.

GLEN, John; HILSON, Chris; LOWITT, Eric. The emergence of green talent. **Business Strategy Review**, London, Winter. 2009.

GOLEMAN, Daniel. **Inteligência ecológica**: o impacto do que consumimos e as mudanças que podem melhorar o planeta. Rio de Janeiro: Elsevier, 2009.

GUARNIERI, Patricia et al. WMS – Warehouse management system: adaptação proposta para o gerenciamento da logística reversa. **Produção**, v. 16, n. 1, jan./abr. 2006.

GUTOWSKI, Timothy et al. Environmentally benign manufacturing: observations from japan, europe and united states. **Journal of Cleaner Production**, n. 13, p. 1-17, 2003.

JACOBS, Michael. The environment as stakeholder. **Business Strategy Review**, London, v. 8, n. 2, p. 25-28, 1997.

HANAFI, Jessica; KARA, Sami; KAEBERNICK, Hartmut. Reverse logistics for end-of-life products. **The International Journal fo Logistics Management**, v. 19, n. 3. 2008.

HAHN, Tobias et al. Trade-offs in corporate sustainability: you can't have your cake and eat it. **Business Strategy and the Environment**, n. 19, p. 217-229, 2010.

HART, Stuart L. Beyond greening: strategies for a sustainable world. **Harvard Business Review**, 1997.

HART, L. Stuart; MILSTEIN, Mark B. Criando valor sustentável. **Rae Executive**, 2004.

HAYES, Robert et al. **Em busca da vantagem competitiva**. São Paulo: Bookman, 2008.

HAWKEN, Paul; LOVINS, Amory; LOVINS, L. Hunter. **Capitalismo natural**: criando a próxima revolução industrial. São Paulo: Cultrix, 2000.

HEISKANEN, Eva. Manager's interpretations of ICA: enlightenment and responsibility or confusion and denial. **Business Strategy and the Environment**, v. 9, p. 239-254, 2000.

HOEK, Remko I. Van. From reversed logistics to green supply chains. **Supply Chain Management**, v. 4, n. 3, 1999.

ISAKSSON, Raine. Total quality management for sustainable development –process based system models. **Business Process Management Journal**, 2006.

JACK, Eric P.; POWERS, Thomas L.; SKINNER, Lauren. Reverse logistics capabilities: antecedents and cost savings. **International Journal of Physical Distribution & Logistics Management**, v. 40, n. 3, 2010.

JANSE, Bastiaan; SCHURR, Peter; BRITO, Marisa P. A reverse logistics diagnostic tool: case of the consumer electronics industry. **Int J Adv Manuf Technol.**, 2009.

KAUTTO, Petrus. New instruments – old practices? the implications of environmental management systems and extended producer responsibility for design for the environment. **Business Strategy and the Environment**, v. 15, p. 377-388, 2006.

KHETRIWAL, Deepali Sinha; KRAEUCHI, Philipp; WIDMER, Rolf. Producer responsibility for e-waste management: key issues for consideration – Learning from the Swiss experience. **Journal of Environmental Management**, 2007.

KNEMEYER, A. Michael; PONZURICK, Thomas G.; LOGAR, Cyril M. A qualitative examination of factors affecting reverse logistics systems for end-of-life computers. **International Journal of Physical Distribution & Logistics Management**, v. 32, n. 6, 2002.

KOTLER, Philip. **Administração de marketing, análise, planejamento, implementação e controle**. São Paulo: Atlas, 1993.

KRAJNC, Damjan; GLAVIC, Peter. How to compare companies on relevant dimensions of sustainability. **Ecological Economics**, 2005.

LABUSCHAGNE, Carin; BRENT, Alan C.; ERCK, Ron P.G. Accessing the sustainability performances of industries. **Journal of Cleaner Production**, 2003.

LEITE, Paulo Roberto. **Logística reversa: meio ambiente e competitividade**. 2. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall. 2009.

LEITE, Paulo Roberto; LAVEZ, Natalie; SOUZA, Vivian Mansano. **Fatores da logística reversa que influem no reaproveitamento do “lixo eletrônico”**: um estudo no setor de informática. Trabalho apresentado no SIMPOI, 2009.

LENOX, Michael; EHRENFELD, John. Organizing for effective environmental design. **Business Strategy and the Environment**, p.187-196, 1997.

LI, Jinhui; ZHAO, Nana. Controlling transboundary movement of waste electrical and electronic equipment by developing international standars. **Environmental Engineering Science**, v. 27, n. 1, 2010.

LUTTROP, Conrad; JOHANSSON, Jan. Improved recycling with life cycle information tagged to the product. **Journal of Cleaner Production**, 2009.

MALHOTRA, Naresh K. Pesquisa de Marketing - Uma Orientação Aplicada. Bookman, 4ª edição, 2006.

MANIKAS, Andrew; GODFREY, Michael. Inducing green behavior in a manufacturer. **Global Journal of Business Research**, 2010.

MATTOS, Karen Maria da Costa; MATTOS, Katty Maria da Costa; PERALES, Wattson José Saenz. Os impactos ambientais causados pelo lixo eletrônico e o uso da logística reversa para minimizar os efeitos causados ao meio ambiente. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO - Enegep, 28., Rio de Janeiro, 2008. **Anais...** Rio de Janeiro, 2008.

McKERLIE, Kate; KNIGHT, Nancy; THORPE, Beverley. Advancing extended producer responsibility in Canada. **Journal of Cleaner Production**, 2006.

MELNYK, Steven A.; STEWART, Douglas M.; SWINK, Morgan. Metrics and performance measurement in operations management: dealing with the metrics maze. **Journal of Operations Management**, p. 209-217, 2004.

MELO, M.nT.; NICKEL, S.; SALDANHA-DA-GAMA, F. Facility location and supply chain management – a review. **European Journal of Operational Research**, p. 401-412, 2009.

MIGUEL, Paulo Augusto Cauchick (coordenador); FLEURY, Afonso; MELLO, Carlos Henrique Pereira; NAKANO, Davi Noboru; TURRIONI, João Batista; HO, Linda Lee; MORABITO, Reinaldo; MARTINS, Roberto Antônio; PUREZA, Vitória. Metodologia de Pesquisa em Engenharia de Produção e Gestão de Operações. **Elsevier Editora Ltda.**, 2010.

MOLLENKOPF, Diane et al. Green, lean, and global supply chains. **International Journal of Physical Distribution & Logistics Management**, v. 40, n. ½, p. 14-41, 2010.

NAGLE, Robin. Because computers don't compost. **Science Magazine**, v. 136, 2007.

NIMPUNO, Nardono; MCPHERSON, Alexandra. **Greening consumer electronics: moving away from bromine and chlorine**. 2009. Disponível em: <<http://cleanproduction.org/library/GreeningConsumerElectronics.pdf>>. Acesso em: 21 nov. 2011.

OFFICE OF SOLID WASTE. **Electronics waste management in the United States**. Washington, DC: Environmental Protection Agency, 2008.

ONGONDO, F. O.; WILLIAMS, I. D.; CHERRETT, T. J. How are weee doing? a global review of the management of electrical and electronic wastes. **Waste Management**, v. 31, p. 714-730. 2011.

PAIVA, Ely Laureano; CARVALHO JR., José Mário; FENSTERSEIFER, Jaime Evaldo. **Estratégia de produção e de operações: conceitos, melhores práticas e visão de futuro**. São Paulo: Bookman, 2009.

PATELLA, Luciana. Por que os equipamentos que facilitam a vida moderna podem ser os vilões do futuro. **Revista CREA-RS**, 2010.

PINKSE, Jonatan; KOLK, Ans. Challenges and trade-offs in corporate innovation for climate change. **Business Strategy and the Environment**, n. 19, p. 261-272, 2010.

REX, Emma; BAUMANN, Henrikke. Implications of an interpretive understanding of LCA practice. **Business Strategy and the Environment**, v. 17, p. 420-430, 2008.

ROBINSON, Brett H. E-waste: an assessment of global production and environmental impacts. **Science of the Total Environment**, 2009.

SCHAIK, Antoinette van; REUTER, Markus A. Dynamic modeling of e-waste recycling system performance based on product design. **Minerals Engineering**, 2009.

SEURING, Stefan. Industrial ecology, life cycles, supply chains: differences and interrelations. **Business Strategy and the Environment**, v. 13, p. 306-319, 2004.

SMERALDI, Roberto. O novo manual de negócios sustentáveis. **Publifolha**, São Paulo, 2009.

STARIK, Mark et al. Growing an environmental strategy. **Business Strategy and the Environment**, n. 5, p. 12-21, 1996.

STEGER, Ulrich. Managerial issues in closing the loop. **Business Strategy and the Environment**, v. 5, p. 252-268. 1996.

SIMON, Matthew et al. Environmental priorities in strategic product development. **Business Strategy and the Environment**, v. 9, p. 367-377, 2000.

SVENSSON, Göran. Anti-climate change management (accm) – “business as usual” or “out-of-the-box”? **Management Decision**, v. 46, n. 1, p. 92-105, 2008.

STEVENS, Ab. Is the WEEE directive ecoefficient? design for sustainability Lab Delft University of Technology and Environmental Competence Centre, Philips Consumer Electronics, 2003.

STEVENS, A. L. N.; RAM, A. A. P.; DECKERS, E. Take-back of discarded consumer electronic products from the perspective of the producer conditions for success. **Journal of Cleaner Production**, 1999.

STREICHTER-PORTE, Martin. **SWICO/S.EN.S, the swiss weee recycling systems, and best practices from other european systems**. USA: IEEE. 2006.

SWEET, Susanne; ROOME, Nigel; SWEET, Patrick. Corporate environmental management and sustainable enterprise: the influence of information processing and decision styles. **Business Strategy and the Environment**, n. 12, p. 265-277, 2000.

TAN, Albert Wee Kwan; KUMAR, Arun. A decision-making model for reverse logistics in the computer industry. **The International Journal of Logistics Management**, v. 17, n. 3, 2006.

TAUBITZ, Michael A. Lean, Green & Safe – integrating safety into lean, green and sustainability movement. **Professional Safety**, Maio 2010.

TIBBEN-LEMBKE, Ronald S. Life after death: reverse logistics and the product life cycle. **International Journal of Physical Distribution & Logistics Management**, v. 32, n. 3, 2002.

TRANSFERRETI, José. **Ética e responsabilidade social**. Campinas: Alínea, 2006.

WALTON, Steve V.; HANDFIELD, Robert B.; MELNYK, Steven A. The green supply chain: integrating suppliers into environmental management processes. **International Journal of Purchasing and Materials Management**, 1998.

WHITE, Charles David et al. Product recovery with some byte: an overview of management challenges and environmental consequences in reverse manufacturing for the computer industry. **Journal of Cleaner Production**, 2003.

WILLIAMS, Eric; HATANAKA, Takuro. **Residential computer usage patterns in Japan and associated life cycle energy use**. USA: IEEE, 2005.

WITTSTRUCK, David; TEUTEBERG, Frank. Understanding the success factor for sustainable supply chain management: empirical evidence from the electronics and electrical industry. **Corporate Social Responsibility and Environmental Management**, 2011.

UNRUH, Gregory; ETTENSON, Richard. Growing green – three smart paths to developing sustainable products. **Harvard Business Review**, June 2010.

UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME - UNEP Sustainable innovation and technology transfer industrial sector studies – recycling – from e-waste to resources. **SteP Report**, 2009.

UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME - UNEP. **Environment for development**. Disponível em: <<http://www.unep.org/publications/default.asp>>. Acesso em: 26 jul. 2010.

VEIGA, Marcelo Motta. A competitividade e a gestão ambiental internacional de resíduos sólidos perigosos. **Revista Pesquisa e Desenvolvimento Engenharia de Produção**, n. 4, p. 67-80. 2005.

VOINOV, Alexey. Understanding and communicating sustainability: global versus regional perspectives. **Environmental Development and Sustainability**, 2008.

YANG, Lian; WANG, Huimin. Institutionalization design in the establishment of recycling and logistics systems for household electronic waste: experience and inspiration from Hangzhou pilot residential communities. **Transportation Journal**, 2009.

YOSHIDA, Aya; TASAKI, Tomohiro; TERAZONO, Atsushi. Material flow analysis of used personal computers in Japan. **Waste Management**, p. 1602-1614. 2009.

YU, Jinglei et al. Forecasting Global Generation of Obsolete Personal Computers. **Environmental Science & Technology**, 2010.

ZHENG, Liangkai et al. Blood lead and cadmium levels and relevant factors among children from an e-waste recycling town in China. **Environmental Research**, n. 108, p. 15-20. 2008.

ZOETEMAN, Bastiaan C.J.; KRIKKE, Harold R.; VENSELAAR, Jan. Handling WEEE waste flows: on effectiveness of producer responsibility in a globalizing world. **Int J Adv Manuf Technol**, 2009.