

UNIVERSIDADE DO VALE DO RIO DOS SINOS - UNISINOS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO E SISTEMAS
NÍVEL MESTRADO

MARTA ELISA BUBICZ

**AVALIAÇÃO E CONTROLE DE DESEMPENHO AMBIENTAL NAS
OPERAÇÕES DE TRANSPORTE, TRATAMENTO E DESTINO FINAL DE REEE**

São Leopoldo

2013

MARTA ELISA BUBICZ

**AVALIAÇÃO E CONTROLE DE DESEMPENHO AMBIENTAL NAS
OPERAÇÕES DE TRANSPORTE, TRATAMENTO E DESTINO FINAL DE REEE**

Dissertação apresentada como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Engenharia de Produção e Sistemas pelo Programa de Pós Graduação de Engenharia de Produção e Sistemas da Universidade do Vale do Rio dos Sinos – Unisinos.
Área de concentração: Gerencia da Produção.

Orientador: Prof. Dr. Miguel Sellitto

São Leopoldo
2013

B917a Bubicz, Marta Elisa.

Avaliação e controle de desempenho ambiental nas operações de transporte, tratamento e destino final de REEE / Marta Elisa Bubicz. – 2013.

119 f. : il. ; 30 cm.

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

"Orientador: Prof. Dr. Miguel Sellitto."

1. REEE. 2. Resíduos eletroeletrônicos. 3. Avaliação de desempenho ambiental. I. Título.

CDU 658.5

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
(Bibliotecário: Flávio Nunes – CRB 10/1298)

MARTA ELISA BUBICZ

**AVALIAÇÃO E CONTROLE DE DESEMPENHO AMBIENTAL NAS
OPERAÇÕES DE TRANSPORTE, TRATAMENTO E DESTINO FINAL DE REEE**

Dissertação apresentada como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Engenharia de Produção e Sistemas pelo Programa de Pós Graduação de Engenharia de Produção e Sistemas da Universidade do Vale do Rio dos Sinos – Unisinos.

Aprovada em _____ de _____ de 2013

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dra. Miriam Borchardt - UNISINOS

Prof. Dra. Luciana Paulo Gomes - UNISINOS

Prof. Dr. Giancarlo Medeiros Pereira - UNISINOS

Orientador: Prof. Dr. Miguel Sellitto

RESUMO

As questões ambientais passam por uma valorização pelas empresas com uma intensidade muito grande nos últimos anos. Inovações tecnológicas geram rápida obsolescência dos produtos e grande volume de resíduos Eletroeletrônicos - REEE. Embora os programas de qualidade contemplem questões de controle ambiental com utilização racional de recursos, reutilização e descarte, os equipamentos eletroeletrônicos ainda não são tratados como prioridade e rigor necessário para seu descarte, com destinação adequada. Este trabalho, desenvolvido no Parque Tecnológico TECNOSINOS e em três empresas prestadoras de serviços, apresenta um modelo de avaliação e controle de desempenho ambiental nas operações de transporte, tratamento e destino final de REEE a partir da caracterização dos produtos pelo seu perfil de toxicidade, que deve ser monitorado. As três empresas que fizeram parte da pesquisa são: POLLO e CESMAR, nas operações de transporte, CESMAR E DC, tratamento e CESMAR e DC, na operação destino final. Os resultados mostram que as operações apresentam lacunas de desempenho importantes, tanto nos aspectos de atendimento à legislação quanto na definição das prioridades de ação. O resultado aponta um desempenho ambiental dos prestadores de serviço com os seguintes dados para duas empresas em cada operação: para as operações de Transporte de 83,2% para POLLO transportes e 58,9% para CESMAR; na Operações de Tratamento, um desempenho de 85,6% para DC e 92,9% para CESMAR; e para as Operações de Destino Final o resultado de desempenho foi de 83,9% para CESMAR e 89,3% para DC. A operação de Transporte teve o menor desempenho entre as operações analisadas. A avaliação de especialistas indica que aspectos importantes no gerenciamento do desempenho ambiental são os que tiveram em alguns casos o pior desempenho, enquanto que outros com menor impacto ambiental são tratados como mais importantes, apresentando os melhores resultados de desempenho.

Palavras chave: REEE, resíduos eletroeletrônicos, avaliação de desempenho ambiental.

ABSTRACT

Environmental issues go through a valuation of companies with very high intensity in recent years . Technological innovations generate rapid devaluation of products and large volume of waste Consumer Electronics - WEEE. Although the quality programs contemplate issues of environmental control with efficient use of resources, reuse and disposal, electronic equipment are not treated as a priority and rigor needed for its disposal, with proper disposal. This work, carried out at Parque Tecnológico TECNOSINOS and three service companies, presents a model for evaluating and controlling environmental performance in transport operations , treatment and disposal of WEEE from the characterization of the product by its toxicity profile, which should be monitored. The three companies that were part of the research are: POLLO and CESMAR , transport operations, CESMAR and DC treatment and CESMAR and DC operation final destination. The results show that the operations have significant performance gaps, both in the aspects of legal compliance and in setting priorities for action. The result indicates environmental performance of service providers with the following data for two companies in each operation: for operations Transport POLLO 83.2% and CESMAR 58.9% for transport; Processing Operations in a performance DC to 85.6% and 92.9 % for CESMAR, and Transactions of the Final Destination performance result was 83.9 % for CESMAR and 89.3% to DC. Operation of Transportation had the lowest performance among the transactions analyzed . The expert assessment indicates that important aspects in the management of environmental performance are those who in some cases had the worst performance, while others with less environmental impact are treated as more important, showed better performance.

Key words: WEEE electronic waste, environmental performance evaluation.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Proporção de material reciclado em atividades industriais selecionadas no Brasil - 1993-2009	34
Figura 2- Fluxo de resolução de um problema	20
Figura 3- Fluxograma do desenvolvimento da Pesquisa	27
Figura 4- Sustentabilidade Organizacional.....	36
Figura 5 - Ciclo da disposição de resíduos	48
Figura 6-Identificação do Rótulo de Risco Classe 9	54
Figura 7-Macro Processos do Programa <i>Green Tech Park</i>	61
Figura 8-Representação dos Níveis de Maturidade Ambiental	62
Figura 9 - Comparativo da distribuição das lacunas nas três operações	92
Figura 10 – Representação da Média das Lacunas na Operação de Transporte.....	92
Figura 11 - Representação da Média das Lacunas na Operação de Tratamento	93
Figura 12 - Representação da Média das Lacunas na Operação de Destino Final.....	93
Figura 13 - Representação do modelo para a empresa Pollo Transportes.....	95
Figura 14- Representação do modelo para a empresa Cesmar	97
Figura 15- Representação do modelo para a empresa Descarte Certo	99
Figura 16- Representação do modelo para a empresa Cesmar	101
Figura 17- Representação do modelo para a empresa Cesmar	103
Figura 18- Representação do modelo para a empresa Descarte Certo	105

LISTA DE QUADROS

QUADRO 1 - EVENTOS AMBIENTAIS DE RELEVÂNCIA INTERNACIONAL	33
QUADRO 2 - SISTEMATIZAÇÃO DE PRÁTICAS GLOBAIS SUSTENTÁVEIS.....	37
QUADRO 3 - CATEGORIZAÇÃO DOS RESÍDUOS ELETROELETRÔNICOS CONFORME PARLAMENTO EUROPEU DIRETIVA 2002/96CE	44
QUADRO 4 - CARACTERIZAÇÃO DOS COMPONENTES DE REEE.....	49
QUADRO 5 - MATERIAIS PRESENTES EM REEES, SUA UTILIZAÇÃO E REFLEXOS NA SAÚDE.....	51
QUADRO 6 – REPRESENTAÇÃO DO MÉTODO DE AVALIAÇÃO	61
QUADRO 7 - CARACTERIZAÇÃO DAS EMPRESAS-ÂNCORA POR RAMO DE ATIVIDADE	63
QUADRO 8 – FORMULÁRIO ENTREGUE AOS INTEGRANTES DO GRUPO DE FOCO.....	64
QUADRO 9 – PROTOCOLO DE PESQUISA PARA A OPERAÇÃO TRANSPORTE	66
QUADRO 10 - PROTOCOLO DE PESQUISA PARA A OPERAÇÃO TRATAMENTO.....	67
QUADRO 11 – PROTOCOLO DE PESQUISA PARA A OPERAÇÃO DESTINO FINAL	68
QUADRO 12- ESCALA DE DISTRIBUIÇÃO DA IMPORTÂNCIA DOS CONSTRUTOS	72
QUADRO 13 - CARACTERIZAÇÃO DOS INDICADORES PARA CADA CONSTRUTO NAS OPERAÇÕES PESQUISADAS	73
QUADRO 13 - CARACTERIZAÇÃO DOS INDICADORES PARA CADA CONSTRUTO NAS OPERAÇÕES PESQUISADAS	74

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Mercado de PCs no Brasil	47
Tabela 2 - Classificação dos Produtos Perigosos	53
Tabela 3 – Respostas dos Especialistas	76
Tabela 4 - Distribuição das importâncias entre os construtos na operação de Transporte	76
Tabela 5 - Distribuição das importâncias entre os construtos na operação de Tratamento.....	76
Tabela 6 - Distribuição das importâncias entre os construtos na operação Destino Final	77
Tabela 7 - Modelo para avaliação de desempenho ambiental da operação de Transporte na Empresa POLLO.....	79
Tabela 8 - Modelo para avaliação de desempenho ambiental da operação de Transporte na Empresa Cesmar	81
Tabela 9 - Modelo para avaliação de desempenho ambiental da operação de Tratamento na Empresa Descarte Certo.....	83
Tabela 10 - Modelo para avaliação de desempenho ambiental da operação de Tratamento na Empresa Cesmar	85
Tabela 11 - Modelo para avaliação de desempenho ambiental da operação Destino Final na Empresa Cesmar	87
Tabela 12 - Modelo para avaliação de desempenho ambiental da operação Destino Final na Empresa Descarte Certo.....	89
Tabela 13 – Lacunas de desempenho dos construtos por operação em pontos percentuais (pp)	90
Tabela 14 - Comparativo da média das lacunas de desempenho dos construtos por operação	91
Tabela 15 – Base de cálculo do Desempenho Relativo da Empresa Pollo.....	94
Tabela 16 – Base de cálculo do Desempenho Relativo da Empresa Cesmar.....	96
Tabela 17 - Base de cálculo do Desempenho Relativo da Empresa Descarte Certo.....	98
Tabela 18 - Base de cálculo do Desempenho Relativo da Empresa Cesmar	100
Tabela 19 - Base de cálculo do Desempenho Relativo da Empresa Cesmar	102
Tabela 20 - Base de cálculo do Desempenho Relativo da Empresa Descarte Certo – Unidade São Paulo	104

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABINEE – Associação Brasileira da Indústria Elétrica e Eletrônica
ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas
BSC – Balanced Scorecard
CAPES - Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior
CESMAR – Centro Social Marista
CFC – Cloro Fluor Carbono
CO – Óxido de carbono
CO₂ – Dióxido de Carbono
CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente
CONTRAN – Conselho Nacional de Trânsito
COV – Compostos Orgânicos Voláteis
CPU - Central Processing Unit
CRC – Centro de Recondicionamento de Computadores
CRT - Cathodic Ray Tube
DE – Diretiva Européia
EEE – Equipamentos Eletro Eletrônicos
EPIs – Equipamentos de Proteção Individual
FEPAM - Fundação Estadual do Meio Ambiente
GPS – Global Positioning System
IBAMA – Instituto Nacional do Meio Ambiente
IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
ISO – International Standardization
LCD - Liquid Crystal Display
MMA – Ministério do Meio Ambiente
NBR – Norma Brasileira de Regulamentação
NiCd - Níquel-Cádmio
NO_x – Dióxido de Nitrogênio
OCDE - Organização de Cooperação e desenvolvimento Econômico
OIT – Organização Internacional do Trabalho
ONU – Organização das Nações Unidas
PCBs – polychlorinated biphenyl
PCs – Personal Computers
PNUMA - Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente

PVC - Polyvinyl chloride

PWB - Printed Wiring Board (ou PCB Printed circuit board)

REEE – Resíduos Eletroeletrônicos

RoHS – Restriction of Certain Hazardous Substances

SASSMAQ – Sistema de Avaliação de Segurança, Saúde, Meio Ambiente e Qualidade

SBSC – Sustainability Balanced Scorecard

SGA – Sistema de Gestão Ambiental

TECNOSINOS – Parque Tecnológico do Vale dos Sinos

TIC – Tecnologias de Informação e Comunicação

UICN - União Internacional para a Conservação da Natureza

UNESCO - United Nation Educational, Scientific and Cultural Organization

UNISINOS – Universidade do Vale do Rio dos Sinos

UNITEC – Complexo Tecnológico - Unidade Negócio da Unisinos

WBCSD - World Business Council for Sustainable Development

WEEE – Waste Electrical and Electronic Equipment

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	13
1.2 JUSTIFICATIVA	16
1.2.1 Aspectos Acadêmicos.....	17
1.2.2 Aspectos Sociais	17
1.2.3 Aspectos Empresariais	18
1.3 CONSIDERAÇÕES METODOLÓGICAS.....	19
1.3.1 Questão de Pesquisa	21
1.3.2 Objetivos.....	22
1.3.3 Método da Pesquisa	23
1.3.4 Benefícios, Limitações e Aplicações do Método SBP.....	25
1.3.5 O Método do Trabalho.....	26
1.3.6 Delimitação da Pesquisa.....	29
1.4 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO	31
2 REFERENCIAL TEÓRICO	32
2.1 A SUSTENTABILIDADE NAS ORGANIZAÇÕES.....	32
2.2 DESEMPENHO AMBIENTAL.....	38
2.3 AVALIAÇÃO E MONITORAMENTO DO DESEMPENHO AMBIENTAL.....	40
2.4 CONCEITOS DE RESÍDUOS ELETROELETRÔNICOS E MEIO AMBIENTE	42
2.5 CARACTERIZAÇÃO DE REEES.....	47
2.5.1 Eletroeletrônicos, Seus Componentes e Impactos na Saúde.....	51
2.6 LEGISLAÇÃO E NORMATIVAS PARA REEE	52
2.6.1 Para o Transporte de REEE.....	52
2.6.2 Para o Tratamento de REEE.....	55
2.6.3 Para o Destino Final de REEE	56
3 A PESQUISA	57
3.1 AS UNIDADES DE ANÁLISE	57
3.2 A ELABORAÇÃO DO MODELO	59
3.2.1 O Ambiente Tecnosinos	59
4 MODELO DE AVALIAÇÃO E CONTROLE DE DESEMPENHO AMBIENTAL	70
4.2 APLICAÇÃO DO MODELO	78

4.2.1 Aplicação do Modelo na Operação de Transporte de REEE	78
4.2.2 Aplicação do Modelo na Operação de Tratamento de REEE	82
4.2.3 Aplicação do Modelo na Operação Destino Final de REEE.....	86
4.3 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS	90
4.3.1 Análise Estratégica da Operação de Transporte	93
4.3.2 Análise Estratégica da Operação de Tratamento.....	98
4.3.3 Análise Estratégica da Operação Destino Final.....	102
4.4 CONSIDERAÇÕES GERAIS SOBRE A APLICAÇÃO DO MODELO	106
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	109
REFERÊNCIAS	111

1 INTRODUÇÃO

A tecnologia em equipamentos eletrônicos atualmente é parte do cotidiano da maioria das organizações. Ela pode ser encontrada na forma de computadores, telefones, máquinas e equipamentos que agilizam processos de produção e de comunicação, proporcionando rapidez aos negócios, fundamental para se manter competitivo. Porém, ao mesmo tempo em que são uma solução na melhoria dos processos, passam a ser um problema quando o assunto é obsolescência, substituição e descarte. Embora muitas iniciativas tenham sido tomadas por organizações, como forma de reaproveitamento, a maioria dos equipamentos eletroeletrônicos ainda são gerenciados de forma incorreta, não fechando o ciclo no fim de vida de um produto, com seu destino adequado (GOOSEY, 2004). Este fator se deve por não ter, ainda, um sistema de gestão ambiental que contemple todas as etapas de tais produtos (EROL et al., 2010) com a responsabilidade efetiva sobre a destinação, bem como a falta de estruturas que possam receber e tratar estes resíduos, com desmontagem, descaracterização e disposição final, aproveitando todos os componentes utilizados no processo de fabricação novamente como matéria-prima para novos produtos, reduzindo o descarte (KUIK et al., 2011).

Embora muitas organizações tenham sistemas de gerenciamento ambiental, controlando suas atividades para diminuir os impactos ambientais negativos, buscando a utilização racional dos recursos, ainda há um longo caminho a ser percorrido para conscientização sobre o significado da sustentabilidade e as responsabilidades na utilização de recursos (MALCOLM, 2011). A legislação tem papel fundamental para garantir que o final da vida de um produto seja o retorno ao início do ciclo de outro processo de produção (RAMANATHAN et al, 2010). Este aspecto, perante a legislação brasileira, é chamado de responsabilidade compartilhada, e está previsto na Lei Nº 12.305, de 2 de agosto de 2010, em que todos os agentes envolvidos no processo de produção são responsáveis pelo ciclo de vida do produto (BRASIL, 2010). Embora o rastreamento e o controle de produtos e processos sejam complexos e intrincados, há um esforço para que produtos com maior potencial de periculosidade sejam monitorados diminuindo os riscos ambientais e melhorando a imagem das empresas diante dos consumidores (SUNDIN et al., 2012).

A preocupação com questões ambientais tem sido pauta presente nas nações, pois recursos naturais estão se tornando escassos e os resíduos gerados são em maior quantidade que a capacidade de absorção pela natureza (ONU, 2012). Pela relevância destas questões, a Organização das Nações Unidas (ONU) criou, em 1983, a Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento, com o objetivo de discutir e propor meios de harmonizar

economia e ambiente. Esta comissão definiu desenvolvimento sustentável como aquele que é capaz de suprir as necessidades da geração atual sem comprometer as necessidades das gerações futuras: o desenvolvimento da sociedade atual não deve comprometer os recursos naturais herdados pelas futuras gerações (ONU, 2011).

A efetividade na utilização de recursos naturais e energéticos, quando considerada toda a cadeia produtiva, ainda pode ser considerada baixa. Os impactos de cada etapa do processo de produção são diversificados e podem ser mensurados e controlados por meio de diversas ferramentas (BALKAU et al. 2010). Balkau (2010) ainda reforça a necessidade de se controlar os desperdícios ao longo do processo, avaliando modelos de gestão e controle adotados e a adequação de cada modelo de acordo com a natureza do negócio.

As empresas, principalmente as industriais, têm buscado alinhar suas estratégias de produção com práticas ambientalmente amigáveis. Malcolm (2011) aborda a mudança de comportamentos como fator importante na mudança do processo de produção, forçando a produção verde, que é o produto feito com responsabilidade socioambiental em todo o seu ciclo de vida. Porém, a maioria das práticas ambientalmente amigáveis têm sido implementadas por força da legislação, o que acarreta também uma mudança de comportamento de consumo (ESSOUSSI et al, 2010). As questões econômicas também são consideradas. Muitas vezes, além de não acarretar aumento de custos para as empresas, o desenvolvimento de produtos ecologicamente corretos, ou verdes, pode abrir novos mercados, atraindo novos tipos de consumidores (ESSOUSSI et al., 2010). No caso de equipamentos eletroeletrônicos, uma prática que requer controle é o descarte final. Pode haver neste tipo de produto um conjunto de componentes tóxicos que são perigosos e provocam danos à saúde e ao ambiente quando não acondicionados e transportados adequadamente (SUNDIN et al., 2012). Segundo estimativas da Organização das Nações Unidas–ONU, somente no Brasil são produzidas mais de 360 mil toneladas de resíduo tecnológico, tornando-se prioridade a destinação correta, já que os custos advindos do não tratamento são maiores que os benefícios (UNEP, 2009).

Em grande parte das organizações que têm programas de qualidade, a gestão ambiental é priorizada para cumprir os protocolos e padrões estabelecidos, segundo o critério de cada atividade (BOIRAL et al., 2012). As certificações ISO apresentam avaliação e controle de conformidades, segundo critérios técnicos e padrões internacionais (ISO, 2012). Estas normatizações abrangem as questões ambientais, como ISO 14001, estabelecendo critérios para a caracterização de empresa ambientalmente sustentável. Estes padrões consideram o desenvolvimento de práticas e a gestão dos processos de utilização dos recursos

de maneira eficiente, com o controle dos recursos, avaliação de riscos e impactos ambientais, abrangendo fornecedores e a gestão de resíduos (BOIRAL et al., 2012; ABNT ISO 14001:2004, 2004).

A implementação de Sistemas de Gestão Ambiental (SGA) pressupõe inicialmente a compreensão do conceito de Desempenho Ambiental. Para que se possa ter controle do desempenho ambiental é importante que se tenha o conhecimento efetivo sobre os aspectos a este relacionados. O sistema ISO14000 apresenta como definição de Desempenho Ambiental os resultados mensuráveis que são controlados por uma organização por meio do estabelecimento de políticas, objetivos e metas ambientais, em um processo de gestão (ABNT, 2005). Segundo as normas ABNT (2004) as análises e auditorias desenvolvidas pelas próprias organizações podem não ser suficientes para garantir o atendimento de requisitos legais e manter um padrão de desempenho. Um SGA possibilita o efetivo controle integrado na organização, desenvolvendo uma política de práticas ambientalmente amigáveis adequadas aos aspectos legais, econômicos, culturais, sociais e geográficos relacionados com a empresa (ABNT ISO 14001:2004, 2004). A implantação do SGA possibilita às empresas maior controle por meio de indicadores quantitativos, com os quais se torna possível identificar e informar o desempenho em determinadas áreas de forma compreensível como um reflexo das ações desenvolvidas (LUZ et al., 2006).

A gestão de práticas ambientalmente amigáveis também passa pela redução do ciclo de vida dos produtos, que é um fator de impacto na geração de resíduos, determinada pela velocidade do avanço das tecnologias e sua substituição (BINDEL, 2010). O que pode ser um benefício, quando o desenvolvimento dos produtos prevê eficiência energética e otimização dos processos logísticos, com diminuição do tamanho dos produtos e peso, também é agravado pela falta de capacidade tratamento dos resíduos (GOOSEY, 2004). Esta falta de capacidade é determinada também pelo processo de produção, com integração dos componentes, como as soldas, que tornam difícil a sua descaracterização (WU et al., 2010). A montagem das placas e circuitos é feita de forma a garantir suas funções sem perdas de desempenho e também para garantir a sua integridade. Este processo dificulta sua descaracterização, pois na maioria dos casos, não prevê a sua desmontagem e separação de componentes (HANAFI et al., 2008). Há a necessidade, portanto, de desenvolver formas de reciclagem de baixo custo, e que possa trazer também ganhos econômicos na reutilização destes recursos, sem que sejam dispostos em aterros ou mesmo incinerados, causando danos ambientais e perdas de matéria prima (BINDEL et al., 2010). Neste aspecto, as empresas têm responsabilidade de conhecer e acompanhar a destinação final dos produtos utilizados e

descartados, garantindo que não será disposto em aterros, causando poluição e danos ambientais (WU et al., 2010).

Os Resíduos Eletroeletrônicos (REEEs) são todos os resíduos gerados pelo descarte de equipamentos elétricos e eletrônicos após o fim de sua vida útil, por descontinuação do uso, por obsolescência, ou ainda por não apresentarem mais o desempenho para o qual foram desenvolvidos (JANG, 2010). Sundin (2012) defende o desenvolvimento de sistemas automáticos para desmontagem de placas e circuitos eletroeletrônicos. Atualmente o processo de descaracterização e desmontagem é, em sua maioria, manual, dificultando o processo. Porém os processos industriais ainda não estão adaptados para este conceito de produção, chamados de ecoindústrias, ou indústrias verdes. Neste conceito o desenvolvimento do produto já contempla a sua descaracterização, valorizando todo o ciclo de vida e o seu fim, ou retorno ao início do processo na forma de matéria prima, fechando o ciclo sem perdas e com a mínima geração de resíduos.

Apesar de muitas empresas já adotarem medidas para destinação de Resíduos Eletroeletrônicos - REEEs há poucas evidências de padronização para esta prática. A legislação brasileira não prevê a forma como deve ocorrer, apenas indica o que deve ser feito, com a proibição de disposição deste resíduo em aterros sanitários (BRASIL, 2010). Esta pesquisa, desenvolvida no Parque Tecnológico de São Leopoldo, TECNOSINOS, tem o propósito de apontar caminhos, propondo um modelo de avaliação e controle, utilizando um cenário em que há práticas já adotadas na minimização de impactos ambientais pela implementação de um Sistema de Gestão Ambiental – SGA, que prevê, entre muitas ações, o controle do destino dos REEE.

1.2 JUSTIFICATIVA

As iniciativas de gerenciamento de resíduos eletroeletrônicos ainda são incipientes e não há dados que possam avaliar precisamente a quantidade de resíduos tratados corretamente, tanto pela reutilização, descarte adequado, bem como a forma de descarte e controle na sua destinação (ONU, 2012; BIGUM et al., 1012). Espera-se contribuir com uma ferramenta que possa servir para futuras iniciativas e seja subsídio para monitoramento quantitativo e qualitativo do tratamento de resíduos eletroeletrônicos.

As pressões para que se tomem medidas de controle ambiental nas empresas têm gerado a necessidade da mudança de atitude frente ao processo de produção, buscando soluções globais para o gerenciamento das etapas do consumo e pós consumo. O

desenvolvimento de produtos com base nos conceitos de ecodesign, avaliando seu desempenho de sustentabilidade é uma das mudanças que se tem acompanhado nos últimos anos (KUIK et al., 2011). A concepção do produto considera os aspectos de minimização de impactos ambientais negativos. O desenvolvimento de modelos de medição de desempenho tem se tornado frequente e necessário para que as empresas possam ter um indicativo do seu estágio de maturidade em desenvolvimento sustentável (LUZ et al., 2006). Sistemas de Gestão Ambiental passam a fazer parte do planejamento das empresas como adequação às exigências legais e também a pressões dos clientes, que têm apresentado uma tendência de preocupação com consumo consciente.

1.2.1 Aspectos Acadêmicos

Na literatura consultada não há menção a modelos e avaliações de desempenho ambiental especificamente nas operações de tratamento e destino final de REEE, apenas tratando aspectos isolados de impactos ambientais por determinados tipos de produtos. Destacam-se os problemas relacionados ao fim de vida dos produtos e os impactos dos mesmos no ambiente e na saúde, e também os aspectos relacionados ao desenvolvimento de produtos que possam facilitar a descaracterização (SUNDIN et al., 2012; GOOSEY, 2004;) Também meios de devolução são mencionados, com avaliações de impactos de REEEs com a disposição incorreta, entre outros aspectos (HISCHIER et al., 2005; WAGER et al., 2011).

A falta de literatura tratando do tema de forma sistêmica e integrada é relevante na elaboração do objeto proposto. Espera-se, com este estudo, contribuir para o desenvolvimento de um programa de controle e gerenciamento das operações sustentáveis no parque Tecnológico de São Leopoldo, TECNOSINOS, nas operações de transporte, tratamento e destino final de REEEs, que possa também ser aplicado em outras organizações.

1.2.2 Aspectos Sociais

Dados da ONU (2012) apontam, além da pequena quantidade de REEEs que são tratados, comparados à geração anual, o constante crescimento desta atividade. A maior parte das atividades de coleta de resíduos recicláveis é feito por catadores de sucata, organizados em cooperativas, associações ou pequenos negócios. Segundo o Instituto Ethos (2007), a taxa de crescimento de resíduos sólidos é maior que a taxa de crescimento populacional e o investimento em políticas de sustentabilidade socioambiental é fundamental para gerar

desenvolvimento local, proporcionando o empreendedorismo e a inclusão social, sendo responsabilidade de todos os setores da cadeia. Pesquisas que possam contribuir com a identificação de lacunas para o melhor gerenciamento dos REEEs são essenciais para subsidiar as ações das empresas propiciando um tratamento adequado.

1.2.3 Aspectos Empresariais

A oportunidade da pesquisa para a área empresarial está, principalmente, na medição do desempenho ambiental do parque tecnológico TECNOSINOS, contribuindo para o desenvolvimento de ações que o elevem a categoria de primeiro *Green Tech Park* das Américas, fortalecendo a imagem das empresas que fazem parte do complexo. A pesquisa identifica as ações de gestão ambiental desenvolvidas nas empresas presentes no parque, no aspecto do gerenciamento de REEE e possibilitará a identificação das lacunas existentes no gerenciamento das operações de transporte, tratamento e destino final. Apontará caminhos para o controle efetivo dos resíduos, previsto por legislação específica, gerando matéria prima por meio do ciclo reverso, com menores impactos ambientais e maior controle.

A busca em bibliografias nacionais e internacionais, por meio do portal da CAPES, reforça a oportunidade e a relevância da pesquisa, por apresentar em suas publicações uma preocupação com o controle das operações de forma sustentável, do início ao fim da vida dos produtos. As pesquisas reforçam também o controle na forma como é feito o acompanhamento do ciclo dos produtos, citados por alguns autores, com a responsabilidade sobre os impactos ambientais de cada operação, minimizando os riscos de poluição e danos à saúde (BIGUM et al., 2012; SANSOTERA et al., 2013; GERAGHTY, 2013; GOOSEY, 2004; SUNDIN, 2012; JOHANSSON et al., 2008).

Para Kuik (2011) uma empresa com gestão sustentável apresenta o controle de seus processos em três aspectos principais:

- Gestão do processo de produção, contemplando a fonte de matéria prima, o processo fabril, a distribuição e o controle pós-consumo;
- Gestão colaborativa; e
- Gestão sustentável.

Estes três itens sintetizam um conjunto de ações que geram modelos de negócios economicamente viáveis. Porém, somente com a participação efetiva inter-organizacional é possível melhorar os processos de produção, oportunizando as melhorias nos produtos e

menor geração de resíduos (ZHU et al., 2008).

Diante deste cenário, o tema de gerenciamento de resíduos eletroeletrônicos ganha força e importância quando analisados os aspectos dos componentes de cada um dos produtos desenvolvidos. Estima-se de que apenas 13% deste tipo de produto são reciclados no mundo, o que pode gerar passivo ambiental (ONU, 2012). Quando dispostos de maneira incorreta perde-se não somente pelo dano ambiental ou pelas contaminações que causam sérios problemas de saúde, mas também por ser uma perda econômica, pois muitos dos componentes ainda têm potencial de utilização por certo período.

A reutilização dos materiais por meio da descaracterização e reciclagem também é considerada tanto pelos aspectos de minimizar impactos ambientais pela extração, como para evitar que haja disposição inadequada. A literatura apresenta aspectos do ciclo reverso e modelos adotados com o propósito de controle sobre os resíduos bem como as responsabilidades dos agentes na cadeia, fechando o ciclo dos produtos, retornando ao início como matéria prima (EROL et al., 2010; SANSOTERA et al., 2013; BIGUM et al., 2012)

Proporcionar um recurso de avaliação e monitoramento, integrando técnicas para o controle dos recursos disponíveis e o tratamento que é dado, fortalecerá a imagem das empresas como ambientalmente responsáveis (OGUCHI et al., 2012). As dimensões da economia e ecologia fazem parte de uma estratégia para o desenvolvimento de centros tecnológicos com gerenciamento dos recursos. Esta pesquisa se propõe a investigar um aspecto específico na construção de um conjunto de diretrizes que fazem parte de uma macro estratégia para a construção de um *Green Tech Park*, o primeiro Parque Tecnológico Verde das Américas. Os resultados poderão ser norteadores para outros aspectos gerenciais futuros que envolvam as organizações presentes na estrutura do Parque Tecnológico, objeto deste estudo.

1.3 CONSIDERAÇÕES METODOLÓGICAS

A presente pesquisa é proposta através de chamada pública do Ministério de Ciência e Tecnologia e Ministério das Cidades, com financiamento do FINEP, denominada TECRESOL - Tecnologias para tratamento e reciclagem da parcela biodegradável dos Resíduos Sólidos Domésticos (RSD) e Valorização de Resíduos de Equipamentos Eletroeletrônicos (REEE).

Para o desenvolvimento da pesquisa partiu-se do pressuposto que os REEEs, em sua maioria, não são descartados e tratados corretamente, gerando danos ambientais severos,

principalmente pelo fato de terem em sua composição produtos tóxicos, caracterizados como perigosos. Este dano ambiental gera também dano na imagem corporativa e submete a empresa a responsabilizações legais. Os resultados gerados a partir deste estudo se propõem a responder à questão de pesquisa de forma a proporcionar um modelo aplicável de gestão logística dos resíduos eletroeletrônicos em três operações distintas. A Figura 1 apresenta a forma como se deu o desenvolvimento, iniciando o processo pela compreensão do problema.

A exploração do problema, partindo do diagnóstico do estágio atual das empresas pesquisadas pode dar os parâmetros das ações já adotadas em termos de gestão ambiental, possibilitando a compreensão e o ponto de partida para as ações específicas. A revisão conceitual sobre o desempenho ambiental traz os elementos para a avaliação dos construtos e indicadores já adotados pelas empresas e auxilia na composição dos construtos e indicadores específicos para a elaboração do modelo proposto.

Figura 1- Fluxo de resolução de um problema



Fonte: do autor, adaptado de Miguel, 2010

A partir da revisão conceitual sobre REEE, é possível a aplicação do modelo de avaliação e controle nas operações de transporte, tratamento e destino final, já com as respostas de quais indicadores mais contribuem para o melhor desempenho e quais os que não são considerados importantes no processo pesquisado. Estes resultados servem para a identificação dos pontos críticos, e onde deverão ser investidos esforços para um melhor

desempenho, bem como a comparação entre as empresas do mesmo Parque Tecnológico, diferenciando-se por níveis de maturidade.

1.3.1 Questão de Pesquisa

A necessidade de gerenciamento dos recursos é uma preocupação constante para a maioria das empresas, visando redução de custos, e pode ser determinante para manter a competitividade. A gestão da cadeia de fornecimento pressupõe requisitos básicos de atendimento às especificações de qualidade. Assim como o atendimento às normas ambientais para o desenvolvimento das atividades produtivas, por meio de certificações pelo cumprimento às formalidades por níveis de exigência, garantem uma imagem de empresa responsável. A mudança nas práticas não visa apenas o atendimento à legislação, mas também o aumento de eficiência, com gestão consciente dos recursos, proporcionando ganhos econômicos, bem como os apelos dos consumidores (LAU, 2011; GOBBI, 2011; SCHVANEVELDT, 2003).

Para compreender melhor este fenômeno de mudanças nas práticas organizacionais com maior preocupação com as questões ambientais dos processos de produção, passou-se a utilizar o termo eco-eficiência. Eco-eficiência, segundo o WBCSD (2000), é a união de esforços para o desenvolvimento sustentável global. Produtos desenvolvidos em conjunto, avaliando sua utilização e também a disposição ou descarte ao final do seu ciclo de vida, podem privilegiar aspectos de reutilização ou substituição parcial de componentes sem a necessidade que todos os componentes de um mesmo produto sejam descartados quando apenas uma parte tenha a necessidade de substituição (SCHVANEVELDT, 2003; GOOSEY, 2004).

O termo eco-eficiência foi criado na década de 1990, com o propósito de explicar negócios comprometidos em criar produtos com a utilização racional dos recursos. Passou a ser um instrumento de identificação das melhores práticas que possam diminuir os danos ambientais com oportunidades de negócios a partir da mudança de cultura no processo produtivo. É um incentivo à inovação com a responsabilidade socioambiental que tem como função também trazer ganhos financeiros. Em 1993 ficou acordado o conceito de eco-eficiência:

A eco-eficiência atinge-se pela oferta de bens e serviços a preços competitivos, que, por um lado, satisfaçam as necessidades humanas e

contribuam para a qualidade vida e, por outro, reduzam progressivamente o impacto ecológico e a intensidade de utilização de recursos ao longo do ciclo de vida, até atingirem um nível, que, pelo menos, respeite a capacidade sustentação estimada para o planeta Terra. (WBCSD, 2000).

Por se tratar de um tema relevante, a questão ambiental tem sido tratada em muitas empresas como prioridade, buscando-se modelos que possam atender as necessidades das empresas de uma gestão lucrativa e também com impactos ambientais reduzidos (OLSON, 2009). A redução de emissão de gases do efeito estufa, poluentes químicos e tratamento de efluentes são alguns dos itens em destaque nos programas ambientais das organizações, monitorados por força das regulamentações, mas também estimulando a inovação em suas práticas, gerando ganhos econômicos (RAMANATHAN et al., 2010). Entre os diversos tipos de impactos ambientais, os resíduos dos equipamentos eletroeletrônicos – REEEs representam uma parcela importante a ser monitorada. O crescente desenvolvimento da tecnologia em produtos eletroeletrônicos e a rápida obsolescência tornam urgente e necessário o investimento em pesquisa e desenvolvimento de técnicas que permitam o adequado destino e tratamento dos resíduos (GOOSEY, 2004).

Diante deste cenário surge a questão que norteadora desta pesquisa: *quais os fatores que contribuem e, portanto, devem ser mensurados e controlados, para a formação de um modelo de gerenciamento do desempenho ambiental nas operações de transporte, tratamento e destino final de resíduos de equipamentos eletroeletrônicos?* Muitos critérios já foram definidos pelas métricas dos programas de gestão da qualidade ambiental, responsáveis pelas conformidades necessárias para certificações como as da família ISO 14.000 e o SASSMAQ para empresas de transporte de produtos químicos. Outros critérios importantes ainda poderão ser observados, pois no que se refere a equipamentos eletroeletrônicos há ainda um longo caminho a ser percorrido para regulamentação e classificação de risco e gestão.

1.3.2 Objetivos

A pesquisa tem como objetivo construir um modelo para avaliação e controle de desempenho ambiental em operações de Transporte, Tratamento e Destino Final de Resíduos Eletroeletrônicos no Parque Tecnológico de São Leopoldo.

Os Objetivos Específicos para esta pesquisa são:

- Propor o modelo de avaliação e controle de desempenho ambiental nas operações de transporte, tratamento e destino final de REEE;
- Aplicar o modelo no Parque Tecnológico de São Leopoldo, nas três operações e fazer uma análise comparada dos resultados.

1.3.3 Método da Pesquisa

O problema a ser investigado requer um plano do procedimento a ser adotado para sua investigação. A definição do tipo de pesquisa é fundamental para o seu sucesso. Köche (1997) distingue os tipos de pesquisa em: bibliográfica, experimental, descritiva e exploratória. O alicerce da pesquisa será o referencial teórico, que norteará o rumo da pesquisa a ser desenvolvida. Os meios mais comumente utilizados para a condução do estudo na Engenharia de Produção, segundo Miguel et al. (2010) podem ser: Pesquisa de avaliação (*survey*); Modelagem/simulação; Experimento; Pesquisa-ação e; Estudo de caso.

O desenvolvimento desta pesquisa se dá por meio de uma abordagem qualitativa para o desenvolvimento do modelo de avaliação e controle de desempenho ambiental nas operações de transporte, tratamento e destino final de Resíduos Eletroeletrônicos, denominados ora em diante apenas de REEE. O método adotado para a pesquisa é a modelagem qualitativa. Segundo Miguel et al., (2010), “*a Modelagem utiliza-se de técnicas matemáticas para descrever o funcionamento de um sistema ou parte de um sistema produtivo.*” (pág. 64). Por meio do modelo existente pode-se identificar possíveis mudanças e melhorias, propondo ações após a sua avaliação.

A pesquisa é classificada como descritiva, pois se propõe a *descrever* de forma analítica as etapas da investigação e as relações entre as informações coletadas, apresentando o modelo (MIGUEL et al., 2010). Também é aplicada, pois o conhecimento gerado possibilita a compreensão de problemas locais (SILVA E MENEZES, 2001). A investigação proposta utiliza-se de técnicas e instrumentos que devem gerar, por meio de sua análise e implementação não só o conhecimento científico, mas a adoção das boas práticas na unidade pesquisada (KÖCHE, 1997).

Segundo Miguel (2010), uma das diferenças entre as abordagens quantitativa e qualitativa é que a primeira tem como foco a estrutura e os elementos da estrutura do objeto. A segunda foca nos processos do objeto de estudo. A preocupação deve ser de entender o processo e o caminho percorrido, analisando os eventos, não apenas os resultados. A escolha

do pesquisador pela abordagem deve levar em consideração o objeto do estudo bem como os aspectos a serem analisados na pesquisa. Numa abordagem de modelagem pode-se utilizar a abordagem mista, considerando também o envolvimento e interação do pesquisador no ambiente pesquisado. Podem-se utilizar ambas as abordagens, com necessidades de avaliação de aspectos isolados com ênfase diferenciada. Para tanto utiliza-se de questionários abertos ou fechados, *surveys*, observação, coleta de dados documentais, entre outras fontes de informações diretas e indiretas.

A natureza do estudo proposto, a composição do problema de pesquisa bem como seus objetivos conduz a um estudo de caráter qualitativo, com aplicação de modelagem para a estrutura do problema. Poucos estudos desenvolvidos nesta área requerem um estudo documental com levantamento de informações de diversas fontes e ferramentas múltiplas para levantamento de dados. A sustentação teórica deste modelo de pesquisa também garante que a reflexão sobre a teoria aconteça nas diversas fases da pesquisa. As percepções do pesquisador são sustentadas pela análise de dados e documentos coletados, com a perspectiva do processo, da evolução dos conceitos, elaborando uma espécie de mapa do território investigado (MIGUEL et al., 2010).

Para a elaboração do modelo utilizou-se o método SBP, desenvolvido para a elaboração de modelos de desempenho ambiental, possibilitando sua avaliação por meio de construtos e indicadores com formação de grupo focado (SELLITTO et al., 2010). O uso deste método tem como característica a flexibilidade, pois identifica as características do ambiente e suas necessidades por meio de indicadores e suas avaliações. Os dados resultantes da avaliação possibilitam o controle, indicando os pontos que necessitam de maior atenção e ações de melhoria para alcançar melhores resultados em desempenho.

A coleta dos dados tem seu desenvolvimento por meio de relatórios das empresas participantes da pesquisa, por meio de entrevistas e acompanhamento de reuniões de um grupo gestor, já existente no Parque Tecnológico. A participação do pesquisador se deu como observador, tendo a liberdade questionar e interagir, contribuindo na elaboração dos documentos de gestão ambiental, buscando elementos que contribuíram na elaboração do modelo proposto. Esta participação também teve a função de agregar o grupo na formação do Grupo Focado, fundamental para a elaboração dos construtos e indicadores utilizados no modelo de avaliação e controle do desempenho ambiental de REEES.

1.3.4 Benefícios, Limitações e Aplicações do Método SBP

Modelos de Desempenho Ambiental tem sido presentes na literatura. Dentre os métodos destaca-se o AHP (*Analytical Hierarchical Process*), que é um método multicriterial desenvolvido utilizando-se de uma estrutura de priorização de indicadores, de maneira hierárquica. A avaliação dos indicadores, com uma avaliação qualitativa, leva a uma composição numérica quantitativa de desempenho, auxiliando assim na tomada de decisão (KHAMKANYA, et al., 2012, SELLITTO, et al., 2010; MARINS, et al., 2009). Esta forma de avaliação é uma de suas vantagens, juntamente com a capacidade de avaliar um problema complexo apontando para julgamentos práticos. A sua utilização é flexível podendo ser aplicada em diferentes segmentos (SAATY, 2008).

A literatura aponta outros métodos utilizados para medições de desempenho, como o Ecoblock, proposto por Pegado, et al. (2001) e Melo e Pegado (2006), o BSC, aplicado por Hsu et al. (2010) para elaborar um “Mapa da Estratégia Ambiental” em uma indústria automobilística. BJÖRKLUND, et al. (2012) utilizou-se de classificação multidimensional em avaliação ambiental de operações de logística e transporte. Oguchi et al. (2012) utilizou-se do Método IEC 62321, da *International Electrotechnical Commission*, na avaliação dos componentes de REEE pela sua toxicidade e a importância relativa dos vários tipos de REEEs para assim programar seu tratamento. Outros métodos de avaliações do tipo *surveys*, indicadores de comparação entre organizações e SGAs foram aplicados em medições e avaliações de desempenho ambiental, identificando o atual estágio em relação a outras organizações, auxiliando na definição de ações estratégicas nas empresas, tanto na avaliação de fornecedores como na elaboração de projetos de produtos ambientalmente amigáveis (BAGUR-FEMENIAS et al., 2013; HANSEN, et al., 2012; KHALILI, et al., 2013; WALLS, et al., 2012; ZENI et al., 2012)

Uma das críticas aos métodos multicritério está relacionada à quantidade de critérios e sub-critérios que podem gerar inconsistência nas informações, já que pode ocorrer inversão na avaliação do indicador (WANG E ELHAG, 2006; GRANDZOL, 2005; HUMMEL, et. al., 2002). No método SBP os indicadores recebem pesos iguais, distribuídos de maneira uniforme para os construtos, considerando-os de maneira inter-relacionada, de acordo com o momento atual, não interferindo isoladamente no resultado da avaliação (SELLITTO et al., 2010; LUZ, et al., 2006).

Meyer et. al. (2002) defende a simplificação da medição, argumentando que esta deve ser feita considerando apenas o que é relevante e necessário, já que todas as formas de

medição apresentam imperfeições. Segundo o autor o mais importante é medir de forma que a realidade seja percebida e seus resultados levem a um plano de ação eficiente. Björklund, et al. (2012) também aponta estas ineficiências nos métodos, mostrando como podem ser tratadas, sem comprometer os resultados globais de utilização das diversas metodologias.

O Método SBP tem sido utilizado para medições e avaliações de Desempenho Ambiental em distintos setores. Sellitto, et al. (2010) utilizou-se do método para avaliação de desempenho ambiental em operações de manufatura múltiplas. Kohl, et al. (2009) desenvolveu uma avaliação de desempenho ambiental em um operador logístico, com utilização de indicadores categóricos. Também foi testado para avaliação de desempenho ambiental em operação industrial de grande porte e também usinagem, na perspectiva de identificação de construtos que deixaram de contribuir para o desempenho máximo (SELLITTO et al. 2008 e 2009).

Segundo Sellitto, et al (2010), uma das fragilidades consideradas no uso do método SBP se dá pelo fato de que, em uma análise complexa, a distribuição de importâncias relativas dos construtos pode ser alterada por mudanças e interações geradas no processo já que os ambientes são dinâmicos. Por consequência, há alterações nos indicadores. Ao mesmo tempo em que esta pode ser apontada como uma dificuldade ou limitação do método pode, contudo, ser uma vantagem, já que em um período de tempo pode-se replicar o método, obtendo-se outro resultado, avaliando-se em períodos alternados gerando relatórios progressivos. Estes relatórios podem demonstrar as interferências da tomada de decisão e sua influência direta no melhor ou pior desempenho de cada um dos construtos, e seu resultado ao final de cada período, possibilitando assim o maior controle.

1.3.5 O Método do Trabalho

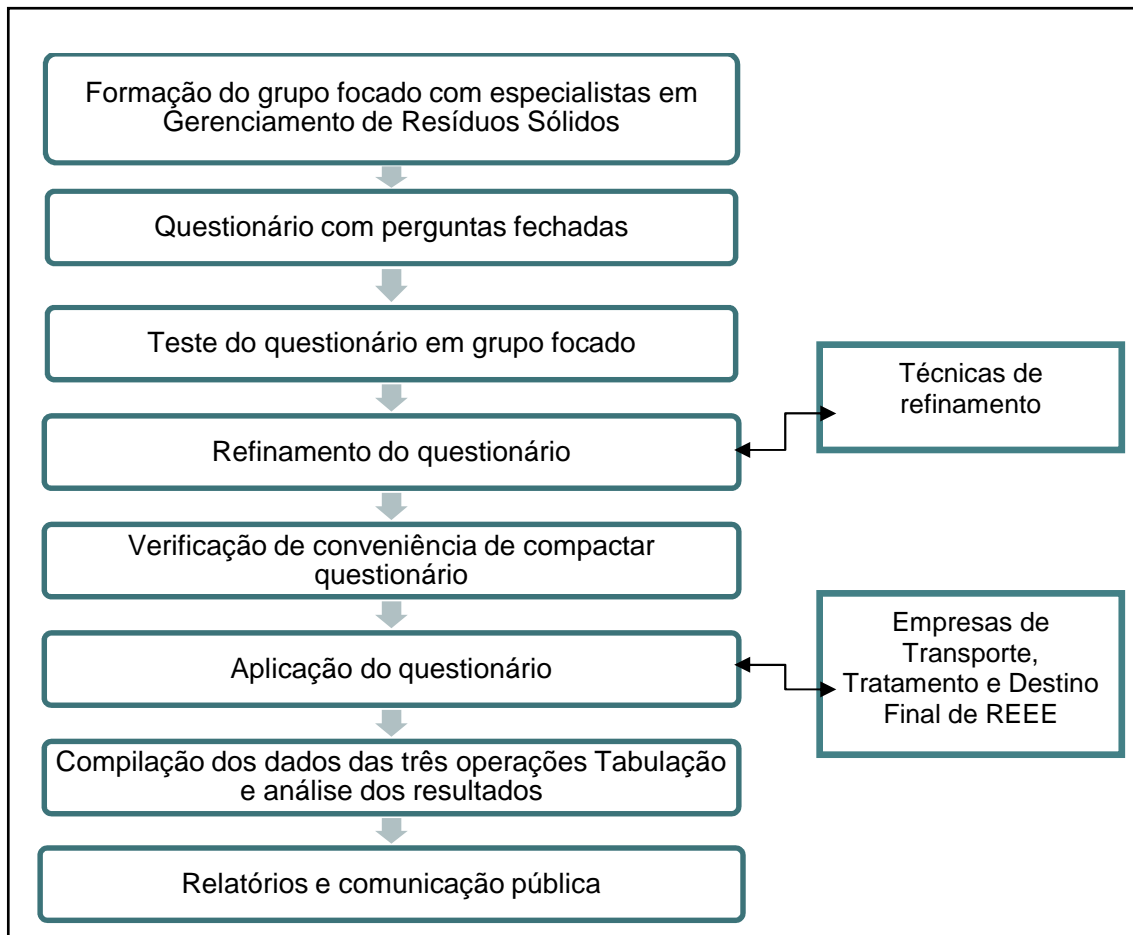
A pesquisa aconteceu em seis macro etapas, assim definidas:

- Pesquisa bibliográfica, conceitual-teórica;
- Formação do Grupo Focado, avaliação do ambiente Tecnosinos, empresas-âncora, e escolha das unidades de análise;
- Aplicação dos questionários, teste piloto e refinamento do Questionário;
- Entrevistas com as empresas de Transporte, Tratamento e Destino final, com aplicação de questionários;
- Análise dos dados coletados;

- Comunicação pública dos resultados da pesquisa.

As etapas da pesquisa estão representadas na Figura 2.

Figura 2- Fluxograma do desenvolvimento da Pesquisa



Fonte: elaborado pelo autor

Na primeira fase da pesquisa foi realizado o levantamento de publicações nacionais e internacionais a respeito do tema de estudo, o modelo adotado nos diversos países, a estrutura do sistema e regulamentação. Também, por meio de bibliografia, foi estudada a tecnologia adotada em diversos países e o sistema de gerenciamento dos resíduos, bem como avaliações feitas sobre a utilização dos modelos de gestão ambiental. Esta fase foi o suporte necessário para o desenvolvimento das demais etapas, assim como gerou o conhecimento formal necessário ao pesquisador para a compreensão dos sistemas. A revisão conceitual foi o subsídio necessário para a elaboração das proposições, avançando o estudo na busca de dados que o conduziram a delinear o modelo proposto no objetivo da pesquisa. A base de informações utilizada foi, principalmente, o portal da CAPES, identificando na literatura

internacional ligada à área de engenharia e sustentabilidade, publicações que contribuam conceitualmente no propósito do estudo. Também nesta etapa foi feita a identificação dos sistemas de regulação e políticas públicas adotadas, nacional e internacionalmente.

O segundo momento da pesquisa foi caracterizado por reuniões com a coordenação do Tecnosinos, apresentando a proposta da pesquisa e abertura para participação no Grupo Gestor e na formação do Grupo Focado conduzido pela pesquisadora com três especialistas em gestão ambiental. As reuniões quinzenais, realizadas num período de seis meses, foram essenciais para compreensão do ambiente Tecnosinos e o atual estágio, sendo a base para compreensão das necessidades na elaboração do modelo. A pesquisadora participou das reuniões do Grupo Gestor e Comitê Técnico e também teve contatos telefônicos ou por e-mail com os consultores e pesquisadores a fim de aperfeiçoar o conhecimento e ter a sua colaboração na definição dos construtos e indicadores.

Para realização desta pesquisa, foi utilizado um diagnóstico desenvolvido nas empresas presentes no TECNOSINOS - Parque Tecnológico de São Leopoldo, através de consultoria técnica. Este parque está localizado na cidade São Leopoldo, junto a UNITEC – Unidade Tecnológica (Incubadora Tecnológica Empresarial) da Universidade do Vale dos Sinos – UNISINOS. Foram analisadas as suas práticas atuais no Tecnosinos e Unitec e, a partir desta, a participação efetiva na elaboração conjunta de um modelo de gerenciamento de REEE para aplicação e controle de forma sistemática, nas operações de Transporte, Tratamento e Destino Final.

A definição dos construtos e indicadores se deu tendo como base a literatura pesquisada e relatórios da análise das empresas do Tecnosinos, bem como em discussões com especialistas, que contribuiram na sua construção para posterior aplicação nas empresas analisadas. O método utilizado foi desenvolvido a partir da identificação das empresas âncora; a identificação de seu nível de maturidade perante a avaliação antecedente pelo comitê técnico; a identificação dos construtos e indicadores junto à formação do Grupo Focado, tendo como base os principais indicadores utilizados pelas empresas por meio dos seus programas de sustentabilidade e, também, pelos indicadores relevantes à pesquisa, utilizados pelo SGA Unisinos.

Os resultados da análise foram registrados em relatório descritivo. A geração do relatório aponta sugestões para a cadeia de reciclagem de REEEs, tanto para redução do impacto ambiental como para alguma recuperação de valor do resíduo em operação de logística reversa. A comunicação pública dos resultados é a etapa final da pesquisa.

1.3.6 Delimitação da Pesquisa

Esta pesquisa teve seu desenvolvimento com o grupo de empresas fornecedoras de serviços de transporte, tratamento e destino final de REEE para o Parque Tecnológico de São Leopoldo - Tecnosinos, localizado na região metropolitana do Rio Grande do Sul e empresas que desenvolvem a atividade nas operações propostas fora do ambiente Tecnosinos. O Parque Tecnológico tem como característica a composição de um grupo de empresas, localizadas em uma área física junto à Universidade do Vale dos Sinos - UNISINOS. Além da Universidade, que gerencia o Parque, compõe também uma incubadora tecnológica UNITEC, com empresas de tecnologia e serviços, e empresas já consolidadas, tanto nacional como internacionalmente. As empresas fornecedoras estão presentes principalmente na cidade e região, proximidade geográfica que facilita a prestação do serviço com efetividade.

As empresas, para utilizarem a área do Parque Tecnológico, seguem os critérios do Sistema de Gestão Ambiental da Universidade, porém cada uma delas segue, individualmente, os critérios e certificações ambientais e de qualidade de acordo com sua área de atuação, por força de legislação, ou desempenho pelo seu processo de maturidade empresarial. Nesta pesquisa, é apresentado o atual estágio das empresas integrantes em seu nível de maturidade ambiental e as ações de gerenciamento de resíduos eletroeletrônicos, como as medidas adotadas para seu descarte.

Embora as medidas ambientalmente amigáveis da Universidade sejam consolidadas e as empresas adotem medidas de controle, a pesquisa delimita o estudo especificamente sobre eletroeletrônicos nas operações de transporte, tratamento e destino final, caracterizando a participação das empresas na percepção de responsabilidade sobre o gerenciamento dos seus recursos em todas as etapas do seu ciclo de vida. Esta delimitação é necessária, pois cada resíduo tem uma especificidade no tipo de tratamento para disposição final. Também a delimitação da amostragem, por empresas participantes de um pólo tecnológico, com proximidade geográfica, permite o desenvolvimento de um modelo, integrando uma rede fornecimento de serviços para um objetivo comum. Mesmo sendo uma amostragem reduzida, com avaliação de duas empresas por operação, são justificadas por serem prestadores de serviço de empresas do Parque Tecnológico TECNOSINOS, ambiente da pesquisa para o qual se propõe o modelo. Além das empresas fornecedoras, três operações externas, com as mesmas características de fornecimento, porém não relacionadas ao ambiente TECNOSINOS, serão pesquisadas dando maior confiabilidade à pesquisa, bem como a participação de três pesquisadores e especialistas em gerenciamento ambiental.

1.3.6.1 Quanto ao Método

Como limitações da pesquisa, no que se refere ao método, é importante ressaltar que os resultados propostos refletem uma realidade por amostragem, sendo no contexto de um Parque Tecnológico e três empresas prestadoras de serviço, com abrangência limitada. Uma maior abrangência e aplicação em grupos isolados de empresas poderá apresentar variações nas importâncias, e também nos indicadores. Mesmo que a amostragem seja do ponto de vista de apenas uma organização, no caso o Parque Tecnológico, é suportado por ter em sua composição um grupo de empresas, que atualmente aproxima-se de 80, em tamanhos variados.

Outra limitação refere-se à aplicação do método e a mensuração dos resultados obtidos, que podem apresentar variações em sua aplicação pelas características das empresas, podendo sofrer variações significativas em operações distintas pelas características da gestão e também pelo volume de REEEs em cada uma delas. Neste caso, o tempo é também fator coadjuvante, já que a pesquisa não constituirá um série temporal, mas trata de um intervalo de tempo e tem um prazo para sua conclusão. Com a dinâmica das organizações, pode apresentar um resultado diferente quando mensurado em outro intervalo de tempo.

1.3.6.2 Quanto aos Recursos

A localização do Parque Tecnológico possibilita o fácil acesso, e as empresas estarem em proximidade geográfica é um grande facilitador. Porém, a limitação de acesso às empresas e o tempo dos envolvidos na participação da pesquisa, restringe-se à participação de encontros nas reuniões do grupo gestor e visita limitada às empresas. A otimização deste tempo é crucial e determinante na aplicação dos questionários e nos resultados obtidos, pois as reuniões do grupo objetivam a elaboração da estratégia de gestão ambiental. Também há limitação de tempo disponível dos entrevistados nas empresas.

Estas limitações são previstas e, portanto, contornadas com os recursos possíveis, não impedindo a sua realização, possibilitando assim novos conhecimentos e avanço científico.

1.4 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO

Esta pesquisa tem como foco o desenvolvimento de um trabalho na área de gerenciamento de resíduos eletroeletrônicos, em três operações distintas e complementares em processo, que está estruturado em cinco capítulos. O primeiro capítulo é chamado de introdução e apresenta as informações pertinentes ao trabalho, contextualizando o problema. Nesta etapa se apresenta o tema, a questão que se pretende responder no decorrer dos trabalhos da pesquisa, os objetivos propostos, geral e específicos, a justificativa e as questões metodológicas e referentes às limitações do trabalho.

No segundo capítulo apresentam-se a revisão conceitual de Desempenho Ambiental e revisão dos conceitos de REEE, suas características de composição e aspectos de toxicidade. Também serão apresentados os aspectos legais e as diretivas para seu descarte e tratamento e o atual estágio das discussões e tomadas de decisão para minimização dos riscos ambientais.

O terceiro capítulo apresenta as etapas do desenvolvimento da pesquisa e os passos metodológicos aplicados para a proposição do modelo. São apresentados os passos para elaboração do modelo de avaliação e controle do desempenho ambiental, partindo da identificação dos construtos e indicadores. É apresentado o passo a passo da aplicação das entrevistas e questionários, bem como a tabulação dos resultados.

O quarto capítulo é dedicado à apresentação dos resultados da pesquisa e às discussões. São explanados os resultados e apresentado o modelo de avaliação e controle de desempenho ambiental nas operações de transporte, tratamento e destino final de REEE e a aplicação do modelo em cada uma das operações. São feitas as considerações e demonstrativos das lacunas existentes. Apresenta o atual estágio de desempenho ambiental em cada uma das unidades pesquisadas para a proposição do modelo, caracterizando o gerenciamento de REEE. Neste capítulo é respondida a questão da pesquisa, atendendo ao objetivo principal proposto. São avaliados os achados e as considerações pertinentes para futuros trabalhos.

O desenvolvimento do quinto capítulo é relacionado à conclusão da pesquisa. Terá como base a análise, seus aspectos gerais e a resposta da questão, bem como considerações a respeito e fatores relevantes no desenvolvimento das atividades.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 A SUSTENTABILIDADE NAS ORGANIZAÇÕES

A pró-atividade na gestão da sustentabilidade nas empresas é um tema que tem tomado forma, como se pode observar por meio da evolução de conceitos e práticas, bem como de práticas integradas aos sistemas de produção e dos marcos regulatórios (SARKIS, 2003; BORCHARDT et al., 2008; ZHU et al., 2008; JACOBS et al., 2010). Diversas iniciativas como a gestão de cadeias de suprimentos verde, demonstram o compromisso com questões ambientais, seja por força da legislação ou impulsionado por um comportamento de consumo responsável. Ainda que muitas empresas adotem postura reativa e sistemas legais de controle sejam, em parte, ineficientes diante do volume de mudanças necessárias para que se possa produzir com eco-eficiência, a literatura nos aponta caminhos. Estes, amparados por sistemas de gerenciamento, modelos de avaliação e controle por meio de indicadores de desempenho, fortalecem uma estatística positiva para o desenvolvimento da gestão sustentável com o intuito de minimizar os impactos ambientais negativos nas operações produtivas (WALLS et al., 2012; BABIAK et al., 2011; HSU et al., 2010).

Um dos indicativos desta mudança é apresentado num estudo de Jacobs et. al. (2010) demonstrando a reação no mercado financeiro, motivada por indicadores de desempenho ambiental. O estudo demonstra que empresas com ações sustentáveis apresentam crescimento positivo no valor das ações. Apesar de a legislação ter um papel importante, as boas práticas implementadas pelas empresas, que extrapolam as exigências legais, podem apresentar resultados econômicos importantes, pela alocação adequada de recursos (BREEN, 2006; HSU et al., 2010).

O desenvolvimento de uma imagem ambientalmente amigável faz parte de uma estratégia das empresas diante dos consumidores, que estão cada vez mais conscientes e valorizam as empresas que apresentam ações de responsabilidade socioambiental (ESSOUSSI et al., 2010). Da mesma forma, o Plano Nacional de Resíduos Sólidos, estabelecido por meio da Lei 12.305, determina as responsabilidades no destino e tratamento, privilegiando a reciclagem e reutilização. Este processo é conhecido como Logística Reversa, que prevê o gerenciamento do fluxo físico dos produtos e embalagens à sua origem após o consumo (CSCMP, 2012). Legislação e mudança no comportamento de consumo estão relacionadas, porém tanto as organizações industriais como governo tem um longo caminho a trilhar no que se refere à gestão de resíduos, incluindo neste aspecto o monitoramento por meio de

indicadores da produção de resíduos (ZENI et al., 2012).

A preocupação com a preservação do meio ambiente tem sido uma constante nos meios empresariais e acadêmicos. A evolução dos acontecimentos que reforçam a busca por alternativas de controle, principalmente nos países desenvolvidos, ocorre em eventos internacionais de grande porte. Os principais eventos internacionais com consequências relevantes para este campo de estudos é apresentada no Quadro 1.

Quadro 1 - Eventos ambientais de relevância internacional

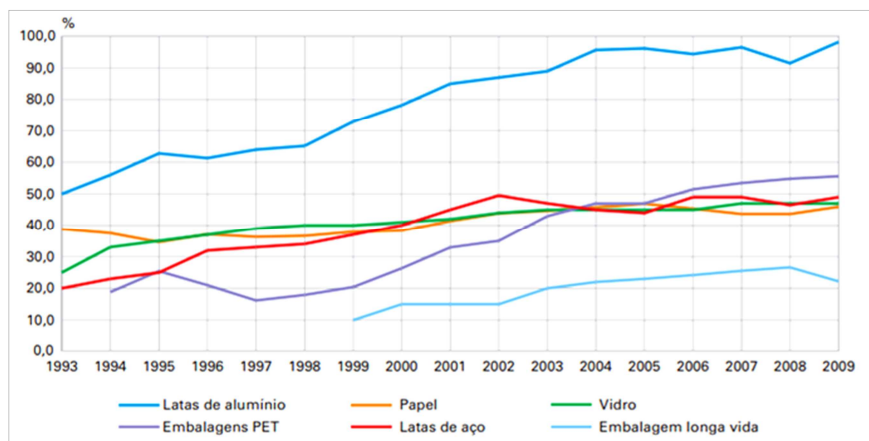
ANO	LOCAL	EVENTO
1948	Fontainbleu, França	Conferência Internacional de Fontainbleu. Início da criação da União Internacional para a Conservação da Natureza, com apoio da UNESCO
1951		Publicação do Estudo da Proteção da Natureza no Mundo. Desenvolvido pela União Internacional para a Conservação da Natureza – UICN.
1972	Estocolmo, Suécia	Conferência das Nações Unidas Sobre Meio Ambiente Humano.
1975	Belgrado, Yugoslávia	Conferência de Belgrado. Elaboração dos princípios e Diretrizes para o Programa Internacional de Educação Ambiental, de caráter contínuo e multidisciplinar, considerando diferenças regionais e interesses nacionais.
1979	Genebra, Suíça	Primeira Conferência Mundial Sobre o Clima. Lançamento do Programa das Nações Unidas pelo Meio Ambiente - PNUMA.
1987	Montreal, Canadá	Conferência Mundial Sobre o Clima. Protocolo de adesão para reduzir as emissões de clorofluocarbonetos.
1992	Rio de Janeiro, Brasil	ECO 92. Convenção da ONU para entrar em vigor a partir de 1994; adoção da convenção sobre diversidade biológica e da Agenda 21.
1995	Berlin, Alemanha	Primeira Conferência dos países signatários da convenção sobre mudança climática.
1997	Kyoto, Japão	Conferência Mundial de Kyoto; protocolo sobre a limitação da emissão de gases do efeito estufa
1997	Thessaloniki, Grécia	Conferência Internacional sobre o Meio Ambiente e Sociedade: Educação e Conscientização Pública para a Sustentabilidade
2000	Haia, Holanda	Conferência Mundial de Haia sobre a mudança climática
2002	Johanesburgo, África do Sul	Conferência de Johanesburgo sobre mudança climática. Cúpula Mundial sobre Desenvolvimento Sustentável. Conhecido também como Rio + 10.
2009	Copenhagen, Dinamarca	15ª Conferência das Partes da Convenção Quadro sobre Mudança do Clima, a denominada COP-15.
2010	Cancún, México	16ª Conferência das Partes da Convenção Quadro sobre Mudança do Clima COP-16
2012	Rio de Janeiro, Brasil	Rio + 20. Conferência das ONU sobre Desenvolvimento Sustentável. Renovação do Compromisso Político com o Desenvolvimento Sustentável, prometendo um futuro econômico, social e ambientalmente sustentável para o planeta e gerações do presente e do futuro (ONU, 2012).

Fonte: elaborado pela autora com base em bibliografia consultada

Os eventos mencionados no Quadro 1 podem ser considerados como norteadores de políticas ambientais nos países, proporcionando marcos regulatórios e também podem proporcionar uma sensibilização da população, por meio da sua divulgação nos meios de comunicação, para o consumo consciente. Estes eventos refletem a importância do tema e as externalidades, que são apontadas como motivadores na elaboração de documentos como o Compromisso Político com o Desenvolvimento Sustentável (ONU, 2012).

O monitoramento dos níveis de utilização de recursos, renováveis e não renováveis, por meio de indicadores que mostram a equivalência entre uso e renovação, bem como de não renovação e disponibilidade futura, afeta a decisão de produção e, por consequência a economia das organizações (VIVATERRA, 2013). Segundo o Vivaterra (2013), o custo de danos ambientais tem sido monitorado no país, por meio de “Indicadores de Desenvolvimento Sustentável” do IBGE. Este monitoramento acontece desde 2002, concretizando o compromisso assumido na Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento, realizada no Rio de Janeiro em 1992. Os 62 indicadores apresentados e utilizados para o relatório, segundo o IBGE, cumprem várias funções, reportando-se a fenômenos de curto médio e longo prazos, nos âmbitos Social, Econômico e Institucional (IBGE, 2012). No que se refere à gestão de resíduos, relevante para a pesquisa desenvolvida, contempla a coleta seletiva dos municípios, a reciclagem de materiais e consumo energético. A Figura 3 apresenta a atividade reciclagem de resíduos, desconsiderando os componentes eletroeletrônicos, o que é justificado pelo relatório do IBGE com os dados enviados pelas entidades que contribuem com o envio de informações.

Figura 3- Proporção de material reciclado em atividades industriais selecionadas no Brasil - 1993-2009



Fonte: Compromisso Empresarial para Reciclagem – CEMPRE. IBGE – IDS, 2012.

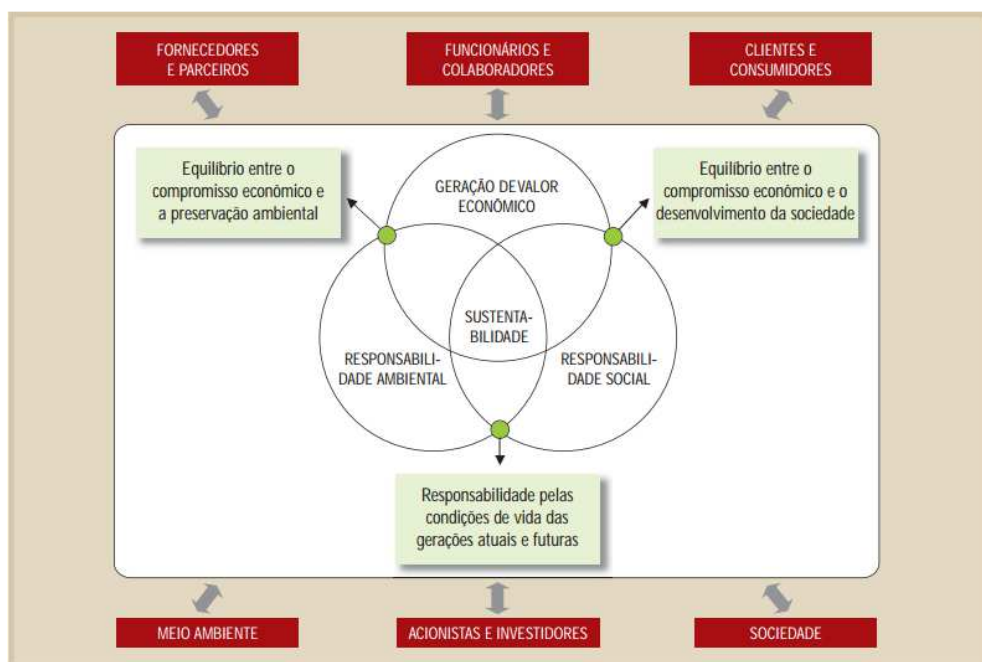
As pressões sociais e legais levam as empresas a se adequarem e desenvolverem programas de gestão ambiental e desenvolverem produtos levando em consideração o desenvolvimento sustentável, minimizando impactos negativos (SCHVANEVELDT, 2003; OLSON, 2009). Embora as preocupações com desempenho ambiental estejam muito presentes na indústria, no desenvolvimento de produtos, as empresas de serviços também têm utilizado ferramentas de avaliação de impactos ambientais em suas atividades. (RAMOS et al., 2007). Já na década de 1990 tratou-se de tema de estratégia ambiental nas organizações, seguindo três estágios: prevenção da poluição; produtos ambientalmente corretos e; produção limpa (HART, 1997). As diferentes metodologias de avaliação ambiental e sustentabilidade são mencionadas por Ramos (2007), apresentando uma preocupação tanto com a padronização dos indicadores por áreas setoriais, assim como a forma de definição destes indicadores.

O modelo industrial do século 20 remete ao aumento do consumo pela quantidade de produtos descartáveis que promovem facilidades e rápida substituição, contudo trouxe efeitos colaterais preocupantes e indesejados (ELKINGTON, 1997). A inovação em design e funcionalidades nos produtos eletrônicos tem se mostrado um grande atrativo para a substituição e descarte de um grande volume de produtos eletroeletrônicos. A redução do ciclo de vida dos produtos é uma consequência deste processo (KANG et al., 2005). Segundo Kang et al. (2005), em muitos países há estudos estimativos de substituição e descarte de computadores pessoais, porém no Brasil, mesmo que se tenha uma estimativa de consumo, o ciclo reverso não é monitorado de forma efetiva. Schvaneveldt (2003) apresenta exemplos de uma crescente preocupação da indústria na mudança do processo de desenvolvimento de produto e iniciativas sustentáveis nas empresas. Melhorar o desempenho ambiental é o grande desafio, atendendo a legislações ambientais e também por aspectos de eficiência econômica.

O caminho do desenvolvimento industrial passou a ter, nesse contexto, uma preocupação com a sustentabilidade (LAU, 2011). Não mais um diferencial para o negócio, mas uma questão crucial para a sua sobrevivência. Agregar as práticas de sustentabilidade requer avaliar as práticas de concepção dos produtos. A Cadeia passa a ser avaliada com critérios ambientais, práticas estas que são percebidas pelo consumidor e até utilizadas como decisão de consumo. O início do processo de desenvolvimento de um produto interagindo com a utilização de recursos que não causem impactos negativos ao ambiente, que sejam economicamente viáveis e que não prejudiquem o desenvolvimento social é evidenciado na literatura por diversos autores (KANG et al., 2005; SCHVANEVELDT, 2003; BORCHARDT et al., 2009, ELKINGTON, 1997).

O modelo proposto por Elkington (1997), do trinômio da sustentabilidade, pode ter sido o precursor dos modelos de gestão ambiental utilizados atualmente. Segundo ele, a sustentabilidade das corporações se dá no âmbito econômico, social e ambiental. A sistematização destas dimensões está representada na Figura 4, elaborada por Pedroso (2007), contemplando também os aspectos relacionados. Esta representação nos dá a abrangência que um programa de gestão sustentável nas organizações deve contemplar mantendo suas dimensões competitivas e lucratividade.

Figura 4- Sustentabilidade Organizacional



Fonte: Pedroso (2007)

As empresas que buscam a sustentabilidade organizacional adotam medidas que contemplem o equilíbrio entre estas três dimensões (PIOTROWICZ, 2009). Um dos marcos da institucionalização destas práticas está no ano de 1987, com a publicação do relatório da Comissão Brundtland, “Nosso Futuro Comum”, que apresenta a definição de desenvolvimento Sustentável: “*O desenvolvimento sustentável é o desenvolvimento que encontra as necessidades atuais sem comprometer a habilidade das futuras gerações de atender suas próprias necessidades*” (DESA, 1987). Diversas normatizações são desenvolvidas a partir deste período, formando um marco regulatório nas ações produtivas das indústrias, bem como a maior conscientização social a respeito dos cuidados ambientais necessários para mantermos a qualidade vida no planeta e a utilização racional de recursos, principalmente dos não renováveis (BRANDON, 2012). Este conceito remete a uma

percepção crítica do sistema de desenvolvimento industrial adotado até então e aponta caminhos para a valorização dos recursos naturais. Sugere que é possível o desenvolvimento econômico com adoção de novas práticas em nível internacional. Segundo Pedroso et al. (2007), a gestão empresarial deve estar sintonizada ao trinômio da sustentabilidade, propiciando o equilíbrio entre as dimensões, pois interferem nos resultados atuais e futuros das organizações.

O desenvolvimento de programas de gestão ambiental nas empresas tornou-se não apenas necessário para cumprir as normatizações impostas, mas também pela capacidade de adequação e acompanhamento de um mercado competitivo, em que as boas práticas são valorizadas pelos consumidores. Segundo a NBR ISO 4000:2004, um Sistema Gestão Ambiental é parte integrante de um macro sistema de gestão das organizações, integrando às estratégias da empresa o gerenciamento ambiental em toda sua estrutura. Para que uma empresa seja considerada sustentável em suas três dimensões, deve adotar algumas práticas que, segundo diversos autores, podem ser estruturadas sucintamente conforme representação no Quadro 2 (ELKINGTON, 1997; LAU, 2011; KUIK et al., 2011; ABNT 2004; ABNT, 2005; ABNT, 1996).

Quadro 2 - Sistematização de práticas globais sustentáveis

ECONÔMICO	<ul style="list-style-type: none"> • Liderança e qualidade • Participação de mercado • Redução de custos • Desenvolvimento de fornecedores • Inclusão de fornecedores locais • Inovação
SOCIAL	<ul style="list-style-type: none"> • Atendimento à legislação • Ações sócio-educativas • Atendimento necessidades básicas • Monitoramento de fornecedores • Apoio ao desenvolvimento local • Formação profissional • Geração de renda • Valorização da economia local
AMBIENTAL	<ul style="list-style-type: none"> • Monitoramento de recursos naturais para produção • Controle de emissões atmosféricas - menor que a capacidade absorção natural • Zero ações de degradação ambiental • Reutilização de recursos • Uso de energias alternativas • Eco-design

Fonte: ELKINGTON, 1997, LAU, 2011 KUIK et al., 2011, BRANDON, 2012, PEDROSO, 2007, PIOTROWICZ, 2009, KANG et al., 2005, WALLS et al., 2012; BABIAK et al., 2011; HSU et al., 2010

Os modelos básicos e mais comumente adotados para a gestão sustentável estão disponíveis, principalmente, por meio de normatizações e padronizações, como:

- ISO 9001, que apresenta a Gestão da Qualidade;
- ISO 14001, que rege sobre Gestão Ambiental;
- ISO 16001 e 26001, de Gestão de Responsabilidade Social.

Estas ferramentas são auxiliares na implementação dos programas de Gestão Sustentável nas empresas. As diretrizes organizacionais devem orientar quais as práticas que devem ser adotadas de acordo com a atividade das empresas, gerando um conjunto que atende à legislação e também boas práticas para manter a competitividade do negócio (NAWROCKA e PARKER, 2009). Os critérios de avaliação e monitoramento do desempenho são definidos de acordo com modelos específicos, que determinam os estágios de maturidade alcançados, observados, principalmente, por meio de análises comparativas pelos indicadores determinados (LUZ et al., 2006).

Atualmente são mencionadas questões relativas aos impactos da Tecnologia de Informação sobre o aspecto econômico da sustentabilidade (LAU, 2011). Ainda que este impacto econômico seja latente, pressupõe ganhos relativos, interfere também sobre o aspecto ambiental, pelo seu processo de produção e também na disposição. Os itens não são claramente avaliados nem tampouco aparecem em modelos de avaliação e controle ambiental na bibliografia pesquisada de forma específica (PIOTROWICZ et al., 2009).

2.2 DESEMPENHO AMBIENTAL

O Desempenho Ambiental pode ser definido com o resultado que pode ser medido, por meio do atendimento aos objetivos propostos, por um Sistema de Gestão Ambiental e também orienta decisões futuras (ALPERSTEDT et al., 2010; SELLITTO et al., 2010; ABNT, 2005). Pressupõe a definição de critérios para a avaliação e o controle, com estabelecimento de objetivos e metas. Dentre os diversos métodos de avaliação e monitoramento de desempenho ambiental, destaca-se por meio da literatura a utilização da ISO 14001 e o BSC.

As pressões crescentes para minimização dos impactos ambientais têm levado à constante busca de soluções tanto no desenvolvimento dos produtos como para melhorar o desempenho das organizações nas questões de competitividade. O desenvolvimento de

estudos e a busca de ferramentas que possam apresentar maior confiabilidade e melhores resultados são identificados na literatura como uma constante para aperfeiçoar os processos de produção com o mínimo dano ambiental possível (BOIRAL et al., 2012; GREEN JR., 2012). Neste cenário, os Sistemas de Gestão passam a ter maior importância, com o objetivo de identificar o atual estágio em relação aos aspectos da sustentabilidade. Para Green Jr. (2012), o apelo ecológico passa pela gestão interna, mas também pela rede de fornecedores, sendo necessário o monitoramento constante.

Avaliar o desempenho ambiental pressupõe integrar todo o ciclo da produção para assim identificar o tamanho do impacto gerado. Este aspecto é identificado como “Pegada Ecológica”, que, em termos gerais, indica o caminho e a distância percorrida para buscar os recursos naturais, e os danos causados pela sua exploração. Também está relacionado aos processos internos utilizados para o ciclo de produção e a assimilação de resíduos gerados (BAGLIANI et al., 2008; FLINT, 2001). A “Pegada Ecológica” tem sido mais amplamente utilizada para medir o desempenho de produtos. Sob este aspecto também é possível identificar, por meio de determinadas metodologias, com uso de construtos e indicadores, o desempenho ambiental de uma operação.

Há diversas abordagens para se avaliar o desempenho ambiental de uma organização, sendo em boa parte baseados em análises multicritério. Neste trabalho explora-se uma abordagem multicritério. Estas têm sido utilizadas na elaboração de modelos e auxiliando na tomada decisão. Awasthi et al. (2010) utilizou-se de um método multicritério para avaliar o desempenho ambiental de fornecedores, em três etapas de análise. Sellitto et al. (2010; 2011) utilizaram-se também de técnicas multicritério para avaliar o desempenho ambiental em operações de transporte e armazenagem em operações de manufatura. Salienta-se que a avaliação multicritério tem características subjetivas, porém com a valorização das experiências e vivências dos envolvidos no processo de tomada decisão considerando fatores importantes para a busca de soluções. Khalili et al. (2013) utilizou-se de técnicas multicritério para o desenvolvimento de uma ferramenta de gestão ambiental. O Método SBP – Sellitto, Borchardt e Pereira, tem como principal objetivo capturar, através de indicadores integrados a complexidade das questões ambientais em uma organização (SELLITTO et al., 2010). A principal vantagem do método observa-se pela sua flexibilidade, sendo possível modificar as importâncias ou indicadores para se ter a avaliação do cenário atual.

2.3 AVALIAÇÃO E MONITORAMENTO DO DESEMPENHO AMBIENTAL

A avaliação do desempenho ambiental de organizações e produtos tem sido frequentemente tratada na literatura, com abordagens ambientais e num contexto socioeconômico (NAWROCKA e PARKER 2009). A quantificação das atividades desenvolvidas, por meio de métricas que são monitoradas, aponta a eficácia das organizações em determinados itens considerados prioritários (PEREIRA, 2001). A avaliação de desempenho, segundo Pereira (2001), pode ser qualitativa ou quantitativa. A avaliação é relacionada a atribuir valor, importância. A identificação dos atributos a serem mensurados pode ser no âmbito operacional, financeiro, ambiental ou gerencial, e compõe o sistema de tomada decisão da organização. Neste contexto, a avaliação de desempenho expressa numericamente as ações desenvolvidas, medindo o que tem relevância no contexto da organização no alcance de suas metas, em relação ao seu meio (NAWROCKA e PARKER, 2009). A quantificação de eficiência e eficácia aponta os caminhos da organização, tanto interna como externamente, por meio de um conjunto de indicadores que têm como função relacionar as ações aos objetivos propostos (BJÖRKLUND, 2012). Os critérios de avaliação propostos e o método utilizado determinam o resultado, já que não há uma única forma de avaliação possível.

Embora os Sistemas de Gestão Ambiental atendam a legislação vigente por meio de do monitoramento da disposição dos resíduos até o destino final (BRASIL, 2010), os equipamentos eletroeletrônicos possuem produtos químicos que, ao serem dispostos irregularmente em aterros, podem causar sérios problemas de contaminação de solo, água e causar danos à saúde (GOOSEY, 2004; SCHONS, 2012; RAMANATHAN et al., 2010; BINDEL et al., 2010). A identificação da responsabilidade de cada um dos agentes envolvidos nos processos de produção, utilização e disposição também é necessária e este é um caminho possível por meio de gerenciamento da cadeia de suprimentos. Ou seja, toda a cadeia logística de fornecimento, suprimento e disposição têm um papel a cumprir, seja por força da legislação ou pela busca de desenvolvimento sustentável das organizações (SARKIS, 2003; ZHU et al., 2005; HERVANI et al., 2005).

O monitoramento de cada um dos participantes da cadeia identifica o desempenho da organização como um todo. Este monitoramento normalmente é feito por meio de indicadores que informam o nível de comprometimento dos agentes da cadeia com os itens a serem mensurados e avaliados, identificando assim o desempenho ambiental (SELLITTO et al., 2011). Embora muitos modelos de desempenho ambiental tenham sido desenvolvidos e

estejam disponíveis na literatura apresentada, a maioria trata de indicadores de desempenho globais. O monitoramento até o fim de vida do produto pressupõe identificar o ciclo reverso e a responsabilidade da organização no controle efetivo do descarte.

A avaliação de desempenho ambiental dos fornecedores também é uma prática que vem se tornando efetiva em muitas organizações abordando critérios que extrapolam a qualidade dos materiais, prazos e custos, mas buscando garantias de que existam práticas de controle de poluição e também de utilização de materiais não nocivos e com mínimos impactos ambientais (AWASTHI et al., 2010). As boas práticas e participação em programas sustentáveis, bem como a adesão às políticas públicas ambientais são citadas por Awasthi (2010) como critério importante de escolhas de contratação. Essa avaliação é crucial, pois estudos demonstram que a maior parte dos impactos ambientais dos produtos, em torno de 80 a 90%, são gerados no início do processo de desenvolvimento (SCHVANEVELDT, 2003). A redução destes impactos, por meio de um planejamento de produto com base nos princípios de eco-eficiência e ecodesign, iniciativas de controle ambiental em toda a cadeia e monitoramento do ciclo de vida, podem garantir produtos com melhor desempenho e redução de perdas no processo (BORCHARDT et al., 2008).

Entre muitas práticas adotadas para a gestão ambiental, a ISO tem sido a mais amplamente difundida e implementada, tornando-se referência principalmente para o mercado consumidor (BOIRAL et al., 2012). Segundo Sellitto et al. (2009), o controle das avaliações de desempenho deve ser baseado em indicadores objetivos, inter-relacionados por áreas, que possam indicar e comunicar o desempenho global das organizações. A origem destes indicadores pode ser de diversas áreas e tem a função de tornar mais visível uma realidade que se queira estudar, facilitando sua compreensão. Nawrocka et al. (2009), neste mesmo caminho, apontam a necessidade de definição de indicadores que privilegiem as questões ambientais, aspectos legais, relevâncias internas e externas que contribuam para a melhoria do desempenho da organização e tragam retorno financeiro e benefícios aos clientes. A medição e comunicação dos resultados da avaliação de desempenho ambiental indicam o atual estágio e apontam os caminhos para as práticas de melhorias (RAMOS et al., 2007). As informações são necessárias para todos os agentes envolvidos na cadeia e nos processos da organização e, neste aspecto Boiral et al., (2012) entende que a ISO 14001 tem um papel importante, pois identifica a atividade da empresa relacionada aos aspectos de minimização dos impactos, embora critique a sua eficácia. Segundo ele, a utilização de modelos híbridos pode demonstrar a preocupação efetiva da organização com questões ambientais quando parte de uma estratégia de boas práticas da organização não apenas para fins de certificações em resposta às

pressões.

Entre as diversas ferramentas que são apresentadas para a gestão ambiental, há estudos que apontam o BSC – *Balanced Scorecard* - como uma alternativa com algumas vantagens (HSU et al., 2010; NIKOLAOU et al., 2013). A utilização de um sistema de gestão empresarial com a integração das questões ambientais atenderia em um único sistema as três dimensões da sustentabilidade (HANSEL et al., 2012). Segundo os autores, o SBSC (*Sustainable Balanced Scorecard*), coloca a sustentabilidade forma sistêmica dentro de uma organização, compondo um sistema de gerenciamento mais eficaz.

Segundo Sellitto e Ribeiro (2004) as avaliações quantitativas ou qualitativas permitem a construção dos modelos por meio de indicadores e suas variações ao longo de um período, sendo monitorados por metodologias específicas. O resultado das medições indica o estado em que a empresa se encontra em suas práticas de gestão ambiental, indica os caminhos de melhoria e também possibilita a tomada decisão na definição de prioridades na gestão (BOIRAL et al., 2012; SELLITO et al., 2010; LUZ et al., 2006). Embora se tenha disponíveis as metodologias e tecnologias, a medição de desempenho e avaliação é um tema complexo, pois envolve, além de investimentos financeiros, questões como geografia, diferenças regionais, culturais, políticas, entre outras características que interferem na padronização de resultados (HERVANI et al., 2005; MANUILOVA et al., 2005).

2.4 CONCEITOS DE RESÍDUOS ELETROELETRÔNICOS E MEIO AMBIENTE

Ao falar-se de Resíduos Eletroeletrônicos, é importante entender alguns conceitos fundamentais para a compreensão do tema abordado. O termo resíduo é compreendido como aquilo que pode ser descartado, que não serve mais (FERREIRA, 1999). Normalmente o resíduo é encaminhado para aterros sanitários ou para reciclagem, mediante a coleta seletiva. A separação dos resíduos que podem ser reaproveitados, reutilizados ou reciclados é uma atividade que vem tomando corpo por meio da conscientização por um processo de educação ambiental e por força da regulamentação (LI et al., 2013). Até agora, porém, tal prática representa um percentual muito baixo, comparado à quantidade de resíduos enviados para aterros e incinerações (ONU, 2012).

Equipamentos Eletroeletrônicos ou Equipamentos elétricos e eletrônicos ou EEE são caracterizados como os equipamentos de uso doméstico, industrial, comercial e de serviços, e seu funcionamento depende de correntes elétricas ou campos eletromagnéticos, bem como os equipamentos para geração, transferência e medição dessas correntes e campos (JANG,

2010). Segundo o *e-wasteguide* (2013), resíduo eletroeletrônico é o termo utilizado para qualificar equipamentos eletroeletrônicos descartados ou obsoletos que constituem algum tipo de risco para o ambiente pela sua composição tóxica. REEE também é citado como termo genérico que caracteriza equipamentos que se utilizam de sistemas e componentes elétricos para seu funcionamento, descartados no final de sua vida útil, sendo potencialmente tóxicos e poluentes da água e do solo (GOOSEY, 2004). Tanskanen et al. (2013) entendem que REEEs são produtos que em algum momento deixaram de proporcionar o desempenho esperado pela sua estrutura ou estado, e são considerados obsoletos, sendo descartados por seus proprietários. Para a Agência Europeia de desenvolvimento – EEA, o REEE é um dos fluxos de resíduos mais complexos que requerem gestão, pois abrangem uma ampla variedade produtos que vão desde dispositivos mecânicos mais simples aos com sistemas integrados (EEA, 2003).

A Comissão de Estudos responsável pelo Projeto da Lei de para Recicladores, ainda em elaboração (MMA, 2012), define Resíduos Eletroeletrônicos como: *“Equipamentos, partes e peças cujo adequado funcionamento depende correntes elétricas ou campos eletromagnéticos, bem como os equipamentos para geração, transmissão, transformação e medição dessas correntes e campos, podendo ser de uso doméstico, industrial, comercial e de serviços, que chegaram ao final de sua vida útil ou seu uso foi descontinuado.”* Estes equipamentos foram divididos em nove categorias, segundo Diretiva do Parlamento Europeu 2002/96 e são apresentadas no Quadro 3.

Quadro 3 - Categorização dos resíduos Eletroeletrônicos conforme Parlamento Europeu Diretiva 2002/96CE

CATEGORIAS	EQUIPAMENTOS
Grandes eletrodomésticos	<p>Grandes aparelhos de arrefecimento</p> <p>Frigoríficos</p> <p>Congeladores</p> <p>Outros aparelhos de grandes dimensões utilizados na refrigeração, conservação e armazenamento de alimentos</p> <p>Máquinas de lavar roupa</p> <p>Secadores de roupa</p> <p>Máquinas de lavar louça</p> <p>Fogões</p> <p>Fornos elétricos</p> <p>Placas de fogões elétricos</p> <p>Microondas</p> <p>Outros aparelhos de grandes dimensões utilizados para cozinhar ou transformar os alimentos</p> <p>Aparelhos de aquecimento elétricos</p> <p>Radiadores elétricos</p> <p>Outros aparelhos de grandes dimensões para aquecimento de casas, camas, mobiliário para sentar</p> <p>Ventoinhas elétricas</p> <p>Aparelhos de ar condicionado</p> <p>Outros equipamentos de ventilação, ventilação de exaustão e condicionamento</p>
Pequenos eletrodomésticos	<p>Aspiradores</p> <p>Aparelhos de limpeza de alcatifas</p> <p>Outros aparelhos de limpeza</p> <p>Aparelhos utilizados na costura, tricot, tecelagem e outras formas de transformar os têxteis</p> <p>Ferros de engomar e outros aparelhos para engomar, calandrar e tratar o vestuário</p> <p>Torradeiras</p> <p>Fritadeiras</p> <p>Moinhos, máquinas de café e aparelhos para abrir ou fechar recipientes ou embalagens</p> <p>Facas elétricas</p> <p>Aparelhos para cortar o cabelo, secadores de cabelo, escovas dentes elétricas,</p> <p>máquinas de barbear, depiladores, aparelhos de massagem e outros aparelhos para o cuidado do corpo</p> <p>Relógios de sala, relógios de pulso e aparelhos para medir, indicar ou registrar o tempo</p> <p>Balanças</p>

Quadro 3 - Categorização dos resíduos Eletroeletrônicos conforme Parlamento Europeu Diretiva 2002/96CE

(Continua...)

CATEGORIAS	EQUIPAMENTOS
Equipamentos informáticos e de telecomunicações	<p>Processamento centralizado de dados: Macrocomputadores (mainframes) Minicomputadores Unidades de impressão</p> <p>Equipamentos informáticos pessoais: Computadores pessoais (CPU, mouse, monitor e teclado incluídos) Computadores portáteis e laptops (CPU, mouse, monitor e teclado incluídos) Computadores portáteis (notebook e tablets) Computadores portáteis (notepad) Impressoras Copiadoras Máquinas de escrever elétricas e eletrônicas Calculadoras de bolso e de secretária Outros produtos e equipamentos para recolher, armazenar, tratar, apresentar ou comunicar informações por via eletrônica Sistemas e terminais de utilizador Telecopiadoras Telex Telefones Postos telefônicos públicos Telefones sem fios Telefones celulares Respondedores automáticos Outros produtos ou equipamentos para transmitir som, imagens ou outras informações por telecomunicação pen drives Aparelhos de Controle Remoto</p>
Equipamentos de consumo	<p>Aparelhos de rádio Aparelhos de televisão Câmaras de vídeo Gravadores de vídeo Gravadores de alta fidelidade Amplificadores áudio Instrumentos musicais Rádio-relógio Aparelhos de GPS mini-<i>games</i> Outros produtos ou equipamentos para gravar ou reproduzir o som ou a imagem, incluindo sinais ou outras tecnologias de distribuição do som e da imagem por outra via que não a telecomunicação</p>

Quadro 3 - Categorização dos resíduos Eletroeletrônicos conforme Parlamento Europeu Diretiva 2002/96CE

(Conclusão)

CATEGORIAS	EQUIPAMENTOS
Ferramentas elétricas e eletrônicas (com exceção de ferramentas industriais fixas de grandes dimensões)	Berbequins Serras Máquinas de costura Equipamento para toronar, fresar, lixar, triturar, serrar, cortar, tosar, brocar, fazer furos, puncionar, dobrar, encurvar, ou para processos similares de tratamento de madeira, metal outros materiais Ferramentas para rebitar, pregar ou aparafusar ou remover rebites, pregos ou parafusos, ou para usos semelhantes Ferramentas para soldar ou usos semelhantes Equipamento para pulverizar, espalhar, dispersar ou para tratamento de substâncias líquidas ou gasosas por outros meios Ferramentas para cortar relva ou para outras atividades de jardinagem
Brinquedos e Equipamentos de Esporte e Lazer	Conjuntos de comboios elétricos ou de pistas de carros de corrida Consoles de jogos de vídeo portáteis Jogos de vídeo Computadores para ciclismo, mergulho, corrida, remo, etc. Equipamento desportivo com componentes elétricos ou eletrônicos Caça-níqueis
Aparelhos médicos (com exceção de todos os produtos implantados e infectados e daqueles que contenham material radioativo)	Equipamentos de radioterapia Equipamentos de cardiologia Equipamentos de diálise Ventiladores pulmonares Equipamentos de medicina nuclear Equipamentos de laboratório para diagnóstico in vitro Analisadores Congeladores Testes de fertilização Outros aparelhos para detectar, evitar, controlar, tratar, aliviar doenças, lesões ou deficiências
Instrumentos de monitorização e controle	Detectores de fumo Reguladores de aquecimento Termostatos Aparelhos de medição, pesagem ou regulação para uso doméstico ou como equipamento laboratorial Outros instrumentos de controle e comando utilizados em instalações industriais (por exemplo, em painéis de comando)
Distribuidores automáticos	Distribuidores automáticos de bebidas quentes Distribuidores automáticos de garrafas ou latas quentes ou frias Distribuidores automáticos de produtos sólidos Distribuidores automáticos de dinheiro Todos os aparelhos que forneçam automaticamente todo o tipo de produtos

Fonte: Elaborado pelo autor com adaptação da Diretiva e propostas de resolução da ABINEE

Estimativas europeias apontam um crescimento de 45% na quantidade de resíduos eletroeletrônicos até 2020. Diante da preocupação com este cenário, desenvolveu-se uma estratégia, fundamentada em três pilares: a prevenção, reciclagem e reutilização e melhor disposição final (HISCHIER, 2005). Esta estimativa de crescimento dos REEEs tem como base a mudança de comportamento que levou ao maior uso das tecnologias de informação. A indústria de Eletroeletrônicos é a que mais cresce no mundo, e consequentemente, a quantidade REEEs acompanha esta tendência.

No Brasil, a indústria de eletroeletrônicos apresentou um crescimento global de 5% no ano de 2012 com relação ao ano de 2011. Apresentou a maior taxa de crescimento em *notebooks, tablets, smartphones* e de equipamentos de segurança eletrônica (ABINEE, 2013). Embora o mercado esteja com baixos índices de crescimento nos dois últimos anos, a expectativa da ABINEE é de que a indústria melhore o desempenho nos próximos anos, principalmente com relação aos equipamentos de TIC. Os dados estão representados na Tabela 1.

Tabela 1 - Mercado de PCs no Brasil

(em mil unidades)								
VENDAS	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
MERCADO TOTAL DE PCs	6.274	7.755	10.673	11.893	11.482	14.189	15.853	15.513
- DESKTOPS	5.997	7.143	9.123	8.673	7.687	7.981	7.500	6.582
- NOTEBOOKS E NETBOOKS	277	612	1.551	3.219	3.795	6.208	8.353	8.931
MERCADO OFICIAL DE PCs	2.695	3.471	5.896	7.568	7.321	10.180	12.049	11.939
- DESKTOPS	2.511	3.082	4.707	4.849	3.848	4.279	4.009	3.306
- NOTEBOOKS E NETBOOKS	184	389	1.190	2.719	3.473	5.902	8.040	8.633
MERCADO NÃO OFICIAL DE PCs	3.580	4.284	4.777	4.325	4.160	4.009	3.804	3.574
- DESKTOPS	3.487	4.061	4.416	3.825	3.838	3.702	3.492	3.276
- NOTEBOOKS E NETBOOKS	93	222	361	500	322	307	313	298
(Série revisada)								
(em mil unidades)								
MERCADO TOTAL DE TABLETS	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	113	1.140	3.086

n.d. = não disponível.
Fonte: IDC

Fonte: ABINEE, 2013

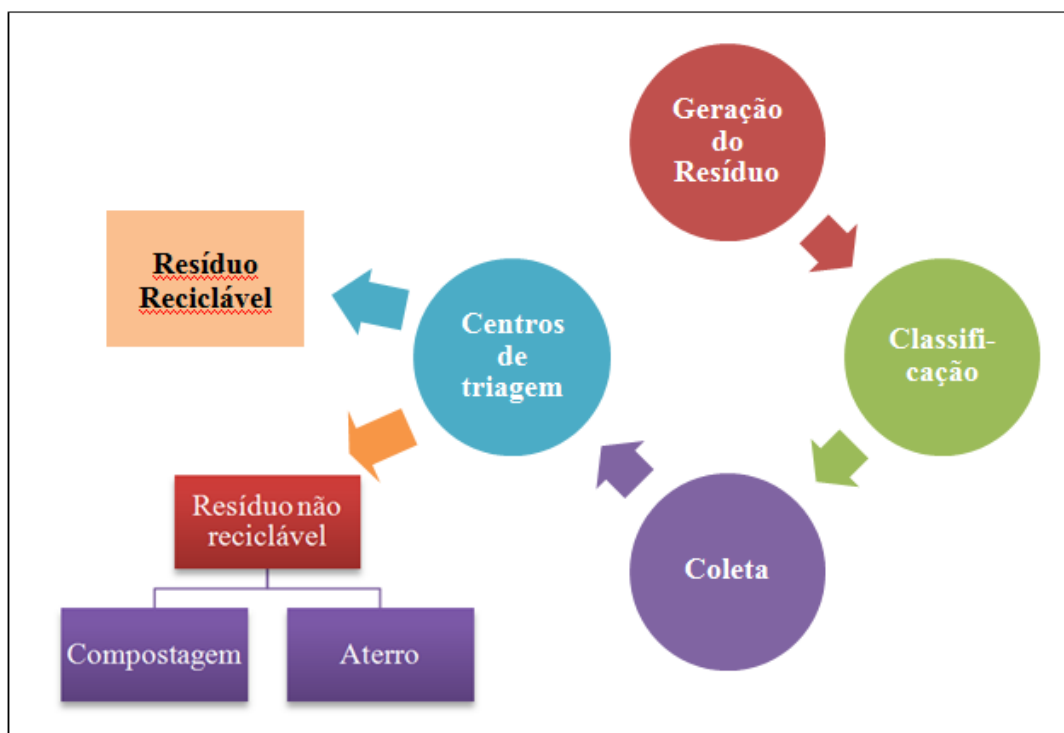
2.5 CARACTERIZAÇÃO DE REEES

Os equipamentos eletroeletrônicos estão na categoria de produtos perigosos, nocivos à saúde e que causam danos ao ambiente pela sua composição química, para boa parte de seus componentes. O gerenciamento dos resíduos faz parte dos programas de sustentabilidade ambiental nas empresas, porém dificilmente se dá atenção devida a REEEs (MMA, 2012; MARTINHO et al, 2012). A disposição destes materiais pode gerar um passivo ambiental

complexo. Segundo os dados da Fundação Getúlio Vargas e da ABINEE, existem atualmente, no Brasil, 99 milhões de microcomputadores domésticos e empresariais atingindo o patamar de um computador para cada dois habitantes. Ou seja, esta renovação de equipamentos gera um passivo ambiental que deve ser monitorado e gerenciado para disposição correta. Pelos resultados da pesquisa da Fundação Getúlio Vargas, nos últimos quatro anos dobrou a quantidade computadores no país. As estimativas, segundo a projeção de crescimento é de que em 2017 tenhamos um cenário de um computador por habitante (FGV, 2012; ABINEE, 2013).

Estes Equipamentos Eletroeletrônicos possuem placas e circuitos impressos com componentes químicos tóxicos e contaminantes que devem ser monitorados e recolhidos adequadamente, conforme legislação específica. Para Ogushi et al. (2012), não só os tipos de componentes tóxicos encontrados, mas a quantidade cada um deles deve ser considerada para o controle e a destinação. As regulamentações determinam a proibição da disposição em aterros, tendo a necessidade de controle sobre seu descarte e destino final (MMA, 2012). O ciclo da disposição de resíduos segue o padrão representado na Figura 5, sem considerar mercados secundários ou retorno de embalagens, que é uma prática já consolidada principalmente em indústrias, porém não é objeto deste estudo.

Figura 5 - Ciclo da disposição de resíduos



Fonte: elaborado pelo autor

O resíduo reciclável segue o ciclo para central de triagem. Em muitas empresas, o sistema de gestão ambiental é aplicado com a separação de resíduos em recipientes específicos. De acordo com a natureza de cada operação industrial, os critérios de seleção são adotados e a disposição é feita com encaminhamento posterior para o tratamento adequado. Porém, muitos Estados brasileiros não possuem estruturas adequadas para descaracterização e destinação final de produtos em diversas categorias (MMA, 2012). Os REEE são os que apresentam maior deficiência, com estruturas localizadas principalmente nos grandes centros, deixando áreas rurais e pequenas cidades desatendidas (FRANCO et al., 2011).

A caracterização dos componentes de REEE, especialmente computadores é apresentada por Kang e Schoenung (2005) na composição com seu peso equivalente no Quadro 4. Muitos destes componentes são tóxicos e causam danos à saúde e ao ambiente. As placas de circuito impresso já estão contempladas no desmembramento dos itens apresentados. Os demais equipamentos apresentam características equivalentes nas placas e circuitos.

Quadro 4 - Caracterização dos componentes de REEE

Componente	Peso em %
Alumínio	14,17
Cobre	6,93
Metais preciosos	0,02
Chumbo	6,3
Ferro	20,47
Vidro	24,8
Plástico	23
Outros	4,3

Fonte: Adaptado de Kang e Schoenung (2005) pelo autor

A destinação de cada um destes componentes para reutilização somente é possível após a sua descaracterização. Porém, a maior parte do encaminhamento para locais em que possam ser tratados é responsabilidade de quem o descarta. Embora os sistemas de gestão ambiental privilegiem o tratamento da maioria dos resíduos, os REEE não são tratados especificamente de acordo com a maioria dos autores pesquisados, que apenas referenciam o tema, apresentam iniciativas de empresas que adotam as práticas de logística reversa de seus produtos. Evidenciam práticas de ecodesign, governança sustentável, com participação de

fornecedores, ou mesmo o recolhimento pela responsabilidade compartilhada, seguindo legislações ambientais em seus países (EROL et al., 2010; LEE et al., 2009; BALKAU et al., 2010).

A reciclagem ou reutilização de produtos, ou também o ciclo reverso, possibilita a inclusão social, já que a indústria de desmontagem de produtos é uma atividade econômica rentável, pela geração de materiais a serem reutilizados em processos industriais. Ainda que muitos produtos tenham em seu processo de produção a utilização de tecnologia que não prevê a sua descaracterização, ou separação, os estudos e pesquisas de inovação tecnológica possibilitam o desenvolvimento de técnicas que possam solucionar este aspecto crítico (PEDROSO, 2007). Este fator, porém, não interfere no processo de recolhimento e destinação adequada de produtos, principalmente quando se tornam nocivos ao serem dispostos irregularmente.

O que se percebe, entretanto é o desconhecimento sobre a destinação e a falta de estruturas adequadas para o tratamento de REEE, que muitas vezes é feita artesanalmente, sem utilização de EPIs, treinamento adequado para os trabalhadores e sem locais próprios para armazenagem (SCHONS, 2012). Iniciativas de educação e qualificação são apontadas por Schons (2012) como medidas necessárias para a mudança do cenário, principalmente pelo fato de que um percentual significativo da população acredita que o REEE pode ser colocado junto ao lixo doméstico para destinação em aterros sanitários. Em contrapartida parte das empresas têm conhecimento da necessidade de destinação adequada, mas desconhecem sistemas de gestão ambiental. Segundo estudos do Ministério do Meio Ambiente (2009), um dos agravantes para a disposição inadequada é a falta de centros de condicionamento e reciclagem de REEE no país, que torna o recolhimento oneroso pelas distâncias a serem percorridas.

O desempenho ambiental nos modelos existentes de avaliação e controle contemplam os aspectos indicados no Quadro 2, anteriormente citado, com indicadores que seguem os padrões estabelecidos pelas ferramentas de gerenciamento previstos nos sistemas de gestão ambiental. Alguns aspectos de separação de resíduos são monitorados e também o desempenho de transporte contempla emissões de resíduos de um modo geral, contudo, não há indicação de monitoramento de destinos de RFEEs. Os modelos de desempenho permitem a comparação entre outras operações distintas e operações equivalentes com o intuito de identificar o atual estágio em que se encontra o desenvolvimento organizacional de uma empresa de acordo com suas diretrizes (BAGUR-FEMENIAS et al., 2013).

2.5.1 Eletroeletrônicos, Seus Componentes e Impactos na Saúde

A informalidade no sistema de coleta e descaracterização dos REEE é um dos agravantes no controle das substâncias perigosas. Uma central de triagem adequada, com equipamentos corretos, EPIs, identificação dos elementos por tipo de equipamento ou produto, ou o inverso, com identificação de seus componentes, possibilita maior controle sobre o destino e também sobre o tratamento dos componentes tóxicos (OGUCHI et al., 2012). O controle é uma forma também de minimizar os danos à saúde, causados pela exposição direta ou indireta, pois mesmo com o processo de incineração são geradas substâncias tóxicas que causam problemas, sendo, atualmente, mais de vinte doenças relacionadas aos REEEs (OGUCHI et al., 2012; HISCHIER et al., 2005; MMA, 2013). No Quadro 5 estão representados os principais componentes tóxicos e contaminantes, sua utilização em percentuais por tipos de equipamentos e os principais efeitos nocivos à saúde.

Quadro 5 - Materiais presentes em REEEs, sua utilização e reflexos na saúde

Material	Grandes eletroeletrônicos (%)	Eletroeletrônicos de consumo e equipamentos de comunicação/ telefonia (%)	Pequenos eletrodomésticos (%)	Utilização - Considerados químicos tóxicos	Efeitos à saúde por contaminação
Ferro	43	36	29	-	
Alumínio	14	5	9,3	Telas CRT, condutores	
Berílio				PBW	Causa câncer de pulmão
Cobre	12	4	17	Telas CRT	
Chumbo	1,6	0,29	0,57	Telas CRT, baterias, placas de circuito impresso PWB	Causa alterações genéticas, ataca sistema nervoso, medula óssea e rins. Causa câncer.
Cádmio	0,0014	0,018	0,0068	Recarregáveis baterias de NiCd, camada fluorescente (CRT), tintas e toners de impressora, fotocopiadora-máquinas (bateria da impressora)	Causa câncer de pulmão e de próstata, anemia e osteoporose
Mercúrio	0,000038	0,00007	0,000018	Telas LCD, Baterias, PWB, Termostatos, Sensores, relés, interruptores	Deteriora o sistema nervoso causando perturbações motoras e sensitivas, tremores e demência
Ouro	0,00000067	0,0024	0,00000061	Conectores, condutores, PWB	-
Prata	0,0000077	0,0012	0,000007	Conectores, condutores, PWB	-

Paládio	0,0000003	0,00006	0,00000024	Conectores, PWB	
Índio	0	0,0005	0	PWB, telas LCD,	
Plásticos bromurados	0,29	18	0,75	Eletrrodomésticos, PWB, cabos	Desreguladores endócrinos Podem se acumular biologicamente na cadeia alimentar
Outros Plásticos	19	12	37	-	
Vidro de chumbo	0	19	0	Telas CRT	
Outros Vidros	0,017	0,3	0,16	-	
Outros	10	5,7	6,9	-	

Fonte: Adaptado pela autora de EMPA (2013), CHRISTENSEIN (2011) e MMA (2012)

2.6 LEGISLAÇÃO E NORMATIVAS PARA REEE

A preocupação com questões socioambientais tem levado a regulamentações diversas, obrigando as empresas a se adequarem, diminuindo seus impactos negativos. Busca-se, contudo, além da limitação de disposição inadequada e redução de uso de componentes nocivos, a recuperação de parte da matéria prima utilizada transformando-a em novos produtos (KOH, 2012). A legislação tem como princípio estabelecer as diretrizes para manter o equilíbrio entre os benefícios dos equipamentos e a minimização dos custos gerados tanto na saúde da população como nos aspectos de poluição ambiental. Para Horne e Gertsakis (2006) muitos governos desenvolveram suas regulamentações com base no princípio da responsabilidade compartilhada, indicando caminhos para a prevenção.

2.6.1 Para o Transporte de REEE

O modelo de avaliação e controle do desempenho ambiental nas operações de REEE integra as três operações indicadas no objetivo desta pesquisa, de transporte, tratamento e disposição final. Modelos de avaliação de desempenho ambiental nas operações de transporte são desenvolvidos por meio de definição de critérios técnicos, um sistema de construção de indicadores e legislação específica (SELLITTO et al., 2011; BUBICZ et al., 2012).

Produtos Perigosos são todos aqueles que apresentam algum tipo de risco às pessoas ou ao meio ambiente, por contaminação ou intoxicação, e que possam trazer consequências quando não manipulados corretamente (BRASIL, 1988). A Resolução 420 de fevereiro de

2004 fornece as instruções para o transporte destes produtos de forma adequada, com base em recomendações internacionais da ONU, minimizando os riscos.

A classificação destes produtos, segundo regulamentação e protocolos internacionais, previstos pela ONU, trazem a indicação de classes de risco e número de identificação do produto, conhecido como Número ONU, com padronização internacional. O transporte de produtos perigosos somente pode ser feito por profissionais qualificados, mediante capacitação prevista pela legislação federal. O Decreto 96.044/88 é o que dispõe sobre Transporte Rodoviário de Produtos Perigosos (BRASIL, 1998). A Resolução 168/04 do CONTRAN, alterada pela Resolução 422/12, estabelece normas e procedimentos para a formação especializada de condutores no transporte de produtos perigosos. A classificação dos produtos é apresentada na Tabela 2.

Mesmo que haja regulamentação e especificações técnicas para o transporte, com formação do condutor, procedimentos de transporte, identificação com rótulos de risco, painel de segurança e preparo para lidar com emergências químicas, muitos produtos não estão identificados e caracterizados como “de risco” quando transportados na forma de componentes ou de produtos acabados para consumo, como no caso de produtos eletroeletrônicos. Porém, o transporte de resíduos, considerado lixo, tanto orgânico, como reciclável, são produtos que representam algum risco de contaminação e devem ter transporte adequado, com identificação da classe de risco e também feitos por profissionais qualificados para garantir a segurança e a não contaminação (MMA, 2012).

Tabela 2 - Classificação dos Produtos Perigosos

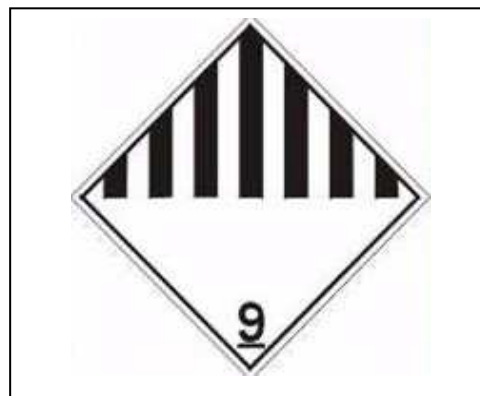
classe	Característica
classe 1	Explosivos
classe 2	Gases
classe 3	Líquidos inflamáveis
classe 4	Sólidos inflamáveis
classe 5	Oxidantes e peróxidos orgânicos
classe 6	Tóxicos e infectantes
classe 7	Radioativos
classe 8	Corrosivos
classe 9	Substâncias e artigos perigosos diversos

Fonte: ONU, 2012

Os REEEs são transportados com identificação de Classe de Risco 9, sem especificação com o número ONU. A identificação no veículo de transporte é feita por meio do Rótulo de Risco, conforme Figura 6. De acordo com Anexo A - NBR 7500, Rótulo de risco é um losango, que apresenta a classe do produto perigoso. No caso da classe 9 apresenta 13 faixas, sendo 7 pretas e 6 brancas, com proporção definida. Esta identificação deve ser colocada visível nos veículos (carros ou caminhão), também com locais específicos, na frente, laterais e traseira, previstos pela norma regulamentadora ABNT (2013).

A existência de regulamentação para o transporte de REEE, com padronização internacional, não é garantia de atendimento. O relatório da OIT (2012) aponta irregularidades pelo transporte ilegal, que afetam a qualidade ambiental por suas conseqüências, que podem ser tanto pela disposição irregular, como pelo manuseio que compromete a saúde do transportador e dos que estão envolvidos no processo.

Figura 6 - Identificação do Rótulo de Risco Classe 9



Fonte: ONU, 2012

A característica de desempenho de transporte também é monitorada pelas emissões geradas por meio do seu funcionamento. Segundo Vasconcellos (2009), um caminhão gera, em média, 32 gramas de resíduo sólido por quilômetro (32g/km). Estes resíduos representam emissões atmosféricas e seu desgaste de componentes por utilização e consumo de combustível. O monitoramento de veículos de transporte nos sistemas de gestão ambiental avalia, principalmente, as emissões por consumo de combustível e idade da frota. Os impactos de transporte afetam diretamente a saúde humana pela presença de poluentes como carbono, óxidos de nitrogênio, hidrocarbonetos e material particulado (VASCONCELLOS, 2009). Os poluentes do transporte, segundo Vasconcellos (2009) são responsáveis pela maior parte das emissões totais e o efeito estufa é o mais relevante dos impactos.

2.6.2 Para o Tratamento de REEE

Os Equipamentos Eletroeletrônicos devem atender também a critérios específicos de regulamentação para seu processo de produção considerando o seu ciclo de vida e sua disposição após o uso. Diversos mecanismos de regulamentação foram desenvolvidos e adotados na forma de leis, para minimizar os impactos ambientais negativos, como intoxicações e doenças que podem ser geradas pelo acondicionamento e descarte irregular dos REEEs. Os principais, que podem ser considerados norteadores para as normatizações internacionais são a Convenção de Basileia, de 1992, o Controle da movimentação de resíduos perigosos entre as fronteiras – OCDE, de 1984-1992, e as Diretivas da Comunidade Européia com legislações de restrição de produtos no processo de produção – RoHS (SANSOTERA et al., 2013; MMA, 2012; GOOSEY, 2004; TANSKANEN et al., 2013).

A Convenção de Basileia foi uma iniciativa internacional para coibir o tráfico ilegal de Produtos Perigosos num sistema de cooperação. O Brasil aderiu em 1993 e criou uma normatização em 2012, por meio da Resolução do CONAMA, 452/2012. Atualmente é proibida a importação de resíduos sólidos perigosos no Brasil (MMA, 2013).

A Diretiva da Comunidade Européia para REEE, por meio de uma lei que restringe o uso determinadas substâncias consideradas perigosas na produção de eletroeletrônicos, RoHS, de 2003, é uma das mais importantes iniciativas para o controle ambiental a partir dos resíduos gerados pelo descarte irregular (GERAGHTY, 2003). Em vigor desde 2004, com regulamentações específicas em cada país, considera o crescimento da produção de Eletroeletrônicos e, conseqüentemente o maior volume de resíduos por meio do descarte (HISCHIER et al., 2005; GOOSEY, 2004). Hischier (2005) também menciona a avaliação de impactos ambientais, identificando um menor nível de toxicidade na reutilização e reciclagem de materiais comparados com a incineração.

O retorno dos produtos após o uso, para o fabricante, com destinação adequada é uma das diretivas européias implementadas, porém ainda há estudos e orientações para a melhor forma de aplicação e controle da logística reversa dos produtos (ONGONDO et al., 2011). O desenvolvimento de tecnologias para a descaracterização e reciclagem, bem como uso dos produtos gerados ainda está em aperfeiçoamento, pois há uma diversidade de componentes e polímeros que ainda necessitam de tecnologias para sua identificação e posterior reuso (KANG, 2005; MARTINHO et al., 2012).

2.6.3 Para o Destino Final de REEE

A construção dos conceitos e indicadores será norteadora dos critérios de definição do modelo de desempenho a ser definido, com base nas características dos componentes de REEE, e das operações envolvidas. O fechamento do ciclo de vida de um produto, com a responsabilidade compartilhada, conforme prevê a legislação que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos (BRASIL, 2010) é parte do processo de definição de novas atitudes que privilegiem a eco-eficiência, o ecodesign e, com isso a redução de resíduos tanto eletroeletrônicos como outros produtos, promovendo um planeta sustentável.

Tecnologias são desenvolvidas e regulamentadas para tratar as emissões dos produtos, como por exemplo, as chaminés, tanto pelo processo de produção como após o uso. São conhecidas como “*end-of-life*” ou também “*end-of-pipe*” (GOOSEY, 2004; PIZZATO et al., 2009). Têm como objetivo minimizar os impactos do produto, porém há uma crítica dos autores de que estas tecnologias não modificam o processo de produção, reduzindo os problemas a partir da sua origem. E esta seria a solução para o desenvolvimento sustentável.

A informalidade nas atividades de reciclagem e destinação de produtos é um dos agravantes apontados pelo relatório da OIT – Organização Internacional do Trabalho - de 2012. Segundo o estudo, nos Estados Unidos a geração de empregos diretamente ligados às ações sustentáveis, a chamada “economia verde”, é de 3,1 milhões em 2010, e no Brasil são 2,9 milhões (OIT, 2012). As normativas para destino final de REEE não são específicas, sendo difícil identificá-las, com pouca literatura sobre o tema. A Europa apresenta o maior controle, por meio das diretivas WEEE e RoHS, que interferem tanto no início do processo como por meio de metas de reciclagem (GOOSEY, 2004; ONGONDO et al., 2011). Estas diretivas tornam o produtor responsável pelo resíduo devendo providenciar o recolhimento dos produtos no seu fim de vida, providenciando a reciclagem ou destino adequado. Estas ações de retorno têm, além da responsabilidade do produtor, a participação do varejo e também do consumidor. Embora as diretivas tratem do assunto com iniciativas de educação, é um problema considerado na literatura, pois ainda não há legislação obrigando o consumidor final a destinar os produtos pós consumo, passando a ser uma ação voluntária com orientação e ações de sensibilização (BREEN, 2006).

3 A PESQUISA

O presente capítulo apresenta os passos metodológicos para o desenvolvimento do modelo, iniciando pelos aspectos conceituais. A pesquisa bibliográfica foi necessária para suportar as atividades em resposta à questão da pesquisa. Procedimentos metodológicos diferentes foram adotados para cada fase da pesquisa, visto que há uma complexidade na abordagem de cada uma das etapas. Para se chegar à resposta da questão e elaboração do modelo foi necessário compreender o cenário do seu desenvolvimento e aplicação, pois não se trata de uma empresa apenas, mas de um complexo de empresas e atividades de naturezas diferentes. Os procedimentos metodológicos foram identificados e adotados com o propósito de atender da forma mais adequada possível os aspectos relacionados ao objeto do estudo e o ambiente do seu desenvolvimento.

Iniciou-se com a pesquisa bibliográfica e o seu refinamento, concentrando-se nos aspectos da gestão ambiental e suas diversas relações, bem como o gerenciamento de resíduos e a configuração dos REEEs. Além dos conceitos, os sistemas de gerenciamento e aspectos legais foram fundamentais para a identificação das práticas e a elaboração dos construtos, analisados com o grupo focado. O embasamento teórico possibilitou o levantamento de informações relevantes para a construção dos indicadores, juntamente com os dados das empresas do Tecnosinos, identificados por meio do levantamento de informações da equipe técnica junto ao Grupo Gestor. Após a construção dos referenciais teóricos buscou-se vincular as informações ao ambiente da pesquisa e unidades de análise.

3.1 AS UNIDADES DE ANÁLISE

A escolha destas empresas se deu pela proximidade do parque tecnológico e também pela atuação nas áreas específicas, propostas pela pesquisa. Outro fator relevante para a escolha foi a organização e estrutura das empresas, constituídas formalmente para o desempenho das atividades, excluindo-se as organizações não formais.

As unidades de análise para o desenvolvimento do modelo proposto na pesquisa são:

- As oito empresas-âncora instaladas no Tecnosinos, ambiente proposto para a elaboração e aplicação do modelo. Estas empresas fazem parte do Grupo Gestor do *Green Tech Park*. Também este grupo é parte integrante do Grupo Focado, em que há a participação de três pesquisadores e profissionais de gestão ambiental para

auxiliarem no processo técnico científico do desenvolvimento do modelo de avaliação e controle, bem como de sua aplicação.

- Empresa POLLO Transportes, localizada na cidade de Porto Alegre, que tem, além das atividades de transporte de cargas e logística de distribuição de produtos de varejistas nacionais, a atividade recolhimento de REEEs e transporte para empresa de tratamento, localizadas na cidade de São Paulo. O recolhimento dos REEEs é feito de forma gratuita, e encaminhado para empresa responsável com aproveitamento de viagens. Esta empresa já é parceira da Unisinos no recolhimento de REEEs tanto no descarte próprio como em ações internas de conscientização ambiental no campus em São Leopoldo.
- Empresa CESMAR (Centro Social Marista) unidade CRC (Centro de Recondicionamento de Computadores. Localizada em Porto Alegre, é uma unidade de formação socioeducativa, promovendo cursos na área de informática para crianças e jovens de baixa renda. O Centro possui uma área física de recebimento, descaracterização e recondicionamento de REEEs, desenvolvendo também a atividade transporte, tanto para recolhimento como para destinação à empresa que desenvolve a atividade de manufatura final de alguns componentes, localizada no Estado de São Paulo. A estrutura formal e organização foi critério fundamental para a escolha desta unidade, como controle das etapas do processo e dos produtos recebidos. Os REEEs chegam à unidade por meio de doações de órgãos públicos, comunidade, Ministério Público e Receita Federal, com produtos oriundos também de apreensões judiciais. Esta unidade foi pesquisada nas atividades de Transporte, Tratamento e Destino Final de REEEs, pois desenvolve as três operações.
- A empresa DC, localizada na cidade de Novo Hamburgo e São Paulo (Matriz), faz a coleta, descaracterização e reciclagem de produtos eletroeletrônicos. Recolhe nas residências ou em pontos de coleta. Oferece embalagens adequadas para envio de REEEs por correio ou outro meio de transporte, quando de locais mais distantes em que a empresa não tenha o transporte para recolhimento. Dispõe de documento, garantindo o destino adequado dos REEEs, e para empresas conveniadas disponibiliza um selo, para aplicação em embalagens e materiais promocionais como compromisso com destinação adequada. Esta empresa foi analisada nas operações de tratamento, na unidade de Novo Hamburgo e destino final, unidade São Paulo, por realizar as duas operações, porém cada uma em cidades diferentes.

3.2 A ELABORAÇÃO DO MODELO

3.2.1 O Ambiente Tecnosinos

A pesquisa foi desenvolvida junto ao Parque Tecnológico de São Leopoldo - Tecnosinos e Unitec, Unidade Tecnologia da Universidade do Vale do Rio dos Sinos Unisinos. O Parque conta com aproximadamente 80 empresas, sendo a maior parte incubadas, de pequeno porte, e também empresas consolidadas, de médio e grande porte. Algumas destas empresas são consideradas âncoras, que já têm procedimentos de qualidade em estágio avançado e com grau de maturidade elevada, servindo como referência para a elaboração do sistema de gestão, com boas práticas adotadas que superam as exigências legais.

As oito empresas-âncora são integrantes do Grupo Gestor, formado para o desenvolvimento do *Green Tech Park* e pesquisadores da área de sustentabilidade, bem como consultores especializados na área ambiental. O atendimento ao SGA Unisinos é requisito básico para as empresas se instalarem na área do Parque Tecnológico, sendo avaliados pelo atendimento aos requisitos legais.

A participação no grupo gestor é espontânea, por adesão ao convite. A participação deste grupo na pesquisa é pela informação do perfil das empresas do parque, por tipo de negócio, número de funcionários, área geográfica e recursos utilizados. Esta caracterização é importante, pois também pode determinar o volume de REEEs gerados. O resultado da verificação das informações das empresas, pelos seus sistemas de gestão ambiental e boas práticas define os construtos e principais indicadores.

O Grupo Gestor é responsável pela elaboração das diretrizes para o desenvolvimento do *Green Tech Park*, com a definição de macro estratégias de gestão ambiental e desenvolvimento de um sistema integrado para esta gestão, segundo modelos de programas de qualidade e produtividade já existentes, porém aperfeiçoando-os e adequando aos objetivos da instituição. Este grupo tem, além da formação pelas empresas e coordenação do Unitec, a participação de pesquisadores e profissionais técnicos da Unisinos como professores e pesquisadores da área de gestão ambiental para auxiliarem no processo técnico científico.

O Tecnosinos tem como objetivo ser o primeiro *Green Tech Park* das Américas, estabelecendo diretrizes sobre a área de gestão ambiental de todas as atividades do Parque, bem como das empresas que o compõe, criando e expondo todos os requisitos que deverão ser seguidos para implantar e manter o sistema e a política de gestão ambiental (fonte: UNITEC, 2013, apresentação do Programa *Green Tech Park*, material do comitê gestor). Para cumprir

com esta diretriz, a análise parte da contextualização das empresas, com atendimento aos itens a seguir, conforme orientação da UNITEC (2013):

- Constitui-se requisito de ingresso no Tecnosinos, ser empresa não geradora de resíduos sólidos, líquidos e atmosféricos;
- A Unisinos é certificada em ISO 14001, sendo a primeira instituição de ensino superior a obter esta certificação na América Latina;
- Os requisitos do SGA Unisinos são estendidos como obrigatoriedade a todas as empresas da Unitec. Dentre estes requisitos incluem-se a capacitação de equipes no SGA, o uso de práticas internas de seleção de resíduos, por exemplo.

O desenvolvimento das atividades conta com um comitê Técnico, formado por duas empresas de consultoria na área de Gestão Ambiental e coordenação do Unitec. O Comitê Técnico reúne-se semanalmente e o Grupo Gestor quinzenalmente para acompanhamento e decisão de ações.

A primeira etapa deste grupo foi o desenvolvimento do programa e as diretrizes para o *Green Tech Park*. Num segundo momento, a definição dos critérios de níveis de maturidade em gestão sustentável das empresas do Tecnosinos e Unitec. Após esta definição, a elaboração de análise, por meio de *check list*, para identificação do atual estágio das empresas, identificando os níveis de maturidade. Inicialmente a verificação foi feita nas oito empresas âncora. Os níveis de maturidade foram definidos por pontuação a cada questionamento e ação desenvolvida. Os resultados identificam as empresas em três níveis de maturidade na gestão ambiental.

O Grupo Gestor e equipe técnica são responsáveis pela manualização da Política Ambiental do Parque baseada em: i) Definição de níveis de maturidade, norteado por requisitos obrigatórios, boas práticas e práticas avançadas; ii) Plano de auto implementação e certificação (sem organismo certificador externo); iii) Método replicável; iv) Não agregar custo às empresas; v) Ação conjunta entre as empresas instaladas no Parque (UNITEC, 2013).

As etapas e ações do programa são demonstradas por meio da Figura 7. Serão quatro fases implementadas, em um período de 12 meses.

Figura 7-Macro Processos do Programa *Green Tech Park*

MANUALIZAÇÃO PROCEDIMENTOS <ul style="list-style-type: none"> • Apresentação e Contextualização • Níveis maturidade • Check list • Forma enquadramento e evidências • Melhoria contínua • Auto avaliação – definição de ferramenta • Submissão à Comitê de Avaliação 	Mobilização <ul style="list-style-type: none"> • Governança do Parque • Empresas âncoras • Grupo Gestor
EXTERNALIDADES <ul style="list-style-type: none"> • Software de Gestão do Programa • <i>Hotsite</i> • Banco de “Boas Práticas” • Material gráfico – banner e cartazes • Eventos TECNOSINOS 	Resultados <ul style="list-style-type: none"> • Indicadores Parque – Pesquisa anual • Metas Programa Grupo Gestor Programa <ul style="list-style-type: none"> • Equipe técnica UNITEC • Equipe técnica UNISINOS • Empresas Meio Ambiente • Empresas Parque

Fonte: Unitec, 2013

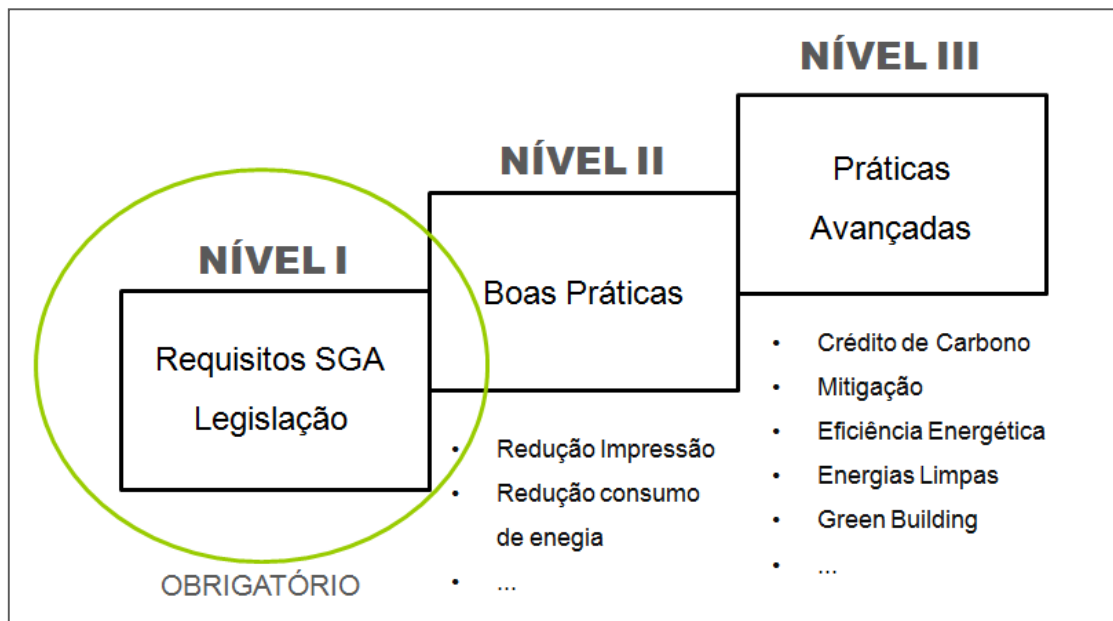
Os níveis de maturidade na gestão ambiental nas empresas do Parque tem como critério o atendimento a requisitos propostos pelo comitê gestor, conforme Quadro 6. A Figura 8 representa os requisitos para os três níveis propostos.

Quadro 6 – Representação do método de avaliação

ESPECIALIDADES	CRITÉRIOS DE AVALIAÇÃO AMBIENTAL E ECONÔMICA	NÍVEL DE RELEVANCIA PONTOS E DETALHES
1) Tecnologia da Informação	1) Gestão;	A) 1
2) Automação e Engenharias	2) Consumo;	B)2
3) Comunicação e Convergência Digital	3) Geração de Resíduos;	C)3
4) Alimentos Funcionais e Nutracêutica	4) Investimentos;	D)4
5) Tecnologias Socioambientais e Energia	5) Ações externas – Parcerias;	E) Não se aplica
6) Serviços de Apoio	6) Boas Práticas – Banco de Ideias;	Quantificação/ Qualificação

Fonte: Unitec, 2013

Figura 8 - Representação dos Níveis de Maturidade Ambiental



Fonte: Unitec, 2013

A atividade de identificação dos níveis de maturidade foi desenvolvida por meio de aplicação de um *check list*, desenvolvido pela equipe técnica, inicialmente nas oito empresas âncora, e o resultado foi o enquadramento de sete empresas no nível 1 e uma empresa no nível 2. Os nomes das empresas pelo seu enquadramento em níveis não é divulgado por ser dado confidencial do comitê gestor até a conclusão do levantamento dos dados de todas as empresas pelo comitê técnico. As demais empresas do Parque serão avaliadas numa segunda etapa, a partir do segundo semestre de 2013, com a sua identificação em nível de maturidade. As oito empresas-âncora que fazem parte da presente pesquisa na formação do grupo gestor e grupo focado são apresentadas no Quadro 7.

Quadro 7 - Caracterização das empresas-âncora por ramo de atividade

empresa	Descrição
SAP	SAP - "Systems, Applications, and Products in Data Processing", ou "sistemas, aplicativos e produtos em processamento de dados - Fundada em 1972 e a unidade São Leopoldo atua desde 2006.
GVDASA	Atua desde 1987 no desenvolvimento de Sistemas de Gestão Educacional.
ALTUS	A Altus Sistemas de Automação S/A desenvolve há 30 anos tecnologia própria para automação e controle de processos industriais. Referência no fornecimento de soluções para os setores da Energia Elétrica, Óleo & Gás e Transportes.
DIGISTAR	Atua desde 1999, no setor de telecomunicações e TI
HCL	HCL Technologies - empresa de TI e serviços de engenharia.
SKA	Empresa de Tecnologia em Sistema e Desenvolvimento de Produtos para Engenharia.
VIEIRA FILHO	Fundada em 2005 atua com terceirização de pesquisa e desenvolvimento em tecnologia para eletrônicos embarcados. Desenvolvimento de produtos baseados em hardware integrado com o uso de tecnologias para a síntese de circuitos, micro-processamento e conectividade.
SBPA	Fundada em 2008, a SBPA <i>Simulators</i> atua na indústria aeronáutica oferecendo soluções de modernização para o ensino e treinamento aeronáutico no Brasil.

Fonte: Elaborado pela autora

A avaliação das empresas é desenvolvida pela empresa de consultoria, que apresenta os resultados encontrados e o Grupo Gestor valida as informações. Esta é a primeira etapa do processo. As oito empresas âncora foram as primeiras a terem o diagnóstico completo. Os dados demonstraram que todas atenderam aos critérios básicos, definidos para o Nível 1. Uma destas empresas foi identificada como Nível 2. Estas informações foram validadas pelo grupo gestor. A segunda fase é o levantamento de dados para as demais empresas do Unitec, sendo estendidas a todas as empresas do Parque Tecnológico. Com os dados identificados, será apresentado novamente ao grupo para validação. O controle das ações será feito pelas próprias empresas, por meio de sistema de auto avaliação e autocertificação.

A proposta é o desenvolvimento de uma ação conjunta com a socialização de dados entre todos os participantes do Tecnosinos. Será elaborado um ambiente virtual, com banco de boas práticas, que possam ser disseminadas entre todo o grupo. É interesse da maioria das empresas a consolidação do Tecnosinos como o primeiro *Green Tech Park* das Américas e com isso há esforços conjuntos e monitoramento contínuo. As ações desenvolvidas também podem envolver os fornecedores e parceiros que queiram replicar as boas práticas, gerando também um sistema de avaliação, embora muitos já tenham que cumprir os requisitos do SGA Unisinos, que é o Nível 1 do sistema de avaliação proposto e obrigatório às empresas do

Tecnosinos. Chama a atenção o fato de o programa proposto ter como um dos critérios não agregar custos às empresas, sendo que nenhuma cobrança será feita ou imposta formalmente para cumprir os requisitos.

A Equipe Técnica é responsável pela avaliação das empresas do Tecnosinos para identificação do seu nível de maturidade. Esta equipe foi convidada a participar da presente pesquisa formando o Grupo Focado, auxiliando na elaboração dos construtos e indicadores e avaliando-os. É composta por empresa de consultoria, com três especialistas em Gestão Ambiental, três Pesquisadores e a coordenação do Unitec, sendo mediado pela pesquisadora. Esta equipe reúne-se semanalmente para a avaliação do Projeto *Green Tech Park*, onde são analisadas as informações e preparados os relatórios para o Grupo Gestor.

As atividades de definição dos construtos e indicadores e as discussões de alguns aspectos da pesquisa foram desenvolvidas durante as reuniões do Comitê Técnico. A definição dos construtos e indicadores para a pesquisa somente foi desenvolvido após a conclusão da primeira fase do Projeto *Green Tech Park*. Em reuniões foram apresentados construtos possíveis através da bibliografia, discutidos e analisados com base nos resultados apresentados pelo comitê técnico.

A validação dos construtos definidos e suas importâncias, bem como a definição dos indicadores, foi realizada em reunião específica, analisando quais os construtos estão relacionados diretamente com as operações objeto da pesquisa, com a presença de um especialista e dois pesquisadores integrantes do Comitê Técnico. Foram definidos os seis construtos, que agrupados e dispostos em uma planilha foram entregues aos integrantes do Grupo Focado, conforme Quadro 8, sendo solicitados a indicar a ordem de importância de cada um, para cada operação analisada.

Quadro 8 – Formulário entregue aos integrantes do Grupo de Foco

Quais dos critérios abaixo você considera mais importantes, apontando na ordem de 1 a 6?	
CONSTRUCTO	ORDEM DE IMPORTÂNCIA
Emissões Atmosféricas	
Uso de Recursos na Operação	
Uso de Recursos Naturais	
Geração de Resíduos Sólidos	
Geração de Efluentes	
Gestão e Atendimento à	
Legislação	

Fonte: Elaborado pela autora

Nesta etapa também foram definidas as unidades de análise, sendo priorizadas empresas que atendem a Unisinos e Tecnosinos no recolhimento e transporte de REEE, empresas que recebem REEEs para descaracterização e tratamento e, finalmente, empresas que destinam REEEs de forma adequada, fechando o ciclo de vida dos mesmos, transformando-os em matéria prima, reciclando-os ou reutilizando-os na forma de novos produtos. A definição das empresas a serem investigadas foi por meio de indicação dos participantes do grupo gestor e especialistas, com conhecimento da área de atuação de cada uma.

A partir destas definições, a pesquisa ocorreu junto à empresas, nas operações específicas para elaboração do modelo, transporte, tratamento e destino final. O contato com as empresas foi feito por meio de ligações telefônicas e trocas de e-mail para verificar se as características das unidades correspondem ao propósito da pesquisa, identificando aspectos da gestão que contribuíram para definição dos indicadores. Após esta verificação, foram agendadas entrevistas com os gestores, para aplicação dos questionários e avaliação dos indicadores propostos, validando-os, excluindo ou incluindo itens não identificados anteriormente. No início da entrevista foram feitas perguntas abertas, em que o entrevistado explicou a atividade da sua empresa, sua forma de gestão, a estrutura organizacional e a gestão ambiental no estágio em que se encontra. Após esta explanação, partiu-se para os questionamentos, com a apresentação dos indicadores, solicitando que identificasse a situação de cada um, conforme a percepção estratégica dos membros da gestão da empresa. Para tanto usou-se uma classificação: ótimo, muito bom, médio, ruim e péssimo.

As entrevistas se repetiram em seis empresas, sendo duas de cada operação, a saber: a) transporte; b) tratamento; e c) destino final. As questões foram apresentadas na forma impressa aos gestores, conforme Quadros 9, 10 e 11, que anotaram as respostas, sendo posteriormente transcritas e registradas pela pesquisadora em arquivo eletrônico na forma de tabelas, sistematizando-as para a geração de relatório posterior.

Quadro 9 – Protocolo de pesquisa para a operação Transporte

CONSTRUCTO	Transporte	Avaliação
Emissões Atmosféricas	Gases efeito estufa – CO ₂	
	CO	
	NOH	
	Cx	
	CFC-12	
	Metano enxofre S	
	Ruídos vibração COV	
Uso de Recursos na Operação	Estrutura física – construção civil	
	Óleo combustível	
	Iluminação	
	Pneus embalagens – papel, metálicas	
	Papel	
Uso de Recursos Naturais	Água	
	Combustível fóssil Energia	
Geração de Resíduos Sólidos	vidro	
	material particulado	
	Poeira	
	Borracha	
	Óleo	
	Metais	
	Papel	
	Orgânico	
resíduos de embalagens Madeira		
Geração de Efluentes	Lama – da lavagem	
	Água de processo	
Gestão e Atendimento à Legislação	SASMAQ	
	OHASS	
	Licença Ambiental FEPAM	
	ISSO Resoluções CONAMA	

Quadro 10 - Protocolo de pesquisa para a operação Tratamento

CONSTRUCTO	Tratamento	Avaliação
Emissões Atmosféricas	Gases efeito estufa – co2	
	Gases de Chumbo e estanho	
	solda	
	Cinza	
	Poeira	
	COV	
	Ruídos	
	Vibração	
	radiação	
	calor	
metano		
Uso de Recursos na Operação	Estrutura física – construção civil	
	Óleo combustível	
	Iluminação	
	Borrachas	
	Máquinas/equipamentos	
Uso de Recursos Naturais	Embalagens	
	Água	
	Combustível fóssil	
Geração de Resíduos Sólidos	Energia	
	vidro	
	material particulado	
	poeira	
	borracha	
	óleo	
	metais	
	papel	
	orgânico	
	REEE	
	Tintas	
	Químicos	
	Polímeros	
	Madeira	
	cerâmica	
resíduos de embalagens		
Geração de Efluentes	Lama	
	Água de processo	
Gestão e Atendimento à Legislação	Licenças – quais	
	Boas práticas adotadas	
	Selos de qualidade	
	Fornecedores – gestão	
	Origem/Destino - documentos	
Treinamentos/qualificação		

Quadro 11 – Protocolo de Pesquisa para a Operação Destino Final

CONSTRUCTO	Destino Final	Avaliação
Emissões Atmosféricas	Gases efeito estufa – co2	
	Gases de Chumbo e estanho	
	solda	
	Cinza	
	Poeira	
	COV	
	Ruídos	
	Vibração	
	radiação	
	calor	
metano		
Uso de Recursos na Operação	Estrutura física – construção civil	
	Óleo combustível	
	Iluminação	
	Borrachas	
	Máquinas/equipamentos	
Uso de Recursos Naturais	Embalagens	
	Água	
	Combustível fóssil	
Geração de Resíduos Sólidos	Energia	
	vidro	
	material particulado	
	Poeira	
	borracha	
	Óleo	
	metais	
	Papel	
	orgânico	
	resíduos de embalagens	
	REEE	
	Tintas	
	Químicos	
	Polímeros	
	Madeira	
cerâmica		
Geração de Efluentes	Lama	
	Água de processo	
Gestão e Atendimento à Legislação	Licenças – quais	
	Boas práticas adotadas	
	Selos de qualidade	
	Fornecedores – gestão	
	Origem/Destino - documentos	
Treinamentos/qualificação		

Após a conclusão das entrevistas nas empresas, passou-se para a construção do modelo e a avaliação dos dados coletados. De posse das informações sistematizadas, iniciou-se a análise dos resultados, identificando a participação de cada indicador e construto no desempenho ambiental, quais os que contribuem para o melhor desempenho nas operações. Nesta etapa também foi possível verificar possíveis lacunas, apresentando os resultados aos especialistas que contribuíram na avaliação final.

4 MODELO DE AVALIAÇÃO E CONTROLE DE DESEMPENHO AMBIENTAL

A partir da análise do ambiente Tecnosinos e de posse dos resultados da avaliação inicial com o enquadramento em níveis de maturidade, passou-se para a etapa de construção do modelo.

As atividades do grupo de foco foram de avaliar junto com a pesquisadora, os construtos importantes para as atividades relativas à pesquisa, e defini-los, com base nas atividades das empresas do Tecnosinos, no propósito do Parque e nos critérios técnicos relevantes às operações.

O *check list* inicial nas empresas âncora, conforme Anexo I, desenvolvido pela Equipe Técnica, apontou práticas nas empresas e constatou-se que muitas desenvolvem programas internos de gestão ambiental, porém a maioria não tem plano específico para destinação de REEEs, apenas ações esporádicas de recolhimento. Outros resíduos são monitorados com separação interna em recipientes específicos e coletas seletivas, gerenciadas pelo serviço de coletas urbanas do município.

Em sintonia com os construtos e indicadores nas ações já desenvolvidas e em desenvolvimento nas empresas-âncora, o grupo focado teve participação na definição dos construtos para a presente pesquisa. Passou-se para a elaboração de um modelo baseado em construtos e indicadores, do tipo arborescente (*tree-like*) com base nos diversos impactos ambientais que REEE podem causar. Foram usadas técnicas multicritério para distribuição de importância entre os construtos.

Os construtos foram definidos, considerando inicialmente a pesquisa bibliográfica, identificando os critérios para definição e os níveis de avaliação. As importâncias atribuídas também foram consideradas, e o contexto da aplicação. Identificou-se que muitos critérios se repetem, sendo construídos com base nas dimensões do conceito de sustentabilidade. Os aspectos legais em cada uma das dimensões são identificados pela ordem de importância dos construtos, identificando a importância do atendimento às regulamentações relacionando-a diretamente à área de atuação.

Num segundo momento, a partir da relação de construtos possíveis, foram identificados critérios utilizados pelas empresas-âncora e suas práticas em gestão ambiental. Após, foram relacionados com os construtos para a avaliação dos Níveis de Maturidade, identificados pelo Grupo Gestor. Foi desenvolvida uma análise entre os construtos do levantamento bibliográfico, das áreas de atuação das empresas âncora e os definidos pelas áreas de atuação das empresas a serem analisadas para o modelo. Relacionados, foram

discutidos com os especialistas, identificando os critérios relevantes para a proposição do modelo, contemplando a totalidade do ambiente, também pelas atividades nas unidades de análise externas. O grupo focal chegou à definição final, por contemplar o objeto da pesquisa com os mesmos construtos para as três operações, porém com a definição de indicadores específicos para as três operações, adequados a atividade fim das empresas analisadas para a elaboração do modelo.

Os seis construtos definidos pelo grupo focal foram:

- 1- Emissões Atmosféricas
- 2- Uso de recursos na operação
- 3- Uso de recursos naturais
- 4- Geração de resíduos sólidos
- 5- Geração de Efluentes
- 6- Gestão e atendimento à legislação

A definição dos construtos levou à análise da sua importância. A partir da apreciação dos construtos por três especialistas, que definiram a sua importância relativa pelos impactos ambientais, foram quantificados. A importância relativa dos construtos foi determinada por uma técnica multicritério, em que os especialistas relacionaram cada um dos seis itens pela ordem de importância na gestão ambiental, sendo na ordem de 1º lugar para o mais importante e 6º lugar para o menos importante. A importância gera uma nota em pontos, sendo 6 para o 1º lugar e 1 para o 6º lugar, totalizando 21 pontos. A soma das notas dos especialistas é dividida pela soma total das notas, distribuindo-se assim a participação de cada construto, em percentuais, totalizando 100%.

O método utilizado para medir a importância dos construtos está representado no Quadro 12.

Quadro 12- Escala de distribuição da importância dos construtos

Posição do construto	Pontuação
Mais importante	6 pontos
Segundo mais importante	5 pontos
Terceiro mais importante	4 pontos
Quarto mais importante	3 pontos
Quinto mais importante	2 pontos
Menos importante	1 ponto

Para cada construto foram identificados os indicadores de desempenho referentes às atividades pesquisadas. Foram levantadas as informações operacionais em cada uma das áreas, pelas atividades desenvolvidas, pelo tipo de resíduo presente em cada etapa das atividades, contemplando toda a organização, sem considerar serviços terceirizados. Foram classificados os tipos de recursos utilizados e as possíveis emissões geradas, passando por avaliação do grupo focado, tendo como base também a literatura disponível.

Da mesma forma como nos construtos, foi feita a distribuição dos indicadores para cada construto, recebendo uma classificação de importância de maneira uniforme, pois estão inter-relacionadas, distribuída pela importância do construto.

No questionário apresentado nas empresas, os gestores definem, para cada indicador, a percepção sobre o atual estágio de desempenho ambiental por uma escala de condições. As opções apresentadas foram: ótimo (1), bom (0,75), médio (0,50), regular (0,25) e péssimo (0). Multiplicando-se o desempenho e a importância obteve-se a contribuição de cada indicador para o atual desempenho, apresentado em pontos percentuais (pp). A soma de cada indicador e suas contribuições individuais, distribuídas de maneira uniforme, apresenta a contribuição do construto. Da mesma forma, a soma dos construtos apresenta um resultado final entre 0% e 100%. A contribuição de cada indicador, em percentuais, no desempenho ambiental é encontrada a partir da multiplicação do desempenho pela importância. A composição do julgamento apresenta o resultado de desempenho ambiental das empresas analisadas. Caso todos os indicadores sejam julgados ótimos, o desempenho final deverá ser de 100%.

Após esta identificação dos indicadores foi realizado um teste piloto e o refinamento do modelo com os membros do grupo e especialistas. Este refinamento foi qualitativo, buscando identificar eventuais indicadores inviáveis, corrigindo-os. A análise criteriosa das informações indicou possíveis ineficiências e correções necessárias no processo, gerando

novas informações e integração dos dados com o sistema de gestão ambiental já utilizado no Parque Tecnológico.

Após o refinamento, foi desenvolvida a entrevista e aplicação do questionário aos gestores das empresas nas três operações propostas, onde cada um respondeu para cada um dos indicadores, em cada uma das três operações (transporte, tratamento e destino final de REEE) o atual estágio de controle. Muitos indicadores foram eliminados na realização das entrevistas por não fazerem parte ou por que não puderam ser identificadas nas operações das empresas analisadas. As respostas a estes itens e a importância de cada um dos construtos apontou para o índice final variando entre 0 e 100% para cada operação. Com esta aplicação, foi feita a análise das respostas comparando as informações pelos impactos ambientais de REEE e o grau de importância atribuído. Os indicadores iniciais encontrados para cada operação estão representados no Quadro 13.

Quadro 13 - Caracterização dos Indicadores para cada construto nas operações pesquisadas

Construto	Transporte	Tratamento	Destino Final
Emissões Atmosféricas	Gases efeito estufa – CO ₂	Gases efeito estufa – CO ₂	Gases efeito estufa – CO ₂
	CO	Gases de Chumbo e estanho	Gases de Chumbo e estanho
	NO _x	Solda	solda
	CFC-12	Cinza	Cinza
	Metano	Poeira	Poeira
	enxofre S	COV	COV
	Ruídos	Ruídos	Ruídos
	Vibração	Vibração	radiação
	COV	Radiação	calor
	Calor	Calor	Dioxinas
	Metano	Metano	Substâncias halogenadas CFC
		Substâncias halogenadas CFC	Bifenilas policloradas PCBs
		Bifenilas policloradas PCBs	cloreto de polivinila PVC

Quadro 143 - Caracterização dos Indicadores para cada construto nas operações pesquisadas

Construto	Transporte	Tratamento	Destino Final
Uso de Recursos na Operação	Estrutura física – construção civil Óleo combustível Iluminação Pneus embalagens – papel, metálicas Papel Madeira Óleo lubrificante	Estrutura física – construção civil Óleo combustível Iluminação Borrachas Máquinas/equipamentos Embalagens Pneu – para veículos em operação Óleo lubrificante	Estrutura física – construção civil Óleo combustível Iluminação Borrachas Máquinas/equipamentos Embalagens
Uso de Recursos Naturais	Água Combustível fóssil Energia	Água Combustível fóssil (geradores e máquinas) Energia	Água Combustível fóssil Energia
Geração de Resíduos Sólidos	Vidro material particulado Poeira Borracha Óleo Metais Papel Orgânico resíduos de embalagens Madeira REEE	Vidro material particulado Poeira Borracha Óleo Metais Papel Orgânico REEE Tintas Químicos Polímeros	vidro material particulado Poeira Borracha Óleo Metais Papel Orgânico resíduos de embalagens REEE Tintas Químicos
		Madeira Cerâmica resíduos de embalagens Resinas Plásticos	Polímeros Madeira Cerâmica Resinas Plásticos
Geração de Efluentes	Lama – da lavagem Água de processo Água de sanitários	Lama Água de processo Água de sanitários	Lama Água de processo Água de sanitários

Quadro 153 - Caracterização dos Indicadores para cada construto nas operações pesquisadas (conclusão)

Gestão e Atendimento à Legislação	Treinamento/Qualificação	Licenças –LO do município e autorizações FEPAM para remessa de resíduos classe I para fora do Estado.	
	Licença Ambiental FEPAM classe 9	Boas práticas adotadas	Boas práticas adotadas
	Licença IBAMA – Classe 6	Selos de qualidade	Selos de qualidade
	Selo ambiental do Transporte	Fornecedores – gestão	Fornecedores – gestão
	Resoluções CONAMA	Origem/Destino – documentos Treinamentos/qualificação	Origem/Destino – documentos Treinamentos/qualificação

Fonte: elaborado pela autora com base na bibliografia consultada, reuniões do grupo focado e especialistas

Com os resultados foi possível identificar as principais lacunas de desempenho, assim como quais os indicadores que mais contribuíram para que o desempenho não fosse 100%. Estas informações são a base para o controle do desempenho ambiental. O modelo permite, com estas informações relacionadas, a identificação de quais os indicadores que devem ser observados para melhorar o desempenho dos construtos, com a maior relevância de acordo com a importância a ele designada. Permite a verificação dos indicadores e construtos com melhor desempenho, que devem ser mantidos, e identificar quais os pontos que devem ser priorizados com a definição de ações, por níveis de urgência e importância.

O resultado da avaliação dos construtos nas operações de transporte, tratamento e destino final apresenta as importâncias relativas gerando o modelo de avaliação do desempenho ambiental nas três operações. Na Tabela 3 são apresentados os resultados das respostas dos especialistas indicando a ordem de importância para cada construto. Atribuiu-se um valor para cada construto, com pontuação de 1 até 6, onde o 1º lugar em importância recebeu 6 pontos, e o 6º lugar em importância recebeu 1 ponto.

Foram apresentados os construtos identificados como prioritários para as atividades desenvolvidas no Tecnosinos e empresas parceiras, solicitando que cada especialista atribuísse um valor, na ordem de 1 a 6, onde 1 cabe ao mais importante e 6 para o menos importante. Esta avaliação foi solicitada aos especialistas para cada uma das três operações, gerando importâncias diferentes a cada uma delas. Os resultados da pontuação dada pelos três especialistas foram somados para cada construto e operação e são apresentados na quarta

coluna da operação. A soma dos resultados dos especialistas foi dividida pela soma total dos construtos, gerando o percentual individual por construto para cada operação, totalizando 100%, sendo apresentados nas Tabelas 4, 5 e 6. Observa-se que nas respostas dos especialistas não há consenso na definição de importância em muitos construtos, sendo atribuídas notas diferentes para mesmos itens.

Tabela 3 – Respostas dos Especialistas

Construtos	Transporte				Tratamento				Destino Final			
	E 1	E 2	E 3	soma	E 1	E 2	E 3	soma	E 1	E 2	E 3	soma
Emissões Atmosféricas	5	2	6	13	1	4	3	8	2	4	3	9
Uso de Recursos na Operação	4	3	3	10	4	1	2	7	1	1	1	3
Uso de Recursos Naturais	3	5	4	12	3	5	1	9	3	3	2	8
Geração de Resíduos Sólidos	1	1	1	3	6	2	5	13	4	5	5	14
Geração de Efluentes	2	4	2	8	2	3	4	9	5	2	4	11
Gestão e Atendimento à Legislação	6	6	5	17	5	6	6	17	6	6	6	18

Tabela 4 - Distribuição das importâncias entre os construtos na operação de Transporte

CONSTRUTOS	IMPORTÂNCIA
Emissões Atmosféricas	20,6%
Uso de recursos na operação	15,9%
Uso de recursos naturais	19,0%
Geração de resíduos sólidos	4,8%
Geração de Efluentes	12,7%
Gestão e atendimento à legislação	27,0%

Fonte: elaborado pela autora

Tabela 5 - Distribuição das importâncias entre os construtos na operação de Tratamento

CONSTRUTOS	IMPORTÂNCIA
Emissões Atmosféricas	12,7%
Uso de recursos na operação	11,1%
Uso de recursos naturais	14,3%
Geração de resíduos sólidos	20,6%
Geração de Efluentes	14,3%
Gestão e atendimento à legislação	27,0%

Fonte: elaborado pela autora

Tabela 6 - Distribuição das importâncias entre os construtos na operação Destino Final

CONSTRUTOS	IMPORTÂNCIA
Emissões Atmosféricas	14,3%
Uso de recursos na operação	4,8%
Uso de recursos naturais	12,7%
Geração de resíduos sólidos	22,2%
Geração de Efluentes	17,5%
Gestão e atendimento à legislação	28,6%

Fonte: elaborado pela autora

4.1 IDENTIFICAÇÃO E DEFINIÇÃO DOS INDICADORES

A definição dos Construtos possibilitou a identificação dos indicadores a serem avaliados nas empresas. Para esta etapa foi necessário o levantamento bibliográfico e consulta às análises das empresas do Tecnosinos, bem como consulta aos sistemas de gestão para, assim, identificar quais as principais atividades que devem ser monitoradas. Os critérios na identificação dos indicadores foram os impactos ambientais, relacionados às atividades e aos construtos, nas três operações, porém com características relacionadas ao ambiente Tecnosinos. Os resultados globais do levantamento são os já apresentados no Quadro 13. Após análise com especialistas, o resultado passou por refinamento, permanecendo os mais impactantes, que, posteriormente, na pesquisa foram descartados ou mesmo adicionados, de acordo com o monitoramento desenvolvido por cada empresa analisada.

4.2 APLICAÇÃO DO MODELO

O resultado da aplicação do modelo para cada operação é feito por meio de tabelas. Contêm na primeira coluna os construtos e, na segunda, as importâncias relativas, construídas pela soma das avaliações dos especialistas, conforme apresentado nas Tabelas 4, 5 e 6. Na terceira coluna estão os indicadores, sendo cada operação com seus indicadores específicos. Nas demais colunas apresentam-se a importância dos indicadores, sua avaliação e sua contribuição para o desempenho. As informações encontram-se em percentuais, demonstrando a sua participação relativa nos resultados.

4.2.1 Aplicação do Modelo na Operação de Transporte de REEE

Duas empresas que desenvolvem o transporte de REEEs foram analisadas, apresentando os construtos e indicadores, solicitando a validação das informações e avaliação destes indicadores de acordo com as atividades desenvolvidas. As duas empresas receberam a informação dos construtos e suas importâncias, concordando com as distribuições.

O questionário foi apresentado para dois gestores das empresas, em reunião, que identificaram os construtos e analisaram de acordo com sua operação. Cada construto foi analisado no seu contexto, com os devidos indicadores e, para cada indicador, os gestores foram solicitados a atribuir um valor, pela escala de condições, entre ótimo, bom, médio, regular e péssimo, indicando o atual estágio de controle do indicador na avaliação de desempenho na organização. A pesquisadora mediou a reunião, auxiliando nos esclarecimentos necessários quando solicitada, para melhor compreensão dos dados apresentados, identificando também se os indicadores são aplicados na operação ou se não fazem parte, devendo ser excluídos da avaliação e integrando outros não explicitados anteriormente. No caso do construto Gestão e Atendimento à Legislação foram incluídos indicadores específicos, quando apresentados pelos gestores como parte avaliada pelos sistemas gerenciais internos. Os resultados para a empresa Pollo, na operação de Transporte, são apresentados na Tabela 7.

Tabela 7 - Modelo para avaliação de desempenho ambiental da operação de Transporte na Empresa POLLO

Construto	Importância Construto	Indicador	Importância do Indicador	Avaliação do Indicador	Contribuição do Indicador	Total do Construto
Emissão de Efluentes	20,6%	Gases efeito estufa – CO2	2,3%	1	2,3%	16,0%
		CO	2,3%	1	2,3%	
		NOx	2,3%	0	0,0%	
		CFC-12	2,3%	1	2,3%	
		metano	2,3%	1	2,3%	
		enxofre S	2,3%	0,5	1,1%	
		ruídos	2,3%	0,75	1,7%	
		vibração	2,3%	0,75	1,7%	
		COV	2,3%	1	2,3%	
		Recursos utilizados na Produção	15,9%	Estrutura física – construção civil	2,3%	
Óleo combustível	2,3%			0,25	0,6%	
iluminação	2,3%			0,75	1,7%	
pneus	2,3%			1	2,3%	
embalagens – papel, metálicas	2,3%			0,75	1,7%	
papel	2,3%			0,75	1,7%	
madeira	2,3%			0,75	1,7%	
Utilização de Recursos Naturais	19,0%	Água	9,5%	1	9,5%	16,6%
		energia	9,5%	0,75	7,1%	
Geração de Resíduos Sólidos	4,8%	vidro	0,40%	1	0,4%	4,1%
		material particulado	0,40%	1	0,4%	
		poeira	0,40%	0	0,0%	
		borracha	0,40%	1	0,4%	
		óleo	0,40%	1	0,4%	
		metais	0,40%	1	0,4%	
		papel	0,40%	1	0,4%	
		orgânico	0,40%	1	0,4%	
		resíduos de embalagens	0,40%	1	0,4%	
		Madeira	0,40%	0,75	0,3%	
		REEE	0,40%	0,75	0,3%	
plástico	0,40%	0,75	0,3%			
Geração de Efluentes	12,7%	Lama – da lavagem	6,35%	1	6,4%	12,7%
		Água de processo	6,35%	1	6,4%	
Gestão e Atendimento à Legislação	27,0%	Treinamento/Qualificação	5,40%	0,25	1,4%	23,0%
		Licença Ambiental FEPAM classe 9	5,40%	1	5,4%	
		Licença IBAMA – Classe 6	5,40%	1	5,4%	
		Selo ambiental do Transporte	5,40%	1	5,4%	
		Resoluções CONAMA	5,40%	1	5,4%	
	100,0%					83,2%

A avaliação na segunda empresa na operação de transportes foi feita com a coordenadora do CRC Cesmar, contando com a colaboração eventual de um colaborador participante da gestão quando solicitado para temas específicos. A gestora explanou a forma de atuação do Centro Social Marista, contextualizando a atividade do CRC. Após, foi apresentado o questionário, seguindo o roteiro programado, de apresentação e identificação dos construtos, analisando-os com base na operação. Foram identificados os indicadores para cada um dos construtos e a gestora foi convidada a atribuir um valor entre ótimo, bom, médio, regular e péssimo indicando assim o atual estágio de controle do indicador na avaliação de desempenho na organização.

Os resultados para a empresa Cesmar, na operação de Transporte, está representada na Tabela 8.

Tabela 8 - Modelo para avaliação de desempenho ambiental da operação de Transporte na Empresa Cesmar

Construto	Importância Construto	Indicador	Importância do Indicador	Avaliação do Indicador	Contribuição do Indicador	Total do Construto					
Emissões Atmosféricas	20,6%	Gases efeito estufa – CO2	CO2	2,3%	0,25	0,6%	8,0%				
			CO	2,3%	0,25	0,6%					
			NOx	2,3%	0,25	0,6%					
			CFC-12	2,3%	0,75	1,7%					
			Metano	2,3%	0,25	0,6%					
			enxofre S	2,3%	0,25	0,6%					
			ruídos	2,3%	0,5	1,1%					
			vibração	2,3%	0,5	1,1%					
			COV	2,3%	0,5	1,1%					
Uso de Recursos na Operação	15,9%	Estrutura física – construção civil	Óleo combustível	2,27%	1	2,3%	15,3%				
			iluminação	2,27%	1	2,3%					
			pneus	2,27%	1	2,3%					
			embalagens – papel, metálicas	2,27%	1	2,3%					
			papel	2,27%	1	2,3%					
			madeira	2,27%	1	2,3%					
			Água	6,33%	1	6,3%					
Uso de Recursos Naturais	19,0%	Combustível fóssil	energia	6,33%	0,75	4,8%	17,4%				
			vidro	0,40%	1	0,4%					
Geração de Resíduos Sólidos	4,8%	material particulado	poeira	0,40%	0,5	0,2%	4,1%				
			borracha	0,40%	1	0,4%					
			óleo	0,40%	1	0,4%					
			metais	0,40%	0,5	0,2%					
			papel	0,40%	1	0,4%					
			orgânico	0,40%	1	0,4%					
			resíduos de embalagens	0,40%	0,75	0,3%					
			Madeira	0,40%	1	0,4%					
			REEE	0,40%	0,75	0,3%					
			plástico	0,40%	1	0,4%					
			Geração de Efluentes	12,7%	Lama – da lavagem	Água de processo		6,35%	1	6,4%	12,7%
								6,35%	1	6,4%	
			Gestão e Atendimento à Legislação	27,0%	Treinamento/Qualificação	Licença Ambiental FEPAM classe 9		5,40%	0	0,0%	1,4%
Licença IBAMA	5,40%	0				0,0%					
Selo Ambiental Transporte	5,40%	0				0,0%					
Resoluções CONAMA	5,40%	0				0,0%					
100,0%						58,9%					

4.2.2 Aplicação do Modelo na Operação de Tratamento de REEE

A operação de Tratamento de REEEs foi a segunda a ser pesquisada gerando a elaboração do modelo com os mesmos construtos, porém com indicadores específicos, pesquisados e avaliados em duas empresas. DC, unidade Novo Hamburgo e Cesmar fizeram parte da avaliação. O tratamento corresponde à atividade de classificação, separação dos tipos de REEEs e descaracterização.

A operação de Tratamento de REEE, na empresa DC, foi avaliada por um gestor, que respondeu aos questionamentos. Primeiramente, após a apresentação da proposta da pesquisa, foram apresentados os construtos e a sua contextualização bem como as importâncias. Em concordância com as distribuições, foram apresentados os indicadores, verificando a adequação e a presença na operação. O gestor foi convidado a responder aos questionamentos, avaliando cada um dos indicadores pelo nível de monitoramento e controle dentro da empresa. O mesmo método foi adotado conforme pesquisas anteriores, com valores atribuídos pela escala de condições, identificando entre muito bom e péssimo.

Nesta etapa também foi solicitado que se identificasse indicadores não presentes e monitorados pelo sistema de gestão da empresa. Os resultados para o modelo da empresa DC, unidade Novo Hamburgo estão apresentados na Tabela 9.

Tabela 9 - Modelo para avaliação de desempenho ambiental da operação de Tratamento na Empresa DC

Construto	Importância do Construto	Indicador	Importância do indicador	Avaliação do indicador	Contribuição do Indicador	Total Construto
Emissões Atmosféricas	12,7%	Gases efeito estufa – CO ₂	1,1%	0,75	0,8%	10,1%
		Gases de Chumbo e estanho	1,1%	1	1,1%	
		Poeira	1,1%	1	1,1%	
		COV	1,1%	1	1,1%	
		Ruídos	1,1%	0,5	0,5%	
		Vibração	1,1%	0,75	0,8%	
		radiação	1,1%	0,75	0,8%	
		calor	1,1%	0,5	0,5%	
		metano	1,1%	1	1,1%	
		Substâncias halogenadas CFC	1,1%	0,75	0,8%	
		Bifenilas policloradas PCBs	1,1%	0,75	0,8%	
		cloreto de polivinila PVC	1,1%	0,75	0,8%	
		Uso de Recursos na Operação	11,1%	Estrutura física – construção civil	1,4%	
Óleo combustível	1,4%			0,75	1,0%	
Iluminação	1,4%			1	1,4%	
Borrachas	1,4%			1	1,4%	
Máquinas/equipamentos	1,4%			0,75	1,0%	
Embalagens	1,4%			0,75	1,0%	
Pneu – para veículos em operação	1,4%			1	1,4%	
Uso de Recursos Naturais	14,3%	Óleo lubrificante	1,4%	0,75	1,0%	11,9%
		Água	4,77%	1	4,8%	
		Combustível fóssil	4,77%	0,75	3,6%	
Geração de Resíduos Sólidos	20,6%	Energia	4,77%	0,75	3,6%	16,4%
		vidro	1,21%	1	1,2%	
		material particulado	1,21%	0,75	0,9%	
		poeira	1,21%	0,5	0,6%	
		borracha	1,21%	1	1,2%	
		óleo	1,21%	0,75	0,9%	
		metais	1,21%	1	1,2%	
		papel	1,21%	1	1,2%	
		orgânico	1,21%	0,75	0,9%	
		REEE	1,21%	1	1,2%	
		Tintas	1,21%	0,75	0,9%	
		Químicos	1,21%	0,5	0,6%	
		Polímeros	1,21%	0,75	0,9%	
		Madeira	1,21%	0,75	0,9%	
cerâmica	1,21%	0,75	0,9%			
resíduos de embalagens	1,21%	0,75	0,9%			
Resinas	1,21%	1	1,2%			
Plásticos	1,21%	0,5	0,6%			

Tabela 09 - Modelo para avaliação de desempenho ambiental da operação de Tratamento na Empresa DC (conclusão)

Construto	Importância do Construto	Indicador	Importância do indicador	Avaliação do indicador	Contribuição do Indicador	Total Construto
Geração de Efluentes	14,3%	Lama	4,8%	1	4,8%	14,3%
		Água de processo	4,8%	1	4,8%	
		Sanitários	4,8%	1	4,8%	
Gestão e Atendimento à Legislação	27,0%	Licenças –LO do município e autorizações FEPAM para remessa de resíduos classe I para fora do Estado.	4,5%	1	4,5%	23,6%
		Boas práticas adotadas	4,5%	0,75	3,4%	
		Selos de qualidade	4,5%	1	4,5%	
		Fornecedores – gestão	4,5%	0,75	3,4%	
		Origem/Destino - documentos	4,5%	1	4,5%	
		Treinamentos/qualificação	4,5%	0,75	3,4%	
100,0%						85,6%

A empresa Cesmar foi a segunda avaliada na operação Tratamento. Foram apresentados à gestora os construtos e suas importâncias para a operação e os indicadores identificados como os de maior impacto. Na sequência, foi solicitado que respondesse aos questionamentos na avaliação dos indicadores apresentados para esta operação, atribuindo valores a cada um, pela escala de condições.

Durante a elaboração das respostas houve intervenções para esclarecimentos, bem como compreensão do processo, tanto por parte da gestora como da mediadora, chegando-se a consenso na atribuição de valores. Os resultados da avaliação e aplicação do modelo estão representados na Tabela 10.

Tabela 10 - Modelo para avaliação de desempenho ambiental da operação de Tratamento na Empresa Cesmar

Construto	Importância do Construto	Indicador	Importância do Indicador	Avaliação do Indicador	Contribuição do Indicador	Total do Construto
Emissões Atmosféricas	12,7%	Gases efeito estufa – CO ₂	0,9%	1	0,9%	10,9%
		Gases de Chumbo e estanho	0,9%	1	0,9%	
		solda	0,9%	1	0,9%	
		Cinza	0,9%	1	0,9%	
		Poeira	0,9%	0,5	0,5%	
		COV	0,9%	1	0,9%	
		Ruídos	0,9%	0,75	0,7%	
		Vibração	0,9%	0,75	0,7%	
		radiação	0,9%	1	0,9%	
		calor	0,9%	0,75	0,7%	
		metano	0,9%	1	0,9%	
		Substâncias halogenadas CFC	0,9%	0,75	0,7%	
		Bifenilas policloradas PCBs	0,9%	0,75	0,7%	
		cloreto de polivinila PVC	0,9%	0,75	0,7%	
Uso de Recursos na Operação	11,1%	Estrutura física – construção civil	1,9%	1	1,9%	10,2%
		Óleo combustível	1,9%	1	1,9%	
		Iluminação	1,9%	0,75	1,4%	
		Borrachas	1,9%	1	1,9%	
		Máquinas/equipamentos	1,9%	0,75	1,4%	
Uso de Recursos Naturais	14,3%	Embalagens	1,9%	1	1,9%	14,3%
		Água	4,8%	1	4,8%	
		Combustível fóssil	4,8%	1	4,8%	
Geração de Resíduos Sólidos	20,6%	Energia	4,8%	1	4,8%	19,1%
		vidro	1,5%	1	1,5%	
		material particulado	1,5%	1	1,5%	
		poeira	1,5%	0,5	0,7%	
		borracha	1,5%	1	1,5%	
		óleo	1,5%	1	1,5%	
		metais	1,5%	0,75	1,1%	
		papel	1,5%	1	1,5%	
		orgânico	1,5%	1	1,5%	
		REEE	1,5%	1	1,5%	
		Tintas	1,5%	1	1,5%	
		Polímeros	1,5%	0,75	1,1%	
		Madeira	1,5%	1	1,5%	
		cerâmica	1,5%	1	1,5%	
Geração de Efluentes	14,3%	resíduos de embalagens	1,5%	1	1,5%	13,1%
		Lama	4,8%	1	4,8%	
		Água de processo	4,8%	1	4,8%	
Gestão e Atendimento à Legislação	27,0%	Sanitários	4,8%	0,75	3,6%	25,3%
		Boas práticas adotadas	6,8%	1	6,8%	
		Fornecedores – gestão	6,8%	0,75	5,1%	
		Origem/Destino - documentos	6,8%	1	6,8%	
		Treinamentos/qualificação	6,8%	1	6,8%	
	100,0%					92,7%

4.2.3 Aplicação do Modelo na Operação Destino Final de REEE

O Destino Final dos REEEs é caracterizado por atividades de reutilização dos equipamentos ou componentes em condições de uso, e também da separação total dos componentes químicos, plásticos, metais e outros, transformando-os por meio de reciclagem em matéria prima para novos produtos. As empresas avaliadas para esta operação foram Cesmar e DC unidade São Paulo.

Na empresa Cesmar, os dados foram avaliados na sequência dos anteriormente apresentados, seguindo o mesmo roteiro de análise. Foram apresentadas as importâncias dos construtos para a operação Destino Final e, em concordância, seguiu-se para a apresentação dos indicadores. Por meio de conversas para esclarecimentos de cada um dos indicadores e compreensão do processo, houve intermediação da pesquisadora e participação eventual de outros colaboradores nas discussões e análise, possibilitando a mais correta determinação de valor aos indicadores. Atribuídos os valores pela escala de condições e validados os indicadores, os resultados para a operação Destino Final na empresa Cesmar são apresentados na Tabela 11.

Tabela 11 - Modelo para avaliação de desempenho ambiental da operação Destino Final na Empresa Cesmar

Construto	Importância do Construto	Indicador	Importância do Indicador	Avaliação do Indicador	Contribuição do Indicador	Total do Construto		
Emissões Atmosféricas	14,3%	Gases efeito estufa – CO2	1,8%	1	1,8%	9,4%		
		Gases de Chumbo e estanho	1,8%	1	1,8%			
		solda	1,8%	1	1,8%			
		Poeira	1,8%	0	0,0%			
		COV	1,8%	0,25	0,4%			
		Ruídos	1,8%	0,5	0,9%			
		Vibração	1,8%	0,75	1,3%			
Uso de Recursos na Operação	4,8%	calor	1,8%	0,75	1,3%	4,0%		
		Estrutura física – construção civil	0,8%	0,75	0,6%			
		Óleo combustível	0,8%	1	0,8%			
		Iluminação	0,8%	0,5	0,4%			
		Borrachas	0,8%	1	0,8%			
Uso de Recursos Naturais	12,7%	Máquinas/equipamentos	0,8%	0,75	0,6%	11,1%		
		Embalagens	0,8%	1	0,8%			
		Água	6,4%	1	6,4%			
		Energia	6,4%	0,75	4,8%			
		Geração de Resíduos Sólidos	22,2%	vidro	1,6%		1	1,6%
				material particulado	1,6%		0,75	1,2%
				poeira	1,6%		0,5	0,8%
				borracha	1,6%		1	1,6%
				metais	1,6%		1	1,6%
				papel	1,6%		1	1,6%
				orgânico	1,6%		1	1,6%
				resíduos de embalagens	1,6%		1	1,6%
				REEE	1,6%		1	1,6%
				Tintas	1,6%		1	1,6%
		Geração de Efluentes	17,5%	Químicos	1,6%		1	1,6%
Polímeros	1,6%			1	1,6%			
Madeira	1,6%			0,75	1,2%			
cerâmica	1,6%			1	1,6%			
Lama	5,8%			1	5,8%			
Água de processo	5,8%			1	5,8%			
Água de sanitários	5,8%			0,75	4,4%			
Gestão e Atendimento à Legislação	28,5%	Boas práticas -eliminou copos descartáveis	5,7%	1	5,7%	16,0%		
		Selos de qualidade	5,7%	0,25	1,4%			
		Fornecedores – gestão	5,7%	0,75	4,3%			
		Origem/Destino - documentos	5,7%	1	5,7%			
		Treinamentos/qualificação	5,7%	1	5,7%			
100,0%						83,9%		

A segunda empresa pesquisada para a operação Destino Final foi a DC unidade São Paulo. Em função da distância e impossibilidade de reunião pessoal com os gestores, a pesquisa foi desenvolvida por meio de conversas telefônicas com o gestor responsável, e por meio de trocas de mensagens eletrônicas. Com a explicação do propósito da pesquisa, foi aceita a participação, e por meio do repasse das informações por e-mail, foi desenvolvida a análise. Num primeiro momento foi feito o contato telefônico.

Após, foi repassada a explanação geral do projeto por e-mail para validação na empresa e autorização para execução. Com o aceite, foram repassadas as informações dos construtos e suas importâncias, com retorno de concordância com as atribuições dadas. Foi enviada a relação de indicadores com a solicitação de atribuição de valor, com as importâncias, conforme os demais. Os indicadores foram validados pela empresa e incluídos os que são monitorados internamente, bem como a identificação e inclusão de indicadores do construto Gestão e Atendimento à Legislação, tanto em boas práticas como obrigatórios para a operação destino Final.

Com as respostas, foi feita a análise e desenvolvimento do modelo, apresentado na Tabela 12.

Tabela 12 - Modelo para avaliação de desempenho ambiental da operação Destino Final na Empresa DC

Construto	Importância do Construto	Indicadores	importância do indicador	Avaliação do indicador	Contribuição do Indicador	total construto
Emissões Atmosféricas	14,3%	Gases efeito estufa – CO2	2,0%	0,75	1,5%	11,7%
		Gases de Chumbo e estanho	2,0%	1	2,0%	
		solda	2,0%	0,75	1,5%	
		Poeira	2,0%	0,75	1,5%	
		Ruídos	2,0%	0,5	1,0%	
		Vibração	2,0%	1	2,0%	
		calor	2,0%	1	2,0%	
Uso de Recursos na Operação	4,7%	Estrutura física – construção civil	0,8%	1	0,8%	4,5%
		Óleo combustível	0,8%	0,75	0,6%	
		Iluminação	0,8%	1	0,8%	
		Borrachas	0,8%	1	0,8%	
		Máquinas/equipamentos	0,8%	1	0,8%	
		Embalagens	0,8%	1	0,8%	
Uso de Recursos Naturais	12,7%	Água	6,4%	0,75	4,8%	9,5%
		Energia	6,4%	0,75	4,8%	
Geração de Resíduos Sólidos	22,2%	vidro	1,6%	1	1,6%	20,6%
		material particulado	1,6%	1	1,6%	
		poeira	1,6%	1	1,6%	
		borracha	1,6%	1	1,6%	
		óleo	1,6%	0,75	1,2%	
		metais	1,6%	1	1,6%	
		papel	1,6%	1	1,6%	
		orgânico	1,6%	0,75	1,2%	
		resíduos de embalagens	1,6%	1	1,6%	
		REEE	1,6%	1	1,6%	
		Tintas	1,6%	0,75	1,2%	
		Químicos	1,6%	0,75	1,2%	
		Polímeros	1,6%	1	1,6%	
		Madeira	1,6%	1	1,6%	
		Água de processo	8,8%	1	8,8%	
Geração de Efluentes	17,5%	Sanitários	8,8%	0,75	6,6%	15,3%
Gestão e Atendimento à Legislação	28,6%	Boas práticas adotadas	3,6%	0,75	2,7%	27,7%
		Licença operação SMA	3,6%	1	3,6%	
		ISO 9001/2008	3,6%	1	3,6%	
		ISO 14001	3,6%	1	3,6%	
		Fornecedores – Homologação e auditorias	3,6%	1	3,6%	
		Origem/Destino - controle de emissão de documentos	3,6%	1	3,6%	
		Instruções de trabalho para Manufatura Reversa	3,6%	1	3,6%	
		Treinamentos/qualificação para certificações	3,6%	1	3,6%	
	100,0%				89,3%	

4.3 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

A aplicação de um modelo de avaliação e controle de desempenho ambiental nas operações de Transporte, Tratamento e Destino Final ocorreu em três empresas que desenvolvem as atividades propostas, tendo em vista a sua aplicação no Parque Tecnológico de São Leopoldo, Tecnosinos. O Parque está localizado na área da Unisinos, sendo condição primeira para a instalação e operação de empresas cumprirem os requisitos do SGA, com as documentações necessárias para atividades específicas. As três empresas pesquisadas correspondem às necessidades impostas, apresentando suas condições de regularidade.

Na Tabela 13, são apresentadas as lacunas por construto e por operação (op.), onde se pode perceber que a primeira operação, Transporte, teve o mais baixo desempenho, totalizando uma lacuna média de 29,05 pontos percentuais. O baixo desempenho pode ser analisado considerando-se que a maior parte dos esforços das empresas, bem como de recursos está sendo priorizado para áreas operacionais. A área ambiental passa a ser de importância secundária e poucos investimentos são feitos para minimizar os impactos.

Tabela 13 – Lacunas de desempenho dos construtos por operação em pontos percentuais (pp)

Construto	Op. 1a	Op. 1b	Op. 2a	Op. 2b	Op. 3a	Op. 3b
Emissões Atmosféricas	4,6	12,6	2,6	1,8	4,9	2,6
Recursos utilizados na Produção	5,1	0,6	1,7	0,9	0,8	0,2
Utilização de Recursos Naturais	2,4	1,6	2,4	0	1,6	3,2
Geração de Resíduos Sólidos	0,7	0,7	4,2	1,5	1,6	1,6
Geração de Efluentes	0	0	0	1,2	1,5	2,2
Gestão e Atendimento à Legislação	4,1	25,7	3,4	1,7	5,7	0,9
Total das lacunas	16,9	41,2	14,3	7,1	16,1	10,7
Média por operação	29,05		10,7		21,45	

Na Tabela 14 é apresentado um comparativo entre as médias das lacunas das operações analisadas, demonstrando claramente as distorções na alocação de recursos e esforços das empresas, para os mesmos construtos. Mesmo que as importâncias dadas a cada construto sejam diferentes para cada operação, os resultados das lacunas demonstram a necessidade de maiores esforços para o atendimento às questões de minimização dos impactos

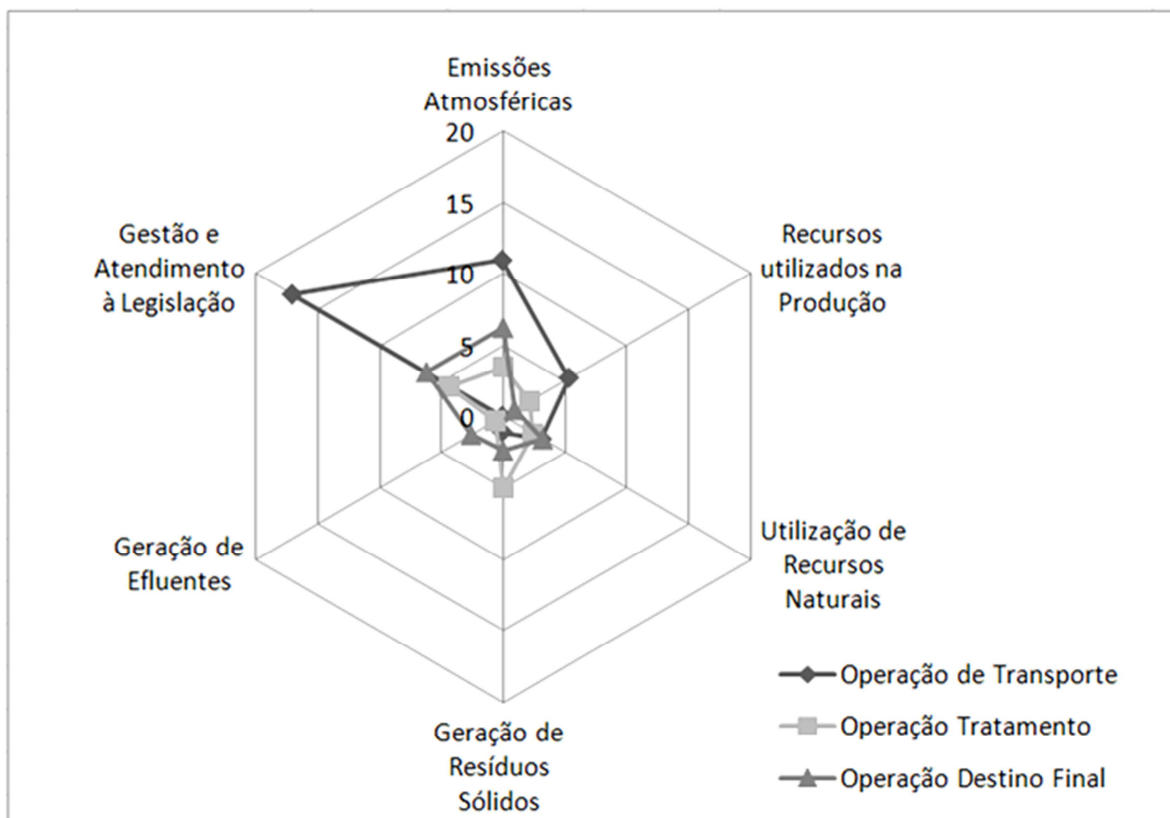
ambientais. A definição de estratégias para alcançar o desempenho máximo, corrigindo as lacunas é o esperado para estas operações, melhorando o desempenho total.

Tabela 14 - Comparativo da média das lacunas de desempenho dos construtos por operação

Construto	Operação de Transporte	Operação Tratamento	Operação Destino Final
Emissões Atmosféricas	8,6	2,2	3,75
Recursos utilizados na Produção	2,85	1,3	0,5
Utilização de Recursos Naturais	2	1,2	2,4
Geração de Resíduos Sólidos	0,7	2,85	1,6
Geração de Efluentes	0	0,6	1,85
Gestão e Atendimento à Legislação	14,9	2,55	3,3

Conforme Tabela 14, a lacuna com resultado médio mais importante é Gestão e Atendimento à Legislação na operação de Transporte, destacando-se das demais. Emissões Atmosféricas na operação de Transporte em segundo lugar, seguida de Emissões Atmosféricas e Gestão e Atendimento à Legislação na operação Destino Final. As diferenças entre a distribuição das lacunas é percebida pela Figura 9, refletindo a necessidade de readequação das prioridades gerenciais. Estes resultados podem ser modificados por meio de mudanças organizacionais, com alterações de procedimentos, não sendo necessário, em muitos casos, investimentos, apenas realocação dos recursos disponíveis. A busca de orientação e identificação das exigências legais para cada tipo de atividade é um dos caminhos propostos, principalmente na operação de Transporte. A qualificação profissional, para atender os requisitos legais segue na mesma lógica, pois o aperfeiçoamento profissional pode levar à ações que minimizem impactos negativos, contribuindo com o melhor desempenho do construto e, conseqüentemente, elevando o resultado de desempenho total.

Figura 9 - Comparativo da distribuição das lacunas nas três operações



Na sequência, as Figuras 10, 11 e 12 apontam uma perspectiva da distribuição das lacunas por operação, ficando mais evidentes as distorções nas distribuições.

Figura 10 – Representação da Média das Lacunas na Operação de Transporte

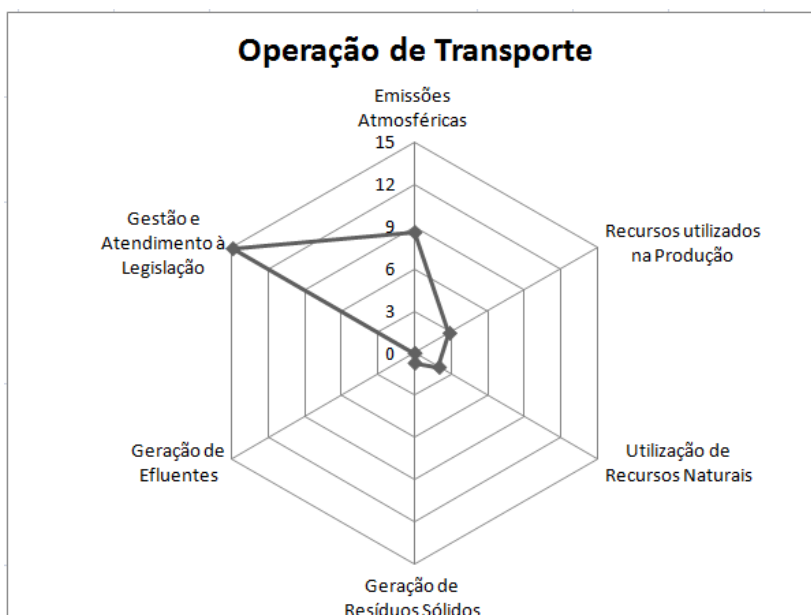


Figura 11 - Representação da Média das Lacunas na Operação de Tratamento

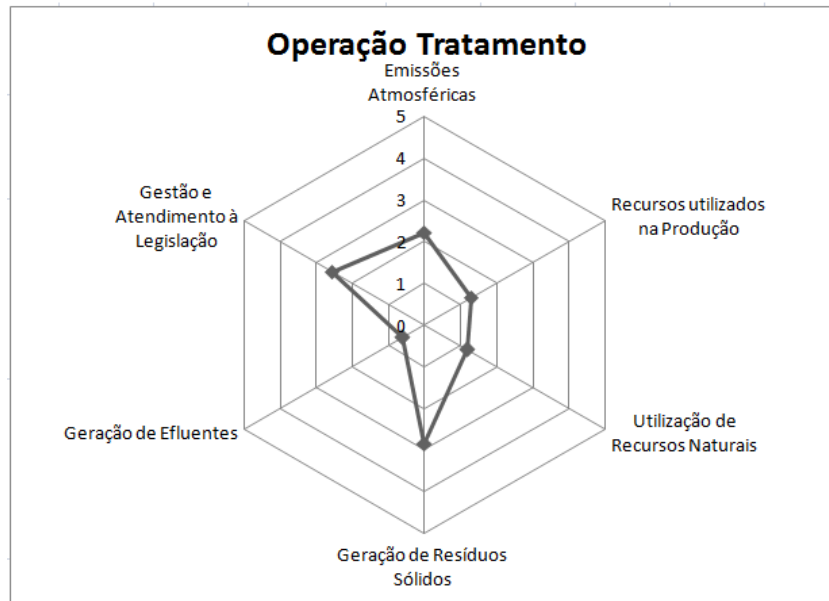


Figura 12 - Representação da Média das Lacunas na Operação de Destino Final



4.3.1 Análise Estratégica da Operação de Transporte

A primeira empresa estudada, na operação de Transporte de REEE apresenta em seu modelo um desempenho relativo de 83,2%, porém para cada construto apresentou desempenho com características que identificam lacunas importantes na gestão ambiental.

Observa-se no primeiro construto, Emissões Atmosféricas, um desempenho relativo considerado baixo em relação aos demais, sendo que na avaliação dos especialistas para a construção do modelo, foi considerado o segundo mais importante, representando 20,6%. Este construto teve o quinto lugar em desempenho absoluto, com 16,0%, caracterizando 77,7% do total. As informações podem ser observadas na Tabela 15.

Também o primeiro construto em importância, Gestão e Atendimento à Legislação, representando 27,0%, teve o quarto resultado em desempenho, com 85,2% de desempenho relativo. O melhor resultado nesta empresa foi para o construto Geração de Efluentes, com desempenho relativo de 100%, que está avaliado pela quinta posição em importância do construto.

Tabela 15 – Base de cálculo do Desempenho Relativo da Empresa Pollo

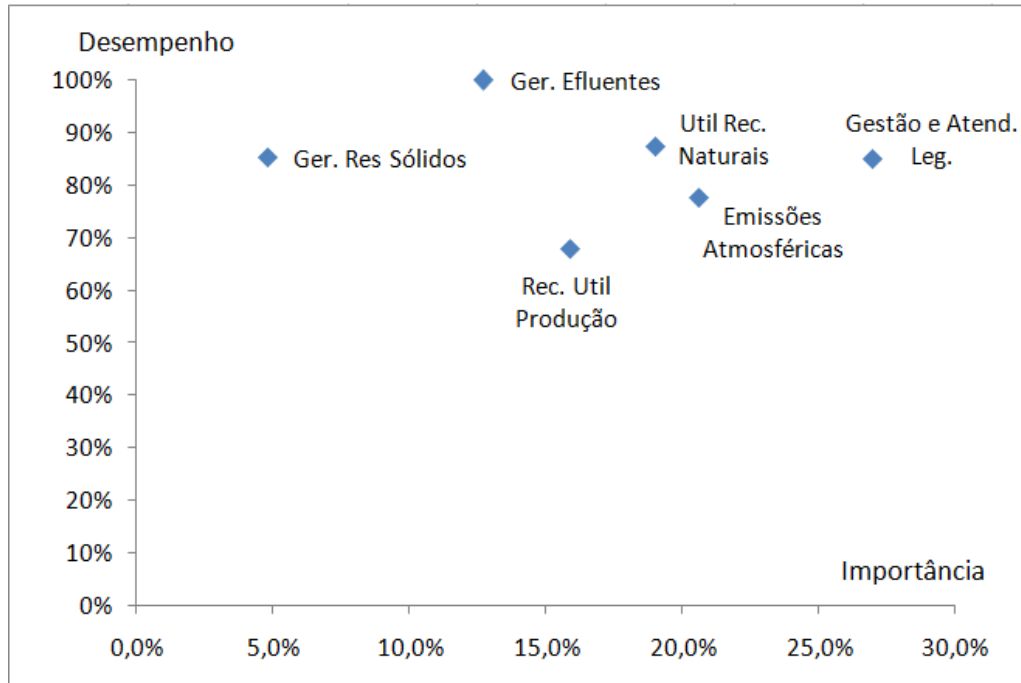
Ordem de Importância	Construto	Importância do construto	Desempenho Absoluto	Desempenho Relativo
2º	Emissões Atmosféricas	20,6%	16,0%	77,7%
4º	Recursos utilizados na Produção	15,9%	10,8%	67,9%
3º	Utilização de Recursos Naturais	19,0%	16,6%	87,4%
6º	Geração de Resíduos Sólidos	4,8%	4,1%	85,4%
5º	Geração de Efluentes	12,7%	12,7%	100,0%
1º	Gestão e Atendimento à Legislação	27,0%	23,0%	85,2%

Observa-se que, de um modo geral, houve uma inversão nos resultados conforme importância dada pelos especialistas, atendendo critérios técnicos, e a atuação da empresa, com maior preocupação e maior esforço dispensado às ações que, em termos de impacto ambiental, podem ter menor importância. Esta característica pode ser analisada sob a ótica da responsabilidade indireta, em que a obtenção de resultados melhores parte do esforço legal.

Por meio da Figura13 pode-se perceber que construtos com importâncias diferentes têm resultados parecidos. Esta característica aponta para uma estratégia de gestão em que não há correta priorização na alocação de recursos. Esta característica fica evidente em alguns construtos, como o 1º, 3º, e 6º. Há lacunas importantes e serem priorizadas com a necessidade de investimento e maior controle sobre a operação. O controle na gestão, no indicador de Qualificação Profissional, foi o que mais contribuiu para o baixo desempenho no construto de maior importância. No construto Emissões Atmosféricas, o indicador NOx foi o que mais

contribuiu, significando o não controle sobre o combustível utilizado para abastecimento dos caminhões.

Figura 13 - Representação do modelo para a empresa Pollo Transportes



A segunda empresa apresenta um desempenho relativo total de 58,9%, que pode ser considerado muito baixo, quando observada de forma global. Além disto o que se pode perceber é o fato de o construto mais importante na avaliação dos especialistas, Gestão e Atendimento à Legislação, ter sido o pior em desempenho. A justificativa relatada, neste caso, é o fato de a empresa possuir veículos próprios, antigos, recebidos por doação, para o transporte de REEE e não tem licenças específicas para este tipo de transporte por ser isenta desta necessidade, de acordo com a coordenação da empresa. Também foi mencionada a não necessidade de qualificação profissional do condutor, conforme as resoluções do CONTRAN, para a realização deste transporte. O desempenho relativo neste construto é de 5,2%, com uma lacuna de 25,7 pontos percentuais. A empresa não possui licenças ambientais para a operação, considerada isenta por ser da área socioeducativa, conforme afirma a gestora. Chama a atenção o fato de a instituição não ter, como estratégia de gestão, a implementação de SGA, e também não atentar para o risco do transporte sem identificação em atendimento à legislação e também sem a qualificação profissional adequada ao condutor para transporte de produto perigoso. Em caso de acidentes com estes resíduos, o não atendimento aos procedimentos

legais pode gerar danos ambientais importantes, bem como prejuízos para a instituição com autuações por não conformidade do veículo e do condutor.

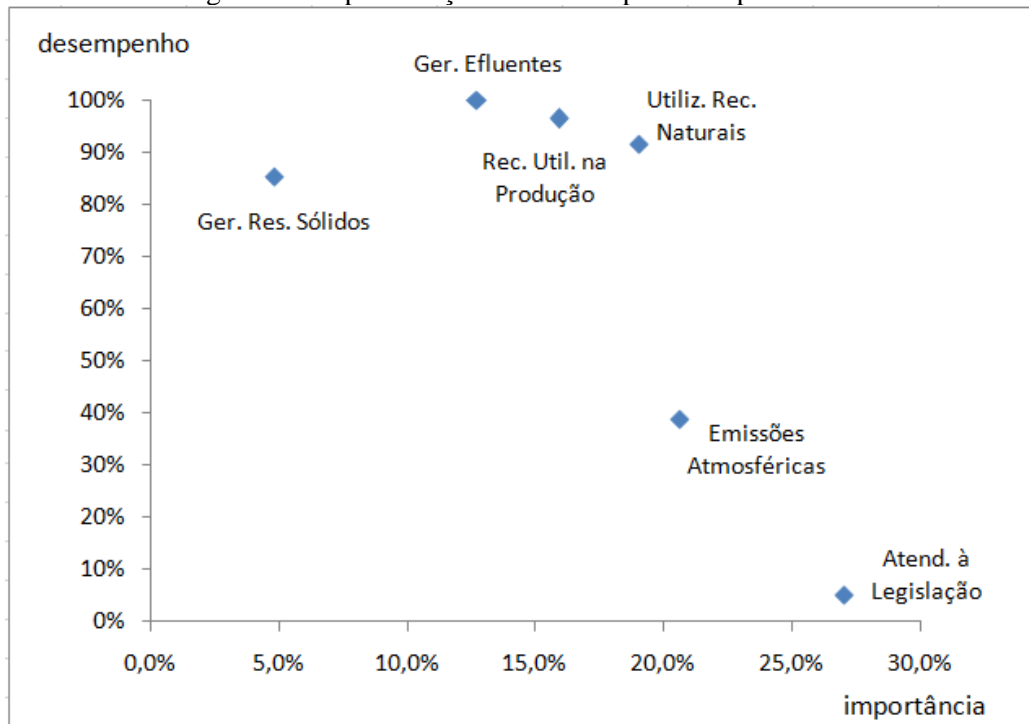
Por meio da Tabela 16 pode-se perceber também a grande lacuna no 2º construto em importância, Emissões Atmosféricas, tem o 5º lugar em desempenho, onde se evidencia a não priorização de alocação de recursos para a minimização dos impactos relacionados à renovação de frota e controle de combustível. Pelo fato de os veículos serem antigos, geram maior emissão de poluentes quando comparados com veículos mais novos. Embora seja evidenciado na entrevista que os veículos têm a manutenção em dia, a idade da frota contribui para a maior emissão de gases do efeito estufa e poluentes gerados pela queima de combustível, sendo este um fator relevante no resultado global. O construto tem uma lacuna de 12,6 pontos percentuais, representando um desempenho relativo de 38,8%.

Tabela 16 – Base de cálculo do Desempenho Relativo da Empresa Cesmar

Ordem de Importância	Construto	Importância do construto	Desempenho Absoluto	Desempenho Relativo
2º	Emissões Atmosféricas	20,6%	8,0%	38,8%
4º	Recursos utilizados na Produção	15,9%	15,3%	96,4%
3º	Utilização de Recursos Naturais	19,0%	17,4%	91,6%
6º	Geração de Resíduos Sólidos	4,8%	4,1%	85,4%
5º	Geração de Efluentes	12,7%	12,7%	100,0%
1º	Gestão e Atendimento à Legislação	27,0%	1,4%	5,2%

O construto menos importante, Geração de Efluentes, com o sexto lugar, teve o melhor desempenho, alcançando 100%, seguido do construto Uso de Recursos na Operação, apresenta-se com o segundo lugar em desempenho, totalizando 96,4%. A representação dos resultados, na Figura 14, mostra esta diferença entre os construtos, neste caso com inversão entre importância e resultados de desempenho em sua maioria.

Figura 14- Representação do modelo para a empresa Cesmar



O cumprimento da legislação interfere significativamente no resultado em algumas áreas da operação com melhor desempenho. No caso de Geração de Efluentes, o desempenho em 100% em ambas as empresas pode ser possível por estar em uma área geográfica atendida por serviços públicos que cumprem o papel da coleta e tratamento, e os serviços que geram resíduos, como lavagem dos caminhões são feitos por empresas terceirizadas. Neste caso há que ter relação direta com gestão de fornecedores para identificação do destino do resíduo. O que não foi possível identificar em nenhuma das duas empresas analisadas.

Na primeira empresa, os construtos Uso de Recursos na Produção e Emissões Atmosféricas, foram os que mais contribuíram para que o desempenho não tenha atingido 100%. A lacuna é de 16,8 pontos percentuais, e os dois construtos representam 57,7% do total da lacuna.

Na segunda empresa, os dois construtos que mais contribuíram para o não atendimento de 100% no desempenho, foram Emissões Atmosféricas e Gestão e Atendimento à Legislação. A lacuna neste caso é de 37,7 pontos percentuais, representando 92,9% do total. Observa-se a inversão da ordem, de acordo com os especialistas, de que o construto menos importante é o que apresenta maior percentual de execução.

4.3.2 Análise Estratégica da Operação de Tratamento

A segunda operação estudada, Tratamento de REEEs, que está representada pela Tabela 17, apresentou desempenho relativo global de 85,6% para a primeira empresa, Descarte Certo. Os resultados apontaram uma melhor consistência na importância dos construtos com os resultados de desempenho alcançados, comparados à primeira operação. O primeiro construto em importância, Gestão e Atendimento à Legislação, com importância relativa de 27%, obteve o segundo lugar, com desempenho relativo de 87,5%. O segundo lugar em importância, Geração de Resíduos Sólidos, obteve a quinta colocação em desempenho relativo, com 79,4%. O terceiro construto em importância, Geração de Efluentes, teve o segundo lugar em desempenho, totalizando 100%.

Na ordem inversa, o sexto construto em importância, com participação de 11,1%, Uso de Recursos Naturais, obteve desempenho relativo de 83,3%, ficando em terceiro lugar. O quinto construto, Emissões Atmosféricas, foi sexto e último colocado em desempenho, com percentual de 79,2%. Nesta empresa também se percebe que há construtos de importâncias diferentes com resultados parecidos. Sob esta perspectiva considera-se que há uma inconsistência na alocação de recursos e incorreta priorização, embora haja uma uniformidade na distribuição da maioria das lacunas.

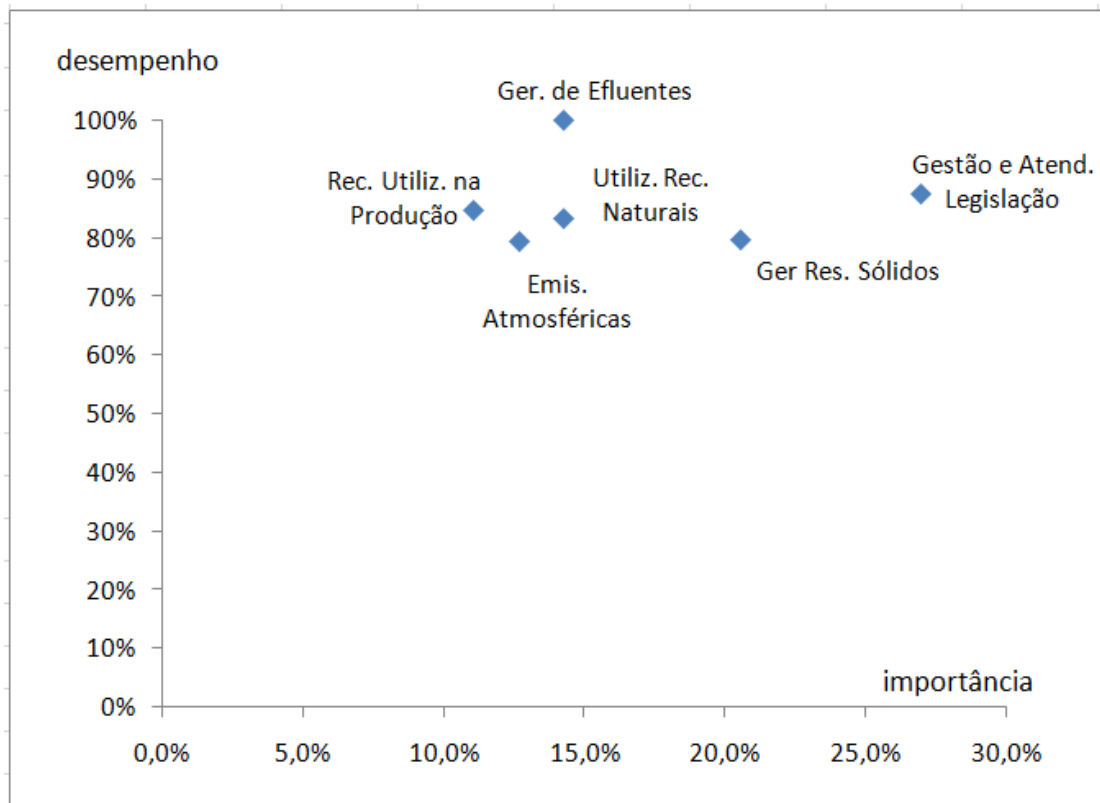
Tabela 17 - Base de cálculo do Desempenho Relativo da Empresa DC

Ordem de Importância	Construto	Importância do construto	Desempenho Absoluto	Desempenho Relativo
5º	Emissões Atmosféricas	12,7%	10,1%	79,5%
6º	Recursos utilizados na Produção	11,1%	9,4%	84,7%
4º	Utilização de Recursos Naturais	14,3%	11,9%	83,2%
2º	Geração de Resíduos Sólidos	20,6%	16,4%	79,6%
3º	Geração de Efluentes	14,3%	14,3%	100,0%
1º	Gestão e Atendimento à Legislação	27,0%	23,6%	87,5%

Observa-se, por meio da representação gráfica, pela Figura 15, que há uma grande lacuna a ser trabalhada, com possibilidade de melhorar o desempenho da empresa, inicialmente na gestão dos resíduos sólidos, por meio do construto Geração de Resíduos Sólidos que é a base da pesquisa. Pode-se perceber que os REEEs geram ainda diversos resíduos que não são completamente tratados, dificultando o melhor desempenho neste

aspecto. O segundo item que chama a atenção é o construto Uso de recursos na Operação, que é o último em importância, porém tem um desempenho elevado, com o terceiro lugar. Por ser uma empresa que trabalha com conceitos de sustentabilidade, há uma preocupação em otimizar a utilização de recursos, com reaproveitamento de materiais e desenvolvimento de estruturas que priorizem a iluminação natural.

Figura 15- Representação do modelo para a empresa DC



A segunda empresa estudada, na operação de Tratamento, obteve um desempenho relativo global de 92,9%. Destaca-se o fato de nesta operação todos os construtos terem desempenho relativo acima de 85%, conforme Tabela 18. Sendo que nos três mais importantes, o desempenho foi maior que 90%. O controle nas operações é bastante rigoroso, também pelo fato de se tratar de uma empresa com foco educacional, objetivando a minimização da utilização de recursos e reaproveitamento maior possível, evitando resíduos. Os construtos de menor desempenho, Emissões Atmosféricas, têm o quinto lugar em importância. Os indicadores que mais contribuíram para que o desempenho não fosse 100% são relacionados aos resíduos plásticos, que compõe os REEEs e os ruídos e vibração, gerados pela manipulação e descaracterização dos componentes.

Tabela 18 - Base de cálculo do Desempenho Relativo da Empresa Cesmar

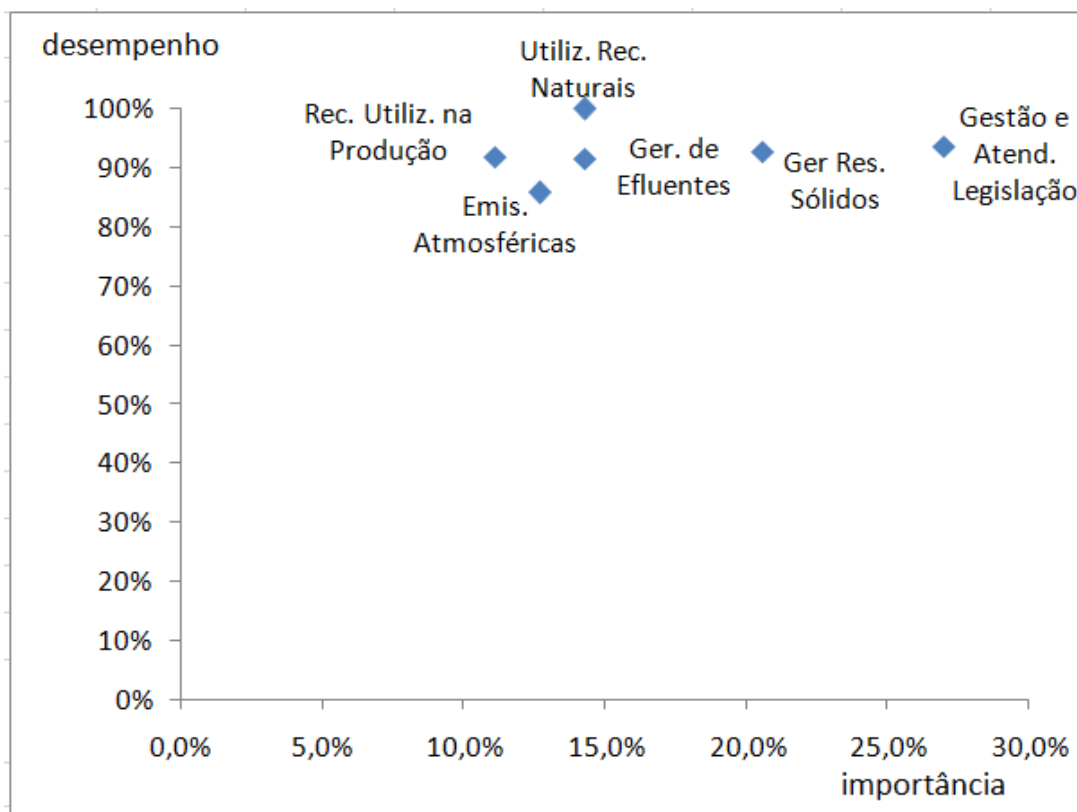
Ordem de Importância	Construto	Importância do construto	Desempenho Absoluto	Desempenho Relativo
5°	Emissões Atmosféricas	12,7%	10,9%	85,8%
6°	Recursos utilizados na Produção	11,1%	10,2%	91,9%
4°	Utilização de Recursos Naturais	14,3%	14,3%	100,0%
2°	Geração de Resíduos Sólidos	20,6%	19,1%	92,7%
3°	Geração de Efluentes	14,3%	13,1%	91,6%
1°	Gestão e Atendimento à Legislação	27,0%	25,3%	93,7%

Como a maior parte dos equipamentos para operação de manufatura reversa são geradores de ruídos e calor, como furadeiras e desparafusadeiras, entre outros, a redução dos ruídos depende de mecanismos indisponíveis para a operação. Tal atividade, entretanto não compromete o desenvolvimento das atividades educacionais que exigem ambientes mais silenciosos, pois estão separados por estruturas físicas como salas de aulas, adequadas às atividades. Parte da geração de calor é inerente aos equipamentos como computadores, que são remanufaturados e fazem parte das atividades educacionais. Por serem equipamentos que utilizam energia elétrica, o aquecimento é parte do processo, bem como a utilização de ferramentas elétricas para montagem e desmontagem dos REEEs no ambiente de trabalho.

Observa-se, entretanto, que nesta empresa há certo descompasso na estratégia de alocação de recursos, gerando resultados de desempenho parecidos para importâncias diferentes, conforme pode ser percebido pela Figura 16. O construto Geração de Resíduos Sólidos, que ocupa o quarto lugar em importância, foi o primeiro em desempenho, atingindo 100%. Este resultado se deve pelo fato de que os resíduos gerados na operação são todos remanufaturados, reaproveitados, ou encaminhados para reciclagem e tratamento final de acordo com procedimentos rigorosos de seleção de fornecedores, para que não tenha nenhum encaminhamento para aterros sanitários. Esta regra é uma definição da gestão em todas as áreas da instituição, independente dos aspectos legais, já que a empresa não tem certificações ou licenças, mas tem critérios de controle sobre a destinação dos resíduos eletroeletrônicos. Segundo a coordenação, não há envio de resíduos para aterros sanitários, sendo todos eles destinados corretamente, inclusive para compostagem dentro da própria área quando resíduos orgânicos. Os equipamentos remanufaturados, quando encaminhados para instituições educacionais na forma de computadores reutilizáveis, ao fim de sua utilização retornam à empresa para manufatura reversa, no mesmo ciclo, até a sua destinação final por não

possibilidade de reutilização. Os demais resíduos gerados na operação seguem o mesmo controle, como papéis, plásticos, borrachas, entre outros.

Figura 16- Representação do modelo para a empresa Cesmar



Observa-se que na primeira empresa há uma lacuna de 14,4 pontos percentuais. Os construtos que mais contribuíram para que o desempenho não fosse 100% são Geração de Resíduos Sólidos e Emissões Atmosféricas, com 4,2 pontos percentuais e 2,6 pontos percentuais, respectivamente. Estes dois construtos representam 47% do total da lacuna.

Na segunda empresa a lacuna é de 7,1 pontos percentuais, a menor das lacunas entre todas as análises, com a contribuição dos construtos que ocupam o quinto e sexto lugares em importância, sendo os de menor desempenho relativo. Os dois construtos que mais contribuíram para o resultado não ser 100% são Emissões Atmosféricas e Gestão e Atendimento à Legislação. A lacuna destes dois construtos é de 3,4 pontos percentuais, representando 49% do total.

Há que considerar o fato de o construto Emissões Atmosféricas ter 14 (catorze) indicadores e o construto Gestão e Atendimento à Legislação ter quatro indicadores. A diferença entre eles foi de um ponto percentual. A classificação de importância de ambos os construtos é primeiro e quinto lugares, com importâncias de 27% e 12,7% e os indicadores

com importâncias de 0,9% e 6,8% respectivamente.

4.3.3 Análise Estratégica da Operação Destino Final

Na terceira operação analisada, Destino Final, também são apresentados os resultados para duas empresas. Cabe ressaltar que nesta operação, os resíduos específicos de placas de circuito impresso são, em sua grande maioria, encaminhados para fora do Brasil, pois não há empresas especializadas para a manufatura reversa com a separação de componentes no Brasil tanto no processo de separação química quanto no processo manual em sua totalidade. Os demais componentes são reciclados e reaproveitados, gerando matéria prima, retornando às indústrias específicas.

Na primeira empresa o resultado de desempenho relativo foi de 84,0%. O construto que tem o primeiro lugar em importância, representando 28,5% na avaliação dos especialistas, ficou em quinto lugar, com uma lacuna de 5,7 pontos percentuais, representando desempenho relativo de 80%, conforme representação na Tabela 19.

Tabela 19 - Base de cálculo do Desempenho Relativo da Empresa Cesmar

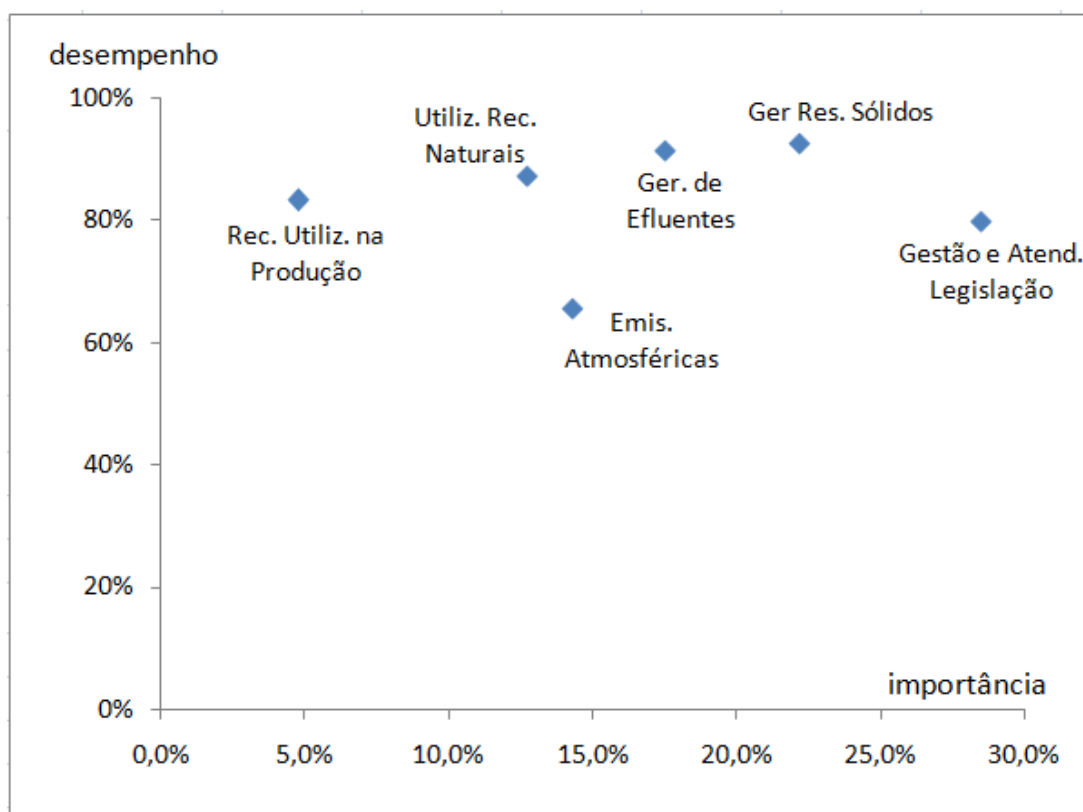
Ordem de Importância	Construto	Importância do construto	Desempenho Absoluto	Desempenho Relativo
4	Emissões Atmosféricas	14,3%	9,4%	65,7%
6	Recursos utilizados na Produção	4,8%	4,0%	83,3%
5	Utilização de Recursos Naturais	12,7%	11,1%	87,4%
2	Geração de Resíduos Sólidos	22,2%	20,6%	92,8%
3	Geração de Efluentes	17,5%	16,0%	91,4%
1	Gestão e Atendimento à Legislação	28,5%	22,8%	80,0%

O quarto em importância, Emissões Atmosféricas, obteve um desempenho relativo de 65,7%, ficando em sexta colocação. O melhor desempenho para esta empresa foi o construto Uso de Recursos na Operação, alcançando um percentual de 92,8%. Com exceção do quarto construto em importância, Emissões Atmosféricas, os demais construtos apresentaram um desempenho relativo equilibrado, variando entre 80% e 92%, demonstrando certa equivalência entre as importâncias distribuídas pela avaliação de desempenho atingido. Porém, observando-se a distribuição das importâncias, demonstra-se certo desequilíbrio, que pode ser caracterizado por uma maior dificuldade de ter melhores resultados nos construtos de

maior importância. As definições estratégicas da empresa podem ter relação com este resultado pela não priorização de ações que tenham maior importância em termos de controle ambiental. O construto de maior importância teve um desempenho inferior ao esperado, fato que nesta empresa já se percebeu nas operações anteriormente analisadas. A Figura 17 mostra a relação entre os construtos e importância e as diferentes posições dos resultados, demonstrando o desequilíbrio entre a equivalência das informações.

Embora a empresa não tenha as certificações e as formalizações legais para o exercício da atividade, as boas práticas gerenciais são percebidas, demonstrando o bom funcionamento e atendimento a questões de qualidade, tanto no ambiente de trabalho como gerenciamento de resíduos. Há preocupação em implementar práticas sustentáveis com minimização de resíduos e controle sobre as etapas, bem como conscientização de todos os envolvidos para a valorização dos recursos naturais. A formação profissional enfoca, além do reaproveitamento dos materiais, a não geração de resíduos também evitando qualquer tipo de desperdício e o descarte ambientalmente correto de todos os materiais.

Figura 17- Representação do modelo para a empresa Cesmar



A segunda empresa para esta operação apresentou um desempenho relativo global de 89,4%, sendo a segunda colocada entre todas as seis análises desenvolvidas, com lacuna de

10,6 pontos percentuais. Nesta empresa todos os REEEs recebidos passam por manufatura reversa, armazenados adequadamente e destinados para reaproveitamento total dos resíduos de forma ambientalmente correta, transformados em matéria prima para retorno à cadeia produtiva.

Os resultados de desempenho relativo variaram entre 74,8% e 96,9%, sem nenhum ponto de desequilíbrio importante, mantendo-se uniforme, conforme pode ser observado na Tabela 20. O construto Uso de Recursos naturais, que está em sexto lugar em importância, teve o quinto lugar em desempenho relativo, apresentando um resultado de 74,8%. Nota-se com isto que a empresa apresenta uma ineficiência no controle sobre seus recursos utilizados, e que pode caracterizar um desequilíbrio entre a proposta da empresa, que é a gestão de resíduos, com conceitos de sustentabilidade, e a sua prática efetiva. Neste aspecto entende-se como parte essencial manter padrão elevado de controle.

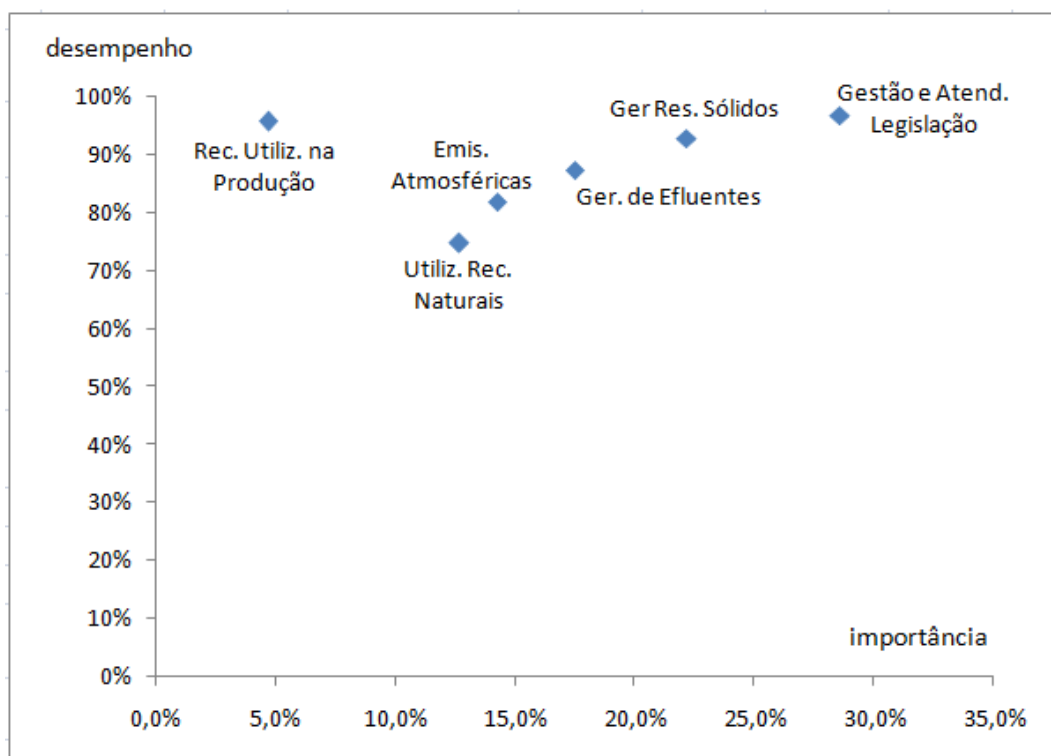
No construto Recursos Utilizados na Produção, que nesta operação é o último em importância, ocupando o 6º lugar, percebe-se um desempenho equivalente ao primeiro colocado, Gestão e Atendimento à Legislação. Outros construtos importantes não apresentaram o mesmo empenho da organização para melhor controle e melhor resultado, conforme pode se perceber por meio da representação na Figura 18.

Tabela 20 - Base de cálculo do Desempenho Relativo da Empresa DC – Unidade São Paulo

Ordem de Importância	Construto	Importância do construto	Desempenho Absoluto	Desempenho Relativo
4	Emissões Atmosféricas	14,3%	11,7%	81,8%
6	Recursos utilizados na Produção	4,7%	4,5%	95,7%
5	Utilização de Recursos Naturais	12,7%	9,5%	74,8%
2	Geração de Resíduos Sólidos	22,2%	20,6%	92,8%
3	Geração de Efluentes	17,5%	15,3%	87,4%
1	Gestão e Atendimento à Legislação	28,6%	27,7%	96,9%

Esta empresa recebe grande parte de pilhas e baterias de todo o país, assim como placas de circuito impresso, que são encaminhadas para empresa fora do Brasil para extração dos materiais químicos e preciosos. É a empresa que apresentou maior controle sobre os processos gerenciais, com implementação de SGA ISO 14001, e Procedimentos e Instruções de Trabalho, conforme indicadores do construto Gestão e Atendimento à Legislação. É o construto que apresentou o melhor desempenho relativo, com 96,9% de atendimento.

Figura 18- Representação do modelo para a empresa DC



A representação gráfica, na Figura 18, apresenta um crescente na avaliação de desempenho, com construtos de menor importância com menor desempenho relativo. O Construto em primeiro lugar em importância, Gestão e Atendimento à Legislação, foi também o primeiro colocado em desempenho, com percentual de 96,9% e uma lacuna de 0,9 pontos percentuais. O construto Uso de Recursos na Operação, em sexto lugar na ordem de importância, obteve a segunda colocação de desempenho relativo de 95,7%, com a menor lacuna, de 0,2 pontos percentuais.

As lacunas apresentadas nas duas empresas representam o caminho a ser percorrido para alcançar desempenho de 100%. Para a primeira empresa, a lacuna foi de 16 pontos percentuais. Os construtos que mais contribuíram para que o desempenho não fosse 100% são Emissões Atmosféricas, com lacuna de 4,9 pontos percentuais e Gestão e Atendimento à Legislação, com lacuna de 5,7 pontos percentuais. Ambos somados representam 62,5% do total da lacuna. Os indicadores ligados às licenças ambientais, certificações de qualidade e gestão de fornecedores são os que mais contribuíram para este resultado, seguidos dos indicadores de emissões de poeira, ruídos, vibrações e calor. São pontos a serem considerados no controle e em ações futuras para redução destas emissões e melhoria global do desempenho ambiental.

Na segunda empresa, a lacuna encontrada foi de 10,6 pontos percentuais. Como esta empresa apresentou a segunda menor lacuna, as lacunas individuais por construtos são relativamente baixas. A maior lacuna encontrada foi no construto Uso de Recursos Naturais, com 3,2 pontos percentuais, sendo este também o construto que mais contribuiu para que o desempenho não fosse 100%. O segundo construto com maior lacuna é Geração de Efluentes, com lacuna de 2,6 pontos percentuais. Os dois construtos representam 58% do total da lacuna.

A menor lacuna foi registrada no construto Uso de Recursos na Operação, com 0,2 pontos percentuais. O segundo lugar em desempenho para o sexto construto em importância.

4.4 CONSIDERAÇÕES GERAIS SOBRE A APLICAÇÃO DO MODELO

Por meio destas representações gráficas e análises, pode-se perceber que boa parte das empresas apresenta desempenhos melhores em áreas que são mais simples de gerenciar. O que pode ser considerado natural. Foram verificados alguns resultados de construtos de importância relativa baixa, com alto desempenho. Fato que deve ser considerado na elaboração de uma estratégia gerencial, priorizando construtos de maior importância, buscando melhor resultado no desempenho. Porém com referência a REEEs a avaliação deve ser mais criteriosa, considerando-se os aspectos levantados tanto na pesquisa bibliográfica como na análise empírica. As estruturas organizadas para esta atividade são, em sua maioria, informais, feitas por catadores, que são pessoas de baixa renda e escolaridade, fato que foi percebido durante as investigações.

O grau de dificuldade para atingir percentuais elevados no controle do desempenho ambiental pode estar ligado às barreiras legais como ... , dificuldades de acesso a programas de gestão ambiental ou mesmo de identificar as documentações legais necessárias e também a questões sociais e educacionais. Também as estruturas existentes, na cadeia reversa ou manufatura reversa ainda não formalizada é um fator que pode auxiliar para o não atendimento de 100% no desempenho ambiental. A lacuna entre o que é considerado importante, como ideal no gerenciamento de REEEs e o que efetivamente acontece tem diversas causas que devem ser consideradas.

A maior dificuldade em atender os itens de maior importância é uma das constatações que está, em grande parte, ligada ao atendimento da legislação e a falta de estruturas adequadas para a execução. No Brasil ainda não há regulamentação específica para o gerenciamento de REEEs, embora haja projetos em desenvolvimento e a Lei que estabelece a Política Nacional de Resíduos Sólidos 12.305/10, não especificando os itens e as formas de

tratamento de maneira direta. A regulamentação está sendo desenvolvida com base nas diretivas européias.

O controle de Desempenho Ambiental nestas operações deve ser analisado com base nos resultados do modelo que demonstram que o gerenciamento de REEEs está relacionado à Gestão Ambiental de forma sistêmica, pois os construtos e indicadores são comuns para muitas áreas. Portanto, a atenção que pode ser dada às questões ambientais deve ser estendida ao gerenciamento dos REEEs nas três operações sem a necessidade, na maioria das vezes, de destinação de recursos específicos. O transporte é atividade essencial ao desenvolvimento do processo de gestão ambiental de REEEs, assim como é essencial às atividades desenvolvidas no Parque Tecnológico. O controle a partir desta operação afetará o resultado final, de maneira a elevar o índice de desempenho global. Da mesma forma é importante salientar que os desempenhos nos construtos mais importantes são estratégicos, tendo a necessidade de alocação de recursos para que tenham melhor avaliação.

Observou-se também, empiricamente, que a maior parte das estruturas de recolhimento de resíduos tem como prioridade os itens que geram renda imediata aos catadores, ou também cooperativados, pela venda direta às empresas recicladoras. As estruturas são, em sua maioria, formadas por pessoas de baixa renda e baixa escolaridade, indicando um desconhecimento da importância da destinação adequada aos resíduos, independente da sua natureza. Os REEEs, com uma complexidade maior para sua descaracterização e tratamento são desprezados nas centrais de coletas seletivas, pela dificuldade de descaracterização e pela necessidade maior esforço na separação de componentes, sendo encaminhados muitas vezes para aterros sanitários. A falta de controle de fiscalização, mesmo sendo esta uma ação já prevista como proibida pela legislação vigente, bem como a pouca oferta de compra para estes resíduos, pode ser um dos fatores para destinação inadequada de grande parte dos REEEs. Poucas estruturas de recolhimento e tratamento de REEEs, conforme relatos nas empresas analisadas, geram grandes volumes, muitas vezes acima da capacidade destes locais, sendo necessário selecionar o que será recebido. Também o fato de não existir determinadas atividades de manufatura reversa na região analisada, obriga o envio para outros estados e também ao exterior para o fechamento do ciclo.

A implementação da Logística Reversa, prevista na legislação ainda é considerada complexa e o Código de Defesa do Consumidor não obriga os clientes a retornarem os produtos no pós consumo (MMA, 2013). Há ainda um longo caminho a percorrer, juntamente com a qualificação profissional para o desenvolvimento desta atividade e o avanço da

tecnologia, com investimentos para que se possa realizar o fechamento do ciclo de vida dos produtos eletroeletrônicos dentro do nosso país, atendendo a toda a demanda.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente estudo teve como objetivo desenvolver um modelo de avaliação e controle de desempenho ambiental de resíduos eletroeletrônicos nas operações de Transporte, Tratamento e Destino Final de REEEs e responder a pergunta sobre *quais os fatores que contribuem e, portanto, devem ser mensurados e controlados, para a formação de um modelo de gerenciamento do desempenho ambiental nas operações de transporte, tratamento e destino final de resíduos de equipamentos eletroeletrônicos?* A resposta para a pergunta se deu por meio de pesquisa bibliográfica, da análise do ambiente Tecnosinos e seu Sistema de Gestão Ambiental, bem como das empresas que o compõe, e das entrevistas nas empresas, de acordo com cada operação estudada. O objetivo foi atendido com o desenvolvimento e apresentação do modelo para cada operação, restando a avaliação de cada um dos itens e identificando pelas lacunas de desempenho a melhor forma de controle para melhorar o desempenho de cada um dos indicadores, contribuindo, assim para o melhor desempenho global.

O desenvolvimento desta pesquisa apresenta como resultado, além de um modelo de avaliação e controle de desempenho ambiental nas três operações do ciclo reverso de REEE, um alerta para a importância de atenção a estes resíduos, que tem um nível alto de periculosidade e toxicidade pela sua composição. Diante de um cenário de grande volume de consumo, rápida obsolescência e gerenciamento inadequado na disposição destes resíduos, a pesquisa se propõe a contribuir no desenvolvimento de boas práticas nas empresas e também um subsídio para a definição de políticas de gerenciamento, evitando assim que REEEs tenham destinação inadequada, ou sem controle, gerando danos ambientais severos.

A legislação atual prevê o gerenciamento adequado e a responsabilidade das empresas no ciclo de vida do produto e disposição, porém reconhece-se a dificuldade de implementação por falta de estruturas adequadas para disposição e tratamento destes resíduos e seu retorno ao início do ciclo de produção. A partir da implementação desta prática em um Pólo Tecnológico que se propõe a ser o primeiro *Green Tech Park* das Américas, abre-se uma porta para a replicação deste modelo em outras organizações que tenham a preocupação com ecoeficiência e sustentabilidade, tanto nos aspectos ambientais como sociais e econômicos. A reciclagem e condicionamento de REEEs, assim como demais resíduos que podem ser reciclados, são atividades economicamente viáveis e necessárias para reduzir a exploração de recursos naturais não renováveis, contribuindo também com redução de custos de produção e recursos de processo, contribuindo para a geração de emprego e renda.

No aspecto acadêmico, a pesquisa se propõe a indicar caminhos para o avanço no conhecimento, visto que há muito a contribuir nesta área de monitoramento de REEE, com indicações quantitativas e qualitativas, comparando a produção e retorno. Embora haja avanços na geração de conhecimento em sistemas e modelos de gerenciamento ambiental, ainda há um longo caminho para mensurar as especificidades dos produtos e o tratamento dado a cada um individualmente em suas especificidades de tratamento. O Modelo apresentado, com seus construtos e indicadores pode ser aplicado em outras unidades, adequando as importâncias aos construtos de acordo com a avaliação local e mesmo com os indicadores, alterando-os conforme as atividades desenvolvidas e o contexto de sua aplicação.

Futuras pesquisas podem indicar caminhos para o desenvolvimento de tecnologias que facilitem a manufatura reversa, tanto na descaracterização de produtos atuais, como no desenvolvimento de produtos que privilegiem o fácil desmembramento de componentes, facilitando a reutilização, retornando ao início do processo e fechando o ciclo de vida de forma efetiva.

REFERÊNCIAS

- ABINEE – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA ELÉTRICA E ELETRÔNICA. 2013. *Panorama Econômico e Desempenho Setorial*. Disponível em: <http://www.abinee.org.br>. Acesso em 12 de maio de 2013.
- ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR ISO 14001 - Sistemas de Gestão Ambiental: especificação e diretrizes para uso*. Rio de Janeiro: ABNT, 48 p. 1996.
- ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR 10.004/04 Resíduos sólidos – Classificação*. 2ª edição. 2004.
- ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR ISO 14001:2004 – Sistemas de Gestão Ambiental – Requisitos com Orientação para Uso*. 2005.
- ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR ISO 9000:2000 – Sistemas de Gestão da Qualidade – Requisitos*. 2000.
- ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR ISO 9000:2000 – Sistemas de Gestão da Qualidade – Fundamentos e Vocabulário*. 2001.
- ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR 7500:2013- Identificação para o transporte terrestre, manuseio, movimentação e armazenamento de produtos*. Versão corrigida 2013.
- ALPERSTEDT, G.; QUINTELLA, R.; SOUZA, L. 2010. *Estratégias de gestão ambiental e seus fatores determinantes: uma análise institucional*. ERA. v. 50, n.2, p.170-186.
- AWASTHI, A.; CHAUHAN, S. S.; GOYAL, S.K. 2010. *A fuzzy multicriteria approach for evaluating environmental performance of suppliers*. International Journal Production Economics. n. 126, p. 370–378.
- BABIAK, K. S.; TRENDAFILOVA. 2011. *CSR and Environmental Responsibility: Motives and Pressures to Adopt Green Management Practices*. Corporate Social Responsibility and Environmental Management. v. 18. p. 11–24.
- BAGLIANI, M. et al. 2008. *Ecological footprint analysis applied to a sub-national area: The case of the Province of Siena (Italy)*. Journal of Environmental Management. v. 86, n. 2, p. 354–364.
- BAGUR-FEMENIAS, L.; LLACH, J.; ALMEIDA M. M. A. 2013. *Is the adoption of environmental practices a strategical decision for small service companies? An empirical approach*. Management Decision. v. 51, n. 1, p. 41-62.
- BALKAU, F.; SONNEMANN, G. 2010. *Managing sustainability performance through the value-chain*. Corporate Governance. v. 10, n. 1, p. 46 – 58.
- BIGUN, M.; BROGAARD, L.; T. H. CHRISTENSEN. 2012. *Metal recovery from high-grade WEEE: A life cycle assessment*. Journal of Hazardous Materials v. 207–208, p. 8–14
- BINDEL, A. et al. 2010. *New lifecycle monitoring system for electronic manufacturing with embedded wireless components*. Circuit World. v. 36, n. 2, p. 33 – 39.
- BJÖRKLUND.M.; MARTINSEN, U.; ABRAHAMSSON, M. 2012. *Performance measurements in the greening of supply chains*. An International Journal, v. 17, n. 1, p. 29 - 39.

- BOIRAL, O.; HENRI, J. 2012. *Modelling the impact of ISO 14001 on environmental performance: A comparative approach*. Journal of Environmental Management. v. 99, p. 84 - 97.
- BORCHARDT, M.; SELBITTO, M. A.; PEREIRA, G. M. 2009. *Adopting ecodesign practices: case study of a midsized automotive supplier*. Environmental Quality Management. v. 19, n. 1, p. 7-2.
- BORCHARDT, M.; et al. 2008. *Considerações sobre ecodesign: um estudo de caso na indústria eletrônica automotiva*. Ambiente e Sociedade. Campinas, v. XI, n. 2. p. 341-353. Jul-dez.
- BUBICZ, M. E. SELBITTO, M. A. 2012. *Considerações sobre impactos ambientais causados pelo transporte coletivo urbano de passageiros*. Revista Liberato, v. 13, n. 19, p. 01-84, jan./jun.
- BRANDON, P. 2012. *Sustainable development: ignorance is fatal - what don't we know?* Smart and Sustainable Built Environment. v. 1, n. 1, p. 14 – 28.
- BRASIL. Lei 12.305, de 02 de agosto de 2010. *Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos*. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Poder Executivo, Brasília, DF, 3 ago. 2010.
- BRASIL. Decreto Nº 96.044, de 18 de maio de 1988. *Aprova o Regulamento para o Transporte Rodoviário de Produtos Perigosos*. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Poder Executivo, Brasília, DF, 19 maio 1988.
- BRASIL. Resolução Nº 422 de 27 de novembro de 2012. *Trata das normas e procedimentos para a formação de condutores de veículos automotores e elétricos*. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Poder Executivo, Brasília, DF, 29 de Junho de 2011.
- BREEN, L. 2006. *Give me back my empties or else! A preliminary analysis of customer compliance in reverse logistics practices (UK)* Management Research News, v. 29. n. 9. p. 532 – 551.
- CSCMP - COUNCIL OF SUPPLY CHAIN MANAGEMENT PROFESSIONAL. 2012. *Glossary of Terms*. Disponível em: <http://cscmp.org/digital/glossary/glossary.asp>. Acesso em 15 dezembro de 2012.
- CHRISTENSEIN T. H. *Solid Waste Technology and Management*. New Delhi, Wiley. 2011.
- DESA – UNITED NATIONS DEPARTMENT OF ECONOMIC AND SOCIAL AFFAIRS. 1987. *Relatório da Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento*. Disponível em <http://www.un.org/documents/ga/res/42/ares42-187.htm>. Acesso em 18 de novembro de 2012.
- EEA - EUROPEAN ENVIRONMENT AGENCY. 2003. *Waste from Electrical and Electronic Equipment (WEEE) - Quantities, dangerous substances and treatment methods*. Disponível em: http://scp.eionet.europa.eu/publications/wp2003_1/wp/WEEE_2003. Acesso em 23 de abril de 2013.
- ELKINGTON, J. *Cannibals With Forks – the triple botton line of 21st century business*. Oxford: Capstone, 1997.
- EROL, I.; VELIOGLU, M. N.; SERIFOGLU, F. S.; BÜYÜKÖZKAN, G.; ARAS, N.; ÇAKAR, N. D.; KORUGAN, A. 2010. *Exploring reverse supply chain management practices in Turkey*. Supply Chain Management: An International Journal. v. 15, n.1, p. 43–54.

- ESSOUSSI, L. H.; LINTON, J. D. 2010. *New or recycled products: how much are consumers willing to pay?* Journal of Consumer Marketing. v. 27, n. 5, p. 458–468.
- E-WASTE GUIDE. 2013. *Base de conhecimento para reciclagem sustentável do lixo eletrônico*. Disponível em: <http://ewasteguide>. Acesso em dezembro de 2013.
- FERREIRA, A. B. Novo Dicionário Aurélio - Século XXI. Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 1999.
- FGV – FUNDAÇÃO GETÚLIO VARGAS. *23ª Pesquisa Anual de Uso de Tecnologias da Informação*. São Paulo, 2012. Disponível em: <http://eaesp.fgvsp.br/sites/eaesp.fgvsp.br/files/GVpesqTI2012PPT.pdf>. Acesso em 18 de janeiro de 2013.
- FLINT, K. 2001. *Institutional ecological footprint analysis - A case study of the University of Newcastle, Australia*. International Journal of Sustainability in Higher Education. v. 2, n. 1, p. 48–62.
- FRANCO, R. G. F.; LANGE, L. C. 2011. *Estimativa do fluxo dos resíduos de equipamentos elétricos e eletrônicos no município de Belo Horizonte, Minas Gerais, Brasil*. Engenharia Sanitária Ambiental. v. 16, n. 1, p 73-82.
- GOBBI, C. 2011. *Designing the reverse supply chain: the impact of the product residual value*. International Journal of Physical Distribution & Logistics Management. v. 41, n. 8, p. 768 – 796.
- GERAGTHY, K. 2003. *An update on the WEEE and RoHS directives*. Circuit World. v. 29, n. 4. p. 51 -52.
- GOOSEY, M. 2004. *End-of-life electronics legislation - an industry perspective*. Circuit World. v. 30, p. 41–45.
- GRANDZOL, J. R. 2005. *Improving the Faculty Selection Process in Higher Education: A Case for the Analytic Hierarchy Process*. Bloomsburg University of Pennsylvania. IR Applications. v. 6. August 24.
- GREEN JR, K. W. et al. 2012. *Do environmental collaboration and monitoring enhance organizational performance?* Industrial Management & Data Systems. v. 112, n. 2. p. 186-205.
- HANAFI, J.; KARA, S.; KAEBERNICK, H. 2008. *Reverse logistics strategies for end-of-life products*. The International Journal of Logistics Management. v. 19, n. 3, p. 367-388.
- HANSEN, E. G.; SCHALTEGGER. S. 2012. *Pursuing Sustainability with the Balanced Scorecard: Between Shareholder Value and Multiple Goal Optimisation*. Centre for Sustainability Management, Working Paper Series. Disponível em <http://www.leuphana.de/en/erik-hansen.html>.
- HART, S.L. 1997. *Beyond greening: strategies for a sustainable world*. Harvard Business Review. v.75, n.1, p. 66-76.
- HERVANI, A. A.; HELMS, M.; SARKIS, J. 2005. *Performance measurement for green supply chain management*. International Journal. v. 12, n. 4, p. 330-353.
- HISCHIER, R.; WÄGER, P.; GAUGLHOFER, J. 2005. *Does WEEE recycling make sense from an environmental perspective? The environmental impacts of the Swiss take-back and recycling systems for waste electrical and electronic equipment (WEEE)*. Environmental Impact Assessment Review. v. 2. p. 525–539.

- HORNE, R. E.; GERTSAKIS. 2006. *A Literature Review on the Environmental and Health Impacts of Waste Electrical and Electronic Equipment*. Report prepared for the Ministry for the Environment, Government of New Zealand by RMIT University (Centre for Design). Disponível em: <http://www.mfe.govt.nz/publications/waste/weee-literature-review-jun06/weee-literature-review-jun06.pdf>. Acesso em 21 de janeiro de 2013.
- HUMMEL, M.; ROSSUM, V. v.; VERKERKE, G. J.; RAKHORST, G. 2002. *Product Design Planning with the Analytic Hierarchy Process in Inter-Organizational Networks*. University of Twente, Netherlands. R&D Management. v. 5, n. 32. Blackwell Publishers Ltd, USA.
- HSU, Y.; LIU, C. 2010. *Environmental performance evaluation and strategy management using balanced scorecard*. Environ Monit Assess. v. 170. p. 599–607.
- IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. *Indicadores de desenvolvimento Sustentável 2012*. Estudos e Pesquisas Informação Geográfica n. 9. Rio de Janeiro. 2012.
- INSTITUTO ETHOS. 2007. *Vínculos de Negócios Sustentáveis em Resíduos Sólidos*. Catálogo produzido em formato digital pelo Instituto Ethos no âmbito do Programa Vínculos de Negócios Sustentáveis em Resíduos Sólidos. São Paulo-SP Disponível em http://www.ethos.org.br/_Uniethos/documents/VincSust_res_sold_A4.pdf.
- INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARIZATION - ISO – *Normas ISO 14001 Gestão Ambiental*. Disponível em: <http://www.iso.org>. Acesso em novembro de 2012.
- JACOBS, B. W.; SINGHAL, V. R.; SUBRAMANIAN, R. 2010. *An empirical investigation of environmental performance and the market value of the firm*. Journal of Operations Management. v. 28, p. 430–441.
- JANG, Y.-C. 2010. *Waste electrical and electronic equipment (WEEE) management in Korea: generation, collection, and recycling systems*. J Mater Cycles Waste Management. v. 12, p. 283–294.
- JOHANSSON, G.; BRODIN, M. H. 2008. *An analysis of product properties affecting performance of end-of-life systems for electrical and electronics equipment*. Management of Environmental Quality: An International Journal. v. 19. n. 6. p. 705 – 717.
- KANG, H.Y.; SHOENUNG J. M. 2005. *Electronic waste recycling: A review of U.S. infrastructure and technology options*. Resources Conservation&Recycling. Elsevier. v. 45, p. 368-400.
- KHALILI, N. R.; DUECKER, S. 2013. *Application of multi-criteria decision analysis in design of sustainable environmental management system framework*. Journal of Cleaner Production. n. 47, p. 188-198.
- KHAMKANYA, T.; HEANEY, G.; MCGREAL, S. 2012. *Introduction of AHP Satisfaction Index for workplace environments*. Journal of Corporate Real Estate. v. 14, n. 2.pP. 80-93.
- KOH, S. C. L.; GUNASEKARAN, A.; TSENG, C. S. 2012. *Cross-tier ripple and indirect effects of directives WEEE and RoHS on greening a supply chain*. International Journal Production Economics. v. 140, p. 305–317.
- KOHL, C.; SELLITTO, M. 2009. *Avaliação do desempenho ambiental de um operador de serviços logísticos por indicadores categóricos*. Estudos Tecnológicos. v. 5, n.3, p.284-301.
- KÖCHE, J. C. *Fundamentos de Metodologia Científica: teoria da ciência e iniciação à pesquisa*. 21 ed. Petrópolis, RJ. Vozes, 1997.

- KUIK, S. S., NAGALINGAM, S. V., AMER, Y. 2011. *Journal of Manufacturing Technology Management*. v. 22, n. 8, p. 984-1001.
- LAU, K. H. 2011. *Benchmarking green logistics performance with a composite index*. An International Journal. v. 18, n. 6, p. 873 – 896.
- LEE, G. K.L.; CHAN, E. H.W. 2009. *Indicators for evaluating environmental performance of the Hong Kong urban renewal projects*. Facilities. v. 27, n. 13/14, p. 515-530.
- LI, J. LOPEZ, B. N. N., LIU, L.; ZHAO, N.; YU, K.; ZHENG, L. 2013. *Regional or global WEEE recycling. Where to go?* Waste Management. v. 33, p. 923–934.
- LUZ, S.; SELBITTO, M.; GOMES, L. 2006. *Medição de desempenho ambiental baseada em método multicriterial de apoio à decisão: estudo de caso na indústria automotiva*. Gestão&Produção. v.13, n.3, p. 557-570.
- MALCOLM, R. 2011. *Integrated product policy: products and their impact on energy*. International Journal of Law in the Built Environment. v. 3, n. 1, p. 48 – 64.
- MANUILOVA, A.; HALLBERG, K.; SANNE, K.; WIDHEDEN, J.; BOGESKÄR, M. 2005. *DANTES: a demonstration project for sustainable development*. 2005. Management of Environmental Quality: An International Journal. v. 16, n. 2, p. 143-152.
- MARINS, C. S.; SOUZA, D. O.; BARROS, M. S. 2009. *O uso do Método de Análise Hierárquica (AHP) na tomada de decisões gerenciais – um estudo de caso*. XLI SBPO 2009 - Pesquisa Operacional na Gestão do Conhecimento. Disponível em www.ic.uff.br. Acesso em 20 de maio de 2013.
- MARTINHO, G.; et al. 2012. *Composition of plastics from waste electrical and electronic equipment (WEEE) by direct sampling*. Waste Management. v. 32, p. 1213–1217.
- MELO, J.; PEGADO, C. 2002. *Ecoblock: A method for integrated environmental performance evaluation of companies and products (construction case-study)*. Em: 5th International Conference on EcoBalance 2002, Tsukuba, Japão. Anais. The Society of Non-traditional Technology, Tsukuba, p. 399-402.
- MEYER, MARSHALL W; EBRARY, INC. *Rethinking performance measurement: beyond the balanced scorecard*. Cambridge, UK; New York: Cambridge University Press, 2002.
- MIGUEL, P. A. C.; FLEURY, A.; MELLO, C. H. P.; NAKANO, D. N.; TURRIONI, J. B.; LEE HO, L.; MORABITO, R.; MARTINS, R. A.; PUREZA, V. *Metodologia da pesquisa em engenharia de produção e gestão de operações*. Rio de Janeiro, RJ. Elsevier, 2010.
- MMA – MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. 2012. *Cidades Sustentáveis*. Disponível em www.mma.gov.br/publicacoes/cidades-sustentaveis. Acesso em abril de 2013.
- NAWROCKA, D. PARKER, T. 2009. *Finding the connection: environmental management systems and environmental performance*. Journal of Cleaner Production. v. 17, p. 601–607.
- NIKOLAOU, L. E.; TSALIS, T. A. 2013. *Development of a sustainable balanced scorecard framework*. Ecological Indicators, v. 34, nov. p. 76-86.
- OGUCHI, M.; SAKANAKURA, H.; TERAZONO, A. 2012. *Toxic metals in WEEE: Characterization and substance flow analysis in waste treatment processes*. Science of the Total Environment. *In Press, Corrected Proof, Available online 23 August 2012*. Disponível em <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969712010236>.

OIT – ORGANIZAÇÃO INTERNACIONAL DO TRABALHO. *El desafío de la promoción de Empresas Sostenibles en América Latina y el Caribe: un análisis regional comparativo*. Outubro 2012. Disponível em www.oit.org.br/publication. Acesso em 01 de junho de 2013.

OLSON, E. G. 2009. *Business as environmental steward: the growth of greening*. Journal of Business Strategy. v. 30, n. 5, p. 4 – 13.

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

ONU – ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. 2011. *Relatório Brundtland “Nosso Futuro Comum” – definição e princípios*. 2011. Disponível em: <http://www.un.org/documents/ga/res/42/ares42-187.htm>. Acesso em 04 de outubro de 2012.

ONU – ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. 2012. *O futuro que queremos*. Disponível em: <http://www.onu.org.br/rio20/documentos/>. Acesso em 19 de outubro de 2012.

PEDROSO, M. C. 2007. *Casos Sustentáveis*. Revista FGV. v. 6. n. 2, p. 25-29.

PEDROSO, M. C.; ZWICKER, R. 2007. *Sustentabilidade na Cadeia Reversa de Suprimentos: um Estudo de Caso do Projeto Plasma*. Revista Administração. São Paulo. v.42, n.4, p.414-430.

PEGADO, C.; MELO J.; RAMOS, T. 2001. *Ecoblock: método de avaliação do desempenho ambiental*. Congresso Nacional de Engenheiros do Ambiente. APEA, Lisboa. p. 1-10.

PEREIRA, C. A. *Ambiente, empresa, gestão e eficácia*. In.: CATELLI, A. (Coordenador). Controladoria. São Paulo: Atlas, 2a ed. 2001.

PIOTROWICZ, W.; CUTHBERTSON, R. 2009. *Sustainability - a new dimension in information systems evaluation*. Journal of Enterprise Information Management. v. 22, n. 5, p. 492 – 503.

PIZZATTO, L.; PIZATTO, R. *Dicionário Socioambiental Brasileiro*. Curitiba-PR: Tecnodata, 2009.

RAMANATHAN, R.; BLACK, A.; NATH, P.; MUYLDERMANS, L. 2010. *Impact of environmental Regulations on innovation and performance in the UK industrial sector*. Management Decision. V. 48, n. 10, p. 1493-1513.

RAMOS, T. B.; ALVES, I.; SUBTIL, R.; MELLO, J.J. de. 2007. *Environmental performance policy indicators for the public sector: The case of the defence sector*. Journal of Environmental Management. n. 82, p 410–432.

SAATY, T. 2008. *Decision making with the analytic hierarchy process*. International Journal of Services Sciences. v. 1, n. 1. p. 83-98.

SANSOTERA, M.; NAVARRINI, W.; TALAEEMASHHADI, S.; VENTURINI, F. 2013. *Italian WEEE management system and treatment of end-of-life cooling and freezing equipments for CFCs removal*. Waste Management. v. 33, n. 6, p. 1491-1498.

SARKIS, J. 2003. *A strategic decision framework for green supply chain management*. Journal of Cleaner Production. v. 11, p. 397–409.

SCHVANEVELDT, S. J. 2003. *Environmental performance of products: Benchmarks and tools for measuring improvement*. An International Journal. v. 10, n. 2, p. 137 – 152.

- SCHONS, P. C. 2012. *O Gerenciamento dos Resíduos Eletroeletrônicos: um estudo sobre as empresas de Informática em São Miguel do Oeste-SC*. E-Tech: Tecnologias para Competitividade Industrial. Florianópolis, v. 5, n. 1, p. 56-88.
- SELLITTO, M. A.; RIBEIRO, J. L. D. 2004. *Construção de Indicadores para Avaliação de Conceitos Intangíveis em Sistemas Produtivos*. Gestão & Produção. v.11, n.1, p.75-90, jan.-abr.
- SELLITTO, M.; BORCHARDT, M.; PEREIRA, G. 2008. *Avaliação de desempenho ambiental em duas operações de manufatura*. In: XXVIII Encontro Nacional de Engenharia de Produção, 2008, Rio de Janeiro. Anais. Rio de Janeiro, p. 1-12.
- SELLITTO, M.; BORCHARDT, M.; PEREIRA, G. 2009. *Avaliação de desempenho ambiental em duas operações de fabricação de pequeno porte*. In: Simpósio de Engenharia de Produção - SIMPEP, 16, 2009, Bauru. Anais. Bauru: UNESP.
- SELLITTO, M.; BORCHARDT, M.; PEREIRA, G. 2009. *Avaliação de desempenho ambiental em duas operações de fabricação de grande porte*. In: XXIX Encontro Nacional de Engenharia de Produção, 2009, Salvador. Anais... Rio de Janeiro, p. 1-12.
- SELLITTO, M.; BORCHARDT, M. PEREIRA, G. M. 2010. *Modelagem para avaliação de desempenho ambiental em operações de manufatura*. Gestão&Produção. v. 17, n.1, p. 95-109.
- SELLITTO, M.; BORCHARDT, M.; PEREIRA, G. M.; GOMES, L. P. 2011. *Environmental performance assessment in transportation and warehousing operations by means of categorical indicators and multicriteria preference*. Chemical Engineering Transactions. v. 25, p. 291-296.
- SILVA, E. L.; MENEZES, E. M. *Metodologia da pesquisa e elaboração de dissertação*. 3. ed. rev. atual. Florianópolis: Laboratório de Ensino a Distância da UFSC. 2001.
- SUNDIN, E.; ELO, K.; LEE, H. M. 2012. *Design for automatic end-of-life processes*. Assembly Automation. v. 32, n. 4, p. 389 – 398.
- TANSKANEN, P. 2013. *Management and recycling of electronic waste*. Acta Materialia, v. 61, p. 1001–1011.
- UNEP - UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME. 2009. *Sustainable Innovation and Technology Transfer Industrial Sector Studies. Recycling – From e-waste to resources*. Disponível em: http://www.unep.org/publications/contents/pub_details_search.asp?ID=4136. Acesso em 12 de novembro de 2012.
- VASCONCELLOS, E. *Transporte e meio ambiente: conceitos e informações para análise de impactos*. São Paulo: Ed. Annablume, 2009.
- VIVATERRA - Sociedade Defesa, Pesquisa e Educação Ambiental. *PIB Verde*. Disponível em: <http://www.vivaterra.org.br>. Acesso em 12 de março de 2013.
- WAGER, P.A.; HISCHIER, R.; EUGSTER, M. 2011. *Environmental impacts of the Swiss collection and recovery systems for Waste Electrical and Electronic Equipment (WEEE): A follow-up*. Science of the Total Environment, v. 409, p. 1746–1756.
- WALLS, J. L., BERRONE, P., PHAN, P. H. 2012. *Corporate governance and environmental performance: is there really a link?* Strategic Management Journal. v. 33, p. 885-913.
- WANG, Y.; ELHAG, T. 2006. *An approach to avoid rank reversal in AHP*. Decision Support Systems. v. 42, n. 3. p. 1474-80.

WBCSD. 2000. *A eco eficiência: criar mais valor com menos impacto*. World Business Council for Sustainable Development. Lisboa.

WU, G.Q., ZHANG, Z. K. 2010. *Recycling of waste printed circuit boards*. Circuit World. v. 36, p. 35–39.

ZENI, A. MACEDO, M.; FREITAS FILHO, F. L.; HURTADO, A. L. B.; OLIVEIRA, I. L. 2012. *Tecnologias para o Tratamento e Reciclagem de Resíduo Eletrônico como Práticas Sustentáveis Inovadoras*. II Congresso Brasileiro de Engenharia de Produção -CONBREPRO. Ponta Grossa-PR.

ZHU, Q.; SARKIS, J.; GENG, Y. 2005. *Green supply chain management in China: pressures, practices and performance*. International Journal of Operations & Production Management. v. 25, n. 5, p. 449-468.

ZHU, Q.; SARKIS, J.; LAI, K. 2008. *Confirmation of a measurement model for green supply chain management practices implementation*. International Journal of Production Economics. v. 111, p. 261–273.