

Lucilene Gonçalves da Costa

***BENCHMARKING DA SUSTENTABILIDADE: UM MÉTODO
PARA DIAGNÓSTICO DE PRÁTICAS E PERFORMANCES
APLICADO AO GERENCIAMENTO DO FINAL DO CICLO DE
VIDA DE PRODUTOS ELETRÔNICOS***

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica da Universidade Federal de Santa Catarina para a obtenção do Grau de Mestre em Engenharia Mecânica.

Orientador: Prof. João Carlos Espíndola Ferreira, Ph.D.

Florianópolis
2016

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,
através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária da UFSC.

Costa, Lucilene Gonçalves da
BENCHMARKING DA SUSTENTABILIDADE: UM MÉTODO PARA
DIAGNÓSTICO DE PRÁTICAS E PERFORMANCES APLICADO AO
GERENCIAMENTO DO FINAL DO CICLO DE VIDA DE PRODUTOS
ELETRÔNICOS / Lucilene Gonçalves da Costa ; orientador,
João Carlos Espindola Ferreira - Florianópolis, SC, 2016.
111 p.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa
Catarina, Centro Tecnológico. Programa de Pós-Graduação em
Engenharia Mecânica.

Inclui referências

1. Engenharia Mecânica. 2. Engenharia Mecânica. 3.
Produção Sustentável. 4. Eletrônicos. 5. Final do ciclo de
vida. I. Ferreira, João Carlos Espindola. II. Universidade
Federal de Santa Catarina. Programa de Pós-Graduação em
Engenharia Mecânica. III. Título.

Lucilene Gonçalves da Costa

***BENCHMARKING DA SUSTENTABILIDADE: UM MÉTODO
PARA DIAGNÓSTICO DE PRÁTICAS E PERFORMANCES
APLICADO AO GERENCIAMENTO DO FINAL DO CICLO DE
VIDA DE PRODUTOS ELETRÔNICOS***

Esta Dissertação foi julgada adequada para obtenção do Título de “Mestre em Engenharia Mecânica”, e aprovada em sua forma final pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica.

Florianópolis, 28 de Setembro de 2016.

Prof. Jonny Carlos da Silva, Dr.
Coordenador do Curso

Prof. João Carlos Espindola Ferreira, Ph.D. – Orientador
Universidade Federal de Santa Catarina

Banca Examinadora:

Prof. André Ogliari, Dr.
Universidade Federal de Santa Catarina

Prof. Fernando Soares Pinto Sant'Anna, Dr. Eng.
Universidade Federal de Santa Catarina

Prof. Marcelo Gitirana Gomes Ferreira, Dr. Eng.
Universidade Federal de Santa Catarina

Este trabalho é dedicado à minha família, aos meus amigos e em especial a minha Mãe.

AGRADECIMENTOS

Ao Professor João Carlos Espíndola Ferreira pela orientação e paciência no desenvolvimento deste trabalho.

À minha família pelo incentivo, em especial a minha irmã Suely Costa pelas longas conversas motivadoras.

Aos novos amigos em especial Jackeline Sousa, Clariane Natalie, Gerônimo Amaral, Emílio Wrase por todos os momentos felizes e tristes nesta caminhada, pelas horas de estudos dedicadas ou por qualquer outra contribuição por menor que tenha sido.

Ao Departamento de Engenharia Mecânica da Universidade Federal de Santa Catarina pela presteza na gestão do Programa de Pós-Graduação e ainda à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Amazonas - FAPEAM.

A todos que direta e indiretamente ajudaram-me até aqui, com a convivência e compartilhamento dos conhecimentos durante este curso.

A todos o meu muito obrigada.

“A Terra tem o suficiente para todas as nossas necessidades, mas somente o necessário.” Mahatma Gandhi.

RESUMO

A busca incessante por menores custos de produção faz com que as empresas invistam em sistemas de produção mais eficientes para que possam manter-se economicamente competitivas, enquanto que as ações focando em operações mais sustentáveis do ponto de vista ambiental são executadas apenas visando atender as políticas governamentais que regulamentam o controle ambiental. No entanto, ainda é comum que as empresas concentrem seus esforços em minimizar os impactos ambientais apenas na fase inicial do ciclo de vida do produto, negligenciando a gestão da sustentabilidade na fase de pós-uso. Tendo em vista esse contexto, o objetivo do presente trabalho consiste em desenvolver indicadores de sustentabilidade, que possam ser utilizados pela indústria de produtos eletrônicos para mensurar o nível de prática e performance. Durante o processo produtivo que estão relacionados à recuperação do produto após a fase de uso, com a finalidade de melhor compreender como as empresas estão agindo durante o processo de produção visando reduzir os impactos ambientais de seus produtos no final do ciclo de vida. Para o desenvolvimento do método foi criado um conjunto de indicadores que servem de subsídio para o gerenciamento ambiental no final do ciclo de vida do produto. Os indicadores foram obtidos por meio dos fatores críticos de sucesso encontrados através do levantamento bibliográfico em publicações científicas e validados em um estudo exploratório, buscando estabelecer indicadores especificamente para a gestão do final do ciclo de vida de produtos eletrônicos. Para conferir a validade dos indicadores desenvolvidos foi realizado *benchmarking* em nove empresas do setor de eletrônicos, a análise dos dados ocorreu de forma quantitativa e qualitativa, abrangendo quadros comparativos, tabelas e gráficos obtidos mediante o questionário e entrevistas. Com os resultados apresentados no *benchmarking*, conclui-se que os indicadores desenvolvidos na pesquisa são adequados para o objetivo de mensurar os níveis de práticas e performance da indústria de eletrônicos no gerenciamento ambiental no final do ciclo de vida dos produtos pois os mesmos foram capazes de retratar de forma fidedigna a realidade de cada empresa.

Palavras- Chave: Indicadores. *benchmarking*. Sustentabilidade. Final do ciclo de vida.

ABSTRACT

The relentless pursuit of low production costs cause companies to invest in more efficient production systems so that they can remain economically competitive. They focus on operations from environmental point of view, only to meet the regulations imposed by the regulating bodies. However, it is common for companies to focus their efforts to minimize the environmental impact only during at early stage of product development, neglecting sustainable management in the post-use phase. Given this context, the objective of the study is to develop sustainability indicators that can be used by the electronics industry to measure the level of practice and performance during the product recovery phase - after the phase of use, in order to better understand how companies are acting in the production processes to reduce the environmental impact of their products at the end of life cycle. The developed method includes a set of indicators that serve as allowance for environmental management at the end of the product life cycle. The indicators were obtained through the critical success factors found through literature surveys in scientific journals. They are validated in exploratory study, to establish indicator specificity for the end of the management of electronic product life cycle. The benchmark validity of indicators developed was observed in 9 electronic companies. The quantitative and qualitative analysis of the data was obtained through the questionnaire and interviews and presented in comparative tables, charts and graphs. The study concludes with the results presented in benchmarking and the indicators developed in the research. The developed indicators are suitable to measure the levels of practices electronic industry perform in environmental impact management at the end of product life cycle as they represent accurately the reality of each company.

Keywords: Indicators. *benchmarking*. Sustainability. End of life cycle.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Mapa mental de desenvolvimento do método proposto	28
Figura 2: Pilares da sustentabilidade	30
Figura 3: Fases do ciclo de vida do produto.....	32
Figura 4: Estágios do ciclo de vida de um Sistema de Produto	33
Figura 5: Fases da Avaliação do Ciclo de Vida	33
Figura 6: Composição e massa de uma PCB.....	37
Figura 7: Gerações do benchmarking	43
Figura 8: Variáveis relevantes do Benchmarking Made in Europe.....	46
Figura 9: Gráfico de Práticas versus Performance	47
Figura 10: Gráfico em Radar de Práticas e Performances.....	48
Figura 11: Gráfico de Barras.....	48
Figura 12: Procedimento da segunda etapa da validação dos FCS	61
Figura 13: Variáveis de pesquisa	78
Figura 14: Classificação de acordo com a analogia do boxe.....	82

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Fases da ACV e as respectivas normas	34
Tabela 2. Composição e massa de uma PCB	36
Tabela 3. Composição de um monitor de LCD	38
Tabela 4. Artigos pesquisados	51
Tabela 5. Fatores críticos de sucesso por publicação	53
Tabela 6. Agrupamento dos FCS e suas ocorrências.....	57
Tabela 7. FCS da primeira questão.....	61
Tabela 8. FCS da segunda questão.....	62
Tabela 9. Análise dos FCS da quarta questão	63
Tabela 10. As nove maiores médias da quarta questão	63
Tabela 11. Médias da quinta questão	64
Tabela 12. FCS resultantes da primeira e quarta questão	65
Tabela 13. Comparação entre os FCS da 2ª e 5ª questões	65
Tabela 14. Resultado entre os FCS da 2ª e 5ª questões	66
Tabela 15. Comparação final.....	66
Tabela 16. FCS validados por meio do questionário.....	67
Tabela 17. Fatores críticos de sucesso validados	69
Tabela 18. Obtenção das variáveis suscetíveis de medição.....	69
Tabela 19. Objetivo e justificativa das variáveis	71
Tabela 20. Elemento, fator e medida das variáveis	74
Tabela 21. Produto e quantidade de funcionários.....	79
Tabela 22. Porcentagens de Prática e Performances das empresas	83
Tabela 23. Código dos indicadores	85
Tabela 24. Desempenho da variável Impacto ambiental.....	87
Tabela 25. Desempenho da variável Recuperação	87
Tabela 26. Desempenho da variável Recuperação	88
Tabela 27. Desempenho da variável Identificação.....	88

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Prática x performance	81
Gráfico 2: Gráfico radar - Prática e performance.....	84
Gráfico 3: Gráfico de barras.....	86

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas
ACV – Avaliação do Ciclo de Vida
BEA – *Benchmarking* Enxuto Ambiental
BME – *Benchmarking Made in Europe*
BOM – *Bill of Materials*
CPU – Unidade Central de Processamento
DFE – *Design For Environment*
FCS – Fatores Críticos de Sucesso
GRI – *Global Reporting Initiative*
IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
LCD – *Liquid Crystal Display*
LED – *Light Emitter Diode*
LSSP – Laboratório de Simulação de Sistemas de Produção
ME – Manufatura Enxuta
NBR – Norma Brasileira
P+L – Produção Mais Limpa
PCB – Placa de Circuito Impresso
PIM – Polo Industrial de Manaus
PF – Performance
PNRS – Política Nacional de Resíduos Sólidos
PR – Prática
TBL – *Triple Botton Line*
UFSC – Universidade Federal de Santa Catarina

SUMÁRIO

1 - INTRODUÇÃO.....	21
1.1 Justificativa	22
1.2 Objetivo Geral.....	23
1.3 Objetivos Específicos.....	23
1.4 Contribuições	23
1.5 Metodologia	24
1.6 Abordagens da Pesquisa	25
1.7 Estrutura do Trabalho	26
2 – REFERENCIAL TEÓRICO.....	29
2.1 Sustentabilidade e Produção Sustentável.....	29
2.2 Ciclo de Vida do Produto.....	31
2.3 Avaliação do Ciclo de Vida	32
2.4 Produtos Eletrônicos	34
2.4.1 Produtos eletrônicos pesquisados.....	35
2.5 Resíduos Sólidos	39
2.6 Fatores Críticos de Sucesso - FCS	40
2.7 Indicadores.....	41
2.7.1 Indicadores de sustentabilidade	41
2.8 benchmarking.....	43
3 - FATORES CRÍTICOS DE SUCESSO	50
3.1 Procedimentos de Pesquisa	50
3.2 Tratamento dos resultados	50
3.3 Identificação dos Fatores Críticos de Sucesso	53

3.4 Validação dos Fatores Críticos de Sucesso	58
3.4.1 Estrutura do questionário e definições para tabulação	58
3.4.2 Aplicação do questionário	59
3.4.3 Tabulação do questionário	60
3.4.4 Tabulação da primeira etapa	61
3.4.5 Tabulação segunda etapa.....	64
4- INDICADORES	68
4.1 Método para obtenção e validação dos indicadores	68
4.2 Definição dos indicadores	68
4.3 Questionário para o benchmarking	77
4.3.1 Definições do questionário.....	77
5 – RESULTADOS E ANÁLISES	79
5.1 Método para aplicar o questionário	80
5.2 Análise dos resultados.....	80
5.2.1 Análises do gráfico de práticas e performance.....	80
5.2.2 Análises baseadas na analogia do boxe	81
5.2.3 Análises baseadas no Gráfico Radar	84
5.2.4 Análises baseadas no Gráfico de Barras.....	85
5.3 Discussão dos resultados	89
6 - CONCLUSÕES	91
6.2 Recomendações para futuros trabalhos	93
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	94
APÊNDICE A – Questionário para validação dos FCS.....	105

APÊNDICE B – Instrumento de coleta do benchmarking109

1 - INTRODUÇÃO

Tem-se percebido claramente que a degradação do meio ambiente causada por atividades ligadas à produção industrial tem levado a sociedade, governos e as próprias indústrias a buscarem métodos para reduzir os impactos ambientais advindos do setor. Vários estudos buscam métodos para minimizar os resíduos gerados pelas indústrias, uma vez que o consumo popular de bens mostra forte tendência ao crescimento, ao mesmo tempo em que o tempo de vida dos produtos diminui cada vez mais, causado por fatores como a obsolescência programada pelo fabricante, ou o desejo do consumidor de sempre ter os mais recentes produtos lançados no mercado. Essa forma de consumo demanda que as indústrias continuem extraindo matéria-prima do nosso planeta, processando os materiais em quantidades cada vez maiores, resultando em mais resíduos.

A atual forma de consumo do ponto de vista da sustentabilidade compromete as gerações futuras, partindo do princípio que os recursos naturais têm que estar disponíveis também para a manutenção da vida das próximas gerações. Para que a atual geração tenha melhor qualidade de vida e não cause impactos nas próximas gerações, os aspectos ambientais, econômicos e sociais são fatores que em conjunto podem contribuir para redução do atual processo de degradação ambiental, seguindo para um modelo de desenvolvimento sustentável (BARBOSA, 2011).

A preocupação com a poluição industrial data de meados dos anos 1960, passando por vários marcos históricos como a Conferência de Estocolmo em 1972, Conferência das Nações Unidas sobre Ambiente e Desenvolvimento em 1992, entre outros que impulsionaram a conscientização e criação de regulamentações e leis neste âmbito. No entanto, essas preocupações tornaram-se mais latentes quando foi possível associá-las a ameaças globais e catástrofes ambientais principalmente nos países desenvolvidos (ZANGHELINI, 2013).

Diante da preocupação com a tendência do cenário mundial, a poluição e o esgotamento dos recursos disponíveis, surgiu a busca pelo desenvolvimento mais sustentável pautado nos padrões de produção e consumo, gerando um modelo mais sustentável. Tal modelo baseia-se principalmente em: conscientização e apelo da sociedade por produtos menos nocivos ao meio-ambiente; inserção do conceito de sustentabilidade nas iniciativas políticas por meio de legislações e incentivos públicos que favoreçam empresas comprometidas em reduzir resíduos de produção e de consumo dos produtos; e mediante pressões

governamentais e dos consumidores sobre as indústrias do setor privado para que busquem diminuir os impactos ambientais causados. Surgem assim os conceitos de Produção Mais Limpa (P+L), Consumo e Produção Sustentáveis (ZANGHELINI, 2013).

De forma geral destacam-se as atitudes por parte das empresas do setor produtivo com relação à sustentabilidade e ao desenvolvimento sustentável mediante a coleta, desmontagem, remanufatura, reciclagem, correta destinação de resíduos tóxicos, dentre outras. Essas ações estão focadas diretamente na fase final do ciclo de vida do produto (GUNGOR e GUPTA, 1999).

Tendo em vista esse contexto, este trabalho de mestrado aborda a fase final do ciclo de vida do produto. Utiliza o *benchmarking* Enxuto (BME) que é um método de diagnóstico desenvolvido pelo Laboratório de Simulação de Sistemas de Produção (LSSP), do Departamento de Engenharia de Produção e Sistemas, da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), para propor um método de diagnóstico das práticas e performances das empresas do setor de produtos eletrônicos durante o processo de produção que estão relacionados à recuperação do produto após a fase de uso. As empresas que participam desta pesquisa estão inseridas no Polo Industrial de Manaus (PIM).

1.1 Justificativa

A temática da sustentabilidade tem despertado crescente interesse em significativa parcela da população mundial, bem como na comunidade científica, que tem buscado desenvolver trabalhos em temas ligados a sustentabilidade. No entanto, esses trabalhos têm em grande parte foco em relatórios ambientais mais abrangentes, deixando os indicadores de desempenho específicos em segundo plano (ROCA e SEARCY, 2012).

Este trabalho se justifica porque baseia-se nos princípios de sustentabilidade e de métodos já consagrados na literatura como desenvolvimento de indicadores e *benchmarking*, com o intuito de criar um método que permita medir o nível de prática e performance da indústria de eletrônicos com foco na fase final do ciclo de vida do produto. A decisão em aplicar o método em produtos eletrônicos baseia-se no fato de que a indústria de eletrônicos é uma das maiores e que mais cresce no mundo, gerando a cada ano até 41 milhões de toneladas de lixo eletrônico provenientes de computadores e smartphones, de acordo com relatório da ONU do Programa para o Meio Ambiente (PNUMA), o mundo terá 50 milhões de toneladas de resíduos eletrônicos em 2017.

1.2 Objetivo Geral

Desenvolver um método para realizar diagnóstico com a finalidade de melhor compreender como as empresas estão agindo durante o processo de produção visando reduzir os impactos ambientais de seus produtos no final do ciclo de vida do produto.

1.3 Objetivos Específicos

A partir do objetivo geral foram estabelecidos os seguintes objetivos específicos:

- Encontrar na literatura os fatores críticos de sucesso que tem forte relação com os processos envolvidos na fase final do ciclo de vida do produto;
- Desenvolver o conjunto de indicadores de sustentabilidade para o processo de gestão da fase final do ciclo de vida do produto;
- Analisar no método do *Benchmarking* as práticas e performances das empresas no âmbito da sustentabilidade.

1.4 Contribuições

O tema escolhido tem relevância econômica, ambiental e social. Do ponto de vista econômico e ambiental pretende-se auxiliar as empresas de eletrônicos na verificação de como elas estão conduzindo o gerenciamento do final do ciclo de vida de seus produtos por meio de ações durante o processo produtivo, podendo no futuro servir como fonte de apoio à tomada de decisão e/ou ponto inicial para criar o modelo de gestão. Deve-se mencionar que foi realizado buscas no portal de periódicos Capes e que não foi encontrado qualquer estudo anterior de como as empresas inseridas no PIM efetuam o gerenciamento da fase final do ciclo de vida de seus produtos objetivando a sustentabilidade.

Para a comunidade acadêmica disponibilizará material de pesquisa em nível bibliográfico e estudo de caso para futuras pesquisas. Com o aumento da necessidade de soluções sustentáveis para o gerenciamento do final do ciclo de vida de produtos industrializados, com os resultados de práticas e desempenho obtidos neste trabalho pode-se identificar os pontos mais críticos e, com estas informações, as empresas poderão desenvolver ações focadas nos casos que necessitem de atenção mais detalhada.

1.5 Metodologia

Para o desenvolvimento desta dissertação, foi realizada a revisão bibliográfica acerca dos seguintes temas: sustentabilidade, ciclo de vida do produto, produtos eletrônicos, gestão de resíduos e *benchmarking*. Paralelamente à revisão bibliográfica, foi desenvolvido um método para realizar um diagnóstico com a finalidade de melhor compreender como as empresas estão agindo durante o processo de produção, visando um menor impacto ambiental de seus produtos no final do ciclo de vida.

Para a construção do método, foi necessário conhecer os processos envolvidos no final do ciclo de vida do produto. Após isso, por meio de buscas em portais de periódicos, foi feito um levantamento de trabalhos publicados recentemente sobre o tema de gestão do final do ciclo de vida de produtos, objetivando encontrar os Fatores Críticos de Sucesso (FCS) que atualmente a literatura relaciona à fase final do ciclo de vida do produto. A partir dos FCS, os indicadores são desenvolvidos por meio de um método consolidado na literatura, e depois validados mediante o uso de questionário aplicado a estudantes de pós-graduação das áreas de engenharias, que neste estudo serão tratados como especialistas.

Os indicadores validados pelos especialistas são utilizados no questionário estruturado, o qual é aplicado nas empresas por meio de entrevista pessoal e observação. Os indicadores são divididos entre indicadores de práticas (PR) e indicadores de performance (PF), de acordo com o formato do *benchmarking* enxuto desenvolvido pelo Laboratório de Simulação de Sistemas de Produção - LSSP.

O método proposto é inspirado pela metodologia *benchmarking* enxuto, o qual foi utilizado na pesquisa de campo, em que algumas empresas são avaliadas quanto às práticas e performances de sustentabilidade na gestão da fase final do ciclo de vida dos produtos. Para o desenvolvimento da pesquisa, foi aplicado um questionário nas empresas do setor de eletroeletrônicos estabelecidas no Polo Industrial de Manaus que aceitaram participar do estudo.

Por fim, de posse dos dados referentes às empresas participantes da pesquisa, buscam analisar os resultados do *benchmarking* da sustentabilidade para gerar um diagnóstico da gestão do final do ciclo de vida dos produtos, visando colaborar para que as empresas possam identificar oportunidades de melhoria dos processos envolvidos no final do ciclo de vida de seus produtos. Vale destacar que a proposta do método *benchmarking* da sustentabilidade não consiste em informar as empresas como elas devem fazer as atividades relacionadas à

sustentabilidade da fase final do ciclo de vida do produto, mas sim em obter um diagnóstico de forma clara por meio do conjunto de indicadores desenvolvidos nesta pesquisa.

1.6 Abordagens da Pesquisa

A natureza da pesquisa é quali-quantitativa em nível descritivo utilizando-se de procedimentos de pesquisa bibliográfica.

Segundo Severino (2007) diz-se que uma pesquisa é quali-quantitativa quando a mesma apresenta características tanto quantitativa como qualitativa.

Dalfovo et al. (2008) apresentam a definição acerca da natureza da pesquisa quantitativa e qualitativa:

Pesquisa quantitativa pelo uso da quantificação, tanto na coleta quanto no tratamento das informações, utilizando-se técnicas estatísticas, objetivando resultados que evitem possíveis distorções de análise e interpretação, possibilitando uma maior margem de segurança; Pesquisa qualitativa, por sua vez, descreve a complexidade de determinado problema, sendo necessário compreender e classificar os processos dinâmicos vividos nos grupos, contribuir no processo de mudança, possibilitando o entendimento das mais variadas particularidades dos indivíduos (DIEHL, 2004 apud DALFOVO et al., 2008, p. 7).

De acordo com Andrade (2010), a pesquisa é descritiva quando o pesquisador apenas observa os fatos sem interferir nos acontecimentos.

Nesse tipo de pesquisa, os fatos são observados, registrados, analisados, sem que o pesquisador interfira neles. Isto significa que os fenômenos do mundo físico e humano são estudados, mas não manipulados pelo pesquisador (ANDRADE, 2010, p.112).

Este estudo tem características tanto de estudo de caso como bibliográfico, pois as análises aqui relatadas foram feitas a partir de dados colhidos de um caso particular com embasamento na literatura.

A pesquisa bibliográfica é a aquela que se realiza a partir do registro disponível, decorrente de pesquisas anteriores, em documentos impressos, como livros, artigos, teses etc. Utiliza-se de dados ou de categorias teóricas já trabalhadas por outros pesquisadores e devidamente registrados (SEVERINO, 2007. p. 122).

De acordo com Severino (2007), o estudo de caso é caracterizado pela:

Pesquisa que se concentra no estudo de caso particular, considerando representativo de um conjunto de casos análogos, por ele significativamente representativo... O caso escolhido para a pesquisa deve ser significativo e bem representativo, de modo a ser apto a fundamentar uma generalização para situações análogas, autorizando inferências (SEVERINO, 2007. p. 121).

1.7 Estrutura do Trabalho

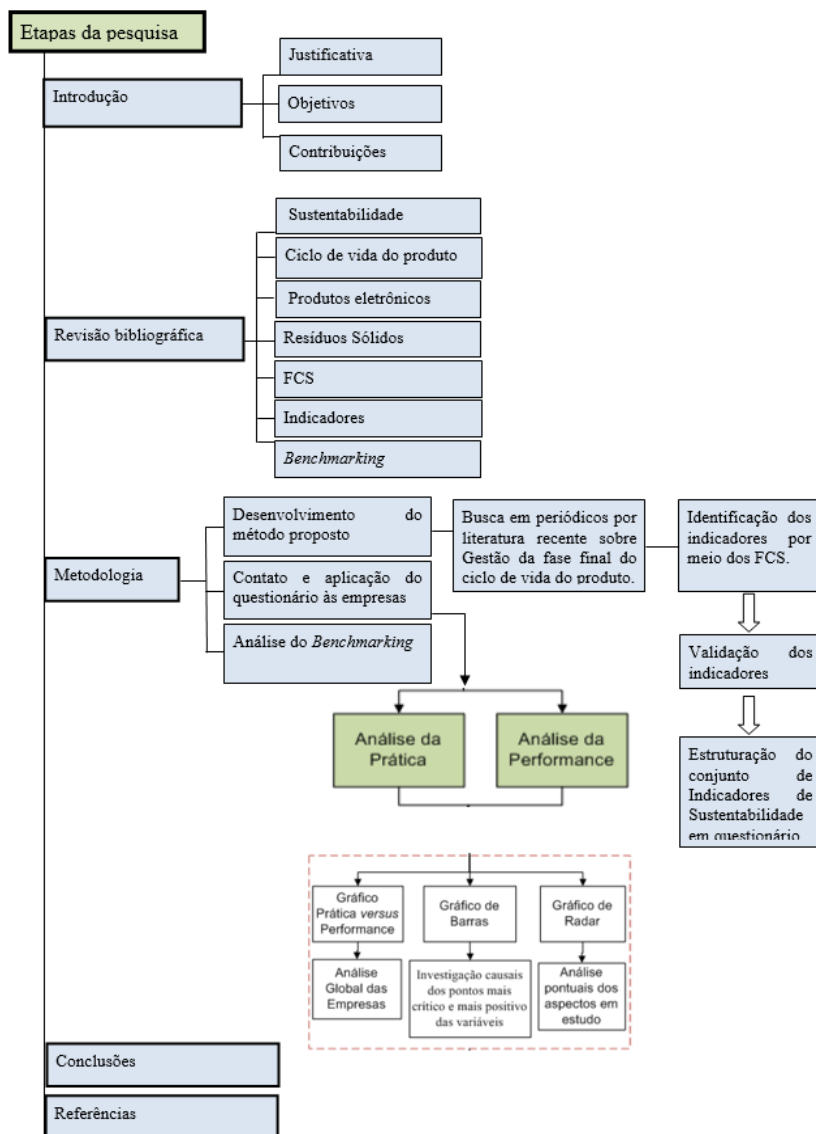
O desenvolvimento desta dissertação é dividido em 6 capítulos. No capítulo 1 são apresentados os aspectos introdutórios, objetivos, justificativa e a metodologia. O Capítulo 2 contém a revisão bibliográfica sobre sustentabilidade, ciclo de vida do produto, produtos eletrônicos, gestão de resíduos, fatores críticos de sucesso, indicadores e *benchmarking*. O Capítulo 3 descreve como os fatores críticos de sucesso são encontrados e o método utilizado para construção e tabulação do questionário, que é a ferramenta utilizada para a validação dos fatores por meio da avaliação de especialistas das áreas de engenharia. O Capítulo 4 apresenta o passo-a-passo do desenvolvimento dos indicadores e a aplicação do *benchmarking*. O Capítulo 5 apresenta as análises e resultados dos dados do *benchmarking*. Finalmente, o Capítulo 6 contém as conclusões obtidas com a realização do trabalho.

Buscando um melhor entendimento das etapas para a realização deste estudo, a Figura 1 apresenta o mapa mental das atividades realizadas para construir o método de diagnóstico.

A elaboração desta dissertação conta com as contribuições do estudo de Barbosa (2011), que criou um conjunto de indicadores de

gestão da sustentabilidade ambiental para o final do ciclo de vida do produto para serem aplicados a linha branca. O presente trabalho repete alguns estudos realizados pelo autor da mesma forma que utiliza parte de sua metodologia e confirma alguns resultados, no entanto este estudo vai além com a validação dos indicadores por meio do benchmarking. Dessa forma as contribuições não são do tipo pontual, que se limitam a um ou outro parágrafo e podem ser convencionalmente indicadas ao longo do texto.

Figura 1: Mapa mental de desenvolvimento do método proposto



Fonte: Autor, 2016.

2 – REFERENCIAL TEÓRICO

Este capítulo tem como objetivo apresentar os conceitos encontrados na literatura sobre sustentabilidade, ciclo de vida do produto, produtos eletrônicos, resíduos sólidos, fatores críticos de sucesso, indicadores e *benchmarking* que são relevantes para a realização da pesquisa.

2.1 Sustentabilidade e Produção Sustentável

Na segunda metade do século passado, a busca pelo desenvolvimento econômico a qualquer preço aliada à ideia de que os recursos naturais eram infinitos, promoveu o uso inadequado desses recursos, degradando a qualidade ambiental e comprometendo de forma significativa a sua preservação. Nesse contexto de graves problemas socioambientais surgiram mobilizações para encontrar um novo modelo de desenvolvimento que permitisse compatibilizar aspectos econômicos, sociais e ambientais (SCHLEMPER et al., 2015).

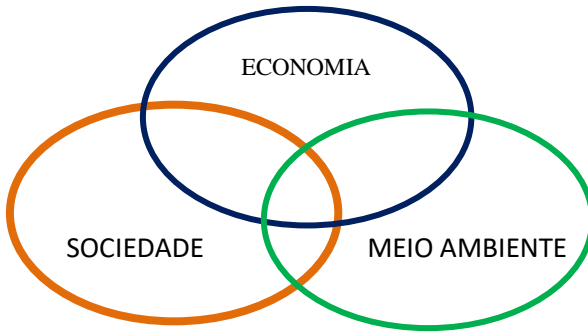
Diante deste contexto, na década de 1970 um novo modelo de desenvolvimento econômico começava a surgir, o qual ficou conhecido em 1987 após a publicação de um relatório encomendado pelas Nações Unidas que tinha o objetivo de desenvolver um plano de longo prazo de desenvolvimento sustentável. De acordo com esse relatório, o desenvolvimento sustentável acontece quando as necessidades do presente podem ser satisfeitas sem comprometer a capacidade das gerações futuras (DPCS, 2014).

A partir das considerações de que as empresas para desenvolverem suas atividades precisam consumir recursos ambientais, sociais e financeiros, foi desenvolvido o “*Triple Bottom Line – TBL*”, que é conhecido como “*Tripé da Sustentabilidade*”. O TBL tem sido bem aceito tanto pela sociedade quanto pelas organizações, pois sugere que o desenvolvimento econômico, qualidade ambiental e justiça social são relevantes para a compreensão da sustentabilidade (ELKINGTON, 1999 *apud* RAMOS, 2013).

O TBL representa os três pilares da sustentabilidade que podem ser aplicados em conjunto tanto para processos de produção, produtos e serviços com a finalidade de obter o desenvolvimento sustentável. O pilar econômico representa a geração de riquezas pela e para a sociedade, mediante o fornecimento de bens e serviços; o pilar ambiental refere-se à conservação e ao manejo dos recursos naturais, e o pilar social diz respeito ao alcance da igualdade e à participação de todos os grupos sociais na construção e manutenção do equilíbrio do

sistema, compartilhando direitos e responsabilidades (LORENZETTI, 2008 *apud* RAMOS, 2013). Gilwan et al. (2015) compartilham o mesmo entendimento que o desenvolvimento sustentável é gerado pelo processo evolutivo que se traduz no crescimento da economia, na melhoria da qualidade do ambiente e da sociedade para benefício das gerações presente e futura. A Figura 2 mostra como os três elementos da sustentabilidade se inter-relacionam.

Figura 2: Pilares da sustentabilidade



Fonte: Adaptado de Mangol, 2013.

O Departamento de Comércio dos Estados Unidos (US DOC, 2010) define produção sustentável como a criação de produtos manufaturados que usam processos que minimizam os impactos ambientais negativos, a conservação de energia e recursos naturais, sendo seguros para os funcionários, comunidades e consumidores e que possam ser economicamente viáveis.

Brown et al. (2014) afirmam que para a produção ser considerada sustentável todas as fases do ciclo de vida (pré-produção, produção, uso e pós-uso) devem estar de acordo com o tripé da sustentabilidade. Para atingir o nível de produção sustentável, os autores recomendam o uso dos 6 R's (Reutilizar, Reduzir, Reciclar, Recuperar, Re projetar e Remanufaturar) como princípio para gerar um planejamento mais eficiente das atividades de pós-uso de um produto.

Em seus estudos, Nylund et al. (2013) descrevem os 6 R's como um conceito de planejamento mais eficiente das atividades de pós-uso de um produto por permitir operações e inovações na gestão de fim de vida dos produtos, isto é, estende-se além do conceito tradicional de 3 R's (Reutilizar, Reduzir, Reciclar). Cada R pode ser explicado da seguinte forma:

- Reutilizar: definido por Minatti (2011) como a ferramenta de apoio que cria fluxo reverso para reaproveitar produtos que seriam descartados, promovendo economia de recursos. Nylund et al. (2013) apontam que a reutilização significa que o produto pode ser diretamente reutilizado sem incorporar recursos ao produto ou reutilizar partes do produto ou de peças.
- Reduzir: visa simplificar produtos para melhorar a gestão de fim de vida, assim como diminuir a quantidade de material necessário e minimizar o consumo de energia e resíduos ao longo de todo o ciclo de vida do produto (MANGOL, 2013).
- Reciclar: inclui uma série de atividades, tais como separação, classificação e processamento de produtos reciclados em matéria-prima, redução das emissões, economia de energia, servindo como fonte de matérias-primas para a indústria (US EPA, 2014).
- Recuperar: inclui a coleta de produtos em fim de vida para permitir atividades posteriores de pós-uso, bem como a desmontagem de componentes específicos a partir de um produto no fim da sua vida visando a reutilização.
- Reprojetar: atividade intimamente ligada à redução, uma vez que consiste em redesenhar o produto para ser mais simplificado para processos de pós-uso futuro. *Design for Environment* (DFE) é uma parte central do processo de reprojeção, uma vez que leva em conta as questões ambientais.
- Remanufatura: é semelhante à fabricação normal, e pode ser aplicada para recuperar produtos usados para o mesmo estado do produto original, com um custo mais baixo (ZANGHELINI, 2013).

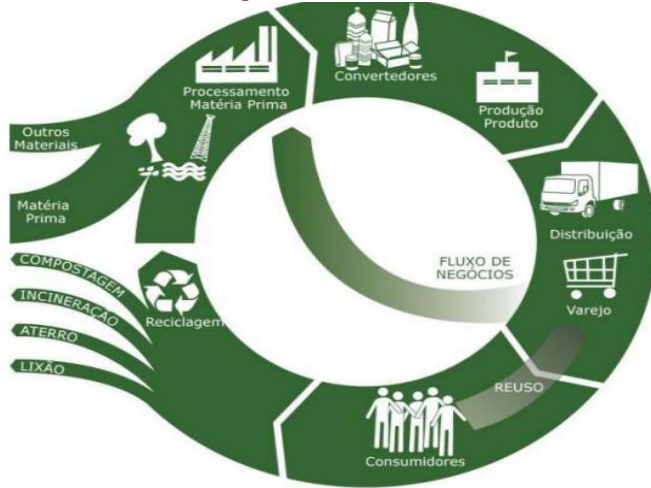
2.2 Ciclo de Vida do Produto

O ciclo de vida de um produto é composto por todas as fases que um produto passa desde a obtenção da matéria-prima até o descarte final (VERSCHOOR e REIJNDERS, 1999). Estas fases estão detalhadas na Figura 3.

A primeira fase, que corresponde à extração de matéria-prima, está diretamente ligada a atividades primárias nas quais acontece a retirada de minérios e matérias-primas diretamente do solo. Em seguida, a fase de processamento dos materiais retirados do solo acontece no setor secundário onde são beneficiados de acordo com requerimentos do setor de fabricação, onde, numa terceira fase, o material passa por estágios de fabricação até estar completamente pronto sendo, nessa altura, direcionado para a fase de uso. Quando a fase de consumo chega

ao fim o produto é descartado, e isto caracteriza o fim-de-vida do produto.

Figura 3: Fases do ciclo de vida do produto



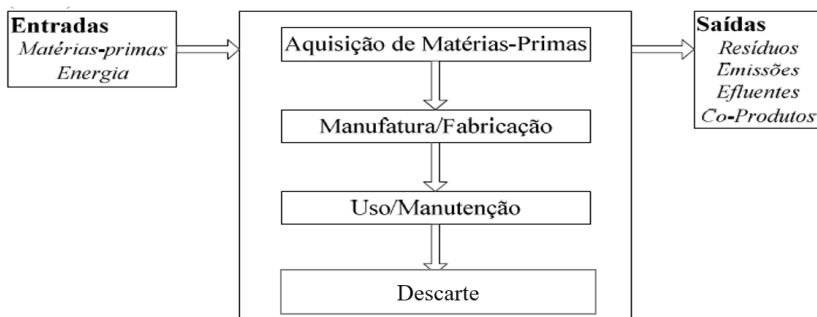
Fonte: BLUMENSCHNEIN e MILLER, 2007.

Em todas as etapas relacionadas ocorre gasto de energia e emissão de resíduos e gases que prejudicam o meio ambiente, conforme a Figura 4. Para produtos eletrônicos a preocupação com o meio ambiente é considerada maior para estes tipos de produtos, pois, na fase de pós-uso, o risco de toxicidade e impactos à saúde humana são aumentados quando os produtos são descartados de forma incorreta, misturados ao lixo doméstico ou mesmo quando estão sendo desmontados e transformados a fim de recuperar materiais sem os devidos conhecimentos técnicos do produto.

2.3 Avaliação do Ciclo de Vida

Avaliação do ciclo de vida (ACV) é um método de análise que quantifica os impactos ambientais em todo o ciclo de vida de materiais e processos desde a aquisição de matéria-prima, processamento do produto, embalagem, uso, pós-uso, incluindo a eliminação dos resíduos. É um método amplamente utilizado na indústria principalmente para avaliar os efeitos ambientais, quer durante todo o processo ou em diferentes estágios (ZHANG et al., 2016).

Figura 4: Estágios do ciclo de vida de um Sistema de Produto



Fonte: Adaptado de ZANGHELINI, 2013.

A avaliação do ciclo de vida completo possui quatro fases de acordo com a Figura 5, e a Tabela 1 mostra as normas em que cada fase é baseada.

Figura 5: Fases da Avaliação do Ciclo de Vida



Fonte: GIANNETTI et al., 2008.

Tabela 1: Fases da ACV e as respectivas normas

	FASES DA ACV	NORMAS
1.	Definição do objetivo e escopo	ISO 14040, ISO 14041, NBR ISO 14040, NBR ISO 14041
2.	Análise do inventário do ciclo de vida	ISO 14040, ISO 14041, NBR ISO 14040, NBR ISO 14041
3.	Avaliação do impacto do ciclo de vida	ISO 14040, ISO 14042, NBR ISO 14040, NBR ISO 14042
4.	Interpretação	ISO 14040, ISO 14043, NBR ISO 14040

Fonte: GIANNETTI et al., 2008.

A primeira fase é definida conforme a norma ABNT NBR ISO 14040:2001 da seguinte forma:

- Objetivo e escopo: é a fixação de metas e delimitação da aplicação pretendida, o escopo é a unidade funcional dos limites do sistema e dos dados de qualidade;
- Análise de inventário: quantifica a utilização de recursos, utilização de materiais, uso de energia e liberações ambientais durante todo o ciclo de vida do produto ABNT NBR ISO 14041:1998;
- Avaliação de impacto: é uma análise dos potenciais impactos com as formas de recursos identificados, e utiliza as emissões ambientais ABNT NBR ISO 14042:2004;
- Interpretação dos resultados do estudo em relação aos objetivos do estudo ABNT NBR ISO 14043:2005.

Mangol (2013) defende que o conceito de avaliação do ciclo de vida tem sido amplamente apontado como essencial para o desenvolvimento sustentável. O autor enfoca que a ACV está relacionada à sustentabilidade no nível do produto, e incorpora uma abordagem sistemática para a concepção da ACV de um produto, abordando simultaneamente os impactos ambientais, econômicos e sociais ao longo de todo o ciclo de vida do produto. Peças et al. (2013) afirmam que, em geral, o impacto do ciclo de vida é assumido principalmente pela dimensão ambiental, sendo a dimensão econômica baseada em custos de produção e por vezes apenas no preço do material e etapas da reciclagem.

2.4 Produtos Eletrônicos

Nos últimos quarenta anos houve uma evolução e expansão elevada da gama de produtos eletrônicos como computadores e

dispositivos móveis, revolucionando a vida diária nas áreas de comunicação, entretenimento e produtividade pessoal. Estima-se que, desde 1980, mais de 900 milhões de computadores de mesa, laptops e mais de 700 milhões de telas de tubo de raios catódicos e monitores de tela plana foram vendidos apenas nos Estados Unidos (US EPA, 2015). O mercado total para dispositivos de computação pessoal cresceu 11% no mundo nos últimos três anos, e esse crescimento ocorreu em maior escala para *tablets*, telefones celulares e outros dispositivos móveis (MEYER e KATZ, 2016).

O crescimento desse setor resulta em preocupações com relação à sustentabilidade, pois existem inúmeros impactos ambientais associados aos produtos eletrônicos, desde os impactos sobre mudanças climáticas decorrentes do consumo de energia incorporada nos processos de fabricação e uso, além de alguns equipamentos no final de vida poderem apresentar risco sobre a saúde humana e ecológica advindos da liberação de metais pesados como cádmio e chumbo, retardadores de chama (bromados) etc (TEEHAN e KANDLIKAR, 2013). Tendo em vista o crescimento nas vendas destes dispositivos, fabricantes, órgãos políticos e compradores devem buscar maneiras de reduzir os impactos ambientais durante e após a fase de vida de produtos eletrônicos mediante a promoção da sustentabilidade, prezando pelo uso de materiais mais seguros e aumentando a reutilização dos produtos (DODD e WOLF, 2013).

2.4.1 Produtos eletrônicos pesquisados

Os resultados apresentados são de produtos diversificados como televisor de LED, smartphone, micro-ondas, telefone modelo convencional, monitor para computador, CPU, CD player e placas de circuito impresso, este último o estudo foi realizado em duas empresas. Tendo em vista que são produtos eletrônicos, pode-se verificar que a maioria deles é constituída por plásticos, vidro e metais ferrosos e não ferrosos. Para conhecer os materiais são apresentados os principais componentes de alguns produtos tendo em vista que a lista de materiais (BOM) completa de cada produto não foi disponibilizada pelas empresas.

O micro-ondas é composto de vários materiais como plástico, vidro e metais. A reciclagem das placas eletrônicas que contêm metais pesados, como chumbo e cádmio, é a peça de destinação mais difícil de todo o equipamento, tendo que ser enviada ao exterior, enquanto o magnetron é peça fundamental na emissão de ondas neste equipamento, não sendo radioativo (ECYCLE, 2016).

As placas de circuito impresso (PCB) são compostas por várias camadas de silicone e fibras de vidro entrepostas por cobre e outros metais. Na superfície são encontrados pontos de solda à base de chumbo, estanho e prata. Para os contatos eletrônicos utiliza-se o ouro. Na tabela 2 pode-se verificar a composição e a massa dos materiais presentes em uma PCB para computador do tipo desktop.

Tabela 2. Composição e massa de uma PCB

Composição	Massa (g) Circuito Impresso (PCB) 1 unidade
Oxido de Silicone, Vidro e cerâmicas	114,219
Fibra de Vidro	105,708
Cobre	79,102
Epoxy	73,010
Bromo - Tetrabromobisphenol (TBBPA)	47,927
Epoxy com Tetrabromobisphenol (TBBPA)	31,354
Ferro	18,812
Alumínio	11,646
Chumbo	4,255
Níquel	4,479
Zinco	1,657
Prata	0,264
Ouro	0,224
Cromo	0,134
Paládio	0,045
Berílio	0,036
Cádmio	0,002
TOTAL	492,88

Fonte: Adaptado de Zanetti 2010.

Unidade central de processamento (CPU): dentre os materiais utilizados nesse produto muitos são tóxicos como os metais pesados: chumbo, mercúrio, arsênio, cádmio e cromo, além dos componentes plásticos que contêm retardantes de chama bromados, substâncias halogenadas, bifenilas policloradas, e cloreto de polivinila (PVC), os quais geram dioxinas e furanos quando incinerados e também são considerados extremamente tóxicos. Além desses materiais também são utilizados metais preciosos e raros: ouro, prata, platina, tálio, berílio, gálio, índio, selênio, zinco e bário (ZANETTI, 2010). A figura 6 relaciona as partes de uma CPU com os materiais presentes na sua composição.

Figura 6: Composição e massa de uma PCB



Fonte: Adaptado de Zanetti 2010.

Monitor de *Liquid Crystal Display* (LCD): é composto por circuitos que podem conter cobre, e plásticos do tipo: ABS, poliestireno de alto impacto e retardantes de chamas, além de uma série de filtros que direcionam a luz polarizada em seu interior. Entre esses filtros existem as moléculas de cristal líquido que permitem orientar a luz por toda a superfície da tela, e a luz produzida em seu interior tem o objetivo de gerar as imagens, sendo geralmente formada por um conjunto de lâmpadas fluorescentes que tem durabilidade média de 20 mil a 50 mil horas. A tabela 3 apresenta a composição dos materiais utilizados para a fabricação do monitor de LCD.

Tabela 3. Composição de um monitor de LCD

Composição	Massa (g) Monitor LCD 15 1 unidade	
Aço	1.640,8	
Vidro	383,4	
Cabos	151,7	
Alumínio (suporte)	87,0	
Pigmento de filtro de cor	24,2	
Alcool Polivinil (PVA)	5,6	
Cristais líquidos para 15" LCD	1,5	
Lâmpada fluorescente de catodo frio (Mercúrio)	1,1	
Transistores metálicos	1,1	
Camada de alinhamento Poliamida	0,4	
Outros (adesivos, espaçadores)	1,9	
Soldas	Estanho	14,7
	Chumbo	9,8
Plásticos	Policarbonato (PC)	334,7
	PMMA	290,1
	Stireno-butadeno copolímero	234,7
	Polietileno (PEE)	194,5
	Trifenil Fosfato	59,9
	Tereftalato de Etileno (PET)	38,3
	Óxido de Silicose, vidro e cerâmicas	57,30
	Cobre	38,45
	Ferrite	35,11
	Epoxy com Tetrabromobisphenol	25,85
PCB e componentes	Alumínio	15,80
	Fibra de Vidro	15,41
	Poliestireno	11,70
	PVC	11,70
	Epoxy	10,70
	Bromo - Tetrabromobisphenol	6,97
	Ferro	6,58
	Resina Fenólica de papel	2,93
	Chumbo	1,51
	Nickel	1,61
	Prata	0,09
	Zinco	0,59
	Ouro	0,07
Cromo	0,05	
Paládio	0,02	
Berílio	0,01	
Cádmio	0,01	
TOTAL	3.717,9	

Fonte: Adaptado de Zanetti 2010.

Televisor de LED: as telas planas de LED utilizam diodos emissores de luz, que funcionam como pequenas lâmpadas, no papel dos pixels. Por trás de dois painéis de vidro, cada LED acende quando é carregado por elétrons e prótons para produzir as cores apresentadas na tela.

Smartphone: em média é composto por 500 a 1000 peças de diversos materiais, sendo eles semicondutores e/ou metais preciosos. Os principais e mais importantes materiais usados em smartphones são: cerâmicos 16%, ABS-PC, 29%, prata 1%, zinco 1%, níquel 1% ferro 3%, silicone 10%, epóxi 9% cobre 15%, outros plásticos 8%, poliestireno 2%, ouro < 1%, chumbo (ORDOÑEZ, 2014).

Na montagem do celular verifica-se o seguinte: dentro da carcaça é reunida toda a parte eletrônica; a tela é acoplada diretamente nos circuitos eletrônicos; a carcaça já é planejada para receber a bateria e a capa do celular juntamente com a tela; para a fabricação dos circuitos eletrônicos são usados circuitos integrados que são formados por resistores, transistores, componentes de polarização e regiões isolantes (PEREIRA, 2014). O principal composto da tela LCD é um mineral raro, chamado índio. Esse mineral geralmente é encontrado na extração de outros minérios, contudo, o que dificulta ainda mais o seu uso é a separação química necessária para usar o índio “puro”. Por esses motivos, a fabricação da tela LCD é uma das partes mais caras do celular. Em relação à bateria o material utilizado é o íon-lítio, que diminui o grau de periculosidade de contaminação.

2.5 Resíduos Sólidos

Consideram-se resíduos sólidos uma “mistura de materiais ou restos destes, oriundos dos mais diversos tipos de atividades humanas, que são descartados por não apresentarem utilidade à sociedade” (PHILIPPI JR, 1999, p. 19).

A LEI Nº 12.305, DE 2 DE AGOSTO DE 2010 institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos, dispondo sobre seus princípios, objetivos e instrumentos, bem como sobre as diretrizes relativas à gestão integrada e ao gerenciamento de resíduos sólidos, incluídos os perigosos, as responsabilidades dos geradores e do poder público e os instrumentos econômicos aplicáveis (BRASIL, 2010, p. 1).

A norma NBR 14004 (ABNT, 2004) tem por objetivo classificar os resíduos sólidos conforme a sua periculosidade: Classe I – são considerados perigosos por apresentarem risco à saúde e ao meio ambiente, e Classe II – não perigosos. Os resíduos da Classe II dividem-se em Classe II-A (que podem ter propriedades dos tipos biodegradabilidade, combustibilidade ou solubilidade em água), e Classe II-B (que não apresentam nenhum de seus constituintes solubilizados a concentrações superiores aos padrões de portabilidade da água).

Para AMORIM (2010), o aumento da produção de resíduos é reflexo do modo de vida do ser humano, que tende a ser cada vez mais consumista. Como causas para o aumento dos resíduos, o autor também aponta a redução do tempo de vida útil dos produtos manufaturados e o forte apelo por parte do consumidor por novos lançamentos de produtos que, em pouco tempo, são substituídos por produtos semelhantes com novas características e tecnologias mais avançadas. Esse cenário acontece, por exemplo, com celulares, computadores e televisores.

Com relação ao tratamento e descarte final dos resíduos sólidos, segundo Baratto (2012), estes são determinados tendo em conta os materiais que os constituem e a procedência de cada produto, além da dependência do planejamento estratégico do município ou do estado. A redução dos resíduos sólidos é um fator muito importante tanto para o homem quanto para o meio ambiente, visto que o seu acúmulo pode causar graves problemas sociais, ambientais e econômicos (SILVA, 2014).

De acordo com o Ministério do Meio Ambiente, as diretrizes da PNRS (Política Nacional de Resíduos Sólidos) servirão de instrumento para que o Brasil possa cumprir com a meta do Plano Nacional sobre Mudanças do Clima, em alcançar o índice de 20% de reciclagem de resíduos sólidos. O prazo dessa meta anteriormente havia sido estabelecido para o ano de 2015. Como a meta não foi alcançada o prazo foi prorrogado para 2020. Para que a meta seja atingida é de grande importância que ocorra a prevenção e redução da geração de resíduos mediante a prática de hábitos de consumo sustentável, ou seja, deve-se aumentar a reciclagem e a reutilização dos resíduos e propiciar a correta destinação ambiental aos itens que não puderem ser reaproveitados.

2.6 Fatores Críticos de Sucesso - FCS

O processo de gestão e a avaliação do desempenho envolvem um grande número de dados, informações e várias alternativas para decisão. Dessa forma, é necessário que os gestores estabeleçam prioridades e

tenham dados e informações necessárias para o desenvolvimento de suas atividades. Para isso, pode-se utilizar o conceito de fatores críticos de sucesso (FCS), os quais têm como objetivo de refinar os dados e a formação de um sistema de informação útil, o qual tanto os altos administradores como os operadores podem utilizar (ROCKART, 1978).

Os FCS são itens que têm que ser monitorados para garantir o sucesso de uma organização, e eles são divididos em itens de controle e de verificação que são atribuídos ao processo de produção. Os itens de controle são definidos como um conjunto de características que o produto deve ter para garantir a satisfação do cliente com relação à qualidade intrínseca, custo, atendimento e segurança do produto. Os itens de verificação permitem avaliar as condições durante o processo, permitindo modificar os efeitos representados com os itens de controle (QUINTELLA, 2005).

2.7 Indicadores

Segundo BARBOSA (2011), um indicador é um mecanismo de avaliação formulado em bases mensuráveis, sendo expresso por números em valores associados e escalas contínuas, sendo necessário estabelecer o objetivo e a justificativa para constituí-los. É importante destacar que a construção de indicadores é um meio para que se estabeleça um método de gestão na empresa, voltado para processos específicos ou para o processo de negócio global da empresa.

Nuitin e Nakao (2010) consideram o desenvolvimento de métodos mediante os indicadores como bem consolidados na literatura (por exemplo, Modelo de Balanced Scorecard – BSC; Modelo quantum de medição de desempenho de Hronec; Modelo TQM – Gestão da Qualidade Total), os quais apresentam objetivos diferentes de avaliação. No entanto, eles possuem a mesma estrutura de indicadores que podem auxiliar na determinação dos indicadores de desempenho e de qualidade. Os modelos levantados são a descrição dos modelos de avaliação a partir de aspectos como o objetivo da avaliação, as categorias de medição e os principais indicadores. Os modelos de avaliação, como já mencionado, possuem seus próprios objetivos, categorias de medidas e indicadores de avaliação de causa e efeito alinhados aos seus objetivos.

2.7.1 Indicadores de sustentabilidade

Indicadores de sustentabilidade são aspectos mensuráveis que incluem as práticas do tripé da sustentabilidade para monitorar mudanças nas características relevantes à continuação do bem-estar humano e ambiental (FIKSEL et al., 2012). SILVA (2014) define

indicadores de sustentabilidade como parâmetros quanti ou qualitativos de informação ou medição que possibilitam descrever situações e avaliar os possíveis ou reais efeitos de políticas, planos e programas, permitindo a projeção de tendências e a verificação do cumprimento de objetivos e metas.

Ao longo da elaboração deste trabalho verificou-se que o processo de desenvolvimento de indicadores de sustentabilidade tem sido explorado por diversos autores e que a maioria das publicações os indicadores são organizados de acordo com o triple bottom line. Por exemplo, o trabalho de Roca e Searcy (2012) buscou identificar os indicadores que estão sendo utilizados em relatórios de sustentabilidade corporativa no Canadá, e os indicadores foram identificados com base em uma análise de conteúdo de 94 relatórios de empresas canadenses. Chee, Tahir e Darton (2010) descrevem o processo do método de análise em que o conjunto de indicadores é projetado a partir de uma reflexão aprofundada sobre a operação de produção. Os indicadores caracterizam os impactos da operação sobre o capital residente em três domínios: meio ambiente, economia e o domínio do capital humano/social. A partir de uma análise com base na definição de desenvolvimento sustentável, se verifica que estes impactos estão relacionados com duas perspectivas de negócios, a eficiência dos recursos e a imparcialidade com a qual os benefícios são distribuídos entre as partes interessadas; Assim como os indicadores incluídos nas diretrizes GRI (2006) também são baseadas no *triple bottom line* com a dimensão social subdividida em práticas trabalhistas, direitos humanos, sociedade e indicadores de responsabilidade do produto.

Para a realização deste trabalho apenas o indicador do tipo *outcome* (ou efeito) foi estudado, pois, de acordo com Therivel (2010), ele é destinado a avaliar o estado do ambiente, isto é, os efeitos sobre os sistemas ambiental, social, econômico e, por isso, é entendido como indicador de sustentabilidade.

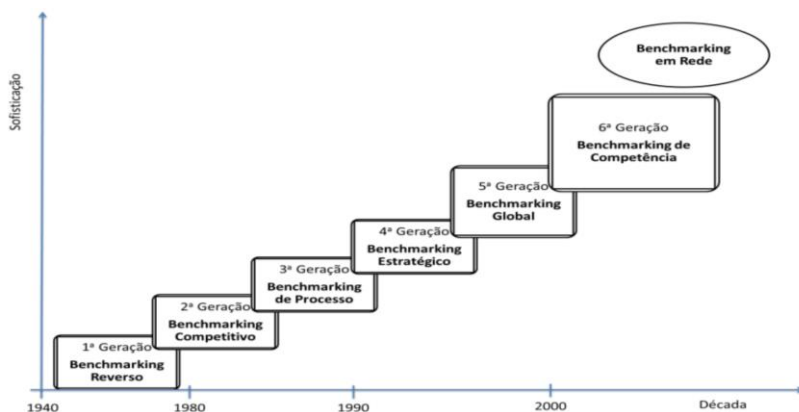
Barbosa (2011) criou um conjunto de indicadores do tipo *outcome* para servir de subsídio para a gestão da sustentabilidade ambiental no final do ciclo de vida do produto. Esses indicadores foram criados a partir de levantamentos bibliográficos em publicações científicas e em um estudo exploratório com especialistas, buscando estabelecer indicadores especificamente para a gestão da fase final do ciclo de vida de refrigeradores.

2.8 benchmarking

O *benchmarking* teve início no final da década de 1970 como uma filosofia que busca as melhores práticas que conduzam a empresa à maximização da sua performance. O marco inicial foi o estudo realizado pela Xerox Corporation que buscou conhecer as práticas empresariais japonesas (RAMOS, 2013).

A trajetória do *benchmarking* começou formalmente no final da década de 1970 em aplicações realizadas na Xerox Corporation, desde então passou por muitas transformações ao longo das gerações (KYRO, 2003). A figura 7 apresenta a evolução do *benchmarking* ao longo das décadas.

Figura 7: Gerações do *benchmarking*



Fonte: Adaptado de Kyro, 2003, apud Pacheco, 2014.

Em cada geração o *benchmarking* foi desenvolvido para atender o foco empresarial específico de cada geração. O *benchmarking* reverso e o competitivo tem um foco na busca pelas boas práticas dos concorrentes, a terceira e quarta geração utiliza-se de experiências de empresas não concorrentes para identificar as melhores práticas. Já as três últimas gerações buscam todas as possibilidades das melhores práticas, independente do setor de atuação no mercado. Existem diferenças importantes entre cada geração, mas todos têm em comum o uso do processo de *benchmarking* para identificação das melhores práticas no ambiente empresarial (PACHECO, 2014).

Inicialmente, os estudos realizados por meio do *benchmarking* concentravam-se em medir e comparar a performance de concorrentes diretos, enquanto que na atualidade as organizações evoluíram seus estudos e concentram-se no aprendizado *do que e de como* as empresas líderes fazem para alcançar a primeira posição. As análises do processo, independente de qual sejam, oferecem a oportunidade de compreender a excelência do processo e aprender lições que podem ser adaptadas à realidade específica de outro negócio ou atividade. A sistematização do processo de aprendizado pela comparação com os líderes vem se intensificando, constituindo-se em um modelo de aprendizado e identificação de oportunidades de melhoria na busca pela competitividade empresarial (SEIBEL, 2004).

O conceito de *benchmarking* para Garvin (1993) é um processo disciplinado que começa com uma busca minuciosa para identificar as melhores práticas de organizações, continua com o estudo cuidadoso das próprias práticas e de desempenho, evolui através de visitas sistemáticas e entrevistas, e é concluído por meio de uma análise dos resultados, desenvolvimento de recordações e implementações.

O *benchmarking Made in Europe* (MIE) surgiu a partir da preocupação de como as indústrias europeias estariam posicionadas em aspectos como custo, qualidade, flexibilidade e atendimento ao cliente em relação ao padrão denominado classe mundial. Em 1993, a London Business School, em cooperação com o grupo de consultoria da IBM, lançou uma iniciativa que utilizava o método MIE como um programa para medir o nível de práticas de classe mundial e performance operacionais que resultavam da adoção das práticas em empresas da Europa (SEIBEL, 2004).

Para Seibel et al. (2001), “práticas são os processos que a empresa coloca em prática para melhorar o gerenciamento do negócio, incluindo desde aspectos organizacionais como o envolvimento dos colaboradores e utilização de técnicas como produção puxada. A *performance* representa os resultados mensuráveis dos processos implantados na empresa”.

O método *benchmarking* da Sustentabilidade, proposto neste trabalho, é inspirado pelo método *benchmarking* Enxuto (BME). Optou-se pelo método BME porque ele já foi aplicado em vários estudos de caso (ver exemplos no final do tópico *benchmarking*) em indústrias de diferentes setores da economia, tendo alcançado resultados satisfatórios nessas aplicações. Além disso, o método BME apresenta uma metodologia e estrutura aplicáveis ao estudo da gestão do final do ciclo de vida do produto.

O *benchmarking* Enxuto é um método de diagnóstico baseado no conceito de *benchmarking* que gera informações para auxiliar o planejamento estratégico da implantação da Manufatura Enxuta em empresas, podendo ser usado em todos os níveis da organização (TOMELERO, 2012).

O BME é fundamentado no *benchmarking Made in Europe* (MIE), sendo que utiliza a mesma estrutura e dinâmica de análise para que possa ser empregado como uma ferramenta para o diagnóstico de práticas e performance que acontecem antes do processo de implantação e melhorias da manufatura enxuta.

A realização do BME pode ser dividida em três etapas: preparação, investigação e interpretação (LSSP, 2015). Estas etapas são descritas abaixo:

Etapa de Preparação: Objetiva estabelecer as condições necessárias, em termos de formação do time de trabalho e treinamento deste grupo na ferramenta de coleta, para que se possa aplicar o método de diagnóstico.

Etapa de Investigação: Utiliza-se um questionário com 37 indicadores, avaliados de 1 a 5, dividido em quatro grupos de variáveis de pesquisa: demanda, produto, PCP (Planejamento e Controle da Produção) e chão de fábrica. Para cada indicador avaliado, são consideradas situações típicas quanto às práticas e performance, como mostra a Figura 8. Os indicadores de prática e de performance do questionário podem ser do tipo geral, sustentados em uma visão geral da empresa, ou específico da etapa produtiva avaliada.

O sistema de pontuação do questionário baseia-se em intervalos que variam entre 1 a 5. Para facilitar a leitura dos resultados, são utilizados somente valores inteiros. O sistema de pontuação descreve as seguintes situações para cada item a ser medido:

Nota 1 - equivale a um nível básico de prática ou performance;

Nota 3 – equivale a um nível intermediário de prática ou performance; e

Nota 5 – equivale à excelência de prática ou performance.

As notas 2 ou 4 referem-se às posições intermediárias de avaliação do item.

Figura 8: Variáveis relevantes do Benchmarking Made in Europe



Fonte: Laboratório de Simulação de Sistemas de Produção.

No decorrer da etapa de investigação, os índices parciais devem ser calculados tanto para a prática quanto para performance, conforme o resultado das notas dadas pelas empresas para cada uma das quatro variáveis da pesquisa. Para transformar as notas obtidas em valores percentuais, deve-se efetuar a multiplicação de cada nota por sua respectiva porcentagem. A partir dos percentuais encontrados, calculam-se os índices parciais de práticas e performances para cada variável em análise e também são calculados os índices gerais por meio da média simples.

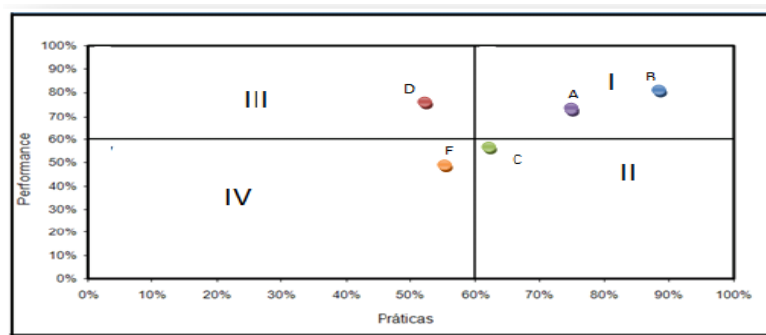
Etapa de Interpretação: O objetivo desta última etapa do método é o de apresentar os resultados dos índices coletados para cada uma das etapas produtivas presentes na empresa, para uma melhor interpretação e discussão em relação à adoção das práticas implantadas e das performances obtidas no processo de busca da ME. Os resultados são apresentados por meio dos gráficos Práticas *versus* Performance, o gráfico Radar e o gráfico de Barras.

Após obter as notas das empresas e transformá-las em percentuais dos índices gerais, constrói-se o gráfico de Práticas *versus* Performance, como no exemplo da Figura 9. Este gráfico posiciona e compara as empresas conforme os índices finais de prática e performance da ME. O gráfico de prática *versus* performance é dividido em quatro quadrantes que são classificados em:

- I - Alta prática e alta performance;
- II - Alta prática e baixa performance;
- III - Baixa prática e alta performance; e
- IV - Baixa prática e baixa performance.

Os valores dos eixos variam de 0 a 100%, sendo que o valor 60% é referência para limitar os quadrantes tanto no eixo das abscissas como das ordenadas.

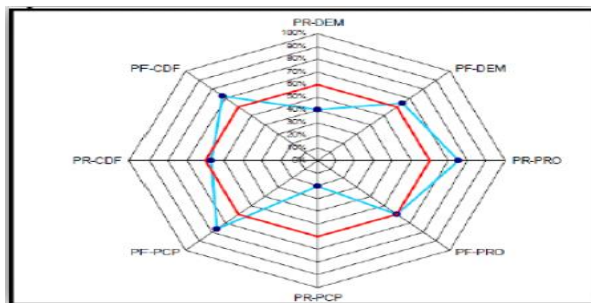
Figura 9: Gráfico de Práticas versus Performance



Fonte: Laboratório de Simulação de Sistemas de Produção.

O gráfico Radar contém o desempenho da prática e da performance, posicionando a empresa em relação aos líderes internacionais do setor, em cada uma das áreas avaliadas no *benchmarking* ao que se refere às práticas e performance. O gráfico é determinado pelos índices parciais de cada variável, em que cada eixo tem uma escala de 0 a 100%. O padrão de excelência é alcançado considerando 100% dos índices referentes à prática e à performance. Na escala dos eixos, cada variável é estabelecida por um ponto, e cada ponto é unido por uma linha formando um polígono fechado. A linha vermelha é utilizada como referência ao valor de 60%, considerado como o menor valor de desempenho que viabiliza a utilização de ferramentas e conceitos da ME no ambiente empresarial (Figura 10).

Figura 10: Gráfico em Radar de Práticas e Performances

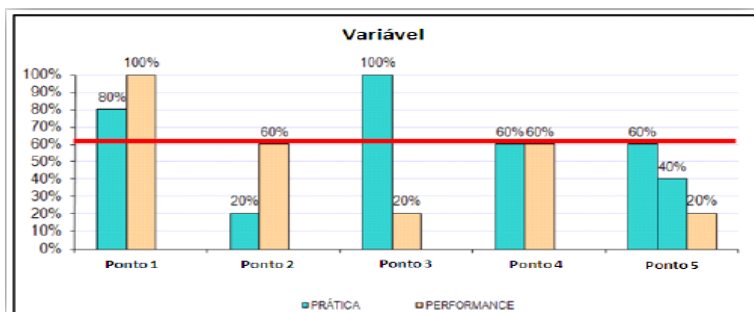


Fonte: Tomelero, 2012.

Analisando o gráfico, pode-se perceber que o espaço de oportunidade real de melhoria está nos pontos em que a empresa se encontra com pontuação abaixo do ponto considerado como referência (igual a 60%).

O gráfico de barras é utilizado com fim de investigação causal dos pontos mais críticos de cada variável em análise. Na figura 11, os indicadores de prática e de performance são apresentados em conjunto, respeitando a relação de causa e efeito existente entre eles (RAMOS, 2013).

Figura 11: Gráfico de Barras



Fonte: Ramos, 2013.

A justificativa pela escolha em utilizar o *benchmarking* Enxuto como referência para o desenvolvimento do método proposto baseia-se

em pesquisas que foram desenvolvidas mediante o método do BME, sendo exemplos os trabalhos de Ramos (2013) e Tomelero (2012).

O estudo de Ramos (2013) consistiu em desenvolver um método para realizar um diagnóstico com a finalidade de melhor compreender como as empresas estão agindo, visando o menor impacto ambiental durante o desenvolvimento de produtos e de processos produtivos, bem como verificar quais as alternativas e práticas adotadas por elas e se há adoção dos conceitos de P+L.

Para o desenvolvimento do método, a identificação dos indicadores foi fundamental para avaliar a eficiência da metodologia empregada e acompanhar o desenvolvimento das medidas de Produção Mais Limpa implantadas. Dessa forma, foram construídos indicadores a partir das métricas de produtividade e sustentabilidade, anteriormente validados por entrevistas aos colaboradores das empresas com a finalidade de obter maior precisão nas respostas. Os indicadores que foram criados para medir as seis variáveis estabelecidas foram: Administração/Responsabilidade, Pessoas, Informação, Fornecedor/Organização/Cliente, Desenvolvimento de Produtos e Processo Produtivo. Eles foram consideradas por meio da aplicação de um questionário, no qual os indicadores estão divididos entre indicadores de práticas (PR) e indicadores de performance (PF) conforme o formato do BME.

Na etapa de investigação foi aplicado o conjunto de indicadores de PR e PF por meio de questionário estruturado em 16 empresas. Para a coleta de dados foram utilizadas a observação e entrevista. A interpretação dos dados ocorreu por meio de gráficos Práticas *versus* Performance, Radar e de Barras, obtidos mediante a pontuação do questionário, o que possibilitou a análise e discussão dos resultados.

O objetivo da pesquisa de Tomelero (2012) consistiu em desenvolver um método para realizar um diagnóstico quanto às práticas, performance e potencial de implantação das empresas, quanto ao gerenciamento de ferramentas de usinagem. O método desenvolvido foi denominado de *benchmarking* Enxuto Ambiental (BEA), a partir da definição das variáveis para construção dos indicadores. Foram estruturados em questionário e aplicado em algumas empresas do setor metal mecânico abordando aspectos estratégicos, técnicos e logísticos, bem como técnicas de Manufatura Enxuta e aspectos ambientais relacionados à gestão de ferramentas de usinagem. A interpretação dos dados ocorreu por meio de gráficos do tipo Prática *versus* Performance, Radar e de Barras, obtidos mediante a pontuação do questionário, o que possibilitou a análise e a discussão dos resultados.

3 - FATORES CRÍTICOS DE SUCESSO

Este capítulo trata dos procedimentos de pesquisa, definição e validação dos Fatores Críticos de Sucesso (FCS). Barbosa (2011) considera Fatores Críticos de Sucesso como fatores que são essenciais para o sucesso de determinados processos/sistemas. Para esta pesquisa, os FCS são os fatores considerados essenciais para a gestão da fase final do ciclo de vida de produtos da indústria de eletrônicos que objetivem a sustentabilidade.

Encontrar e avaliar estes fatores é o primeiro passo para a construção do método para diagnóstico das práticas e performances de empresas do setor de eletrônicos que estão relacionados à recuperação do produto após a fase de uso.

3.1 Procedimentos de Pesquisa

Como estabelecido na metodologia de pesquisa desta dissertação, os FCS foram encontrados mediante a realização de busca em portal de periódicos, por artigos e trabalhos que evidenciem os FCS envolvidos no final do ciclo de vida de produtos eletrônicos.

O portal de pesquisa utilizado foi o Portal Capes, utilizando-se as seguintes bases: SpringerLink, SciELO.ORG, ScienceDirect (Elsevier), Cambridge Scientific Abstracts – CSA (ProQuest), Web of Science – Coleção Principal (Thomson Reuters Scientific), Emerald Insight (Emerald), Engineered Materials Abstracts (ProQuest), Google Scholar, IEEE Xplore, Academic Search Premier – ASP (EBSCO). Para iniciar a pesquisa no Portal Capes foi utilizado o termo “*Managing end-of-life cycle electronic products*” para filtrar os trabalhos com conteúdo sobre o gerenciamento do final do ciclo de vida de produtos eletrônicos.

3.2 Tratamento dos resultados

Por meio dos parâmetros de pesquisa apresentados anteriormente, obtiveram 129 artigos e trabalhos completos. Então, verificou-se primeiramente se o título, palavras-chaves e resumo têm ligação com o gerenciamento do final do ciclo de vida de produtos eletrônicos. Após esta primeira avaliação restaram 63 trabalhos que foram lidos na íntegra com o objetivo de verificar se tratam de processos da fase de pós-uso que auxiliam no gerenciamento do final do ciclo de vida de produtos. Contudo, após a leitura completa foi identificado que dezesseis artigos discorrem sobre a temática do gerenciamento da fase final do ciclo de

vida de diversos produtos eletrônicos como câmera fotográfica, ar condicionado, máquina de lavar, computadores, telefones, impressoras e aquecedores elétricos, entre outros.

As publicações consideradas relevantes foram publicadas no intervalo entre os anos de 1998 e 2014 por grupos de pesquisa de universidades de países como Estados Unidos, Japão, Índia e Inglaterra entre outros. Os artigos em sua maioria tratam de diversos produtos eletrônicos e processos de remanufatura, recondição, reciclagem, reuso e destinação correta de resíduos.

Por vezes, mais de uma etapa desses processos são tratados em uma única publicação, o que torna difícil definir um único processo de tratamento do pós-uso do produto. No entanto, todos esses artigos descrevem processos que fazem parte da fase final do ciclo de vida do produto e do seu gerenciamento. As etapas encontradas mais frequentemente são classificação, inspeção, limpeza, desmontagem, trituração, retalhamento, correta destinação de resíduos, reciclagem, reparo, reuso, incineração, tratamento de substâncias perigosas entre outras.

Dessa forma, é importante salientar que o modelo a ser construído é um modelo genérico para produtos eletrônicos tendo em vista a grande variedade de produtos e processos.

Para melhor evidenciar os artigos utilizados para identificação dos Fatores Críticos de Sucesso, segue a tabela 4 com o título das publicações e nome dos autores.

Tabela 4. Artigos pesquisados

Título	Autores
Status of End-of-life Electronic Product Remanufacturing in China	TAN, Q.; ZENG, X.; IJOMAH, W. L; ZHENG, L. and LI, J. (2014).
Management status of end-of-life vehicles and development strategies of used automotive electronic control components recycling industry in China	WANG, J. e CHEN, M. (2012).
Institutional Disposition and Management of End-of-Life Electronics	BABBITT, C. W.; WILLIAMS, E. e KAHHAT, R. (2011).

(Continua)

Título	Autores
Combination of case-based reasoning and analytical hierarchy process for providing intelligent decision support for product recycling strategies	KUO (2010).
Electronics waste management: Indian practices and guidelines	BANDYOPADHYAY, A. (2010).
A methodological framework for end-of-life management of electronic products	IAKOVOU et al. (2009).
On the optimal design of the disassembly and recovery processes	XANTHOPOULOS e IAKOVOU (2009).
An analysis of product properties affecting performance of end-of-life systems for electrical and electronics equipment	JOHANSSON e BRODIN (2008).
Sustainable Product and Material End-of-Life Management: An Approach for Evaluating Alternatives	GEHIN; ZWOLINSKI e BRISSAUD (2008).
Efficiency and feasibility of product disassembly: A case-based study	DUFLOU et al. (2008).
Product recovery with some byte: an overview of management challenges and environmental consequences in reverse manufacturing for the computer industry	WHITE et al. (2003).
An Environmentally Conscious Management Model for End-of-Life Electromechanical Products	QIAN e ZHANG. (2003).
Incorporating Component Reuse, Remanufacture, and Recycle Into Product Portfolio Design	MANGUN e THURSTON (2002).
Computer and Electronics Product Stewardship: Are We Ready for the Challenge?	GABLE, C. e SHIREMAN, B. (2001).
A Decision-Making Model for Material Management of End-of-Life Eletronic Products	YU et al. (2000).
Electronic products recovery—PAWS, a BRITE-EURAM project	GOGGIN e BROWNE (1998).

Fonte: Autor, 2016.

3.3 Identificação dos Fatores Críticos de Sucesso

O método utilizado para encontrar os FCS pode ser dividido nas seguintes etapas: 1) refinar os resultados da busca no Portal Capes, por meio da leitura dos trabalhos de forma a manter apenas os que tratam simultaneamente de produtos eletrônicos e do seu gerenciamento na fase final do ciclo de vida; 2) definir qual produto é abordado na publicação e de qual fase do processo produtivo trata; 3) identificar o tema que o autor aborda como fator mais importante que tem influência direta no sucesso da gestão do pós-uso do produto visando a sustentabilidade; 4) por meio do item 3) tem-se os FCS.

Assim, tem-se em destaque os fatores de maior contribuição do artigo que apontam para possíveis soluções que evitam os desperdícios de materiais e impactos ambientais com o intuito de melhorar os níveis de sustentabilidade. Dessa forma, a identificação dos FCS baseou-se em temas discutidos nos artigos tendo em vista a melhoria do sistema de gestão do produto em todas as suas fases primando pelo menor impacto ao meio ambiente e à população.

Com base na Tabela 5, verifica-se que a quantidade de FCS encontrados por publicação não é uniforme, pois, dependendo da amplitude que o autor aborda o tema, cada trabalho pode ter vários FCS de importância para o sucesso do gerenciamento do pós-uso. Dentre os 16 trabalhos encontraram 30 fatores diferentes, entretanto alguns tendem a ser mais citados. Dentre as publicações analisadas as ocorrências variam entre 2 a 5 vezes.

Tabela 5. Fatores críticos de sucesso por publicação

Título	Fatores Críticos de Sucesso
Status of End-of-life Electronic Product Remanufacturing in China	Regulamentação governamental
	Identificação do valor, tempo e quantidade
Management status of end-of-life vehicles and development strategies of used automotive electronic control components recycling industry in China	Previsão de recuperação do produto por parte do mercado
	Conhecimento do coeficiente de reciclagem do produto
Institutional Disposition and Management of End-of-Life Electronics	Identificação do valor, tempo e quantidade

(Continua)

Título	Fatores Críticos de Sucesso
Combination of case-based reasoning and analytical hierarchy process for providing intelligent decision support for product recycling strategies	Conhecimento do coeficiente de reciclagem do produto
Electronics waste management: Indian practices and guidelines	Regulamentação governamental
A methodological framework for end-of life management of electronic products	Destruição de parte do produto para poder ser recuperação
	Identificação da quantidade de componentes
	Peso do material recuperado por produtos
	Identificação dos componentes
On the optimal design of the disassembly and recovery processes	Custo para recuperação do produto
	Quantidade de elementos de fixação
	Variabilidade dos componentes
	Destruição de parte do produto para poder ser recuperação
	Peso do material recuperado por produtos
	Resíduos perigosos
An analysis of product properties affecting performance of end-of-life systems for electrical and electronics equipment	Identificação do fabricante
	Identificação dos materiais
	Identificação por marca e modelo
Sustainable Product and Material End-of-Life Management: An Approach for Evaluating Alternatives	Previsão de recuperação
	Disponibilidade de produtos para serem recuperados
	Tempo de vida do produto
	Relação entre produto que entra no mercado e produto recuperado
	Regulamentações e normas de recuperação

(Continua)

Título	Fatores Críticos de Sucesso
Efficiency and feasibility of product disassembly: A case-based study	Resíduos perigosos
	Incentivos por parte dos governos para recuperação
	Variabilidade dos componentes
	Variabilidade de dimensão dos produtos recuperados
	Variabilidade de materiais no produto
	Tempo necessário para recuperar o produto
Product recovery with some bite: an overview of management challenges and environmental consequences in reverse manufacturing for the computer industry	Informações que auxiliem na recuperação
	Composição do Produto Recuperado
	Informações do produto recuperado
	Tempo necessário para recuperar o produto
	Quantidade de material recuperável por produto
	Identificação por marca e modelo
An Environmentally Conscious Management Model for End-of-Life Electromechanical Products	Identificação por marca e modelo
Incorporating Component Reuse, Remanufacture, and Recycle Into Product Portfolio Design	Identificação dos materiais
	Identificação dos componentes
	Identificação por marca e modelo
	Previsão de recuperação
Computer and Electronics Product Stewardship: Are We Ready for the Challenge?	Regulamentação governamental
	Impacto ambiental devido ao descarte indevido

(Continua)

Título	Fatores Críticos de Sucesso
A Decision-Making Model for Material Management of End-of-Life Electronic Products	Impacto ambiental devido ao descarte indevido
	Custo para recuperação do produto
	Quantidade de material recuperável por produto
Electronic products recovery—PAWS, a BRITE-EURAM project	Previsão de recuperação
	Acompanhamento do ciclo de vida do produto
	Disponibilidade de produtos para serem recuperados
	Identificação dos materiais
	Identificação dos componentes
	Identificação por marca e modelo

Fonte: Autor, 2016.

Observando os fatores encontrados pode-se classificá-los em quatro grupos de acordo com a abordagem. Os grupos em que foram classificados os FCS são: (a) impacto ambiental: neste grupo listaram todos os que tratam de itens que podem gerar ou prevenir impactos ambientais; (b) regulamentação: são os que contêm assuntos ligados à regulamentação e incentivos por parte do governo; (c) identificação: os que sugerem que para a melhor destinação do produto na fase de pós-uso é importante conhecer as informações acerca do produto; e (d) recuperação: informações que classifiquem o produto quanto ao poder de recuperação e ao que o mercado espera. Tendo em vista que os fatores encontrados são muito parecidos com os desenvolvidos por BARBOSA (2011), foi mantida a classificação utilizada pelo autor.

A tabela 6 mostra os fatores críticos de sucesso encontrados na literatura examinada e agrupados. Após a definição inicial dos FCS, o item 3.4 a seguir efetua a validação dos mesmos, para posteriormente no Capítulo 4 serem desenvolvidos os indicadores de sustentabilidade que serão a base do método de *benchmarking* da sustentabilidade proposto nesta dissertação.

Tabela 6. Agrupamento dos FCS e suas ocorrências

Agrupamento	Fatores Críticos de Sucesso (FCS)	N*
Impacto ambiental	Impacto ambiental devido ao descarte indevido	2
	Resíduos perigosos	2
	Previsão de recuperação	3
Regulamentação	Regulamentação por parte do governo	3
	Regulamentações e normas de recuperação	1
	Incentivos por parte dos governos para recuperação	1
Identificação	Tempo de Vida do Produto	1
	Variabilidade de materiais no produto	1
	Identificação dos componentes	3
	Identificação do fabricante	1
	Identificação dos materiais	3
	Identificação por marca e modelo	5
	Identificação da quantidade de componentes	1
Identificação do valor, tempo e quantidade	2	
Recuperação	Peso do material recuperado por produtos	2
	Quantidade de material recuperável por produto	2
	Tempo necessário para recuperar o produto	2
	Custo para recuperação do produto	2
	Destruição de parte do produto para poder ser recuperação	2
	Variabilidade dos componentes	2
	Variabilidade de dimensão dos produtos recuperados	1
	Quantidade de elementos de fixação	1
	Composição do Produto Recuperado	1
	Disponibilidade de produtos para serem recuperados	2
	Conhecimento do coeficiente de reciclagem do produto	2
	Informações do produto recuperado	1
	Acompanhamento do ciclo de vida do produto	1
	Informações que auxiliem na recuperação	1
	Previsão de recuperação do produto por parte do mercado	1
Relação entre produto que entra no mercado e produto recuperado	1	

Fonte: Autor, 2016.

N* - Ocorrências na literatura.

3.4 Validação dos Fatores Críticos de Sucesso

A validação dos FCS é feita por meio de questionário que é um instrumento de coleta de dados constituído por uma série de perguntas (MARCONI e LAKATOS, 1999). Desta forma, é muito importante a opinião de especialistas para definir quais destes fatores são mais relevantes para recuperação do produto após a fase de uso. Assim sendo, o processo de validação dos FCS é realizado mediante a aplicação de um questionário a especialistas da área de sustentabilidade, podendo ser professores, pesquisadores ou profissionais da indústria. O questionário é submetido por meio de entrevista presencial, e-mail ou telefone.

O método utilizado é o hipotético dedutivo por adequar-se ao estudo que parte das generalizações aceitas, do todo, para casos concretos, iniciando-se pela percepção de uma lacuna nos conhecimentos, formula-se uma hipótese e, pelo processo dedutivo, testa a predição da ocorrência de fenômenos (LAKATOS e MARCONI, 2004). Esse método contribui para a validação dos FCS porque procura uma solução através de tentativas (conjecturas, hipóteses e teorias) e eliminação de erros, com o intuito de fazer com que as generalizações sejam filtradas e passem a ser informações concretas.

3.4.1 Estrutura do questionário e definições para tabulação

A elaboração do questionário segue as considerações de Schuman e Kalton (1985), que sugerem que na etapa inicial de elaboração deve-se refletir sobre questões como: qual o objetivo da pesquisa em termos dos conceitos a serem pesquisados e da população-alvo? Estas reflexões são os princípios basilares, pois o objetivo do estudo determina as perguntas concretas a serem apresentadas.

Gunther (2003) recomenda que a primeira pergunta deve ser feita para familiarizar o respondente com a pesquisa e as perguntas seguintes devem ter enunciados de maneira diferente, mas sempre testando mais de uma vez cada hipótese. Pergunta: o FCS é relevante para o reaproveitamento e recuperação de componentes e produtos eletrônicos? Esta é a hipótese que será testada para cada FCS, podendo ter resultados positivos ou falseados. Diz-se que um resultado é falseado quando a hipótese não supera os testes (POPPER, 1975).

O questionário conta com cinco questões, sendo uma do tipo aberta e quatro do tipo fechada. Com esses tipos de pergunta pode-se fazer com que o respondente dê respostas limitadas às alternativas e, também, possa contribuir com sua opinião.

Para testar as hipóteses de que os FCS são de fato fundamentais para o reaproveitamento e recuperação de componentes e produtos eletrônicos, segue abaixo a estrutura utilizada para formular o questionário (o questionário completo encontra-se no Apêndice A).

Questão 1 - busca familiarizar o entrevistado com os FCS e depois confrontar as respostas dadas na questão 4. O respondente terá que marcar V aos FCS que considera imprescindíveis para a gestão da fase de pós-uso de produtos e componentes eletrônicos (recuperação / recondicionamento / reciclagem / destinação final), e F aos que não são.

Questão 2 – busca verificar, por meio de eliminação, quais os FCS serão mantidos e se esses fazem parte dos conjuntos de FCS com maior pontuação na quinta questão. Marque com X apenas 10 alternativas que não deveriam constar nesta lista, por não serem completamente relevantes para a gestão da fase final do ciclo de vida de produtos e componentes eletrônicos.

Questão 3 –busca verificar se há necessidade de incluir outros FCS que não foram listados nas publicações. O respondente deverá informar qual outro fator deve ser incluído para melhorar a gestão da fase de pós-uso de produtos e componentes eletrônicos e por que (caso não seja respondido será considerado que não há necessidade de acrescentar outro fator).

Questão 4 – estas respostas são comparadas às da primeira questão com o intuito de verificar se o respondente manteve a coerência nas respostas. A pergunta pede que em uma escala de 1 a 4 o respondente marque o quanto cada informação é importante para os processos de gestão do pós-uso de produtos e componentes eletrônicos.

Questão 5 – almeja verificar se os FCS com maior média na questão 2 fazem parte dos conjuntos com maior média nas respostas. A classificação dos conjuntos deverá ser quanto à relevância para a recuperação de produtos e componentes eletrônicos, por meio de pontuação baseada na escala de Likert.

3.4.2 Aplicação do questionário

A aplicação do questionário tem como objetivo confirmar e reduzir o número de FCS encontrados na literatura a partir do conhecimento de especialistas, estudantes e profissionais da indústria (engenheiros de diversas áreas).

Foram aplicados 60 questionários nas cidades de Florianópolis e Manaus. Em Florianópolis o questionário foi respondido por alunos de mestrado e doutorado em Engenharia Mecânica e Engenharia de Produção e Sistemas da Universidade Federal de Santa Catarina. Em

Manaus, profissionais da indústria do curso de especialização em Engenharia da Qualidade da Universidade do Estado do Amazonas fizeram parte da pesquisa.

3.4.3 Tabulação do questionário

A análise das respostas dos questionários é realizada em duas etapas. A primeira etapa segue as regras de tabulação definidas abaixo:

Questão 1 – Tabulação para questões fechadas com múltiplas respostas. Os nove FCS com maior porcentagem de respostas “verdadeiro” são consideradas imprescindíveis para a gestão da fase de pós-uso de produtos ou componentes eletrônicos. A limitação em nove FCS visa reduzir a quantidade de fatores.

Questão 2 – Tabulação para questões fechadas com múltiplas respostas. São mantidos os FCS com menos de 5 respostas negativas. Definiu-se menos de 5 respostas negativas para manter-se apenas os FCS com mais de 92% de aceitação.

Questão 3 – As respostas desta questão são analisadas para verificar se há necessidade de incluir um novo FCS. Caso ocorra, a inclusão deverá acontecer após a validação dos FCS.

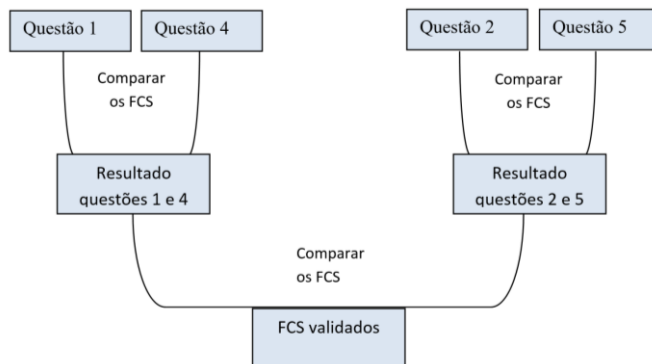
Questões 4 e 5 – Baseia-se nos critérios da escala de Likert. Para a questão 4 conserva-se os FCS que estiverem entre as nove maiores médias, enquanto que para a questão 5 deve-se conservar três conjuntos de FCS que tenham obtido as maiores médias.

As regras foram construídas com base no objetivo principal do questionário que é reduzir o número de FCS por meio da validação. Optou-se por esse método devido à necessidade de reduzir o número de FCS para que o trabalho possa ser mais focado nos fatores que realmente são indispensáveis.

A segunda etapa da análise das respostas do questionário deve ser aplicada de acordo com o estipulado no item 3.4.1, no qual definiu-se que as questões 1 e 4 terão seus resultados da primeira etapa comparados. O mesmo processo deve ser repetido para as questões 2 e 5.

O procedimento da segunda etapa da tabulação pode ser melhor visualizado na figura 12. Esse processo objetiva manter apenas os fatores que estejam em ambas as questões comparadas. O formato em que as questões foram elaboradas permite a comparação sem que ocorra perda de informações relevantes.

Figura 12: Procedimento da segunda etapa da validação dos FCS



Fonte: Autor, 2016.

3.4.4 Tabulação da primeira etapa

Na primeira questão apenas os FCS que foram marcados como verdadeiros e com maior porcentagem são considerados como itens que verdadeiramente são imprescindíveis para a gestão da fase de pós-uso de produtos ou componentes eletrônicos. Dessa forma, os nove itens apresentados na tabela 7 são os que tiveram mais de 92% das respostas.

Tabela 7. FCS da primeira questão

Fatores Críticos de Sucesso	Porcentagem
Impacto ambiental devido ao descarte indevido	100,00%
Resíduos perigosos	100,00%
Custo para recuperação do produto	98,33%
Quantidade de material recuperável por produto	98,33%
Identificação dos materiais	96,66%
Regulamentação por parte do governamental	96,66%
Informações que auxiliem na recuperação	96,66%
Regulamentações e normas de recuperação	93,33%
Incentivos por parte dos governos para recuperação	93,33%

Fonte: Autor, 2016.

A questão 2 tem o intuito de fazer com que o respondente elimine os FCS que não são completamente relevantes para a gestão da fase final do ciclo de vida de produtos e componentes eletrônicos. Os FCS que tiveram mais de 4 respostas foram eliminados e, assim, restaram apenas os fatores apresentados na tabela 8.

Tabela 8. FCS da segunda questão

Fatores Críticos de Sucesso	Resposta
Composição do Produto Recuperado	0
Resíduos perigosos	0
Custo para recuperação do produto	0
Identificação dos materiais	0
Quantidade de material recuperável por produto	0
Impacto ambiental devido ao descarte indevido	1
Regulamentação por parte do governamental	1
Informações do produto recuperado	2
Informações que auxiliem na recuperação	2
Regulamentações e normas de recuperação	2
Variabilidade de materiais no produto	2
Conhecimento do coeficiente de reciclagem do produto	4
Identificação dos componentes	4
Peso do material recuperado por produtos	4

Fonte: Autor, 2016.

Baseando-se na escala de Likert todos os FCS apresentados na questão 4 foram analisados como mostra a tabela 9. Para obter-se a média verificou-se a frequência de cada alternativa e multiplicou-se pelo seu respectivo peso definido na questão. A média é obtida somando-se o resultado das multiplicações e dividindo-se pela frequência total.

Tabela 9. Análise dos FCS da quarta questão

FCS: Custo para recuperação do produto			
Alternativas	Frequência (f)	Peso(p)	f × p
Altamente Importante	34	4	136
Importante	26	3	78
Baixa Importância	0	2	0
Sem Importância	0	1	0
Total	60		214
Média	3,56		

Fonte: Autor, 2016.

O processo apresentado na tabela 9 foi repetido para todos os FCS da quarta questão para obter as médias que resultaram nos dados da tabela 10. A tabela 10 contém os FCS que obtiveram as nove maiores médias dentre os FCS da quarta questão.

Tabela 10. As nove maiores médias da quarta questão

Fatores Críticos de Sucesso	Média
Resíduos perigosos	4,00
Impacto ambiental devido ao descarte indevido	3,72
Custo para recuperação do produto	3,56
Regulamentação por parte governamental	3,43
Regulamentações e normas de recuperação	3,30
Identificação dos materiais	3,23
Quantidade de material recuperável por produto	3,00
Informações que auxiliem na recuperação	3,00
Incentivos por parte dos governos para recuperação	2,93

Fonte: Autor, 2016.

Para a quinta questão a análise é feita da mesma forma que foi a quarta questão. Para cada um dos quatro conjuntos de opções calculou-se a média e, seguindo esse critério, a tabela 11 apresenta os três conjuntos de FCS que obtiveram as maiores médias.

Tabela 11. Médias da quinta questão

Fatores Críticos de Sucesso	Média
Resíduos perigosos Identificação do valor, tempo e quantidade Quantidade de material recuperável por produto Tempo necessário para recuperar o produto Conhecimento do coeficiente de reciclagem do produto	3,43
Impacto ambiental devido ao descarte indevido Resíduos perigosos Identificação do valor, tempo e quantidade Peso do material recuperado por produtos Disponibilidade de produtos para serem recuperados	3,37
Previsão de recuperação Regulamentação por parte do governo Identificação dos componentes Identificação dos materiais Identificação por marca e modelo	2,88

Fonte: Autor, 2016.

Na terceira questão, na qual o respondente poderia sugerir outros fatores, observou-se que as sugestões foram relacionadas a fatores que já estavam na lista. Assim, no final da validação, não foram inseridos novos FCS.

3.4.5 Tabulação segunda etapa

Com a finalidade de reduzir a quantidade de FCS mantendo apenas os que tiveram maior concordância dos especialistas, os resultados da primeira etapa são comparados de acordo com o esquema apresentado na figura 12.

Confrontando-se os FCS da primeira questão apresentados na tabela 7 com os FCS da quarta questão expostos na tabela 10, ambas as tabelas contêm os mesmos FCS. Portanto, pode-se verificar que mesmo respondendo as perguntas colocadas de forma diferente os respondentes mantiveram o mesmo julgamento. A Tabela 12 mostra esse resultado.

Tabela 12. FCS resultantes da primeira e quarta questão

Fatores Críticos de Sucesso
Custo para recuperação do produto
Identificação dos materiais
Impacto ambiental devido ao descarte indevido
Incentivos por parte dos governos para recuperação
Informações que auxiliem na recuperação
Quantidade de material recuperável por produto
Regulamentação por parte governamental
Regulamentações e normas de recuperação
Resíduos perigosos

Fonte: Autor, 2016.

Os FCS das questões 2 e 5 resultantes da primeira etapa da tabulação também são comparados e apenas os que são observados em ambas as tabelas de resultados foram mantidos. A tabela 13 mostra os FCS da segunda e quinta questões.

Tabela 13. Comparação entre os FCS da 2ª e 5ª questões

Tabela 6. Questão 2	
Fatores Críticos de Sucesso	Resposta
Composição do Produto Recuperado	0
Resíduos perigosos	0
Custo para recuperação do produto	0
Identificação dos materiais	0
Quantidade de material recuperável por produto	0
Impacto ambiental devido ao descarte indevido	1
Regulamentação por parte do governamental	1
Informações do produto recuperado	2
Informações que auxiliem na recuperação	2
Regulamentações e normas de recuperação	2
Variabilidade de materiais no produto	2
Conhecimento do coeficiente de reciclagem do produto	4
Identificação dos componentes	4
Peso do material recuperado por produtos	4

X

Tabela 9. Questão 5	
Fatores Críticos de Sucesso	Média
Resíduos perigosos	
Identificação do valor, tempo e quantidade	3,43
Quantidade de material recuperável por produto	
Tempo necessário para recuperar o produto	
Conhecimento do coeficiente de reciclagem do produto	
Impacto ambiental devido ao descarte indevido	
Resíduos perigosos	
Identificação do valor, tempo e quantidade	3,37
Peso do material recuperado por produtos	
Disponibilidade de produtos para serem recuperados	
Previsão de recuperação	
Regulamentação por parte do governo	
Identificação dos componentes	2,88
Identificação dos materiais	
Identificação por marca e modelo	

Fonte: Autor, 2016.

No processo de comparação mostrado na tabela 13, cada um dos três conjuntos resultantes da primeira etapa da análise de dados da quinta questão deixou de ter dois fatores. Assim, permanecem oito FCS apresentados na tabela 14.

Tabela 14. Resultado entre os FCS da 2ª e 5ª questões

Fatores Críticos de Sucesso
Resíduos perigosos
Quantidade de material recuperável por produto
Conhecimento do coeficiente de reciclagem do produto
Impacto ambiental devido ao descarte indevido
Peso do material recuperado por produtos
Regulamentação por parte governamental
Identificação dos componentes
Identificação dos materiais

Fonte: Autor, 2016.

O passo final para a análise dos dados colhidos por meio do questionário consiste em efetuar uma última comparação entre os resultados das comparações realizadas entre as questões 1 e 4 e as questões 2 e 5. Como resultado desta última etapa, tem-se os FCS que são imprescindíveis para a recuperação de produtos e componentes eletrônicos. Por meio dos dados apresentados na tabela 15 constata-se que os fatores em vermelho devem ser descartados, pois os mesmos não fazem parte de ambas as tabelas. Assim, o resultado final dessa análise corresponde a cinco FCS, os quais são mostrados na tabela 16.

Tabela 15. Comparação final

Tabela 10. Resultado dos FCS das questões 1 e 4
Fatores Críticos de Sucesso
Custo para recuperação do produto
Identificação dos materiais
Impacto ambiental devido ao descarte indevido
Incentivos por parte dos governos para recuperação
Informações que auxiliem na recuperação
Quantidade de material recuperável por produto
Regulamentação por parte governamental
Regulamentações e normas de recuperação
Resíduos perigosos

X

Tabela 12. Resultado dos FCS das questões 2 e 5
Fatores Críticos de Sucesso
Conhecimento do coeficiente de reciclagem do produto
Identificação dos componentes
Identificação dos materiais
Impacto ambiental devido ao descarte indevido
Peso do material recuperado por produtos
Quantidade de material recuperável por produto
Regulamentação por parte governamental
Resíduos perigosos

Fonte: Autor, 2016.

Tabela 16. FCS validados por meio do questionário

Fatores Críticos de Sucesso
Identificação dos materiais
Impacto ambiental devido ao descarte indevido
Quantidade de material recuperável por produto
Regulamentação por parte governamental
Resíduos perigosos

Fonte: Autor, 2016.

Inicialmente na tabela 6 agrupou-se os FCS em quatro grupos de acordo com a abordagem proposta. Dos cinco fatores validados dois fazem parte do grupo Impacto Ambiental, e cada um dos outros três grupos (Recuperação, Regulamentação e Identificação) possuem um representante.

Inicialmente com base na literatura consultada foram identificados 30 FCS e, após a análise das respostas dos questionários, foram validados 5 FCS. Estes fatores são de extrema importância para o desenvolvimento dos indicadores de sustentabilidade que serão a base do método de *benchmarking* da sustentabilidade proposto nesta dissertação.

A aplicação de questionário teve como objetivo principal confirmar e reduzir o número de FCS por meio do conhecimento de especialistas.

4- INDICADORES

Este capítulo trata do procedimento de desenvolvimento e validação dos indicadores e da estruturação do questionário instrumento de coleta do *benchmarking*.

4.1 Método para obtenção e validação dos indicadores

Os critérios utilizados para a formulação dos indicadores seguem as diretrizes propostas por Tironi et al. (1991) e IPEA (1991), que foram ampliadas e adaptadas por Trzesniak (1998, 2014) e amplamente utilizadas por Barbosa (2011). O conjunto de critérios formulados a partir da contribuição destes autores engloba propriedades que quanto melhor forem atendidas pelo indicador mais o farão eficaz. De acordo com estes autores, para desenvolver e avaliar os indicadores deve-se guiar pelas etapas a seguir:

- 1) Encontrar um conjunto de variáveis suscetíveis de medição que se relacione a cada um dos FCS validados. O conjunto de variáveis cria a possibilidade de obter indicadores que possam ser determinados e mensurados;
- 2) A partir das variáveis, definem-se as informações básicas (objetivo e justificativa) relacionadas a cada variável;
- 3) Por meio das variáveis, deve-se definir os componentes básicos (elemento, fator e medida);
- 4) Classificar os indicadores quanto ao tipo de medida;
- 5) Avaliar por meio das propriedades indispensáveis (relevância, gradação de intensidade, univocidade, padronização e rastreabilidade).

4.2 Definição dos indicadores

Através dos FCS, validados no capítulo 3, são determinados os indicadores para avaliação da gestão da fase final do ciclo de vida de produtos da indústria de eletrônicos. A tabela 16 exhibe os FCS validados, dentre os quais os três primeiros também aparecem na pesquisa de Barbosa (2011). Assim, a estruturação desses indicadores será mantida de acordo com o estudo apresentado pelo autor.

Tabela 17. Fatores críticos de sucesso validados

Fatores Críticos de Sucesso
Identificação dos materiais
Quantidade de material recuperável por produto
Resíduos perigosos
Impacto ambiental devido ao descarte indevido
Regulamentação por parte governamental

Fonte: Autor, 2016.

Adotando o método para obtenção e validação dos indicadores apresentado no item 4.1, tem-se: a etapa inicial para a criação e estruturação dos indicadores consiste em encontrar, por meio de perguntas, os tipos de variáveis que podem ser relacionadas aos FCS. As perguntas são formuladas buscando estabelecer relações quantitativas para obter as possíveis variáveis suscetíveis de medição, conforme apresenta a tabela 18. Essas variáveis após a fase de avaliação podem ser reveladas ou não como indicadores.

Tabela 18. Obtenção das variáveis suscetíveis de medição

FCS	Perguntas	Variáveis Suscetíveis de Medição
Impacto ambiental devido ao descarte indevido	Há possibilidade de impacto ambiental devido ao descarte indevido?	Possibilidade de ocorrer impacto ambiental ¹ devido ao descarte indevido do produto
	Existe planejamento de revisão do projeto do produto para diminuir o nível do impacto ambiental?	Possibilidade de reprojeter o produto para reduzir o nível de impacto ambiental
	Após a fase de uso, qual a destinação correta para o produto?	Qual a destinação correta do produto após a fase de uso
	A embalagem ou rótulo do produto disponibiliza informações quanto à destinação correta do produto após o uso?	Há informações na embalagem ou rótulo do produto referente à correta destinação do produto após a fase de uso
	Existe projetos para auxiliar a redução do impacto ambiental?	Há programas que visam reduzir o impacto ambiental

¹ A possibilidade de ocorrer impacto ambiental devido ao descarte indevido do produto é considerada de acordo com a classificação de materiais perigosos citados pela Política Nacional de Resíduos Sólidos - PNRS.

(Continua)

FCS	Perguntas	Variáveis Suscetíveis de Medição
Resíduos perigosos	Há resíduos tóxicos?	Presença de resíduo perigoso
	Os funcionários têm treinamento para manusear estes materiais?	Existência de treinamento para funcionário que manusear materiais perigosos
	Qual a quantidade de resíduo perigoso?	Quantidade de resíduo perigoso
	Durante o processo de reciclagem/recondicionamento é possível separar com segurança os resíduos perigosos?	Possibilidade de separar com segurança os resíduos perigosos
	Quais são os resíduos perigosos?	Relação dos resíduos perigosos
Quantidade de material recuperável por produto	A empresa possui programa/parceria para reciclagem/recuperação de seus produtos?	Existência de programa/ parceria para recuperação/recuperação de produtos
	Há estudos voltados para projetar produtos para favorecer a reciclagem?	Existência de estudos voltados para projetar produtos que favoreça a reciclagem
	Qual o peso dos materiais recuperáveis por produto?	Peso do material recuperável por produto
	Qual a porcentagem de material recuperável por produto?	Porcentagem de material recuperável por produto
Regulamentação por parte governamental	Há regulamentação por parte governamental?	Existe regulamentação por parte do governo
	A política ambiental da empresa é conhecida por todos os colaboradores?*	A política ambiental da empresa é de conhecimento de todos
	É previsto incentivos por parte do governo?	Presença de incentivos governamentais
	O sistema de gestão ambiental ISO 14000 está totalmente implantado?*	A empresa possui a ISO 14000 completamente implantada
	A empresa possui certificações ambientais ainda em fase de obtenção?	Há certificações ambientais em fase de obtenção
Identificação dos materiais	Qual a quantidade de material identificado por produto?	Quantidade de material identificado por produto
	A empresa conhece o ciclo de vida dos materiais identificados?	Existência de informações quanto ao ciclo de vida dos materiais identificados no produto
	A relação de materiais que compõem o produto está disponível para o cliente/consumidor?	Disponibilidade ao cliente/consumidor da relação dos principais materiais que compõem o produto

Fonte: Autor, 2016.

* Não é uma regulamentação do governo.

Com as variáveis da tabela 18 procede-se com a definição do objetivo e justificativa para cada variável, conforme a tabela 19. Para Trzesniak (1998), estas informações visam verificar se por meio das variáveis é possível obter respostas de acordo com o objetivo do indicador.

Tabela 19. Objetivo e justificativa das variáveis

Variáveis Suscetíveis de Medição	Objetivo	Justificativa
Possibilidade de ocorrer impacto ambiental devido ao descarte indevido do produto	Avaliar se o descarte indevido do produto pode causar impacto ambiental;	Avaliar a possibilidade de impacto ambiental é justificado pela importância da análise de sustentabilidade do produto e planejamento dos processos de recuperação;
Possibilidade de reprojeter o produto para reduzir o nível de impacto ambiental	Verificar se a empresa está comprometida em reduzir os impactos ambientais de seus produtos;	Este item é justificado por verificar se a empresa está empenhada em reduzir os riscos e melhoria da segurança através da redução dos impactos ambientais;
Qual a destinação correta do produto após a fase de uso	Conhecer a correta destinação para o produto após a fase de uso;	São ferramentas que auxiliam a alcançar os objetivos da responsabilidade compartilhada estabelecida pela Política Nacional de Resíduos Sólidos;
Existem informações na embalagem ou rótulo do produto referente a correta destinação do produto após a fase de uso	Verificar se o produto informa o cliente quanto à destinação correta para o produto após a fase de uso;	
Há programa que visa reduzir o impacto ambiental	Verificar se a empresa possui algum programa ambiental que direta ou indiretamente beneficie o meio ambiente;	Avaliar do ponto de vista da gestão ambiental se a empresa faz uso de práticas e métodos administrativos para reduzir ao máximo o impacto ambiental das atividades econômicas;
Presença de resíduos perigoso	Verificar se o produto apresenta, em sua composição, resíduos perigosos à saúde ou ao meio ambiente;	Verificar a presença de resíduos perigosos, quantificar e identificar justifica-se por caráter de segurança ambiental e dos colaboradores envolvidos nos processos de produção, clientes assim como para os envolvidos nos processos de reciclagem/recondicionamento. O conhecimento prévio desses fatores possibilita o planejamento para minimizar riscos;
Quantidade de resíduo perigoso	Quantificar os resíduos perigoso;	
Relação dos resíduos perigosos	Identificar quais são os resíduos perigosos;	

(Continua)

Variáveis Suscetíveis de Medição	Objetivo	Justificativa
Existência de treinamento para funcionário que manusear materiais perigosos	Verificar se os colaboradores envolvidos nos processos de produção possuem treinamento;	É justificado pela OHSAS 18001 (Segurança e Saúde no trabalho);
Possibilidade de separar com segurança os resíduos perigosos	Verificar se é possível a separação dos resíduos sem riscos;	
Existência de programa/ parceria para recuperação/recuperação de produtos	Identificar se a empresa possui algum projeto que auxilie os processos de pós-uso do produto;	Por meio de estudos de design para reutilização/reciclagem é possível aumentar a eficiência dos processos de pós-uso;
Existência de estudos voltados para projetar produtos que favoreça a reciclagem		
Peso do material recuperável por produto	Medir a quantidade de material identificado no produto	É justificado pela importância da análise da eficiência dos processos de recuperação;
Porcentagem de material recuperável por produto	Medir qual a porcentagem de material recuperável por produto;	
Existe regulamentação por parte do governo	Verificar se o governo está empenhado na causa ambiental por meio de regulamentos que incentivem as boas práticas ambientais;	Verificar se existe regulamentação e incentivos por parte do governo se justifica pela análise de o quanto o governo está empenhado na causa da sustentabilidade ambiental;
Presença de incentivos governamentais	Verificar se o governo incentiva de alguma forma as empresas que possuem programa/parceria para recuperação ou destinação correta de seus produtos;	Justifica pela importância de analisar se as empresas que possuem tais programas estão recebendo algum incentivo do governo ou se realizam esses programas por estarem engajadas em suas políticas ambientais;
A empresa possui a ISO 14000 completamente implantada	Verificar se a empresa possui certificação ambiental;	A certificação passou a ser referência sobre a responsabilidade ambiental da empresa, além de se tornar válvula de disseminação da imagem, reduzir custos e aumentar vendas;
A política ambiental da empresa é de conhecimento de todos	Verificar se o sistema de gestão ambiental é difundido em toda a empresa;	
Há certificações ambientais em fase de obtenção	Informar se a empresa está em processo para obtenção de alguma certificação ambiental;	

(Continua)

Variáveis Suscetíveis de Medição	Objetivo	Justificativa
Quantidade de material identificado por produto	Medir a quantidade de material identificado no produto;	Medir a quantidade de material é justificado pela importância de ter informações que facilite os processos relacionados à recuperação do produto na fase de pós-uso;
Existência de informações quanto ao ciclo de vida dos materiais identificados no produto	Verificar se a empresa possui informações quanto ao ciclo de vida dos materiais;	É justificado por transparecer se a empresa possui estudos de Análise do Ciclo de Vida dos materiais que compõem o produto;
Disponibilidade ao cliente/consumidor da relação dos principais materiais que compõem o produto	Verificar se a empresa disponibiliza ao cliente a relação dos principais materiais que compõem o produto;	A disponibilidade de informação dos materiais aos clientes/consumidor, possibilita que o cliente possa optar por produtos com materiais menos nocivos ao meio ambiente;

Fonte: Adaptado de Barbosa 2011.

Para Trzesniak (2014), é importante classificar os indicadores quanto à etapa do processo a que se referem e quanto à capacidade gerencial. No caso dos indicadores desenvolvidos neste trabalho eles são itens de verificação para a gestão da fase final do ciclo de vida de produtos eletrônicos. Assim, estes indicadores serão empregados nas seguintes etapas:

- Pré-processo: referem-se a quaisquer características relevantes existentes antes do processo que possam vir a influenciar o processo ou seu desfecho;
- Processo: refletem informações relevantes sobre o andamento do processo, permitindo monitorá-lo para fins de auxílio à decisão e acompanhamento gerencial;
- Pós-processo: refletem características e especificações dos produtos finais e são fortemente controláveis pela gestão.

De acordo Nuintin e Nakao (2010), os indicadores são representações quantitativas e qualitativas, evidenciando a realidade atual e a evolução de um objeto de avaliação. A tabela 20 apresenta, na quarta coluna, o tipo de medida que cada indicador deve retornar. As medidas são: quantidade – retorna a informação de acordo com a ocorrência; binário – resposta no formato sim ou não; e descrição – deve

apresentar uma relação com o nome dos materiais ou processos.

Tabela 20. Elemento, fator e medida das variáveis

Variáveis	Elemento	Fator	Medida
Possibilidade de ocorrer impacto ambiental devido ao descarte indevido do produto	Impacto ambiental;	Impacto ambiental devido ao descarte indevido;	Possibilidade, ou não, de ocorrer impacto ambiental devido ao descarte indevido (BINÁRIO) ;
Possibilidade de reprojetar o produto para reduzir o nível de impacto ambiental	Reprojetar o produto;	Reprojetar o produto para reduzir o nível de impacto ambiental;	Possibilidade, ou não, de reprojetar o produto para reduzir o nível de impacto ambiental (BINÁRIO) ;
Qual a destinação correta do produto após a fase de uso	Destinação correta;	Destinação correta do produto após a fase de uso;	Qual a destinação correta do produto após a fase de uso (RELAÇÃO) ;
Existem informações na embalagem ou rótulo do produto referente a correta destinação do produto após a fase de uso	Destinação correta;	Informações na embalagem do produto referente à correta destinação do produto após a fase de uso;	Existe, ou não, informações na embalagem ou rótulo do produto referente à correta destinação do produto após a fase de uso (BINÁRIO) ;
Há programa que visa reduzir o impacto ambiental	Impacto ambiental;	Programa que visa reduzir o impacto ambiental do produto;	Há, ou não, programa que visa reduzir o impacto ambiental (BINÁRIO) ;
Presença de resíduos perigoso	Resíduos perigosos;	Resíduos perigosos no produto;	Presença, ou não, de resíduos perigoso (BINÁRIO) ;
Quantidade de resíduo perigoso		Quantidade de resíduo perigoso;	Número de resíduos perigosos por produto (QUANTIDADE) ;
Relação dos resíduos perigosos		Relação dos resíduos perigosos;	Relação dos resíduos perigosos (RELAÇÃO) ;
Existência de treinamento para funcionário que manusear materiais perigosos		Treinamento para funcionário que manusear materiais perigosos;	Existência, ou não, de treinamento para funcionário que manusear materiais perigosos (BINÁRIO) ;
Possibilidade de separar com segurança os resíduos perigosos		Separação de resíduos perigosos com segurança;	Possibilidade, ou não, de separar com segurança os resíduos perigosos (BINÁRIO) ;
Existência de programa/ parceria para recuperação/reciclagem de produtos	Programa;	Existência de programa/ parceria para recuperação/reciclagem de produtos;	Existência, ou não, de programa/ parceria para recuperação/reciclagem de produtos (BINÁRIO) ;

(Continua)

Variáveis	Elemento	Fator	Medida
Existência de estudos voltados para projetar produtos que favoreçam a reciclagem	Projetar produtos;	Existência de estudos voltados para projetar produtos que favoreçam a reciclagem;	Existência, ou não, de estudos voltados para projetar produtos que favoreçam a reciclagem (BINÁRIO) ;
Peso do material recuperável por produto	Material recuperado;	Material recuperado por produto;	Quantidade de material recuperável por produto (QUANTIDADE) ;
Porcentagem de material recuperável por produto			Porcentagem de material recuperável por produto (QUANTIDADE) ;
Existe regulamentação por parte do governo	Regulamentação;	Regulamentação por parte do governo;	Possibilidade, ou não, de existir regulamentação por parte do governo (BINÁRIO) ;
Presença de incentivos governamentais		Presença de incentivos governamentais;	Possibilidade, ou não, de existir incentivos por parte do governo (BINÁRIO) ;
A empresa possui a ISO 14000 completamente implantada	ISO 14000;	A empresa possui a ISO 14000 completamente implantada;	A empresa possui, ou não, a ISO 14000 completamente implantada (BINÁRIO) ;
A política ambiental da empresa é de conhecimento de todos	Política ambiental;	A política ambiental da empresa é de conhecimento de todos;	A política ambiental da empresa é, ou não, de conhecimento de todos (BINÁRIO) ;
Há certificações ambientais em fase de obtenção	Certificação ambiental;	Há certificações ambientais em fase de obtenção;	Existência, ou não, de certificações ambientais em fase de obtenção (BINÁRIO) ;
Quantidade de material identificado por produto	Materiais identificados;	Materiais identificados por produto;	Número de materiais identificados por produto (QUANTIDADE) ;
Existência de informações quanto ao ciclo de vida dos materiais identificados no produto	Materiais identificados;	Existência de informações quanto ao ciclo de vida dos materiais identificados no produto;	Existência, ou não, de informações quanto ao ciclo de vida dos materiais identificados no produto (BINÁRIO) ;
Disponibilidade ao cliente/consumidor da relação dos principais materiais que compõem o produto	Materiais identificados;	Disponibilidade ao cliente/consumidor da relação dos principais materiais que compõem o produto;	Disponibilidade ou não da relação dos principais materiais que compõem o produto (BINÁRIO) ;

Fonte: Adaptado de Barbosa 2011.

A quinta e última etapa é a validação que confirma se de fato as variáveis suscetíveis de medição são indicadores. A validação ocorre por meio da análise das “propriedades indispensáveis” (relevância, gradação de intensidade, univocidade, padronização e rastreabilidade), definidas por Trzesniak (2014).

- Relevância ou seletividade: o indicador deve retratar um aspecto importante, essencial, crítico do processo/sistema. A relevância dos indicadores é justificada pela obtenção dos FCS por meio de referencial bibliográfico e validação pela opinião de especialistas.
- Gradação de intensidade: o indicador deve variar suficientemente no espaço dos processos/sistema de interesse. Os indicadores com medidas do tipo “binário” e “descrição” não possuem a propriedade gradação de intensidade, pois suas respostas são dadas por sim ou não, quantidade e relação de substâncias que o produto contém.
- Univocidade: o indicador deve retratar com total clareza um aspecto único e bem definido do processo/sistema. Os indicadores peso e porcentagem de material recuperável por produto em um primeiro momento parece não estar claro, mas o indicador relacionado ao peso deve ter informação sobre qual o peso total de material que pode ser recuperado por produto, enquanto que o indicador relacionado à porcentagem pretende fazer um comparativo entre o peso total do produto e a quantidade que pode ser recuperada.
- Padronização ou estabilidade: a geração do indicador deve basear-se em uma norma, um procedimento único, bem definido e estável no tempo. Buscou-se por literatura que defina um único processo para obtenção dos indicadores. No entanto, o que foi encontrado foram vários autores definindo indicadores com métodos parecidos, mas não únicos. Decidiu-se pela utilização do método apresentado por ser o mesmo utilizado pelo IPEA (Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada) para definir indicadores para o governo.
- Rastreabilidade: os dados para a obtenção do indicador, os cálculos efetuados e os nomes dos responsáveis pela apuração devem ser registrados e preservados. Todos os dados, análises e métodos para a obtenção dos indicadores estão registrados no presente trabalho.

Além de verificar os indicadores quanto às propriedades, é importante estar claro quem é o cliente que utilizará esses indicadores. No caso dos indicadores estabelecidos neste trabalho, os clientes são empresas fabricantes de componentes/produtos eletrônicos com o

objetivo de comparar, entre elas, o nível de entendimento da gestão da fase de pós-uso do produto.

De acordo com a definição das informações e componentes básicos nas tabelas 19 e 20 e a avaliação das propriedades que o indicador deve possuir, verificou-se que todas as variáveis relacionadas aos FCS da tabela 18 podem ser indicadores. Esses vinte e dois indicadores serão trabalhados por meio de um questionário para fornecer dados à análise de *benchmarking*.

4.3 Questionário para o *benchmarking*

O método do *benchmarking* da Sustentabilidade proposto foi elaborado considerando-se como base o conceito de *benchmarking*. Para o desenvolvimento do mesmo, foi aproveitada a estrutura e a forma de análise do método *benchmarking* Enxuto (BME) apresentado no capítulo 2, com a finalidade de ser utilizado como um instrumento de diagnóstico das práticas e performances das empresas do setor de eletrônicos durante o processo de produção que estão relacionados à recuperação do produto após a fase de uso visando o menor impacto ambiental e favorecer ações preventivas.

O questionário a ser desenvolvido visa medir o nível de práticas implantadas no sistema produtivo de uma empresa do setor de eletrônicos e o nível de performance alcançado, comparando com os índices alcançados por outras empresas do mesmo setor. A análise da prática e performance permite que a empresa priorize suas ações de melhoria adaptando as melhores práticas encontradas no setor, na busca por uma performance superior.

4.3.1 Definições do questionário

O método de pontuação do questionário segue o padrão do BME. Os 22 indicadores estão divididos em quatro grupos de variáveis de pesquisa: identificação, regulamentação, impacto ambiental e recuperação. Para cada indicador são consideradas situações quanto à prática e performance, como mostra a Figura 13. O sistema de pontuação do questionário baseia-se em intervalos que variam entre 1 e 5. O sistema de pontuação descreve as seguintes situações para cada item a ser medido:

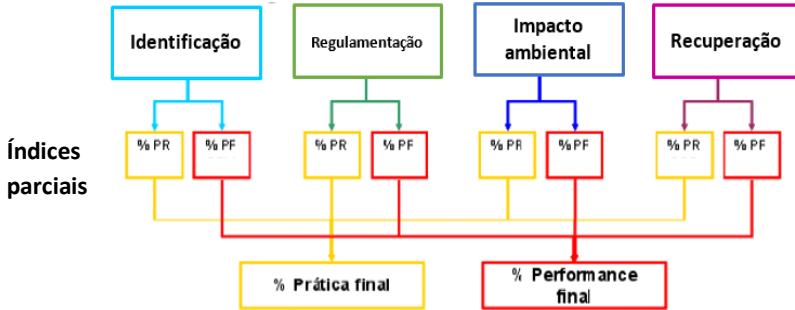
Nota 1 - equivale a um nível básico de prática ou performance (20%);

Nota 3 - equivale a um nível intermediário de prática ou performance (60%);

Nota 5 - equivale à excelência de prática ou performance (100%).

As notas 2 ou 4 referem-se às posições intermediárias de avaliação do item.

Figura 13: Variáveis de pesquisa



Fonte: Baseado em LSSP.

As notas obtidas devem ser transformadas em percentuais multiplicando-se cada nota pela sua porcentagem. A partir dos percentuais encontrados, calculam-se os índices parciais de práticas e performances para cada variável em análise e também são calculados os índices gerais por meio da média simples. Os resultados são apresentados usando-se os gráficos Práticas versus Performance, o gráfico Radar e o gráfico de Barras descritos no capítulo 2.

5 – RESULTADOS E ANÁLISES

Neste capítulo são apresentados e discutidos os resultados do *benchmarking* da sustentabilidade. O *benchmarking* foi realizado em nove empresas do Pólo Industrial de Manaus (PIM), do setor de eletrônicos.

As empresas participantes do estudo são uma de médio porte e as demais de grande porte, conforme a classificação pela quantidade de funcionários estabelecida pelo IBGE (2001). A tabela 21 apresentada o produto e a quantidade de empregados que a empresa possui.

Tabela 21. Produto e quantidade de funcionários

Produto	Quantidade de funcionários
Placas de Circuito Impresso	900
Placas de Circuito Impresso	170
CPU	4100
TV	2800
Micro-ondas	1200
Smartphone	2300
Monitor para computador	700
CD player	1500
Telefone modelo convencional	740

Fonte: Autor, 2016.

O questionário utilizado foi desenvolvido a partir dos indicadores de sustentabilidade para o final do ciclo de vida de produtos eletrônicos encontrados por meio da pesquisa apresentada nos capítulos anteriores. O objetivo deste questionário é gerar informações quantitativas referente à prática e performance durante o processo produtivo que tem impacto direto na fase final do ciclo de vida do produto.

5.1 Método para aplicar o questionário

A definição do grupo de trabalho para responder o questionário foi de acordo com o que foi realizado por SEIBEL (2004), tendo sido convidados gerentes, supervisores e engenheiros que trabalham diretamente com o produto que se pretende ter as informações. Logo após a empresa aceitar participar da pesquisa foram realizadas reuniões para apresentação da pesquisa a todos os envolvidos, além de uma conversa sobre sustentabilidade e análise do ciclo de vida. O objetivo dessas reuniões era deixar claro qual o tipo de informação seria necessário e qual o objetivo, além de permitir a empresa apresentar o produto e suas características.

Em seguida foi entregue o questionário com os vinte e dois indicadores a serem medidos, e dias depois a empresa já havia providenciado as respostas que foram pontuadas pela pesquisadora em conjunto com o grupo da empresa.

5.2 Análise dos resultados

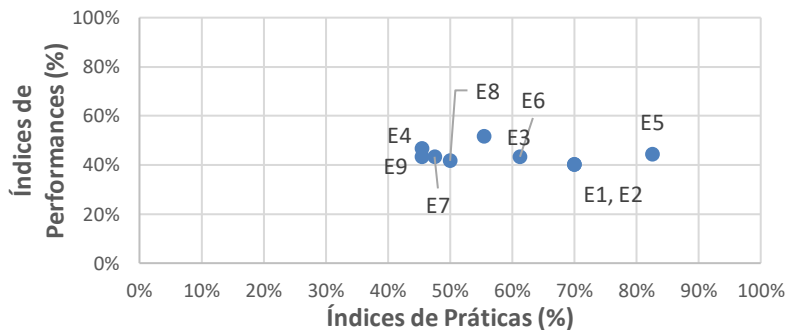
De posse dos dados referentes às nove empresas realizou-se a tabulação do questionário utilizando o método de pontuação do *benchmarking* Enxuto (BME) apresentado no capítulo 2. As análises de prática e performance foram feitas para cada uma das seguintes variáveis: impacto ambiental, recuperação, regulamentação e identificação.

Para manter o sigilo das informações as empresas serão chamadas de E1, E2, E3, E4, E5, E6, E7, E8 e E9. Os resultados serão exibidos por meio dos gráficos de barras e gráficos radar para compará-las e posicioná-las faz-se uso do gráfico de práticas x performance.

5.2.1 Análises do gráfico de práticas e performance

O gráfico de práticas e performances mostrado no gráfico 1 posiciona as empresas em estudo em função dos índices gerais de práticas e performances obtidos pela aplicação do modelo de *benchmarking* desenvolvido. Inicialmente pode-se observar que as empresas apresentaram índices gerais de práticas e performance com médias bem próximas, que é o caso das empresas E1 e E2, que possuem as mesmas médias de prática e performance. Por essa razão, o gráfico 1 só apresenta 8 pontos de dados.

Gráfico 1: Prática x performance



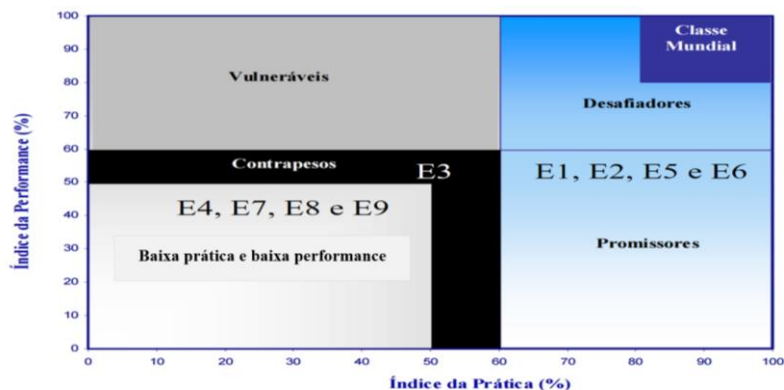
Fonte: Autor, 2016.

A média geral das empresas apresentou desempenho de 59% de prática e 44% de performance.

5.2.2 Análises baseadas na analogia do boxe

Com os dados do gráfico 1 as empresas podem ser analisadas baseando-se na denominação conforme a posição que ocupa no gráfico de práticas e performances: Classe mundial, Desafiadores, Promissores, Vulneráveis, Contrapesos e Saco de pancadas. Essas denominações vêm da analogia com o boxe baseada na habilidade e performance dos lutadores (IBM e LBS, 1994), no entanto neste trabalho a classificação Saco de pancadas foi substituída por baixa prática e baixa performance como está ilustrado na figura 14.

Figura 14: Classificação de acordo com a analogia do boxe



Fonte: Adaptado de Seibel, 2004.

De acordo com a figura 14 as empresas podem ser classificadas por meio das porcentagens dos índices gerais de práticas e performances que apresentam:

Classe Mundial - são aquelas que obtêm níveis de práticas e performances igual ou superior a 80%, o que demonstra que implantaram as melhores práticas e que são altamente competitivas no mercado internacional;

Desafiadoras - são consideradas as empresas que atingem entre 60% e 80% de prática e performances, estando a caminho de se tornarem classe mundial;

Promissores - são as empresas que obtêm níveis de práticas superior a 60% e performances inferiores a 60%;

Vulneráveis - possuem níveis de práticas inferiores a 60% e performances superiores a 60%, sendo empresas que possuem processos muito simples e que as práticas implantadas resultam em resultados superiores;

Contrapesos - os níveis de práticas e performances estão entre 50% e 60%;

Baixa prática e baixa performance - níveis de práticas e performances inferiores a 50%.

Para analisar o posicionamento das empresas participantes de acordo com a analogia do boxe utilizar-se-á as porcentagens gerais de prática e performance mostradas na tabela 22.

Tabela 22. Porcentagens de Prática e Performances das empresas

Empresa	Prática	Performance
E1	70%	40%
E2	70%	40%
E3	55%	52%
E4	45%	47%
E5	83%	44%
E6	61%	43%
E7	48%	43%
E8	50%	42%
E9	45%	43%
Média	59%	44%

Fonte: Autor, 2016.

As empresas E1, E2, E5 e E6 são consideradas como Promissoras, pois, de acordo com os índices medidos de prática e performances, elas têm investido em práticas mas ainda não obtiveram retorno devido ao curto tempo que as práticas começaram a ser implementadas.

Como a empresa E3 obteve 55% de prática e 52% de performance, de acordo com a figura 13 ela é considerada como Contrapeso, pois possui médias abaixo do que é considerado excelência, mas não tão baixo a ponto de ser considerada Baixa prática e baixa performance;

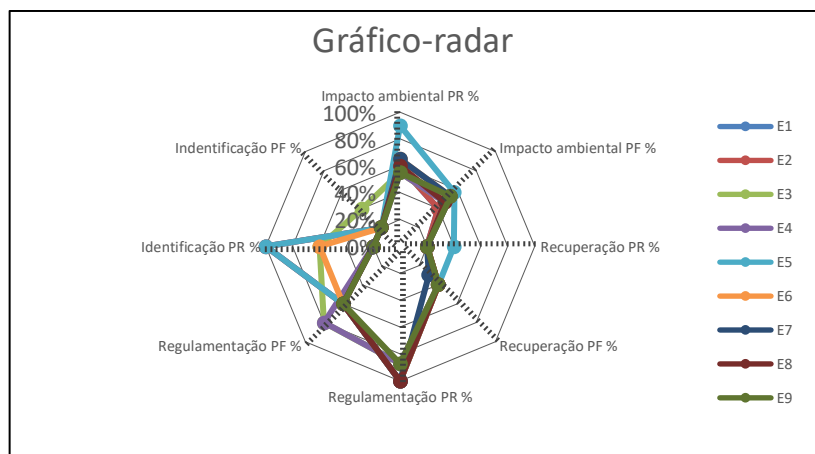
Os índices alcançados pelas empresas E4, E7, E8 e E9 posicionam-as como Baixa prática e baixa performance. Nesta posição estão as empresas que obtiveram um baixo nível de melhores práticas implementadas e performances obtidas.

O nível geral de práticas implantadas nas empresas de eletrônicos em estudo é de 59% e o de performance é de 44%, conforme ilustrado na tabela 22. Observa-se que segundo a analogia do boxe, o resultado geral alcançado insere as empresas no quadrante das que são classificadas como Baixa prática e baixa performance. Isto mostra que estas empresas estão muito longe da excelência em sustentabilidade e que em um mercado cada vez mais comprometido com imagem ambiental, elas podem estar ameaçadas.

5.2.3 Análises baseadas no Gráfico Radar

Observando o gráfico pode-se comparar o desempenho de cada empresa avaliada no *benchmarking*. As empresas E1 e E2 possuem as mesmas médias, enquanto E6 e E7 têm apenas um ponto divergente. Por isso no gráfico não é possível verificar as nove cores que representam as nove empresas do estudo.

Gráfico 2: Gráfico radar - Prática e performance



Fonte: Autor, 2016.

Os valores mais ao centro do gráfico mostram os pontos fracos, em que a empresa tem maior oportunidade de realizar ações de melhoria com resultados mais efetivos. Os pontos mais próximos às bordas do gráfico indicam os melhores resultados.

Diante das informações contidas no gráfico pode-se verificar que os índices de prática são maiores que os de performance, com exceção apenas do item de recuperação onde a porcentagem de performance obtida é maior do que as das ações de prática. De modo geral pode-se verificar que as empresas obtiveram melhores pontuações nos itens relacionados à prática, e que a performance está baixa porque as ações foram implementadas há pouco tempo e necessitam de tempo para serem consolidadas a ponto de refletirem na performance da empresa.

5.2.4 Análises baseadas no Gráfico de Barras

A tabela 23 a seguir mostra os indicadores e seus códigos que serão utilizados nas tabelas seguintes para demonstrar os resultados obtidos pelos indicadores.

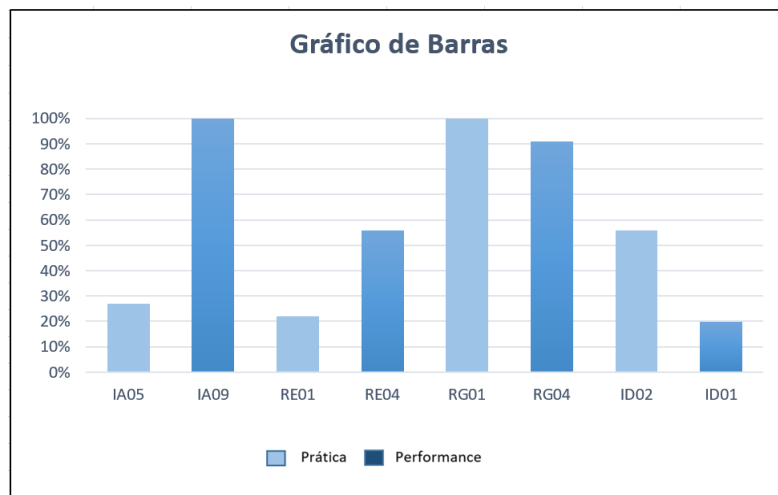
Tabela 23. Código dos indicadores

Impacto Ambiental	
Cód.	Indicador
IA01	Possibilidade de ocorrer impacto ambiental devido ao descarte indevido do produto
IA02	Possibilidade de reprojeter o produto para reduzir o nível de impacto ambiental
IA03	Qual a destinação correta do produto após a fase de uso
IA04	Existem informações na embalagem ou rótulo do produto referente a correta
IA05	Há programa que visa reduzir o impacto ambiental
IA06	Presença de resíduos perigoso
IA07	Quantidade de resíduo perigoso
IA08	Relação dos resíduos perigosos
IA09	Existência de treinamento para funcionário que manusear materiais perigosos
IA10	Possibilidade de separar com segurança os resíduos perigosos
Recuperação	
Cód.	Indicador
RE01	Existência de programa/ parceria para recuperação/reciclagem de produtos
RE02	Existência de estudos voltados para projetar produtos que favoreça a reciclagem
RE03	Peso do material recuperável por produto
RE04	Porcentagem de material recuperável por produto
Regulamentação	
Cód.	Indicador
RG01	Existe regulamentação por parte do governo
RG02	Presença de incentivos governamentais
RG03	A empresa possui a ISO 14000 completamente implantada
RG04	A política ambiental da empresa é de conhecimento de todos
RG05	Há certificações ambientais em fase de obtenção
Identificação	
Cód.	Indicador
ID01	Quantidade de material identificado por produto
ID02	Existência de informações quanto ao ciclo de vida dos materiais identificados no produto
ID03	Disponibilidade ao cliente/consumidor da relação dos principais materiais que compõem o produto

Fonte: Autor, 2016.

O gráfico 3 representa o gráfico de Barras das variáveis Impacto Ambiental, Recuperação, Regulamentação e Identificação. Nesse gráfico pode-se identificar para cada variável quais foram os indicadores de prática e performance com melhor e pior resultado.

Gráfico 3: Gráfico de barras



Fonte: Autor, 2016.

Visando identificar as causas do baixo nível de prática e performance geral das empresas, as tabelas a seguir apresentam o resultado individual de cada um dos 22 indicadores. Apresentar-se-á os resultados por variáveis pesquisadas (impacto ambiental, recuperação, regulamentação e identificação), e os indicadores com as pontuações mais críticas estão marcados em vermelho.

O desempenho da variável impacto ambiental, obtido por meio dos indicadores medido é mostrado na tabela 24. Tem-se os indicadores IA02 (Possibilidade de reprojeter o produto para reduzir o nível de impacto ambiental), IA05 (Existência de programa que visa reduzir o impacto ambiental), IA04 (Existência de informações na embalagem ou rotulo do produto sobre a correta destinação após a fase de uso) e IA06 (Presença de resíduos perigosos) foram os indicadores que obtiveram as piores pontuações na maioria das empresas.

Tabela 24. Desempenho da variável Impacto ambiental

VARIÁVEL	TIPO	INDICADOR	EMPRESA								
			E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9
IMPACTO AMBIENTAL	PR	IA02	20%	20%	40%	20%	100%	60%	20%	60%	20%
		IA03	100%	100%	60%	60%	100%	80%	60%	60%	80%
		IA05	20%	20%	20%	40%	60%	20%	20%	20%	20%
		IA08	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
	PF	IA01	20%	20%	60%	60%	20%	40%	60%	60%	40%
		IA04	20%	20%	20%	20%	60%	20%	20%	20%	20%
		IA06	20%	20%	20%	20%	20%	20%	20%	20%	20%
		IA07	20%	20%	20%	20%	60%	60%	100%	20%	60%
		IA09	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
		IA10	60%	60%	60%	60%	80%	80%	80%	60%	80%

Fonte: Autor, 2016.

Os indicadores da variável Recuperação listados na tabela 25, que obtiveram as notas mais baixas em práticas e performance, foram RE01 (Existência de programa para recuperação ou reciclagem de produtos), RE02 (Existência de estudos voltados para projetar produto que favoreça a reciclagem) e RE03 (Peso do material recuperável por produto). Conforme a tabela 25, conclui-se que essa foi a variável que obteve o pior desempenho dentre as outras, pois, do total de quatro indicadores, três obtiveram pontuação 1, com exceção da empresa E5, que obteve pontuação 2.

Tabela 25. Desempenho da variável Recuperação

VÁRIÁVEL	TIPO	INDICADOR	EMPRESA								
			E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9
RECUPERAÇÃO	PR	RE01	20%	20%	20%	20%	40%	20%	20%	20%	20%
		RE02	20%	20%	20%	20%	40%	20%	20%	20%	20%
	PF	RE03	20%	20%	20%	20%	40%	20%	20%	20%	20%
		RE04	60%	60%	60%	60%	40%	60%	40%	60%	60%

Fonte: Autor, 2016.

O indicador RG05 (Certificações ambientais em fase de obtenção) da tabela 26 apresentou a pior pontuação dentre os indicadores da variável Regulamentação, enquanto para os outros indicadores a pontuação foi elevada. Esse resultado pode ser explicado pelo fato de a maioria das empresas participantes do estudo já possuírem as certificações ambientais, dessa forma de acordo com a pontuação do questionário as empresas que possuem tal certificação recebem pontuação 1 que equivale a 20% e apenas as empresas E3 e E4 estavam em fase de obtenção por este motivo tiveram pontuação 5 que equivale a 100%.

Tabela 26. Desempenho da variável Recuperação

VÁRIAVEL	TIPO	INDICADOR	EMPRESA								
			E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9
REGULAMENTAÇÃO	PR	RG01	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
		RG02	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
		RG03	100%	100%	60%	60%	100%	100%	100%	100%	60%
	PF	RG04	100%	100%	60%	60%	100%	100%	100%	100%	100%
		RG05	20%	20%	100%	100%	20%	20%	20%	20%	20%

Fonte: Autor, 2016.

As oportunidades de melhoria estão nos índices ID01 (Quantidade de material identificado por produto) e ID03 (Existência de informações quanto ao ciclo de vida dos materiais identificados no produto), que apresentam baixa pontuação porque as empresas não possuem as informações requeridas pelo indicador (Tabela 27).

Tabela 27. Desempenho da variável Identificação

VÁRIAVEL	TIPO	INDICADOR	EMPRESA								
			E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9
IDENTIFICAÇÃO	PR	ID02	100%	100%	60%	20%	100%	60%	20%	20%	20%
	PF	ID01	20%	20%	20%	20%	20%	20%	20%	20%	20%
		ID03	20%	20%	60%	20%	20%	20%	20%	20%	20%

Fonte: Autor, 2016.

5.3 Discussão dos resultados

As análises deste *benchmarking* foram apresentadas e discutidas com as empresas exceto com a E7, que não demonstrou interesse no resultado.

Diante do *feedback* das empresas relacionado às análises apresentadas, pode-se verificar que os resultados foram apresentados de forma clara, pois cada uma delas entendeu de forma correta onde havia a necessidade de intensificar as ações de melhoria. No entanto, essas melhorias são ações que, para serem implementadas, precisam de um cuidado significativo por parte da empresa, pois podem afetar o posicionamento que o produto tem no mercado. Por exemplo, pode-se especificar na embalagem os materiais que compõem o produto e a sua correta destinação final. Para as empresas, do ponto de vista do *marketing* do rótulo, estas são mudanças que precisam de estudos de mercado para determinar a sua viabilidade.

Em relação aos outros indicadores com baixa pontuação, a seguir são apresentadas as respostas das empresas ao serem questionadas sobre o que elas pretendem desenvolver para melhorar esses indicadores:

- IA02 (Possibilidade de reprojetar o produto para reduzir o nível de impacto ambiental) e RE02 (Existência de estudos voltados para projetar um produto que favoreça a reciclagem): estes foram os indicadores que as empresas demonstram mais resistência em desenvolver ações, pois, de acordo com as respostas, a dificuldade reside em não possuir autonomia para iniciar projetos como estes. A maioria das empresas estudadas é filial de grandes indústrias instaladas no PIM, as quais têm seus centros de pesquisa em outros locais;
- IA05 (Existência de programa que visa reduzir o impacto ambiental) e RE01 (Existência de programa para recuperação ou reciclagem de produtos): dentre as empresas pesquisadas pelo menos cinco delas possuem intenção de ter programas que atendam esses indicadores. Duas empresas durante o preenchimento do questionário informaram possuir programa de logística reversa para retorno dos produtos por elas fabricados, mas, ao verificar o *site* da empresa essas informações não estavam disponíveis. Portanto, nesse caso o indicador IA05 não foi pontuado;
- IA04 (Existência de informações na embalagem ou rótulo do produto sobre a correta destinação após a fase de uso): algumas das empresas estudadas dizem não possuir essas informações nas embalagens, mas

que em breve informações sobre o programa de logística reversa estarão disponíveis no *site* da empresa;

- IA06 (Presença de resíduos perigosos): todas as empresas estudadas dizem utilizar os materiais menos nocivos disponíveis no mercado;
- RE03 (Peso do material recuperável por produto), ID01 (Quantidade de material identificado por produto) e ID03 (Existência de informações quanto ao ciclo de vida dos materiais identificados no produto): são indicadores que as empresas em sua maioria demonstraram não ter plano de ação em curto prazo, e argumentam que são informações que podem ser estimadas, mas não as possuem. Em relação ao indicador ID03, durante a pontuação do questionário foi informado que as empresas estudadas não possuem essas informações. Entretanto, durante a discussão dos resultados pelo menos três empresas dizem possuir as informações, mas que não estão de forma consolidada.

Os resultados mostrados e discutidos neste capítulo são fontes de informações quantitativas para as empresas referente à prática e performance ao longo do processo produtivo, tendo impacto direto na fase final do ciclo de vida dos produtos. O *benchmarking* da sustentabilidade realizado com as nove empresas proporciona um melhor conhecimento sobre o posicionamento sustentável da empresa e ajuda na melhor visualização dos pontos a serem melhorados, criando-se planos de ações visando a redução ou eliminação do impacto ambiental em todo o ciclo de vida por meio de melhorias em todo o ciclo de concepção do produto.

6 - CONCLUSÕES

O capítulo 5 apresentou os resultados e análises do *benchmarking* da sustentabilidade. Como resultado geral as empresas estão em posição intermediária entre Baixa prática e baixa performance e contrapeso. Entretanto, ao analisar as empresas uma a uma verifica-se que as empresas E1, E2, E5 e E6 foram as que obtiveram melhores resultados, podendo ser consideradas como as líderes dentre as empresas estudadas.

O método do *benchmarking* foi utilizado com o objetivo de avaliar o conjunto de indicadores de sustentabilidade desenvolvidos para a indústria de eletrônicos. Os resultados apresentados pela análise do *benchmarking* foram discutidos com os representantes das empresas e, por fim, considerados fidedignos à realidade de cada uma. Assim, o conjunto de indicadores mostrou-se adequado para mensurar o nível de prática e performance durante o processo produtivo de acordo com os objetivos definidos no capítulo 1.

Durante a execução desta dissertação trabalhou-se com o objetivo geral de criar um método para diagnóstico de práticas e performances aplicado ao gerenciamento do final do ciclo de vida de produtos eletrônicos.

Para o atendimento do objetivo geral desenvolveu-se seis etapas para atingi-lo:

- A primeira etapa visava a aquisição de embasamento teórico para o tema abordado, tendo sido atendido por meio da realização da revisão bibliográfica;
- A segunda foi encontrar os fatores críticos de sucesso mais relacionados com os processos envolvidos na fase final do ciclo de vida do produto. Este objetivo foi atingido por meio da obtenção de trinta fatores críticos de sucesso relacionados na literatura encontrada em portal de periódicos;
- A terceira fase visava reduzir a quantidade e avaliar os fatores críticos de sucesso, os quais foram reduzidos e avaliados por meio de questionários aplicados a profissionais e estudantes de engenharia;
- A quarta fase foi desenvolver um conjunto de indicadores de sustentabilidade para o processo de gestão da fase final do ciclo de vida do produto, objetivo atingido de acordo com procedimento mostrado no capítulo 4;
- A quinta fase buscava mensurar os índices de prática e performance obtido pelas empresas de eletrônicos com relação ao gerenciamento

do final do ciclo de vida de seus produtos. Este objetivo foi atingido por meio da realização do *benchmarking* em nove empresas; o formulário do *benchmarking* utilizou-se dos indicadores desenvolvidos neste trabalho como forma de medir os índices de prática e performance.

- Na última fase buscou-se analisar os índices de prática e performance atingido pelas empresas no âmbito da sustentabilidade. Este objetivo foi alcançado por meio das análises apresentadas no capítulo 5.

Por meio da pesquisa realizada para este trabalho verificou-se que a NBR , ISO e a PNRS contemplam recomendações importantes para as indústrias brasileiras de forma geral, e desenvolverem métodos para um pós-uso eficaz, destinados a prevenir a produção de resíduos e a fomentar a reutilização, reciclagem e outras formas de valorização, com vista a redução da quantidade e, ao mesmo tempo, melhoria dos resultados ambientais dos agentes econômicos envolvidos na gestão desses resíduos. Por outro lado, em países da União Europeia estas medidas fazem parte de uma única diretiva que é a WEEE (*Waste Electrical and Electronic Equipment*), que torna os fabricantes diretamente responsáveis pelo ciclo de vida dos seus produtos, arcando com os custos de coleta seletiva, transporte, tratamento e reciclagem destes resíduos.

Tendo em vista que a indústria de eletrônicos é uma das maiores e que mais cresce no mundo de acordo com relatório da ONU do Programa para o Meio Ambiente (PNUMA), o mundo terá 50 milhões de toneladas de resíduos eletrônicos em 2017. A questão central para a elaboração deste trabalho foi criar um método para medir de forma simplificada o nível de práticas e performances da indústria de eletrônicos durante o processo produtivo que facilite os processos da fase de pós-uso do produto visando a sustentabilidade.

Durante o processo de revisão de literatura foram encontrados vários indicadores que se propunham ao mesmo objetivo. No entanto, ao longo do desenvolvimento, os indicadores se mostravam difíceis de serem aplicados, pois a maioria exigia um cenário pré-determinado para que fosse possível a aplicação do método.

Dessa forma, este trabalho contribuiu diretamente em duas dimensões:

- Empresarial, por disponibilizar um conjunto de indicadores que podem ser utilizados para medir de forma simplificada os índices de

prática e performance da indústria de eletrônicos e, ainda, auxiliar no plano de gerenciamento de pós-uso de produtos;

- Ambiental, apresentando um conjunto de indicadores que auxiliam na sustentabilidade ambiental.

6.2 Recomendações para futuros trabalhos

A partir dos resultados obtidos nesta pesquisa e da experiência de sua realização, propõe-se novos trabalhos que possam ser realizados na indústria de eletrônicos ou em outro segmento industrial. Desta forma sugere-se:

- Aplicação de estudo semelhante em maior número de empresas de eletrônicos de grande porte em outros Estados;
- Fazer um *benchmarking* das empresas de eletrônicos, utilizando os indicadores encontrados neste estudo com o objetivo de criar um banco de dados nacional com esses dados;
- Aplicar o mesmo método de estudo para desenvolver fatores críticos de sucesso e indicadores para outros seguimentos de produtos utilizando o critério de ciclo de vida mais curto;
- Realizar o *benchmarking* e propor um plano de ação com base nos indicadores e acompanhar a realização das atividades.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMORIM, Aline P; ALBUQUERQUE, Beatriz M; GAUTÉRIO, Daiane T; JARDIM, Daniele B; MORRONE, Eduardo C; SOUZA, Rejane M. **Lixão municipal: abordagem de uma problemática ambiental na cidade de Rio Grande - RS.** Revista Ambiente e Educação. Vol.15 (1), 2010.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 10004: Resíduos Sólidos – Classificação.** Rio de Janeiro. 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR ISO 14040 Gestão Ambiental – Avaliação do ciclo de vida – Princípios e estrutura.** 2001.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR ISO 14041: Gestão ambiental: Avaliação do Ciclo de Vida: definições de escopo e análise do inventário.** Rio de Janeiro. 1998.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR ISO 14042: Gestão ambiental: Avaliação do Ciclo de Vida: avaliação do impacto do ciclo de vida.** Rio de Janeiro. 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR ISO 14043: Gestão ambiental: Avaliação do Ciclo de Vida: interpretação do ciclo de vida.** Rio de Janeiro. 2005.

BABBITT, Callie W.; WILLIAMS, Eric and KAHHAT, Ramzy. **Institutional Disposition and Management of End-of-Life Electronics.** Environmental Science & Technology, v. 45, p.5366-5372, 2011.

BANDYOPADHYAY, Amitava. **Electronics waste management: Indian practices and guidelines.** International Journal of Energy and Environment, v.1, n.5, p.793-804, 2010.

BARATTO, Débora da Silva; ROBAINA, Luís Eduardo de Souza; GODOY, Manuel Baldomero Rolando Berríos. **Os resíduos sólidos e a abordagem geográfica: um estudo de caso em municípios de**

pequeno porte. Geosul, Florianópolis, v. 27, n. 54, p 99-115, jul./dez. 2012.

BARBOSA, Samuel Borges. **Gestão da sustentabilidade ambiental no final do ciclo de vida do produto: um estudo baseado na linha branca.** Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, UFSC, Florianópolis. 2011.

BLUMENSCHNEIN, Raquel Naves; MILLER, Kátia Broeto. **Análise de Ciclo de Vida: conceitos e função.** Fórum Governamental de Responsabilidade Social. 2007. Disponível em: http://www.inmetro.gov.br/qualidade/responsabilidade_social/apresentacoes/3.pdf. Acesso em: 21/10/2014.

BRASIL. Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010. **Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei no 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências.** Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Ministério do Meio Ambiente, Brasília, DF, 2010.

BROWN, Adam; AMUNDSON, Joseph; BADURDEEN, Fazleena. **Sustainable value stream mapping (Sus-VSM) in different manufacturing system configurations: application case studies.** Journal of Cleaner Production. (2014).

CHEE, Tahir; DARTON, R.C. **Sustainability indicators: using the Process Analysis Method to select indicators for assessing production operations.** CHEMICAL ENGINEERING TRANSACTIONS Volume 21, 2010.

Departamento de Produção e Consumo Sustentáveis – DPCS. **Ministério do Meio Ambiente.** Disponível em: <http://www.mma.gov.br/responsabilidade-socioambiental/producao-e-consumo-sustentavel>. Último acesso em: 21/10/2014.

DODD, N; WOLF, O. Development of European Ecolabel and Green Public Procurement Criteria for Desktop and Notebook Computers TECHNICAL REPORT, TASK 1 Scope and Definitions, (Draft) Working Document. European Commission Joint Research Centre, Institute for Prospective Technological Studies (IPTS). 2013.

DUFLOU, J.R. et al. **Efficiency and feasibility of product disassembly: A case-based study**. CIRP Annals – Manufacturing Technology, v.57, p.583-600, 2008.

ECYCLE. Portal eCycle. Disponível em: <http://www.ecycle.com.br/>. Acesso em: 11 de abril de 2016.

FIKSEL, Joseph; EASON, Tarsha; FREDERICKSON, Hebert. **A framework for sustainability indicators at EPA**. Washington: United States Environmental Protection Agency, 2012.

GABLE, Cate and SHIREMAN, Bill. **Computer and Electronics Product Stewardship: Are We Ready for the Challenge?** Environmental Quality Management. 2001.

GARVIN, D. A. Building a learning organization. **Havard Business Review**, v. 71, n. 4, p. 78-91, 1993.

GEHIN, A.; ZWOLINSKI, P.; BRISSAUD, D. **A tool to implement sustainable end-of-life strategies in the product development phase**. Journal of Cleaner Production, v.16, p.566-576, 2008.

GIANNETTI, Biagio F; ALMEIDA, Cecília M. Villas Bôas de; BONILLA, Silvia H. e RIBEIRO, Celso Munhoz. **Inventário de Ciclo de Vida da Manufatura de seringas Odontológicas**. *Prod.* [online]. 2008, vol.18, n.1, pp. 155-169. ISSN 0103-6513.

GILWAN, Giorgio; PETRELLI, Marco Aurélio; GONÇALVES, Marília Matos. Design Gráfico e Sustentabilidade: Uma reflexão. Florianópolis: Mix Sustentável, V1, n1/2015.

Global Reporting Initiative (GRI), 2006. Sustainability Reporting Guidelines: Version 3.0. GRI, Amsterdam.

GOGGIN, K.; BROWNE, J. **Electronic products recovery—PAWS, a BRITE-EURAM project**. Computer Industry, v.36, n.1, p.65-74, 1998.

GUNTHER, H. **Como elaborar um Questionário (Série: Planejamento de Pesquisa nas Ciências Sociais, N° 01)**. Brasília, DF: UnB Laboratório de Psicologia Ambiental. 2003

IAKOVOU, E. et al. **A methodological framework for end-of-life management of electronic products**. Resources, Conservation and Recycling, v.53, n.6, p.329-339, 2009.

IBGE. As Micro e pequenas empresas comerciais e de serviços no Brasil : 2001 / IBGE, Coordenação de Serviços e Comércio.

IBM CONSULTING GROUP & LONDON BUSINESS SCHOOL. Made in Europe: a four nations best practices study. Novembro de 1994.

IPEA, INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA. Critérios para a geração de indicadores da qualidade e produtividade no serviço público. Brasília: IPEA/MEFP, 1991.

JOHANSSON, G.; BRODIN, M.H. **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, 2008.

KUO, T.C. **Combination of case-based reasoning and analytical hierarchy process for providing intelligent decision support for product recycling strategies**. Expert Systems with Applications, v.37, n.8, p.5558-5563, 2010.

KYRÖ, P. Revising the concept and forms of *benchmarking*. **benchmarking: An International Journal**, v. 10, n. 3, p. 210-225, 2003.

LAKATOS, Eva Maria; MARCONI, Marina de Andrade. **Metodologia científica**. 4.ed. rev. e ampl. São Paulo: Atlas, 2004.

LSSP, Laboratório de Simulação de Sistemas de Produção. Departamento de Engenharia de Produção e Sistemas, Universidade Federal de Santa Catarina. **benchmarking enxuto**. Disponível em: <http://deps.ufsc.br>. Acesso em: 20 de Agosto de 2015.

MANGOL, Jennifer Ann. **Evaluating the End-of-Life Phase of Consumer Electronics: Methods and Tools to Improve Product Design and Material Recovery**. Dissertation Doctor of Philosophy in Engineering – Mechanical Engineering in the Graduate Division of the University of California, Berkeley. 2013.

MANGUN, D.; THURSTON, D.L. **Incorporating Component Reuse, Remanufacture, and Recycle Into Product Portfolio Design.** IEEE Transactions on Engineering Management, v.49, n.4, p.479-490, 2002.

MARCONI, Marina de Andrade; LAKATOS, Eva Maria. **Técnicas de pesquisa.** 4. ed. São Paulo: Atlas, 1999.

MESQUITA Santana, Vanessa. **Gestão de Resíduos de Informática em Joinville.** Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Universidade Federal de Santa Catarina. Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental. Graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental. 2011/2.

MEYER, David E; KATZ, Jhon P. Analyzing the environmental impacts of laptop enclosures using screening-level life cycle assessment to support sustainable consumer electronics. **Journal of Cleaner Production.** Volume 112, Part 1, 20 January 2016, P. 369–383.

MINATTI, Cleidson. **GREEN SUPPLY CHAIN MANAGEMENT: O Caso da Indústria Metal Mecânica do Alto Vale do Itajaí – SC.** Dissertação de Mestrado em Administração da Universidade do Vale do Itajaí. 2011.

Ministério do Meio Ambiente. Responsabilidade Socioambiental - A3P - Eixos Temáticos -Gestão Adequada dos Resíduos. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/responsabilidade-socioambiental/a3p/eixos-tematicos/gest%C3%A3o-adequada-dos-res%C3%ADduos>. Último acesso em 22/10/2014.

NUINTIN, Adriano Antonio; NAKAO, Sílvia Hiroshi. **A definição de indicadores do desempenho e da qualidade para o processo de produção: estudo de casos do processo de produção do café.** Revista Contemporânea de Contabilidade. ISSN 1807-1821, UFSC, Florianópolis, v.7, n°14, p. 51-74, jul./dez., 2010.

NYLUND, Hasse; TAPANINAHU, Mikko; TORVINEN, Seppo; ANDERSSON, Paul H. **Impacts of Product Lifecycle and Production System Design on Competitive and Sustainable Production.** A. Azevedo (ed.), Advances in Sustainable and Competitive Manufacturing Systems, Lecture Notes in Mechanical Engineering, DOI: 10.1007/978-

3-319-00557-7_1, _ Springer International Publishing Switzerland. 2013.

ONU. Programa da ONU para o Meio Ambiente (PNUMA). Disponível em: <<https://nacoesunidas.org/onu-preve-que-mundo-tera-50-milhoes-de-toneladas-de-lixo-eletronico-em-2017/>>. Acesso em: 20 de Dezembro de 2015.

ORDOÑEZ, Duran, Julian Fernando. Método para determinar a energia descartada por tratamento inadequado de uma família de produtos devido à obsolescência programada. Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica, Florianópolis, 2014.

PACHECO, Juliano Anderson. **benchmarking by Item Response Theory (BIRTH): método de benchmarking utilizando a teoria da resposta ao item na construção de escalas de competitividade**. Tese (doutorado) – Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção. 2014.

PEÇAS, P; Ribeiro, I; SILVA, A ; HENRIQUES, E. **Comprehensive approach for informed life cycle-based materials selection**. Materials and Design. 43 220–232. 2013.

PEREIRA, Liliane Aparecida Pellegrini. SEMPRE DISPONÍVEL: A SUSTENTABILIDADE DA COMUNICAÇÃO POR TELEFONIA CELULAR. 10^o Inter programas de Mestrado em Comunicação da Faculdade Cásper Líbero. 2014.

PHILIPPI JR. A. **Agenda 21 e resíduos sólidos**. In: RESID'99: Seminário sobre resíduos sólidos. São Paulo: Associação Brasileira de Geologia de Engenharia, 1999.

POPPER, K.S. Conhecimento objetivo: uma abordagem evolucionária. São Paulo: Itatiaia/EDUSP, 1975.

QIAN, X.; ZHANG, H.C. **An environmentally conscious management model for end-of-life electromechanical products**. In: Proceedings of the IEEE International Symposium on Electronics and the Environment. Washington, Estados Unidos. 2003. p.347-351.

QUINTELLA, Heitor M.; ROCHA, Henrique Martins; COSTA, Adalberto Marques da. **Fatores Críticos de Sucesso de Start Up de Veículos na Indústria Sul Fluminense**. Disponível em: http://www.producao.uff.br/conteudo/rpep/volume52005/RelPesq_V5_2005_12.pdf. Acesso em: 21/10/2014.

RAMOS, Aline Ribeiro. **benchmarking da Produção Mais Limpa para a Análise de Empresas de Manufatura**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica, UFSC, Florianópolis. 2013.

ROCA, L. C; SEARCY, C. An analysis of indicators disclosed in corporate sustainability reports. *Journal of Cleaner Production* 20 (2012) 103e118.

ROCKART, J. A New approach to defining the chief executive's information needs. Working paper n37. Center for information systems research, Sloan school of management. Massachusetts Institute of Technology. 1978.

SCHLEMPER, Paula Felipe; BARBOSA, Jackeline do Socorro Benassuly; NASCIMENTO, Marcely Ferreira. *Gestão de marcas verde no setor hoteleiro*. Florianópolis: Mix Sustentável, V1, n1/2015.

SCHUMAN, H., & KALTON, G. **Survey methods**. Em G. Lindzey & E. Aronson (eds.), *Handbook of social psychology*, 3rd ed., Vol 1, (pp. 635-697). New York: Random House. 1985.

SEIBEL, Silene. **Um modelo de benchmarking baseado no sistema produtivo classe mundial para avaliação de práticas e performances da indústria exportadora brasileira**. Tese (doutorado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção e Sistemas. Florianópolis. 2004.

SEIBEL, Silene; SOUZA, Priscila; TUBINO, Dalvio Ferrari. **benchmarking da Gestão da Produção Industrial em Santa Catarina: melhores práticas na gestão das pessoas determina o posicionamento geral superior em empresas exportadoras**. 2001. Disponível em: <http://www.fiescnet.com.br/senai/conhecimento/arquivos/anais/DraAlin>

e/ *benchmarkingDaGestaoDaProducaoIndustrial.pdf*. Último acesso em 29/10/2014.

SILVA, Antonio Wadimir Leopoldino da. **Governança de sistemas de indicadores de sustentabilidade em processos de avaliação ambiental estratégica sob mediação da gestão do conhecimento**. Tese (doutorado) – Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico. Programa de Pós-Graduação em Engenharia e Gestão do Conhecimento. 2014.

SILVA, Jackeline de Sousa da. **A inserção das historinhas em quadrinhos como metodologia de ensino na Educação Ambiental**. Monografia (Graduação em Química) – Curso de Licenciatura em Química, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Maranhão, 2014.

TAN, Quanyin; ZENG, Xianlai; IJOMAH, Winifred L; ZHENG, Lixia and LI, Jinhui. **Status of End-of-life Electronic Product Remanufacturing in China**. *Journal of Industrial Ecology*, v.18, n4, p. 577-587, 2014

TEEHAN, P., KANDLIKAR, M. **Comparing embodied Greenhouse Gas emissions of modern computing and electronics products**. *Environ. Sci. Technol.* 2013. 3997 - 4003.

THERIVEL, Riki. **Strategic Enviroment Assessment in action**. 2ª Ed. London: Earthscan, 2010. 366p.

TIRONI, L. F. et al. **Critérios para geração de indicadores da qualidade e produtividade no serviço público** (Texto para discussão #238). Brasília-DF: Instituto de Pesquisas Econômicas Aplicadas-IPEA, 1991.

TOMELERO, Roberto Luiz. **benchmarking Enxuto Ambiental: método para diagnóstico de práticas e performances aplicado ao gerenciamento de ferramentas**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica, UFSC, Florianópolis. 2012.

TRZESNIAK, P. Indicadores quantitativos: como obter, avaliar, criticar e aperfeiçoar. **NAVUS - Revista de Gestão e Tecnologia**, v. 4, n. 2, p. 5-18, 2014.

TRZESNIAK, P. Indicadores quantitativos: reflexões que antecedem seu estabelecimento. **Ciência da Informação**, Brasília, v. 27, n. 2, p. 159-164, maio/ago. 1998.

TUBINO, Dalvio Ferrari; SILVA, Glauco G. M. P.; ANDRADE, Gilberto J. P. O; HORNBURG, Sigfrid; OLIVEIRA, Luciano Marcelo de Oliveira. **benchmarking Enxuto: Um método de auxílio à implantação da manufatura enxuta**. XXVIII ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO. A integração de cadeias produtivas com a abordagem da manufatura sustentável. Rio de Janeiro, RJ, Brasil, 13 a 16 de outubro de 2008.

United States Environmental Protection Agency (DOC). **Recycling Basics Reduce, Reuse, Recycle**. 26 de Março de 2014. Disponível em: <http://www2.epa.gov/recycle/recycling-basics>. Acesso em: 22/10/2014.

US Department of Commerce (DOC), 2010. The International Trade Administration and the U.S. Department of Commerce's Definition for Sustainable Manufacturing. Available via: http://www.trade.gov/competitiveness/sustainablemanufacturing/how_doc_defines_SM.asp (acesso em 17/10/14).

US EPA. **Electronics Waste Management in the United States through 2009**. EPA 530-R-11-002. Disponível em: <http://www.epa.gov>. Acesso em: 13 de Agosto de 2015.

VERSCHOOR, A.H.; REIJNDERS, L. **The use of life cycle methods by seven major companies**. Journal of Cleaner Production 7 (1999) 375–382.

WANG, Junjun and CHEN, Ming. **Management status of end-of-life vehicles and development strategies of used automotive electronic control components recycling industry in China**. Waste Management & Research, p.1198-1207, 2012.

WHITE, C.D. et al. **Product recovery with some byte: an overview of management challenges and environmental consequences in reverse**

manufacturing for the computer industry. Journal of Cleaner Production, v.11, n.4, p.445-458, 2003.

XANTHOPOULOS, A.; IAKOVOU, E. **On the optimal design of the disassembly and recovery processes.** Waste Management, v.29, n.5, p.1702-1711, 2009.

YU, Y. et al. **A Decision-Making Model for Materials Management of End-of-Life Electronic Products.** Journal of Manufacturing Systems, v.19, n.2, p.94-107, 2000.

ZANETTI, A. Mirieli. **AVALIAÇÃO DO CICLO DE VIDA DOS COMPUTADORES E O PROLONGAMENTO DA VIDA ÚTIL COMO ALTERNATIVA AMBIENTAL.** Dissertação de Mestre em Gestão Ambiental do curso de mestrado Profissional em Gestão Ambiental, Universidade Positivo (UP). 2010.

ZANGHELINI, G. M. **Estudo de cenários para o pós-uso de um compressor de ar baseado na avaliação do ciclo de vida: Influências da Fronteira do Sistema nos Resultados.** Dissertação (Mestrado em Engenharia Sanitária Ambiental) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Sanitária Ambiental, UFSC, Florianópolis. 2013.

ZHANG, Y; LIANG, K; Li, J., ZHAO, C. e Qu, D. **LCA as a decision support tool for evaluating cleaner production schemes in iron making industry.** Environ. Prog. Sustainable Energy, 35: 195–203. doi:10.1002/ep.12208. 2016.

APÊNDICE A – Questionário para validação dos FCS

Prezados,

Este questionário faz parte da dissertação de Mestrado em Engenharia Mecânica de Lucilene Gonçalves da Costa, da Universidade Federal de Santa Catarina, sob a orientação do Prof. Dr. João Carlos Ferreira Espíndola. O mesmo busca identificar os Fatores Críticos de Sucesso (FCS) que são altamente relevantes para a gestão da fase final do ciclo de vida do produto (recuperação do produto, recuperação de materiais, recuperação de componentes). Sua participação é fundamental para o sucesso desta pesquisa, pela qual somos antecipadamente gratos.

1) De acordo com sua opinião quais são os fatores críticos de sucesso listados na tabela que são imprescindíveis para a gestão da fase de pós uso de produtos ou componentes eletrônicos (recuperação / recondição / reciclagem / destinação final)? Marque (V) verdadeiro para os itens que considera imprescindível e (F) Falso para os que não são.

Fatores Críticos de Sucesso	V/F	Fatores Críticos de Sucesso	V/F
Impacto ambiental devido ao descarte indevido		Informações do produto recuperado	
Variabilidade dos componentes		Incentivos por parte dos governos para recuperação	
Variabilidade de materiais no produto		Identificação dos materiais	
Variabilidade de dimensão dos produtos recuperados		Identificação dos componentes	
Tempo necessário para recuperar o produto		Identificação do valor, tempo e quantidade	
Tempo de Vida do Produto		Identificação do fabricante	
Relação entre produto que entra no mercado e produto recuperado		Identificação da quantidade de componentes	
Regulamentações e normas de recuperação		Identificação por marca e modelo	
Regulamentação por parte do governamental		Disponibilidade de produtos para serem recuperados	
Quantidade de material recuperável por produto		Custo para recuperação do produto	
Quantidade de elementos de fixação		Conhecimento do coeficiente de reciclagem do produto	
Previsão de recuperação do produto por parte do mercado		Composição do Produto Recuperado	
Previsão de recuperação		Acompanhamento do ciclo de vida do produto	
Peso do material recuperado por produtos		Resíduos perigosos	
Informações que auxiliem na recuperação		Destruição de parte do produto para poder ser recuperação	

2) Marque com X apenas 10 alternativas que não deveriam constar nesta lista, por não serem completamente relevantes para a gestão da fase final do ciclo de vida de produtos e componentes eletrônicos.

Fatores Críticos de Sucesso	Fatores Críticos de Sucesso
Impacto ambiental devido ao descarte indevido	Informações do produto recuperado
Conhecimento do coeficiente de reciclagem do produto	Informações que auxiliem na recuperação
Composição do Produto Recuperado	Peso do material recuperado por produtos
Destruição de parte do produto para poder ser recuperação	Previsão de recuperação
Resíduos perigosos	Previsão de recuperação do produto por parte do mercado
Identificação da quantidade de componentes	Quantidade de elementos de fixação
Identificação por marca e modelo	Quantidade de material recuperável por produto
Disponibilidade de produtos para serem recuperados	Regulamentação por parte do governamental
Identificação do valor, tempo e quantidade	Tempo de Vida do Produto
Identificação do fabricante	Relação entre produto que entra no mercado e produto recuperado
Custo para recuperação do produto	Regulamentações e normas de recuperação
Acompanhamento do ciclo de vida do produto	Tempo necessário para recuperar o produto
Identificação dos componentes	Variabilidade de dimensão dos produtos recuperados
Identificação dos materiais	Variabilidade de materiais no produto
Incentivos por parte dos governos para recuperação	Variabilidade dos componentes

3) Qual outro FCS não listado nesta pesquisa você considera importante para a gestão da fase de pós uso de produtos e componentes eletrônicos? Por que?

4) Em uma escala de 1 a 4 marque o quanto cada FCS é importante para os processos de gestão do pós uso de produtos e componentes eletrônicos.

1 – Sem Importância 2 – Baixa Importância 3 – Importante 4 – Altamente Importante

Fatores Críticos de Sucesso	Fatores Críticos de Sucesso
Custo para recuperação do produto	Identificação por marca e modelo
Impacto ambiental devido ao descarte indevido	Acompanhamento do ciclo de vida do produto
Identificação dos componentes	Disponibilidade de produtos para serem recuperados
Conhecimento do coeficiente de reciclagem do produto	Incentivos por parte dos governos para recuperação
Informações do produto recuperado	Identificação do valor, tempo e quantidade
Variabilidade de dimensão dos produtos recuperados	Tempo necessário para recuperar o produto
Variabilidade dos componentes	Previsão de recuperação do produto por parte do mercado
Composição do Produto Recuperado	Quantidade de elementos de fixação
Previsão de recuperação	Quantidade de material recuperável por produto
Identificação dos materiais	Regulamentação por parte do governamental
Destruição de parte do produto para poder ser recuperação	Tempo de Vida do Produto
Regulamentações e normas de recuperação	Relação entre produto que entra no mercado e produto recuperado
Variabilidade de materiais no produto	Identificação do fabricante
Identificação da quantidade de componentes	Resíduos perigosos
Peso do material recuperado por produtos	Informações que auxiliem na recuperação

5) Quanto a relevância para a recuperação de produtos e componentes eletrônicos, marque de acordo com a escala de 1 a 4 os conjuntos de FCS.

1 – Sem Importância 2 – Baixa Importância 3 – Importante 4 – Altamente Importante

FCS	Pontuação	FCS	Pontuação
Previsão de recuperação		Quantidade de material recuperável por produto	
Regulamentação por parte do governo		Custo para recuperação do produto	
Identificação dos componentes		Destruição de parte do produto para poder ser recuperação	
Identificação dos materiais		Variabilidade dos componentes	
Identificação por marca e modelo		Disponibilidade de produtos para serem recuperados	

FCS	Pontuação	FCS	Pontuação
Impacto ambiental devido ao descarte indevido		Resíduos perigosos	
Resíduos perigosos		Identificação do valor, tempo e quantidade	
Identificação do valor, tempo e quantidade		Quantidade de material recuperável por produto	
Peso do material recuperado por produtos		Tempo necessário para recuperar o produto	
Disponibilidade de produtos para serem recuperados		Conhecimento do coeficiente de reciclagem do produto	

Dados do entrevistado

Nome: _____

Formação: _____

e-Mail: Telefone:

Gostaria de receber o resultado da pesquisa?

() Sim () Não

Obrigada pela contribuição!

APÊNDICE B – Instrumento de coleta do *benchmarking*

Prezados,

Este questionário faz parte da dissertação de Mestrado em Engenharia Mecânica de Lucilene Gonçalves da Costa, da Universidade Federal de Santa Catarina, sob a orientação do Professor Doutor João Carlos Ferreira Espíndola. Sua participação é fundamental para o sucesso desta pesquisa, pela qual somos antecipadamente gratos.

Objetivo da pesquisa: Realizar diagnóstico com a finalidade de melhor compreender como as empresas estão agindo durante os processos de produção que estão relacionados à recuperação do produto após a fase de uso, visando reduzir os impactos ambientais de seus produtos no final do ciclo de vida.

Instruções para preenchimento do questionário

O presente questionário deve ser preenchido por um grupo multifuncional composto por gerentes de diversas áreas como produção, engenharia e qualidade.

O questionário base do estudo de *benchmarking* possui questões referentes à fase de pós uso como variáveis de impacto ambiental, recuperação, regulamentação e identificação. Para cada um dos indicadores dessas variáveis, a empresa apresentará uma posição por meio de pontuação entre 1 e 5. Quando as respostas forem intermediárias as opções apresentadas, deve-se pontuar 2 ou 4.

É importante pontuar segundo a realidade atual e não a situação esperada quando os planos e projetos em andamento alcançarem os resultados planejados. O *benchmarking* só terá valor se as respostas refletirem as verdadeiras práticas e performances obtidas hoje em sua empresa (SEIBEL, 2004).

Em caso de dúvida quanto à pergunta do indicador no verso do questionário cada um está explicado.

BENCHMARKING DA SUSTENTABILIDADE

Perfil da empresa

Setor: Eletrônico

Qual seu produto principal: _____

Quantidade de funcionários: _____

Origem da empresa: _____

Formação do capital: () 100% brasileiro () brasileiro e estrangeiro

O Lean manufacturing está implantado? Sim () Não ()

A empresa adota a prática do DFE (Design for Enviroment)?

Sim () Não ()

Impacto Ambiental

Cód.	Indicador	1	2	3	4	5
IA01	Possibilidade de ocorrer impacto ambiental devido ao descarte indevido do produto	Sim, pode ocorrer	-	50% de chances.	-	Pouco ou nenhum
IA02	Possibilidade de reprojeter o produto para reduzir o nível de impacto ambiental	Não	-	Previsão de estudos futuro	-	Existem estudos em andamento
IA03	Qual a destinação correta do produto após a fase de uso	Lixo doméstico	-	Coleta seletiva	-	Empresas especializadas
IA04	Existem informações na embalagem ou rótulo do produto referente a correta destinação do produto após a fase de uso	Não	-	Parcial	-	Sim
IA05	Há programa que visa reduzir o impacto ambiental	Não	-	Em fase de implantação	-	Sim, com resultados efetivos
IA06	Presença de resíduos perigoso	Sim	-	-	-	Não
IA07	Quantidade de resíduo perigoso	Mais de 20%	-	No máximo 10%	-	Menos de 3%
IA08	Relação dos resíduos perigosos	Não é conhecido	-	Alguns são conhecidos	-	Todos são conhecidos
IA09	Existência de treinamento para funcionário que manusear materiais perigosos	Não	-	-	-	Sim
IA10	Possibilidade de separar com segurança os resíduos perigosos	Não	-	Alguns	-	Sim, todos

Recuperação

Cód.	Indicador	1	2	3	4	5
RE01	Existência de programa/ parceria para recuperação/reciclagem de produtos	Não	-	Em fase de implantação	-	Sim e com resultados efetivos
RE02	Existência de estudos voltados para projetar produtos que favoreça a reciclagem	Não	-	Em fase de implantação	-	Sim e com resultados efetivos
RE03	Peso do material recuperável por produto	Não é conhecido	-	Estimado	-	Conhecido
RE04	Porcentagem de material recuperável por produto	Até 10%	-	Acima de 50%	-	100%

Regulamentação

Cód.	Indicador	1	2	3	4	5
RG01	Existe regulamentação por parte do governo	Não	-	-	-	Sim
RG02	Presença de incentivos governamentais	Não	-	-	-	Sim
RG03	A empresa possui a ISO 14000 completamente implantada	Não	-	Em fase de implementação	-	Sim
RG04	A política ambiental da empresa é de conhecimento de todos	Poucos	-	Apenas pelo comitê ambiental	-	Todos os colaboradores
RG05	Há certificações ambientais em fase de obtenção	Não	-	-	-	Sim

Identificação

Cód.	Indicador	1	2	3	4	5
ID01	Quantidade de material identificado por produto	Não disponível	-	Alguns	-	Todos
ID02	Existência de informações quanto ao ciclo de vida dos materiais identificados no produto	Não possui	-	Em fase de implementação da ACV	-	Sim
ID03	Disponibilidade ao cliente/consumidor da relação dos principais materiais que compõem o produto	Nenhuma	-	Parcial	-	Completa