

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

RODRIGO COSTA DE SOUZA LIMA

MÉTODO PARA POSICIONAMENTO ESTRATÉGICO SUSTENTÁVEL NO  
DESENVOLVIMENTO DE UM NOVO PRODUTO

São Leopoldo  
2010

RODRIGO COSTA DE SOUZA LIMA

MÉTODO PARA POSICIONAMENTO ESTRATÉGICO SUSTENTÁVEL NO  
DESENVOLVIMENTO DE UM NOVO PRODUTO

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

Orientador: Prof. Dr. Guilherme Luís Roehe Vaccaro

Co-Orientador: Prof. Dr. Carlos Alberto Mendes Moraes

São Leopoldo  
2010

L732m Lima, Rodrigo Costa de Souza.

Método para posicionamento estratégico sustentável no desenvolvimento de um novo produto / Rodrigo Costa de Souza Lima.

– 2010.

143 f. : il. ; 30 cm.

Dissertação (mestrado) – Universidade do Vale do Rio dos Sinos, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção e Sistemas, 2010.

“Orientador: Prof. Dr. Guilherme Luís Roehe Vaccaro ; co-orientador: Prof. Dr. Carlos Alberto Mendes Moraes”.

Catálogo na publicação: Bibliotecário Flávio Nunes, CRB 10/1298

## FOLHA DE APROVAÇÃO

Rodrigo Costa de Souza Lima

Título: Método para Posicionamento Estratégico Sustentável no Desenvolvimento de um Novo Produto

Dissertação apresentada à Universidade do Vale do Rio dos Sinos – Unisinos, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Engenharia de Produção e Sistemas.

Aprovado em 23 de agosto de 2010.

### BANCA EXAMINADORA

---

Asher Kiperstok – UFBA

---

José Antônio Valle Antunes Júnior – UNISINOS

---

Miriam Borchardt – UNISINOS

Prof. Dr. Guilherme Luís Roehe Vaccaro (Orientador)

Prof. Dr. Carlos Alberto Mendes Moraes (Co-orientador)

Visto e permitida a impressão

São Leopoldo,

Prof. Dr. Ricardo Augusto Cassel  
Coordenador Executivo PPG em  
Engenharia de Produção e Sistemas

*“Dedico este trabalho a todos que também acreditam em um mundo sustentável e de paz.”*

## **AGRADECIMENTOS**

*Gostaria de agradecer a todos que me acompanharam nesta jornada, que teve ar de maratona, momentos de marcha atlética e até de 100 metros rasos.*

*Em especial, agradeço aos meus amigos Guilherme e Carlos. Sem aquela mão, que bate a afaga, nada teria dado certo. Obrigado por me ajudarem a amadurecer não só os insight's, mas também profissionalmente e como ser humano.*

*Agradeço a todos os colegas do Núcleo de Caracterização de Materiais (NUCMAT), em especial à Daiane Calheiro, que me ajudou sempre que precisei.*

*Agradeço à Débora, pela paciência de conviver comigo diariamente durante este caminho, dividindo angústias e tristezas e multiplicando felicidade e alegria.*

*Agradeço à minha mãe, pela compreensão da minha ausência nos nossos poucos momentos e ao meu pai, que sempre me apoiou, compreendeu, e apostou todas suas fichas em mim.*

*Obrigado!*

## RESUMO

Embasada em conceitos de Sustentabilidade, Análise de Ciclo de Vida (ACV) e elementos financeiros, esta dissertação propõe uma matriz de posicionamento estratégico de produto e um método para a sua aplicação. A Matriz de Posicionamento Estratégico Sustentável (MPESus) destina-se a analisar os impactos ambientais e financeiros de um ou mais produtos, considerando sua cadeia produtiva, permitindo comparar desempenhos e formular estratégias de ação. O método de pesquisa empregado apresenta quatro fases: a primeira explora a literatura para alicerçar a pesquisa com elementos relevantes ao objetivo proposto; a segunda fase propõe a matriz e o método de trabalho; a terceira fase aplica as propostas em um contexto real de desenvolvimento de produto, fruto de um projeto desenvolvido na universidade à qual o pesquisador está vinculado; essa aplicação permite a quarta fase, que analisa o método proposto e discute seus resultados no contexto onde foi aplicado. A matriz apresentada é sustentada por três pilares: o impacto ambiental da cadeia produtiva de um determinado produto; o lucro; e o seu Retorno Econômico Ampliado (REA), conceito desenvolvido ao longo da pesquisa. A interação destas dimensões é o foco da discussão, sendo o principal resultado desta pesquisa a geração de conhecimento e informações para o auxílio à tomada de decisão de melhorias, tanto para o produto quanto para a cadeia produtiva.

Palavras-chave: Matriz de Posicionamento Estratégico Sustentável. Sustentabilidade. Análise de Ciclo de Vida.

## ABSTRACT

*Based on concepts of Sustainability, Life Cycle Assessment (LCA) and financial factors, this paper proposes an array of strategic positioning of product and a method for its implementation. The Sustainable Strategic Positioning Matrix (MPESus) is intended to analyze the environmental and financial impacts of one or more products, considering its supply chain, allowing to compare performance and formulate strategies for action. The research method employed has four phases: the first explores the literature underpinning the research evidence relevant to the proposed objective, the second phase proposes the array and method of work, the third phase implements the proposals in a real context of product development, the result of a project developed at the university to which the researcher is bound, this application enables the fourth stage, which analyzes the proposed method and discusses its results in the context where it was applied. The matrix presented is supported by three pillars: the environmental impact of the production chain of a product, profit, and his Return Economic Extended (REE), a concept developed throughout the research. The interaction of these dimensions is the focus of discussion, the main result of this research to generate knowledge and information to aid decision making for improvements, both for the product with regard to the supply chain.*

*Keywords: Strategic Positioning Matrix Sustainable. Sustainability. Life Cycle Assessment.*

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Estrutura da dissertação.....	25
Figura 2 - Método de Pesquisa .....	27
Figura 3 - Método de Trabalho.....	30
Figura 4 - Impacto das eco-inovações .....	41
Figura 5 - Ciclo de Vida de um Produto.....	47
Figura 6 - Fases da ACV .....	47
Figura 7 - Dimensões da ACV .....	49
Figura 8 - Delimitação entre sistema e o meio ambiente .....	52
Figura 9 - Etapas operacionais da AI.....	54
Figura 10 - Fronteiras do Ciclo de Vida.....	55
Figura 11 - Método de Alocação .....	59
Figura 12 - As três estratégias genéricas .....	72
Figura 13 - Dimensões e categorias da matriz de Kraljic.....	73
Figura 14 - Método de Posicionamento Estratégico de Materiais.....	74
Figura 15 - MGTP - Método Geral de Trabalho Preliminar.....	76
Figura 16 – Estrutura geral da MPESus .....	80
Figura 17 - MPESus Qualitativa.....	83
Figura 18 – Exemplo de enquadramento na MPESus Qualitativa .....	85
Figura 19 - Comparação das escalas.....	87
Figura 20 - MPESus Quantitativa.....	87
Figura 21 - Exemplo de enquadramento na MPESus Quantitativa.....	88
Figura 22 - MMPESus.....	91
Figura 23 - Instalação de um SPDA .....	97
Figura 24 - Isolador convencional .....	98
Figura 25 - Cadeira produtiva do Isolador Convencional .....	102
Figura 26- Cadeira produtiva do Isolador DIESPADA PP Virgem .....	103
Figura 27 – Cadeira produtivo do Isolador DIESPADA PP Reciclado.....	104
Figura 28 - Cadeira produtiva do Isolador DIESPADA PA Virgem.....	105
Figura 29 - Cadeira produtiva do Isolador DIESPADA PA Reciclado .....	106
Figura 30 - Injetora Jasot IJ-260-100 instalada .....	107
Figura 31 – Produtos estudados enquadrados na MPESus Quantitativa.....	111

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Artigos encontrados no banco de dados SciELO Brazil .....	23
Quadro 2 - Artigos encontrados no banco de dados ScienceDirect .....	23
Quadro 3 - Impactos Ambientais.....	66
Quadro 4 - Abrangência Espacial.....	67
Quadro 5 - Severidade .....	68
Quadro 6 - Periodicidade.....	68
Quadro 7 - Resultados .....	68
Quadro 8 - Relação entre preço de venda, custo e lucro .....	70
Quadro 9 - Resultados e pontuação de corte da dimensão <i>Impacto Ambiental</i> .....	78
Quadro 10 - Exemplo de produtos para enquadramento da MPESus Qualitativa.....	84
Quadro 11 - Vantagens e desvantagens da MPESus Qualitativa e MPESus Quantitativa.....	90
Quadro 12 - Fontes para as ACVs .....	100
Quadro 13 - Fontes da Estimativa de Custos.....	107
Quadro 14 - Linha de corte para a dimensão Ambiental.....	110

## **LISTA DE TABELAS**

Tabela 1 - Resultado de Impacto do REA e Impacto Ambiental de produtos hipotéticos .....	88
Tabela 2 - Impactos Ambientais das cadeias produtivas estudadas .....	106
Tabela 3 - Custos de matéria-prima.....	108
Tabela 4 - Estimativo do custo unitário dos isoladores DIESPADA .....	108
Tabela 5 - Lucro dos produtos .....	109
Tabela 6 - Cálculo do Custo de Reciclagem para cada produto .....	109
Tabela 7 - Cálculo do REA de cada produto .....	110
Tabela 8 - Dados consolidados para o enquadramento na MPESus Quantitativa.....	111

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas

ACV - Análise do Ciclo de Vida

AI - Análise de Inventário

AICV - Análise de Impacto do Ciclo de Vida

CAPES - Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior

CFC - Clorofluorcarbonos

CPM - *Center for Enviromental Assessment of Product Material System*

CR - Custo de Reciclagem

DIESPADA - Desenvolvimento de Isoladores Elétricos para Proteção Contra Descargas Atmosféricas em Estações Petrolíferas

DIP - Desenvolvimento Integrado de Produtos

FINEP - Financiadora de Estudos e Projetos do Ministério da Ciência e Tecnologia

GG - Grupo Gestor

GT - Grupo de Trabalho

IC - Isolador Convencional

ICV - Inventário do Ciclo de Vida

IDPAR - Isolador DIESPADA de Poliamida Reciclada

IDPAV - Isolador DIESPADA de Poliamida Virgem

IDPPR - Isolador DIESPADA de Polipropileno Reciclado

IDPPV - Isolador DIESPADA de Polipropileno Virgem

LCA - *Life Cycle Assessment*

MGTP - Método Geral de Trabalho Preliminar

MMPESus - Método da Matriz de Posicionamento Estratégico de Sustentabilidade

MPER - Matriz de Posicionamento Estratégico de Materiais

MPESus - Matriz de Posicionamento Estratégico de Sustentabilidade

MRI - *Midwest Research Institute*

NUCMAT - Núcleo de Caracterização de Materiais

ONGs - Organizações Não Governamentais

OPEP - Organização dos Países Exportadores de Petróleo

PA - Poliamida

PDP - Processo de Desenvolvimento de Produto

PET - Politereftalato de Etileno

PP - Polipropileno

REA - Retorno Econômico-Ampliado

REPA - *Resource and Environmental Profile Analysis*

SciELO Brazil - *Scientific Electronic Library Online Brazil*

SETAC - *Society Environmental Toxicology And Chemistry*

SGA UNISINOS - Sistema de Gestão Ambiental da Universidade do Vale do Rio dos Sinos

SPDA - Sistema de Proteção para Descargas Atmosféricas

UFRGS - Universidade Federal do Rio Grande do Sul

UNISINOS - Universidade do Vale do Rio dos Sinos

USEPA – *United States Environmental Protection Agency*

USP - Universidade de São Paulo

# SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>15</b>
1.1 DEFINIÇÃO DO PROBLEMA.....	17
1.2 OBJETIVOS.....	21
1.3 JUSTIFICATIVA.....	21
1.4 DELIMITAÇÃO DO ESTUDO.....	23
1.5 ESTRUTURA .....	25
<b>2 METODOLOGIA .....</b>	<b>27</b>
2.1 MÉTODO DE PESQUISA .....	27
2.2 MÉTODO DE TRABALHO.....	29
<b>3 REFERENCIAL TEÓRICO .....</b>	<b>33</b>
3.1 DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL .....	33
<b>3.1.1 Conceito de Desenvolvimento Sustentável.....</b>	<b>37</b>
<b>3.1.2 Meio Ambiente e Oportunidades.....</b>	<b>38</b>
3.2 ANÁLISE DO CICLO DE VIDA.....	42
<b>3.2.1 Benefícios de um Estudo de ACV .....</b>	<b>45</b>
<b>3.2.2 Descrição Geral da Análise do Ciclo de Vida.....</b>	<b>46</b>
<b>3.2.3 Definição do Objetivo e Escopo da ACV .....</b>	<b>48</b>
<b>3.2.4 Análise de Inventário .....</b>	<b>53</b>
<b>3.2.5 Avaliação do Impacto do Ciclo de Vida.....</b>	<b>60</b>
<b>3.2.6 Interpretação do Ciclo de Vida.....</b>	<b>64</b>
3.3 PROCEDIMENTO DE IDENTIFICAÇÃO E AVALIAÇÃO DE ASPECTOS AMBIENTAIS NO SISTEMA DE GESTÃO AMBIENTAL DA UNISINOS .....	65
<b>3.3.1 Identificação dos processos e atividades .....</b>	<b>65</b>
<b>3.3.2 Identificação dos Impactos Ambientais .....</b>	<b>66</b>
3.4 ELEMENTOS DE POSICIONAMENTO ESTRATÉGICO .....	69
<b>4 O MÉTODO PROPOSTO.....</b>	<b>77</b>
4.1 MATRIZ DE POSICIONAMENTO ESTRATÉGICO DE SUSTENTABILIDADE.....	77
<b>4.1.1 MPESus Qualitativa .....</b>	<b>82</b>
<b>4.1.2 MPESus Quantitativa .....</b>	<b>86</b>
4.2 APLICAÇÃO DO MÉTODO DA MATRIZ DE POSICIONAMENTO ESTRATÉGICO DE SUSTENTABILIDADE.....	90

<b>4.2.1</b>	<b>Planejamento</b>	<b>92</b>
<b>4.2.2</b>	<b>Levantamento</b>	<b>93</b>
<b>4.2.3</b>	<b>Análise</b>	<b>94</b>
<b>4.2.4</b>	<b>Execução</b>	<b>94</b>
<b>4.2.5</b>	<b>Monitoramento e Controle</b>	<b>94</b>
<b>5</b>	<b>CASO DE APLICAÇÃO</b>	<b>96</b>
5.1	CONTEXTO	96
5.2	FASE 1 – PLANEJAMENTO	98
5.3	FASE 2 - LEVANTAMENTO	99
5.4	FASE 3 – ANÁLISE	110
<b>6</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS</b>	<b>114</b>
6.1	LIMITAÇÕES DA PESQUISA	115
6.2	SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	116
	<b>REFERÊNCIAS</b>	<b>117</b>
	<b>ANEXO A</b>	<b>128</b>
	<b>ANEXO B</b>	<b>129</b>
	<b>ANEXO C</b>	<b>130</b>
	<b>ANEXO D</b>	<b>131</b>
	<b>ANEXO E</b>	<b>132</b>
	<b>ANEXO F</b>	<b>133</b>
	<b>ANEXO G</b>	<b>134</b>
	<b>ANEXO H</b>	<b>135</b>
	<b>ANEXO I</b>	<b>136</b>
	<b>APÊNDICE A</b>	<b>137</b>
	<b>APÊNDICE B</b>	<b>140</b>
	<b>APÊNDICE C</b>	<b>142</b>
	<b>APÊNDICE D</b>	<b>143</b>
	<b>APÊNDICE E</b>	<b>145</b>

# 1 INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas, o modelo de desenvolvimento econômico adotado mundialmente baseou-se na produção intensiva de bens de consumo que resultou no aumento da demanda de matérias-primas, em especial minério de ferro e derivados do petróleo, desencadeando, assim, uma crescente degradação em conjunto com a disposição inadequada de resíduos no meio ambiente. Conforme Reis, Fadigas e Carvalho (2005), este desenvolvimento econômico implica a exploração dos recursos naturais, o uso de tecnologias de larga escala e altas taxas de consumo.

Se levados a extremos, a exploração descontrolada dos recursos naturais, o uso prejudicial de tecnologias e o consumo desenfreado tendem a gerar, como resultados, aspectos ecologicamente predatórios, socialmente perversos e politicamente injustos. Tais fatores têm gerado desastres ecológicos, disparidades sociais e guerras localizadas. Desta forma, uma estratégia de desenvolvimento baseada na sustentabilidade deve considerar dimensões políticas, econômicas, tecnológicas, sociais e ambientais e que sirvam como base para a procura de soluções de caráter amplo para o desenvolvimento mundial.

Segundo Reis, Fadigas e Carvalho (2005), a visão sistêmica permite uma maior flexibilidade de idéias, já que requer uma abordagem multidisciplinar, na qual ciências naturais e do comportamento se fertilizam na busca de um equilíbrio dinâmico e harmônico. Assim sendo, é necessário rever os sistemas de produção quanto à escolha, ao gerenciamento e à utilização dos recursos naturais, bem como quanto ao processo de inovação tecnológica.

Nesse contexto, a relação entre empresas e meio ambiente sempre foi complexa e alvo de controvérsias, além de ser objeto de discussões em nível mundial para diversos atores que direta e indiretamente atuam sobre esse debate (LAYRARGUES, 2000). Entretanto, segundo Robbins (2001), existe uma corrente de estudiosos que argumenta que as empresas reconhecem suas responsabilidades com o meio ambiente, e que, a partir dos anos 90, muitas passaram a incorporar técnicas de produção envolvendo tecnologias mais limpas, à luz dos princípios de sustentabilidade (WILKINSON, 1991; MAIMON, 1996; DONAIRE, 1999). Os fatores que contribuíram para uma mudança no comportamento ambiental em vários setores produtivos, na visão de Andrade (1997) e Donaire (1999), são:

- a disponibilidade e a difusão de inovações tecnológicas para as empresas e a preocupação na seleção de tecnologias menos poluentes, tendo em vista a conscientização e as movimentações dos *stakeholders* (consumidores, sociedade, governo, articulações de órgãos internacionais, concorrência);
- o aumento da competição cada vez mais acirrada entre as empresas;
- a indução da legislação de regulação ambiental, exigindo das empresas a inserção da dimensão da preservação ambiental nas atividades da organização.

Para Hart e Milstein (2004), há quatro conjuntos de motivadores para a sustentabilidade global. O primeiro conjunto é relacionado com a crescente industrialização e suas conseqüências ao meio ambiente, como consumo de matérias-primas, poluição e geração de resíduos. Ao mesmo tempo em que a industrialização produziu enormes benefícios econômicos, ela também gerou significativa quantidade de poluição e continua a consumir matérias-primas naturais, recursos, combustíveis fósseis, e em uma taxa crescente (HAWKEN; LOVINS; LOVINS, 1999). Desta forma, a eficiência de recursos e a prevenção de poluição são cruciais para o desenvolvimento sustentável.

O segundo conjunto de motivadores que Hart e Milstein (2004) explicitam refere-se à proliferação e interligação dos *stakeholders* da sociedade civil. Florini (2000) argumenta que as Organizações Não Governamentais (ONGs) têm assumido o papel de monitores e de aplicadores de padrões sociais e ambientais. De acordo com Rhengold (2002), com a disseminação da Internet, as alianças de ONGs estão tornando cada vez mais difícil a operação de governos, corporações e grandes instituições, uma vez que as ONGs têm se comunicado usando tecnologias de informação. Desta forma, o desenvolvimento sustentável desafia as empresas a funcionarem de uma maneira transparente, responsável, tendo em vista a existência de uma bem informada e ativa base de *stakeholders* (HART; MILSTEIN, 2004).

O terceiro conjunto de motivadores apresentado por Hart e Milstein (2004) refere-se às tecnologias emergentes que oferecem soluções de melhor desempenho ou, mesmo, revolucionárias, e que, conforme Hart e Milstein (1999), podem tornar obsoletas as bases de muitas indústrias que usam intensivamente matérias-primas e energia. Para os autores, a inovação e as transformações tecnológicas são as chaves do desenvolvimento sustentável.

Por fim, o quarto conjunto de motivadores é relacionado ao aumento da população, da pobreza e da desigualdade associado à globalização. Para Prahalad e Hart (2002), a criação de riqueza e o desenvolvimento social em uma escala de massa são essenciais para o

desenvolvimento sustentável. Entretanto, Von Dieren (1995) alerta que tal desenvolvimento precisa seguir um curso completamente diferente caso se queira evitar o colapso ecológico.

Assim, Hart e Milstein (2004) afirmam que a sustentabilidade global é um conceito complexo, uma vez que, por ser multidimensional, não pode ser equacionado por meio de uma única ação corporativa. Para os autores, as empresas devem levar em conta os quatro conjuntos abrangentes de motivadores.

Primeiro, as empresas podem criar valor reduzindo o nível de consumo de matérias-primas e de poluição associado com a rápida industrialização. Segundo, as empresas podem criar valor ao operar com níveis mais amplos de transparência e responsabilidade, uma vez que são impulsionadas pela sociedade civil. Terceiro, as empresas podem criar valor por meio do desenvolvimento de novas tecnologias que tenham o potencial para reduzir as pegadas ambientais do homem sobre o planeta. Finalmente, as empresas podem criar valor ao atender as necessidades daqueles localizados no extremo inferior da pirâmide de renda do mundo, e isso de uma forma que facilite a criação e distribuição de renda inclusiva (HART; MILSTEIN, 2004).

Desta forma, fatores como posição competitiva, estrutura da cadeia produtiva, interface com o governo e sociedades, capacidades estratégica, tecnológica e inovativa impactam diretamente em como internalizar os princípios da sustentabilidade, bem como dos resultados alcançados pelas empresas sob o ponto de vista de sua competitividade (LOMBARDI; BRITO, 2007). Ainda, para Hart e Milstein (2004), se considerada a perspectiva dos negócios, há evidências de que os motivadores da sustentabilidade apresentam oportunidades para as empresas, uma vez que o cliente final cada vez mais se informa sobre os efeitos dos produtos que consome e, quando possível, busca premiar as organizações que produzem produtos de forma diferenciada.

## 1.1 DEFINIÇÃO DO PROBLEMA

No início da década de 1990, a Conferência das Nações Unidas para o Meio Ambiente e Desenvolvimento (*United Nations Conference on Environment and Development*), realizada no Rio de Janeiro, contou com a participação de órgãos governamentais internacionais, assim como setores independentes da sociedade, como as ONGs. Nessa conferência foi produzida a “*Carta da Terra*”, que cita princípios básicos e a “*Agenda 21*”, um amplo programa com o

objetivo de dar efeito prático aos princípios aprovados, através da convocação das empresas para uma participação ativa na implementação de programas sustentáveis. Juntamente com os debates, foi criado um conjunto de normas internacionais para a mensuração da qualidade ambiental, exigindo a adequação ambiental de empresas exportadoras (REIS; FADIGAS; CARVALHO, 2005)

De acordo com Chehebe (1997), nesta época também foi desenvolvido o método denominado Análise do Ciclo de Vida (ACV), também conhecido como eco-balanco ou análise do berço ao túmulo. Essa análise tem como objetivo identificar pontos de melhoria de um dado processo, produto ou atividade econômica em todas as suas etapas do seu ciclo de vida. Conforme Chehebe (1997), a ACV avalia os impactos potenciais associados a um produto desde a extração de materiais da natureza (denominada de berço) até a disposição final (túmulo). Em 1992, a *Society Environmental Toxicology And Chemistry* (SETAC) criou um comitê técnico para normatizar a ACV, definindo assim parte da série ISO 14000. Estudos científicos (PINTO JR.; PINTO, 2000; PINTO, 2008; ROMERO, 2008) alertam o Brasil para algumas das conseqüências causadas pela poluição. De acordo com McDonough e Braungart (2002), verifica-se a escassez de recursos em regiões privilegiadas, assim como de novas possibilidades tecnológicas de materiais e até mesmo em processos de produção. Desta forma, observa-se, ainda que em estágio embrionário e em determinados setores industriais nacionais, empresas engajadas no sentido de mudar sua abordagem às questões ambientais, substituindo a postura reativa por uma postura no qual o meio ambiente é uma meta de ação legítima nos negócios e nas atividades inovativas. Conforme Daroit e Nascimento (2000) e Nascimento (2000), a questão ambiental, quando colocada no centro dos negócios, pode propiciar o surgimento de inovações tecnológicas importantes, que requerem da organização a geração de conhecimento sobre o mercado, assim como pesquisas científicas que permitam o desenvolvimento de soluções ambientais. Tais melhorias podem ser tanto nas atividades de rotina, como até grandes modificações de produtos e processos.

Segundo Ulrich e Eppinger (2000), o processo de desenvolvimento de produtos (PDP) evoluiu sistematicamente conforme as organizações avançaram na organização da produção. Ainda conforme os autores, o processo de desenvolvimento de produtos é considerado atualmente o conjunto de atividades que se inicia com a percepção de uma oportunidade de mercado e que finaliza na produção do produto, sua venda e entrega para o consumidor final. Desta forma, desenvolver um produto não é um processo simples, uma vez que é comum o envolvimento de um número significativo de atores que requer atenção à ampla gama de

parâmetros, envolvendo funções como desenho industrial, produção e *marketing* (ULRICH; EPPINGER, 2000).

A partir da década de 1980, os modelos de PDP passaram de uma abordagem focada no processo de projeto da forma e funções do produto para a assimilação gradual de questões mais amplas na empresa como sua estrutura organizacional, suas relações com o mercado e seus parâmetros estratégicos, que estão representados nos modelos atuais. Entretanto, há semelhanças na definição das etapas e na busca da qualidade das decisões, assim como na redução das incertezas ao longo do processo (ROZENBURG; EEKELS, 1995; BENEDETTO; CRAWFORD, 2000; ULRICH; EPPINGER, 2000).

Conforme Anderson (1996), a modelagem e a gestão do PDP têm como base a estruturação das grandes etapas necessárias, desde a fase inicial até o lançamento de um produto no mercado. Esse modelo, conhecido como *Stage Gates*, apresentado inicialmente por Cooper (1986), estabelece pontos de decisão e verificação da boa execução do processo em si e seus resultados. Este modelo tem diferentes variações, como o funil de decisões apresentado por Wheelright e Clark (1997), no qual considera a redução de incerteza juntamente com o avanço do processo, concomitantemente com as limitações de recursos. Ainda conforme Anderson (1996), outro pilar da modelagem e gestão do PDP é o Desenvolvimento Integrado de Produtos (DIP). Conforme o autor, o DIP tem como objetivo integrar as diversas atividades dentro da organização necessárias para o desenvolvimento de um determinado produto.

Dessa forma, a gestão de grandes etapas intercaladas por pontos de decisão juntamente com uma estrutura que permite que diferentes equipes realizem atividades diversas paralelamente, com o pressuposto de que haja grande troca de informações, tem atualmente aplicabilidade nas empresas que buscam aprimorar seus métodos de gestão do PDP, além de possibilitar o casamento do planejamento estratégico e pesquisas de mercado com o desenvolvimento de produto.

Sob o prisma das organizações, a gestão do portfólio de produtos requer visão estratégico-tática (COOPER *et al.* 1998). Portanto, a concepção de posicionamento estratégico do produto é relevante, pois permite conciliar a visão apresentada no parágrafo anterior com a de sustentabilidade, além de dar perspectiva sobre os produtos da organização e produtos concorrentes de outras organizações em um dado segmento de atuação (BAXTER, 2000). Uma forma preconizada pela literatura é a das matrizes de posicionamento estratégico de Porter (1986), em particular, a forma apresentada derivada da Matriz de Kraljick apresentada por Klippel, Antunes e Vaccaro (2007), chamada de Matriz de Posicionamento

Estratégico de Materiais (MPEM). Segundo Klippel, Antunes e Vaccaro (2007), a partir da dimensão “Risco de Suprimento” e “Influência nos Resultados” é possível construir uma MPEM classificando os materiais em quatro grandes segmentos: componentes não-críticos; componentes estratégicos; componentes de risco; e componentes competitivos.

De acordo com Porter (2003), a essência da estratégia está nas atividades, ou seja, a possibilidade de desempenhar atividades de forma diferentes ou de desempenhar atividades diferentes em comparação com os rivais. Nesse sentido, e considerado o contexto socioambiental atual, para organizações que têm o desenvolvimento de novos produtos como estratégia, é imperativo que estas tenham condições de avaliar seus produtos quanto à sustentabilidade. Clark e Wheelright (1993) e Cooper (1993) enfatizam a necessidade das organizações melhorarem o processo de desenvolvimento, seja alterando sua estrutura de trabalho ou utilizando técnicas e métodos que facilitem o desenvolvimento de um novo produto.

Cooper, Scott e Kleinschmidt (2001) afirmam que novos produtos nunca foram tão vitais para as organizações. Entretanto, quanto maior o número de produtos, maior a quantidade de resíduos advindo dos mesmos. Desta forma, McDonough e Braungart (2002) argumentam que nos modelos acadêmicos de PDP as questões ambientais não são tratadas com significativa atenção. Porém, a dimensão econômica e a dimensão ambiental não devem ser encaradas como dicotômicas. Para McDonough e Braungart (2002), existe a necessidade de métodos ou ferramentas para a tomada de decisão no processo de desenvolvimento de produtos no que tange à questão de sustentabilidade.

Dessa forma, a colocação de um novo produto em um segmento deve observar, pelo menos, duas das possíveis visões de sustentabilidade existentes durante o seu desenvolvimento: ambiental e mercadológica. Do prisma da sustentabilidade ambiental, é necessário contemplar as questões apresentadas anteriormente, na forma de indicadores. Do prisma mercadológico, é necessário considerar a possibilidade de ganhos sobre o novo produto, sem o qual não haverá interesse pela adoção da nova tecnologia ou produto. Essas visões necessitam ser observadas de forma integrada, de modo a se obter, de fato, sustentabilidade para o produto apresentado ao mercado.

Nesse sentido, esta dissertação apresenta a seguinte questão de pesquisa: **como avaliar estrategicamente se um produto é melhor do que outro do ponto de vista econômico e ambiental?**

## 1.2 OBJETIVOS

Para responder a questão proposta, essa dissertação tem como objetivo principal **propor um método baseado na Análise do Ciclo de Vida com elementos Econômicos e de Posicionamento Estratégico para apoio à tomada de decisão.**

Os objetivos específicos da presente pesquisa são:

- identificar elementos que integrem as visões de posicionamento estratégico, impactos ambientais e econômicos na avaliação de produtos;
- propor um instrumento de suporte ao método, na forma de uma matriz de posicionamento estratégico de produtos;
- analisar a aplicabilidade do método proposto, tomando como base um produto encontrado no mercado nacional, assim como diferentes cenários de outro produto em desenvolvimento.

## 1.3 JUSTIFICATIVA

O produto principal desta dissertação é um método de posicionamento estratégico de produtos baseado nos conceitos de Sustentabilidade, Análise de Ciclo de Vida (CHEHEBE, 1997), e em matrizes de posicionamento estratégico, (PORTER,1986; KRALJIC, 1983; KLIPPEL; ANTUNES; VACCARO, 2007; ANTUNES *et al.* 2008), com diferentes cenários para poder avaliar qual produto em desenvolvimento possui o menor impacto ambiental e custo. Este método pretende promover suporte para a tomada de decisão de características do produto, assim como na construção de sua cadeia produtiva.

Segundo Pidd (1998), modelos devem ser aplicados para o auxílio de tomada de decisão. Na visão de Clemen (1996), o processo de tomada de decisão consiste em cinco etapas. São elas:

1. definir o contexto e os objetivos da decisão;
2. identificar/gerar alternativas;
3. criar um modelo de decisão;

4. analisar as alternativas;
5. selecionar a melhor alternativa.

Para responder à questão de pesquisa apresentada anteriormente, este estudo justifica-se por integrar conceitos de Sustentabilidade, ACV e Posicionamento Estratégico. Conforme Reis, Fadigas e Carvalho (2005), para algumas organizações, os padrões de sustentabilidade afetarão os padrões de consumo e as formas de produção do século XXI, fazendo da sustentabilidade um condicionante significativo de vantagem competitiva.

Segundo Ashley (1993), o processo de *design* de um produto ambiental deve ter atributos como fácil reciclabilidade, desmontagem, manutenção, reaproveitamento e reuso. Para Pujari (2006), a ACV é a avaliação de estágios consecutivos e interligados de um sistema produtivo, desde a aquisição de material até a disposição final. Sroufe *et al.* (2000) e DeMendonça e Baxter (2001) argumentam que o uso da ACV, para desenvolver um produto ambientalmente mais sustentável, é a mais usada e promissora ferramenta a ser utilizada por organizações responsáveis, assim como *designers* e engenheiros, uma vez que pode ser um guia para os profissionais examinarem o produto durante todo o seu ciclo de vida, introduzindo modificações durante o processo de desenvolvimento do produto.

Do ponto de vista referencial, a busca realizada no banco de dados da *Scientific Electronic Library Online Brazil* (SciELO Brazil) identificou trabalhos realizados que apresentam relação com uma das três principais áreas envolvidas. Foram pesquisados no campo “todos os índices” as palavras-chaves as palavras-chaves apresentadas no Quadro 1. Percebe-se pela quantidade de artigos encontrados, assim como pela quantidade de artigos relevantes para este trabalho, um campo a ser explorado pela academia brasileira.

Também foram realizadas buscas no banco de dados da *ScienceDirect* usando as palavras-chaves apresentadas no Quadro 2. Neste caso, vale ressaltar que foi utilizada a sigla de *Life Cycle Assessment* (LCA), ou seja, Análise de Ciclo de Vida (ACV) nas buscas.

Dessa forma, do ponto de vista acadêmico, esta dissertação justifica-se pela possibilidade de contribuir com a discussão sobre o tema de foco, a fim de preencher a lacuna existente na academia, apontada por McDonough e Braungart (2002), propondo um método no qual interagem sustentabilidade, ACV, elementos econômicos e posicionamento estratégico de produto, avaliando diferentes possíveis cenários das cadeias produtivas de um determinado produto em desenvolvimento, além de promover discussões na interface destas áreas.

<b>Palavras-chave</b>	<b>Artigos Encontrados</b>	<b>Artigos Considerados Relevantes</b>
Método <i>and</i> Sustentável	24	2
Método <i>and</i> Sustentabilidade	18	Nenhum
Método <i>and</i> Sustentável <i>and</i> Ciclo de Vida	Nenhum Retorno	-
Método <i>and</i> Sustentabilidade <i>and</i> Ciclo de Vida	Nenhum Retorno	-
Estratégia <i>and</i> Sustentável	22	Nenhum
Estratégia <i>and</i> Sustentabilidade <i>and</i> Ciclo de Vida	Nenhum Retorno	-
Estratégia <i>and</i> Sustentável <i>and</i> Ciclo de Vida	Nenhum Retorno	-
Estratégia <i>and</i> Sustentabilidade <i>and</i> Posicionamento	Nenhum Retorno	-
Posicionamento <i>and</i> Sustentável	2	Nenhum
Posicionamento <i>and</i> Sustentabilidade	2	Nenhum
ACV	14	1
Estratégia <i>and</i> econômica	64	Nenhum
Estratégia <i>and</i> Ambiental	72	4

Quadro 1 - Artigos encontrados no banco de dados SciELO Brazil

Fonte: O autor (2010)

<b>Palavras-chave</b>	<b>Artigos Encontrados</b>	<b>Artigos Considerados Relevantes</b>
Sustainable LCA Development Product	2065	57
Method Sustainable LCA Strategy	1482	36
Method Sustainable LCA Strategy Product	1383	23
Sustainable "Life Cycle Assessment" Economic "Development Product"	13	2

Quadro 2 - Artigos encontrados no banco de dados ScienceDirect

Fonte: O autor (2010)

#### 1.4 DELIMITAÇÃO DO ESTUDO

Esta dissertação pretende agregar dados para o auxílio à tomada de decisão de gestores, os quais definem questões críticas de um determinado produto, como a matéria-prima utilizada, por exemplo.

Desta forma, a pesquisa propõe um método e analisa a sua aplicabilidade em um caso real. No entanto, esta dissertação não tem como objetivo validar o método proposto. O mesmo não é validado, uma vez que, para isto, são necessárias diferentes abordagens metodológicas, o que ultrapassa o escopo temporal disponível para esta dissertação. A aplicação do método

possibilita apenas a análise de sua aplicabilidade e identificação de refinamentos, na perspectiva de continuidade da pesquisa por intermédio dos grupos de pesquisa ao qual o autor/pesquisador está vinculado. Além disso, conforme Popper (1998), todo artefato teórico é passível de refutação com base em um único caso, independentemente de quantos resultados positivos tenha gerado anteriormente. A refutação, no entanto, não deve ser encarada como resultado definitivo, mas como indicador da necessidade de refinamentos ou melhorias sobre os artefatos existentes.

A construção do método proposto é baseada em conceitos, teorias, ferramentas e técnicas já exploradas anteriormente e aceitas na academia. Entretanto, será utilizado o procedimento de identificação e avaliação de aspectos ambientais no sistema de gestão ambiental da UNISINOS. Dessa forma, esta dissertação não tem o objetivo de discutir exaustivamente os conceitos utilizados para estruturar o método, mas sim apresentar alternativas que podem ser úteis para a tomada de decisão estratégica.

As premissas para a elaboração dos resultados da presente pesquisa são:

- as pessoas ou organizações têm interesse em produtos ambientalmente corretos;
- há carência de métodos ou ferramentas para auxiliar gestores na tomada de decisões estratégicas (MCDONOUGH; BRAUNGART, 2002);
- há conhecimento prévio: o usuário do método proposto possui conhecimento de ACV e dos demais conceitos utilizados no método;
- há disponibilidade de dados, preferencialmente do contexto em que o método está sendo aplicado. Na falta desses dados de contextos similares ou de origem internacionais e fonte confiável poderão ser utilizados;
- há compreensão e visão do escopo do ciclo de vida do produto;
- há compreensão e visão do escopo da cadeia produtiva;
- há compreensão dos custos do produto;
- há compreensão da manufatura do produto.

Por fim, a aplicação do método proposto acontece em um caso real com o objetivo de identificar qual produto está mais próximo da sustentabilidade e, a partir de então, realizar ações para uma mudança estratégica, caso necessário. Ou seja, os cenários de melhorias são

propostos em conjunto com os envolvidos no desenvolvimento do novo produto estudado, e não exclusivamente a critério do pesquisador.

Vale ressaltar que não é objetivo do estudo discutir sustentabilidade sob o prisma social. Ou seja, será discutido apenas sob o prisma econômico e ambiental.

## 1.5 ESTRUTURA

O texto ora apresentado é dividido em seis capítulos apresentados conforme ilustra a Figura 1.

Capítulo 1	<b>INTRODUÇÃO</b> Definição do problema, objetivos, justificativa, delimitação da pesquisa e estrutura do texto
Capítulo 2	<b>METODOLOGIA</b> Método de pesquisa e método de trabalho
Capítulo 3	<b>REFERENCIAL TEÓRICO</b> Referencial teórico que dará o embasamento para o estudo
Capítulo 4	<b>PROPOSIÇÃO</b> Apresentação do método proposto para responder a questão de pesquisa
Capítulo 5	<b>APLICAÇÃO EM UM CASO</b> Aplicação do método em um produto encontrado no mercado nacional, assim como no produto desenvolvido pelo Projeto DIESPADA
Capítulo 6	<b>CONCLUSÃO</b> Conclusão da aplicação, discussão, repensar método, trabalhos futuros
Referências Bibliográficas	Apresentação das bibliografias utilizadas

Figura 1 – Estrutura da dissertação  
Fonte: o autor (2010)

No Capítulo 1 é apresentada a introdução, onde questões relevantes foram abordadas para a compreensão do estudo, tais como: (i) definição do problema de pesquisa; (ii) objetivos; (iii) justificativa; (iv) delimitação e; (iv) estrutura do texto.

O Capítulo 2 apresenta a metodologia adotada para responder a questão de pesquisa. Adicionalmente, o método de trabalho para a condução do estudo também é apresentada.

O Capítulo 3 contém o referencial teórico que dará o embasamento para o estudo, tais como os conceitos Sustentabilidade, Análise de Ciclo de Vida e elementos para posicionamento estratégico.

O Capítulo 4 apresenta o método proposto, desde a construção da Matriz de Posicionamento Estratégico até os passos para sua aplicação.

O Capítulo 5 é reservado à aplicação e análise do método proposto em um caso real de um produto em desenvolvimento.

Finalmente o Capítulo 6 apresenta as conclusões, críticas e recomendações para trabalhos futuros, seguido pelo referencial bibliográfico utilizado na pesquisa.

## 2 METODOLOGIA

Este capítulo apresenta o planejamento e desenvolvimento da pesquisa, seguindo critérios aceitos na academia de modo que seja reconhecida como contribuição para o avanço da ciência, respondendo às questões propostas.

### 2.1 MÉTODO DE PESQUISA

O método proposto na abordagem desta dissertação é dividido em quatro fases. Cada fase é organizada e delimitada conforme os objetivos propostos, que por sua vez são denominados: exploração; proposição; aplicação; e conclusão. A estrutura do método utilizado e suas relações são ilustradas pela Figura 2.

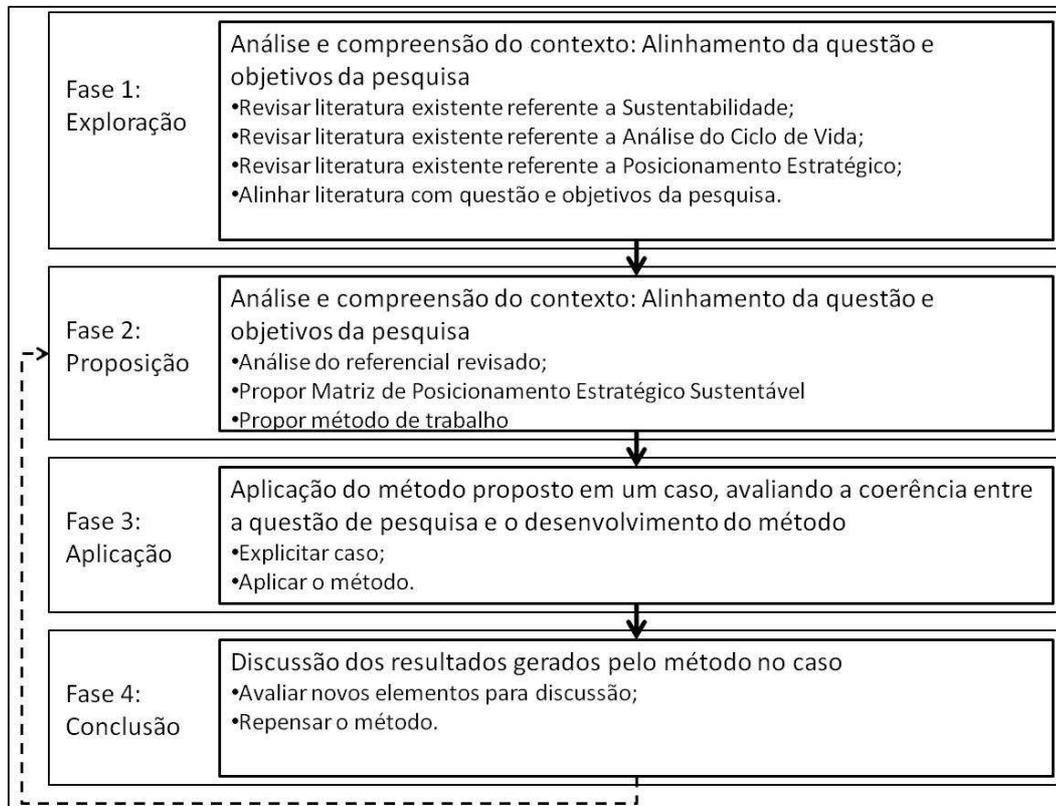


Figura 2 - Método de Pesquisa  
Fonte: o autor (2010)

Conforme Malhotra (2006), a fase exploratória tem como objetivo familiarizar o pesquisador com o problema, com o objetivo de torná-lo explícito. Ainda conforme o autor, a pesquisa exploratória é flexível e versátil, uma vez que não emprega procedimentos formais.

A questão de pesquisa apresentada na seção 1.1 remete a três áreas do conhecimento: sustentabilidade, em evidência nos últimos anos; a Análise do Ciclo de Vida, que avalia os impactos ambientais de produtos ou serviços; e elementos de posicionamento estratégico. A fase exploratória relaciona conceitos, ferramentas e técnicas de cada uma das três áreas, apresentadas no Capítulo 3.

O produto da relação destes elementos é desenvolvido na fase de proposição, cujo resultado é apresentado no Capítulo 4, embasado na revisão bibliográfica e na análise do pesquisador sobre o tema, que permite a construção do método proposto.

A terceira fase do método de pesquisa é dedicada à aplicação do método proposto no desenvolvimento de um produto. A título de teste, selecionou-se o produto desenvolvido no âmbito de um projeto de pesquisa da UNISINOS, intitulado “Desenvolvimento de Isoladores Elétricos para Proteção para Descargas Atmosféricas em Estações Petrolíferas” (DIESPADA). Este projeto, iniciado em 2007, tem como objetivo desenvolver isoladores elétricos para Sistemas de Proteção para Descargas Atmosféricas (SPDA). As proposições teóricas são levantadas, expondo as dificuldades e fragilidades de cada cadeia produtiva estudada.

A quarta fase propicia uma discussão dos resultados encontrados na etapa de aplicação do método. A fase de reavaliação rediscute etapas do método que foram superestimadas ou subestimadas. É nesta fase que se discute futuras aplicações do método. As razões que levaram o pesquisador a utilizar esse método de pesquisa baseiam-se na afirmação de Santos e Parra (1998), de que o processo a ser seguido no método de pesquisa deve partir da lógica aplicada, ou seja, estabelecer e explicar o caminho a ser percorrido com foco no objetivo a ser atingido, obtendo uma melhor compreensão da realidade. Da mesma forma, conforme Gil (2007), o método consiste no conjunto de processos, que etimologicamente tem o significado de caminho, para se chegar a um fim pré-estabelecido.

Sob a ótica preconizada por Manson (2006), pode-se argumentar que o método de pesquisa apresentado atende parcialmente os requisitos do método *Design Research*. Isto porque, conforme Hevner *et al.* (2004), o modelo de *Design Research* apresenta as seguintes etapas:

- *insights*/consciência ou conhecimento do problema;

- proposição;
- execução/Desenvolvimento;
- avaliação; e
- conclusão.

No entanto, o método de pesquisa *Design Research*, conforme Hevner *et al.* (2004), apresenta rigidez estrutural intrínseca, em função do grande esforço que deve ser investido na etapa de avaliação. Porém, no entendimento do pesquisador, dado que não é prevista a avaliação intensiva dos resultados gerados pela presente dissertação, apesar da semelhança, o método de pesquisa apresentado não pode ser chamado de *Design Research*. Por outro lado, proporciona a estruturação e flexibilidade necessárias ao pesquisador para compreender o problema de pesquisa e propor uma forma de desenvolvimento que responda a esse problema.

Vale ressaltar também que o método estudo de caso não foi utilizado porque, conforme Gil (2007), este método não prestaria suporte adequado à condução de uma pesquisa com a natureza ora proposta. Entretanto, alguns elementos de estudo de caso figuram na constituição de etapas do trabalho proposto.

Por fim, o método de pesquisa utilizado nesta dissertação para a abordagem do problema de pesquisa atribui, também, delimitações que objetivam restringir e focar no trabalho. A primeira premissa do método proposto recai na fase exploratória, uma vez que, se a pesquisa bibliográfica não englobar todas as possibilidades disponíveis, o método proposto poderá ser limitado. A segunda premissa é que a aplicação em um caso real fornece elementos importantes para refinar e analisar o método proposto.

## 2.2 MÉTODO DE TRABALHO

Gil (2007) recomenda o uso de fluxo da pesquisa através de diagrama, uma vez que este é elaborado mediante a execução de etapas necessárias para o seu desenvolvimento. O método de trabalho desdobra as quatro fases do método de pesquisa em atividades para o desenvolvimento desta dissertação. O desenvolvimento do presente trabalho dar-se-á conforme ilustra a Figura 3.

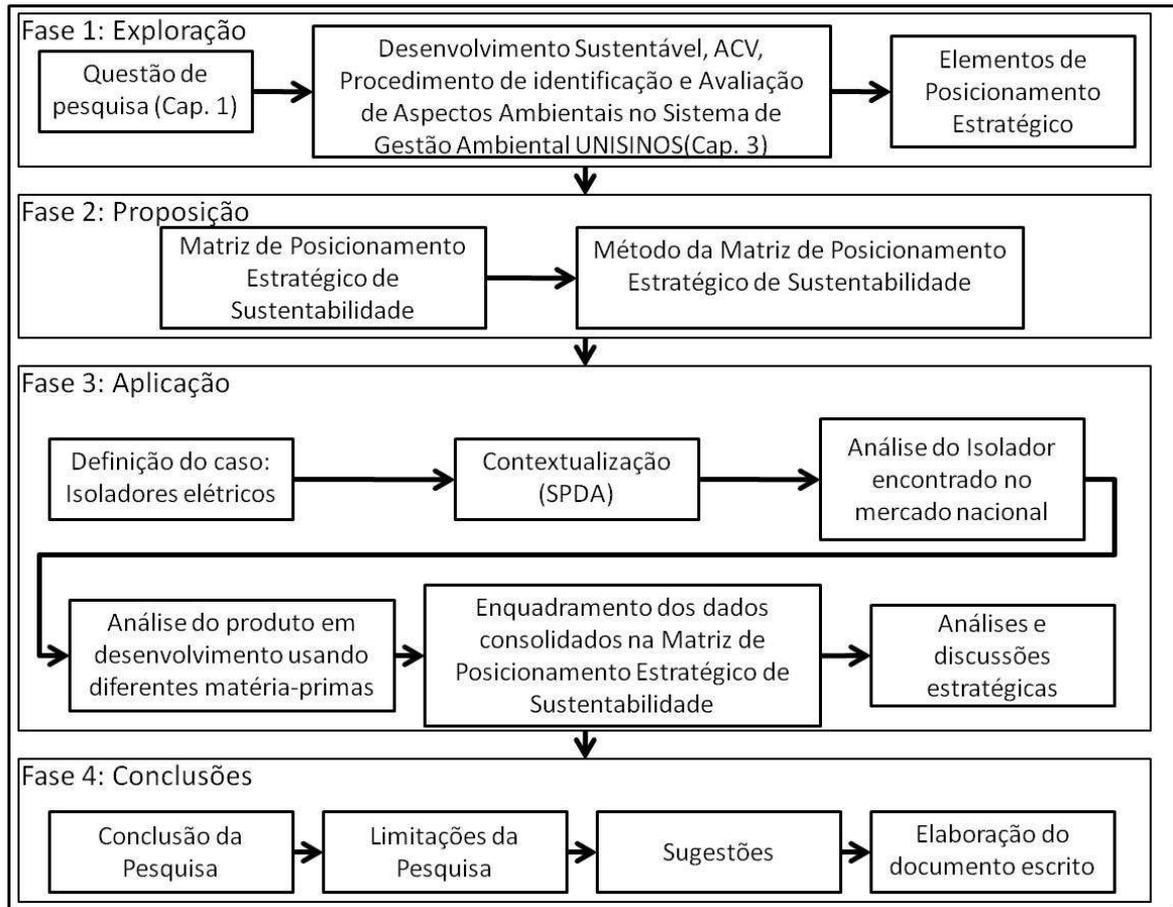


Figura 3 - Método de Trabalho  
Fonte: o autor (2010)

As atividades relacionadas à primeira fase, de exploração, tiveram como propósito provocar *insights* de como se obter um produto sustentável enquanto este ainda está sendo desenvolvido. O problema advém do projeto de pesquisa DIESPADA que desenvolve um novo isolador elétrico para SPDA, no qual o pesquisador está inserido. Para tanto, foram realizadas buscas na literatura para que fosse possível identificar elementos para a condução de *insights*. Neste sentido, foram realizadas buscas em bancos de dados de periódicos, como o SciELO, ScienceDirect, Scopus, Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), entre outros. As buscas iniciaram em abril de 2009 e foram realizadas até junho de 2010. Neste período, também foram pesquisadas bibliotecas digitais da Universidade de São Paulo (USP), Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS) e Universidade do Vale do Rio dos Sinos (UNISINOS). Ao mesmo tempo, também foram acessados livros, basicamente da biblioteca da UNISINOS, assim como títulos fornecidos pelo orientador e co-orientador. Com o aprofundamento nas questões de sustentabilidade, ACV, PDP e posicionamento estratégico, periódicos específicos foram acessados, tais como: *Journal of Cleaner Production; Resources, Conservation and Recycling, Journal of Biotechnology;*

*Ecological Economics; Journal of Product Innovation Management*. Com um melhor entendimento do que a academia oferece nestes campos de pesquisa, o pesquisador, juntamente com os orientadores, buscou gerar *insights* e chegou à questão de pesquisa desta dissertação: como avaliar estrategicamente se um produto em desenvolvimento é melhor do que outro encontrado no mercado do ponto de vista econômico e ambiental? A partir de então surgiu a idéia de propor um método que contemplasse visões de diferentes primas: ambiental e econômico.

Após a definição do que fazer para responder a questão de pesquisa, foi discutido qual método adequado para conduzir a pesquisa. Os envolvidos nas discussões tinham argumentos diferentes para a utilização de Estudo de Caso ou *Design Research*. Entretanto, o método adotado não é especificamente nem um nem outro, mas conta com elementos de ambos.

Com o método de pesquisa definido e com o método proposto idealizado, se iniciou então pesquisas bibliográficas a respeito de desenvolvimento sustentável, ACV e elementos econômicos e de posicionamento estratégico. Ainda nesta fase, foi efetuado um estudo mais profundo nas fontes dos artigos encontrados inicialmente nas bases pesquisadas que tratavam de assuntos relevantes para esta dissertação: sustentabilidade, ACV e posicionamento estratégico. *Insights* surgiram a partir de leituras mais detalhadas dos livros Chehebe (1997), Reis, Fadigas e Carvalho (2005), Porter (1986), assim como dos artigos de Hur, Kim e Yamamoto (2003), Braungart, McDonough e Bollinger (2007), Huppés e Ishikawa (2009).

Com a consciência do problema juntamente alicerçado na literatura disponível, iniciou-se a segunda fase, chamada de Proposição, onde o pesquisador propôs um método que pudesse responder a questão de pesquisa. A partir de então, o referencial bibliográfico desta dissertação começou a ser construído e desconstruído e reconstruído, à medida que o método proposto ia amadurecendo em decorrência de encontros com os orientadores. O método foi considerado maduro o suficiente pelo pesquisador, juntamente com o orientador e co-orientador, após discussões de como o método proposto seria aplicado e como isto poderia ajudar equipes de desenvolvimento de produtos a tomarem decisões estratégicas para a organização do ponto de vista ambiental e econômico.

Com o método proposto maduro, deu-se início à terceira fase de trabalho, ou seja, a aplicação do método proposto em um caso real de desenvolvimento de produto. Para tanto, o projeto DIESPADA foi utilizado como teste, uma vez que tanto o pesquisador quanto o orientador e co-orientador estão envolvidos neste projeto. A partir de então foram pesquisados bancos de dados que fornecessem dados de entradas e saídas no que tange o meio ambiente para a análise de inventário, fase fundamental tanto para a ACV quanto para o método

proposto. Da mesma maneira, a aplicação destes produtos é explicitada para um melhor entendimento de sua utilização. Após vencer as dificuldades enfrentadas devido à escassez de dados ambientais referentes às cadeias produtivas envolvidas tanto no produto encontrado no mercado nacional quanto o desenvolvido pelo projeto DIESPADA, o método foi aplicado, a fim de nortear a equipe de desenvolvimento a efetuar modificações no produto antes do lançamento no mercado para que o mesmo seja sustentável.

Na quarta fase, o método proposto foi discutido quanto a sua aplicabilidade. Ainda nesta mesma fase, conclusões foram apresentadas e sugestões para estudos futuros propostos. Por fim, a elaboração desta dissertação foi efetuada.

### 3 REFERENCIAL TEÓRICO

Este capítulo tem por objetivo apresentar o referencial teórico pesquisado para esta dissertação. A proposta de discussão segue três tomos básicos: desenvolvimento sustentável, seus conceitos e oportunidades; Análise do Ciclo de Vida (ACV), seu histórico, benefícios e fases; e estratégia competitiva.

#### 3.1 DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL

De acordo com Freeman (1996), nos anos 60 e 70, as discussões sobre questões ambientais se caracterizavam fundamentalmente pela idéia de que a economia e população entrariam em colapso antes do século XXI, em consequência do crescimento populacional, da exaustão de recursos naturais, da poluição e do consumo em massa.

Em 1968 foi criado o Clube de Roma. De acordo com a *United Nations of Environment Program* (2002), o grupo se reunia regularmente em uma pequena vila em Roma para sugerir soluções para o futuro do mundo. Nessas discussões, abriram-se duas perspectivas de análise. Na primeira perspectiva eram discutidos os efeitos do desenvolvimento tecnológico, ou seja, o quanto as tecnologias resultavam em problemas como poluição do meio ambiente e os reflexos na população. A segunda perspectiva estava ligada aos efeitos econômicos e sociais. Tais efeitos estavam ligados à idéia de que o crescimento populacional aumentaria a demanda de consumo e, conseqüentemente, o esgotamento dos recursos naturais.

Em 1972, o Clube de Roma solicitou uma pesquisa ao *Massachusetts Institute of Technology*. De acordo com Meadows *et al.* (1972), este relatório, intitulado “Os Limites do Crescimento” apresenta resultados de simulações computacionais da evolução da população humana com base na exploração dos recursos naturais para 2100. Devido ao crescimento econômico durante o século XXI, as simulações indicavam que, para evitar o colapso, deveria haver uma drástica redução populacional, uma vez que com o ritmo de crescimento proposto na época, as terras aráveis e os recursos energéticos tendiam (e tendem) à escassez.

Ainda no mesmo ano, foi realizada a Conferência sobre o Ambiente Humano das Nações Unidas, em Estocolmo, ampliando o debate para cunho internacional no campo ambientalista, contemplando também as implicações da preservação do meio ambiente sobre os aspectos técnicos e sociais. Conforme a *United Nations of Environment Program* (2002), nessa conferência os debates assumiram uma postura menos radical ao do apresentado inicialmente pelo Clube de Roma, buscando estabelecer a idéia de complementaridade entre o desenvolvimento ambiental e econômico. Sob essa ótica, o desenvolvimento econômico era visto como um elemento fundamental na diminuição da pobreza. Para tanto, o desenvolvimento econômico deveria apoiar-se em mecanismos que privilegiassem a conservação e o uso adequado dos recursos naturais.

De acordo com Nascimento, Lemos e Mello (2008), a questão ambiental evoluiu de problemas predominantemente nacionais para preocupações com o alcance regional e global dos problemas ambientais e as responsabilidades pelos mesmos. Nesse sentido, foram identificados problemas ambientais internacionais, tais como a mudança do clima, a chuva ácida e a destruição da camada de ozônio.

Conforme Reis, Fadigas e Carvalho (2005), ao final da década de 1980, o resultado do trabalho da Comissão Mundial para o Meio Ambiente e Desenvolvimento, também conhecida como Comissão *Brundtland*, ocorrida em 1983, foi publicado. Neste relatório, intitulado “Nosso Fundo Comum” (*Our Common Future*), ficou evidenciada a recusa dos países em desenvolvimento de tratar as questões ambientais em seu estrito senso, ancorados na necessidade de discutir os paradigmas de desenvolvimento e sua repercussão na utilização dos recursos naturais e sistemas ecológicos. Conforme a *United Nations of Environment Program* (2002), a Comissão *Brundtland* concluiu que os arranjos institucionais e a tomada de decisões nas esferas social, econômica e ambiental da época, tanto no âmbito nacional quanto internacional, simplesmente não comportavam as demandas do desenvolvimento sustentável.

Neste relatório foi apresentada a mais conhecida conceituação dentre as diversas que podem ser encontradas para desenvolvimento sustentável. Conforme Reis, Fadigas E Carvalho (2005), desenvolvimento sustentável é aquele que satisfaz as necessidades das gerações presentes sem afetar a capacidade de gerações futuras também satisfazer suas próprias necessidades.

A partir de então, conforme Reis, Fadigas e Carvalho (2005), houve vários acordos ambientais, sendo o que teve mais êxito foi o Tratado de Montreal, ocorrido em 1987. Neste tratado, ficaram fixadas as diretrizes para a substituição industrial dos gases clorofluorcarbonos (CFC) por outros compostos menos destrutivos à camada de ozônio.

Para Foray e Grundler (1996), após os anos 80, houve uma mudança de percepção do potencial da tecnologia e de sua influência sobre as questões ambientais. Para o autor, cada vez mais a substituição de processos tecnológicos aumenta a eficiência dos modos de produção e do consumo de bens e serviços, uma vez que novas possibilidades sustentáveis superam as limitações ligadas à escassez de recursos. Outra mudança diz respeito às novas tecnologias que podem ser qualificadas como recursos “aumentativos”, ou seja, tais tecnologias podem capacitar o aumento de recursos naturais existentes. Ainda conforme o autor, a tecnologia pode oferecer, de uma forma alternativa, uma redução do uso de recursos naturais.

Em 1992 ocorreu no Rio de Janeiro a Conferência das Nações Unidas para o Meio Ambiente e Desenvolvimento, também conhecida como Eco 92. Nessa conferência foi redigida a Resolução 44/228. Esta resolução ressalta que a proteção ambiental deve ser enfocada num contexto de íntima relação entre pobreza e degradação. Reconhece também que a maioria da poluição é causada por países desenvolvidos, e que estes terão a responsabilidade de combatê-la. A Resolução 44/228 ainda sugere que recursos e tecnologias devem ser colocados à disposição dos países em desenvolvimento para reverterem seu processo de degradação ambiental, assim como uma solução rápida e eficaz fosse tomada para o problema de dívidas externas, requisito fundamental para a estratégia de desenvolvimento sustentável. Conforme Reis, Fadigas e Carvalho (2005), esta conferência resultou em cinco documentos: a Agenda 21, a Convenção do Clima, a Convenção da Biodiversidade, a Declaração do Rio e os Princípios sobre Florestas. Tais documentos delineiam ou contêm acordos internacionais que têm como objetivo modificar os sistemas em direção ao desenvolvimento sustentável.

Em 1997, ocorreu a Conferência das Partes da Convenção sobre Mudança do Clima das Nações Unidas, no Japão, onde foi negociado o protocolo de Kyoto. Nesta convenção, os Estados Unidos da América (EUA) fez o papel de país opositor ao tratado, embora fosse o maior responsável pelas emissões de gases que geram o efeito estufa. De acordo com Nascimento, Lemos e Mello (2008), este acordo tinha como meta inicial reduzir as emissões dos gases responsáveis pelo efeito estufa em 5,2% no período de 2008 a 2012 comparativamente ao total das emissões da década de 90. Tal tratado entrou em vigor em 2005, reunindo 55 países que respondiam por aproximadamente 55% das emissões globais.

Mais recentemente, em 2002, houve a Conferência de Johannesburgo, na África do Sul, também denominada Rio +10 ou Cúpula Mundial para o Desenvolvimento Sustentável. Nela, a posição dos EUA foi de continuar retardando a ratificação do Protocolo de Kyoto. Além disso, avanços pouco significativos ocorreram com relação à Rio 92. A Rio +10 tinha como

um dos objetivos avaliar o que havia sido feito na Agenda 21 nos últimos dez anos. Entretanto, o produto final desta Conferência foi um plano de implementação dos países nos próximos anos para questões relacionadas com o acesso ao saneamento básico, recuperação de áreas pesqueiras, produção de produtos químicos não agressivos ao meio ambiente e à saúde humana, assim como o aumento do uso de energias renováveis.

Com o exposto, pode-se verificar a mudança da percepção dos limites naturais. De acordo com Reis, Fadigas e Carvalho (2005), a busca do desenvolvimento sustentável tem evoluído em dois sentidos, tanto em implementar acordos já assinados quanto encontrar formas para proteger outros recursos naturais essenciais como, por exemplo, mananciais de água. Ainda conforme os autores, o setor econômico adota cautela no sentido de optar por formas de produção sustentáveis. Entretanto, algumas empresas e setores já se posicionaram progressivamente nesse sentido.

De acordo com Reis, Fadigas e Carvalho (2005), para que sejam alcançados os objetivos de sustentabilidade é importante que o trabalho iniciado meio século atrás prossiga em diversas frentes, em âmbito global e local, tanto com modificações dos sistemas produtivos quanto práticas de uso dos recursos naturais.

Seguindo a linha de pensamento de Reis, Fadigas e Carvalho (2005), Vachon e Klassen (2007) argumentam que as tecnologias ambientais podem se caracterizar pela adoção de equipamentos e procedimentos operacionais que reduzem os impactos ambientais de produtos e serviços no ambiente. De acordo com Kuehr (2007), as tecnologias ambientais buscam a melhoria contínua de processos, produtos e serviços através da conservação de matéria-prima e energia, reduzindo refugos e geração de poluentes durante o ciclo produtivo. Além disso, para Chen, Lai e Wen (2006), as tecnologias ambientais envolvem tecnologias que reciclam os resíduos.

Com as definições de tecnologias ambientais do parágrafo anterior, estas consistem no desenvolvimento de processos, serviços ou produtos que promovam uma melhoria de desempenho ambiental, por meio da utilização de matérias-primas, fontes de energia ou processos produtivos que visam à redução de impacto ambiental ao longo do ciclo de vida.

### 3.1.1 Conceito de Desenvolvimento Sustentável

Rainey (2006) define “sustentabilidade” como sendo a capacidade de uma sociedade ou atividade se manter por tempo indeterminado, sem arriscar o esgotamento de seus recursos naturais, tampouco suas qualidades. Conforme Reis, Fadigas e Carvalho (2005), a definição mais conhecida para “desenvolvimento sustentável” é a estabelecida na Comissão de *Brundtland*. Entretanto, segundo Bellen (2004), há mais de 160 definições para o desenvolvimento sustentável. Para Charter e Tischner (2001), o objetivo é produzir mais a partir de menos, considerando um limite de utilização de recursos que não comprometa a continuidade dos ecossistemas e a qualidade de vida a longo prazo.

Já Donaire (1999) define o desenvolvimento sustentável em três principais vertentes: o equilíbrio ecológico, a eficiência econômica e os resultados sociais decorrentes. Desta forma, busca-se como meta a responsabilidade e a harmonização na exploração de recursos naturais, fazendo-se valer de investimentos financeiros e desenvolvimento tecnológico.

Para Reis, Fadigas e Carvalho (2005), a sociedade atual ainda dá exagerada ênfase ao crescimento econômico, o que implica na exploração descontrolada dos recursos naturais, no uso de tecnologias de larga escala e no consumo desenfreado. Na visão de Gomes, Souza e Magalhães (1995), alcançar o desenvolvimento sustentável implica na difícil tarefa de desfazer a ligação histórica entre eficiência econômica e aumento proporcional do consumo de recursos naturais e da poluição. Conforme o autor, o ambiente é, ao mesmo tempo, fonte dos recursos necessários das necessidades humanas e depósito dos resíduos provenientes de sua transformação. Dentro desta visão, Reis, Fadigas e Carvalho (2005) argumentam que um sistema baseado no uso racional de recursos renováveis, reciclagem de materiais, distribuição justa dos recursos naturais e respeito a todas as formas de vida, oferece uma solução com equilíbrio dinâmico e harmônico entre o ser humano e a natureza. Ainda conforme os autores, as discussões globais evidenciam que os problemas ambientais estão diretamente relacionados com problemas sociais, como a pobreza, ou seja, nas necessidades básicas de alimentação, saúde e moradia.

De acordo com Nascimento, Lemos e Mello (2008), o desenvolvimento sustentável é o desenvolvimento econômico de forma a garantir a produção de bens e serviços que preservem o meio ambiente, ao mesmo tempo em que atendem às necessidades básicas do ser humano.

Neste trabalho, é entendido como desenvolvimento sustentável o descrito por Costanza (1991), onde o desenvolvimento sustentável está diretamente ligado aos sistemas

econômicos e ecológicos. Neste sentido, a relação entre ambos deve assegurar que a vida humana possa se desenvolver, indefinidamente, desde que os efeitos das atividades humanas fiquem dentro de fronteiras adequadas, a fim de não destruir o sistema ecológico. Ou seja, o desenvolvimento sustentável é o desenvolvimento econômico capaz de produzir produtos, processos e serviços que preservem o meio ambiente e promovam com justiça social.

### 3.1.2 Meio Ambiente e Oportunidades

Kinlaw (1997) afirma que não basta mais as organizações demonstrarem uma contínua melhoria de seus serviços e produtos. Conforme o autor, as organizações devem se tornar ambientalmente responsáveis, ou “verdes”, para sobreviver. Hoje em dia elas estão sendo pressionadas tanto pelo governo quanto ONGs e, até mesmo, por clientes a demonstrar sua capacidade de oferecer serviços e produtos que não agridam ou pouco agridam o meio ambiente. Nesse contexto, as empresas reagem com variados graus de seriedade. Entretanto, as organizações que estabelecem hoje as bases mais sólidas para o futuro são aquelas que vêm no meio ambiente como seu mais indispensável fornecedor e seu mais valioso cliente.

Para Kinlaw (1997), na ponta inferior estão as organizações altamente reativas e operando com base no planejamento de curto prazo. De acordo com Meredith (1994), nessa estratégia, as ações empresariais são resultado de imposições regulamentares. Para Kinlaw (1997), essa estratégia empresarial de procedimentos fim de tubo (*ou end-of-pipe*) atende o mínimo de exigência legal relativa à limpeza do ar, da água, resíduos e poluentes.

De acordo com Kinlaw (1997), na ponta superior estão as organizações que operam com base na previsão e no planejamento de longo prazo, em uma persistente busca de meios de melhorar o seu desempenho ambiental, indo além do que é exigido por lei. Tais organizações estão desenvolvendo novos produtos e processos de produção, livres de emissões químicas que poluem o ar e destroem a camada de ozônio. Para outros autores, como Nascimento (2000) e Meredith (1994), essa estratégia proativa também é chamada como estratégia ofensiva. Para os autores, o fato de a variável ambiental ocorrer de maneira incremental, do ponto de vista tecnológico, e a busca da diferenciação não estar pautada em estratégias e ações de diferenciação ou em investimentos significativos, tornam essa estratégia de fácil imitação pelos concorrentes, tornando a competitividade limitada no longo prazo.

Para Vinha (2002), as organizações que adotam uma postura ambientalmente mais consciente podem estar buscando associar uma melhor reputação e imagem de mercado com responsabilidade sócio/ambiental corporativa.

Nascimento (2000), Miles e Covin (2000) e Sharma (2000) discutem a estratégia inovativa, o qual envolve o desenvolvimento, produção e comercialização de novos produtos com alto ganho de desempenho ambiental. Neste tipo de estratégia, a questão ambiental é central na organização, sendo encarada como vital para a diferenciação e vantagem competitiva.

Para Gilley *et al.* (2000), as questões ambientais podem ser de processos (*process-driven*) ou de produtos (*product-driven*), ou ambos. Para as iniciativas de processos, os autores afirmam que os esforços podem ser para minimização e, quando possível, eliminação dos processos produtivos nocivos ao meio ambiente. Tais iniciativas podem redesenhar todo o processo produtivo da organização, assim como no sistema logístico de distribuição quanto na diminuição de resíduos, reduzindo assim também os custos e fazendo um melhor uso dos recursos. Quando as iniciativas são voltadas ao produto, podem acarretar o desenvolvimento de produtos que reduzam o impacto ambiental em seu ciclo de vida, podendo ser até ambientalmente saudáveis.

De acordo com Gilley *et al.* (2000), a tendência para o desenvolvimento sustentável tem levado muitas organizações a considerarem a avaliação ambiental durante o desenvolvimento do produto. De acordo com os autores, é importante entender como a alteração de *design* pode afetar o desempenho ambiental de determinados produtos.

Para Poole *et al.* (1999), além de se decidir sobre os recursos, pessoas e dinheiro necessários para o desenvolvimento de um novo produto, é no conceito inicial que está a definição dos aspectos ambientais do produto. Para os autores, os impactos ambientais do produto devem ser levados em consideração juntamente com outros critérios de *design* tradicionais, como desempenho operacional e econômico. Desta forma, os autores argumentam que se evitam “enganos ambientais”, uma vez que o desenvolvimento de novos produtos com pior desempenho ambiental possa substituir outros produtos que possuem um melhor desempenho ambiental.

Neste contexto, o termo “eco-inovação” tem ganhado espaço nas organizações (CARRILLO-HERMOSILLA; DEL RÍO; KÖNNOLA, 2010). Entretanto, sua definição é um tanto genérica ainda, assim como vários tipos de inovações podem ser definidos como eco-inovações. De acordo com Oltra e Saint (2009), as eco-inovações são, em um sentido amplo,

inovações que consistem em processos modificados, práticas, sistemas ou produtos que beneficiem o meio ambiente e assim possa contribuir para a sustentabilidade ambiental.

Conforme a OECD (2009a; 2009b), a eco-inovação representa a inovação que resulta na redução do impacto ambiental, sendo proposital ou não. Também pode ir além dos limites convencionais de uma organização, envolvendo arranjos sociais que desencadeiam alterações de normas sócio-culturais e estruturas institucionais.

Neste trabalho, será utilizada a definição de eco-inovação apresentada por Carrillo-Hermosilla, del Río e Könnola (2009), na qual a eco-inovação é definida como uma inovação que melhora o desempenho ambiental em consonância com a idéia de que a redução de impactos ambientais é a principal característica da eco-inovação.

Carrillo-Hermosilla, del Río e Könnola (2010) argumentam que é cada vez mais reconhecido que um foco na inovação incremental não é suficiente para atingir metas de sustentabilidade ambiental, como as alterações climáticas. Para os autores, a necessidade de uma inovação radical de tecnologia ou mesmo de um sistema são mais expressivas. Iniciativas integradas de produção sustentável, como produção em um circuito fechado, podem potencializar melhorias ambientais no médio e longo prazo, em comparação com modificação de processos e produtos.

Desta forma, Carrillo-Hermosilla, del Río e Könnola (2010) argumentam que o *design* é uma importante dimensão no planejamento de como melhorar os sistemas existente e como criar ou transformar um sistema inteiramente novo. Os autores apresentam duas lógicas diferentes de inovações: uma considera que as ações humanas são incompatíveis com o ambiente natural e se concentra em minimizar os impactos ambientais. Outra se concentra em redesenhar os sistemas humanos destinados a reduzir os impactos ambientais das atividades de produção e consumo. De acordo com Carrillo-Hermosilla, del Río e Könnola (2010), quando essas duas perspectivas são combinadas com a natureza incremental/radical de mudança tecnológica e do grau de impactos do sistema, três abordagens diferentes podem ser propostos para identificar o papel e o impacto das eco-inovações, conforme ilustra a Figura 4:

- adição de Componentes (tecnologias de fim-de-tubo): são alterações no nível de componentes e reparos, a fim de reduzir os impactos negativos sem necessariamente alterar o processo e o sistema que geram esses impactos. Se a inovação é um componente adicional para o sistema, custos adicionais para o processo são suscetíveis de ocorrer. De acordo com Carrillo-Hermosilla, del Río e Könnola (2010), desde a revolução industrial, a implementação deste

tipo de tecnologia tem ajudado na melhoria da qualidade do ar local, assim como purificação da água. No entanto, sem uma mudança no processo principal, resolve apenas parte do problema. Entretanto, quando o sistema de produção existente não pode ser alterado rapidamente, esse tipo de eco-inovação pode ser uma ferramenta para lidar com o problema, ganhando-se tempo para o amadurecimento de determinada tecnologia;

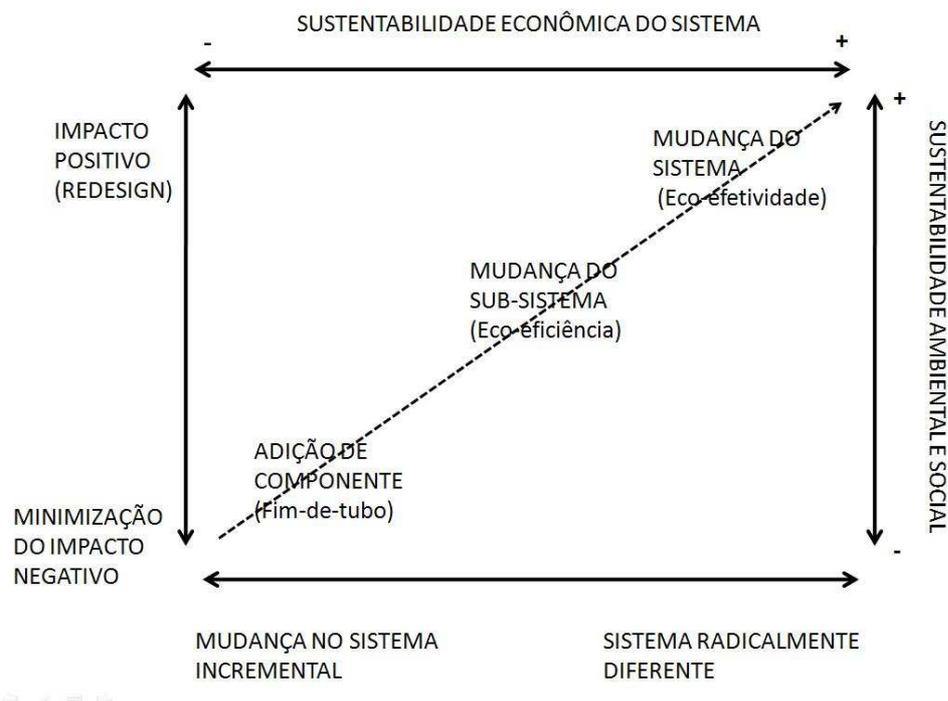


Figura 4 - Impacto das eco-inovações  
 Fonte: Carrillo-Hermosilla, del Río e K nnola (2010)

- mudança do Subsistema (eco-eficiência e otimização de subsistemas): são reduções nos impactos negativos criando bens e serviços que utilizam menos recursos, gerando menos resíduos e poluição. Para Schmidheiny (1992), essa abordagem é específica para o termo eco-eficiência, pelo qual a produção de bens e serviços economicamente úteis enquanto os impactos ecológicos de produção são reduzidos. De acordo com Carrillo-Hermosilla, del Río e K nnola (2010), o conceito de eco-eficiência prevê ações concretas, orientadas para combinar questões ambientais nos negócios. Infelizmente seus objetivos são muitas vezes considerados insuficientes na medida em que o aumento da eficiência ambiental tende ser apagado pelo subsequente crescimento, como, por exemplo, melhorias na eficiência do motor de combustão, que diminuem o

consumo dos veículos, mas que, ao mesmo tempo, o número de veículos tende a aumentar, anulando o ganho ambiental;

- mudança no sistema (redesenho de sistemas para soluções eco-efetivas): são alterações no sistema, seus componentes e subsistemas com o objetivo de reduzir os impactos ambientais sobre o ecossistema e a sociedade como um todo. Para Lifset (2005) e Cohen-Rosenthal (2004), esta abordagem baseia-se na analogia entre sistemas naturais e sócio-técnicos, tradicionalmente proposta por ecologistas industriais que se concentram na concepção de sistemas industriais que incorporem princípios expostos nos ecossistemas naturais, em forma de ciclo linear, de modo que os recursos se movem através do sistema para se tornarem resíduos para sistemas fechados, ou seja, matéria-prima para novos processos.

De acordo com Braugart, McDonough e Bollinger (2007), as soluções eco-efetivas têm como objetivo o ganho econômico máximo com nenhum impacto ambiental. Conforme os autores, a mudança do sistema propõe o conceito *cradle-to-cradle*, ou seja, do berço-ao-berço, pressupondo que todo material, ao fim da sua vida útil, é matéria-prima para outra cadeia produtiva.

### 3.2 ANÁLISE DO CICLO DE VIDA

Conforme Hunt e Franklin (1996), o termo Análise de Ciclo de Vida (ACV), ou em inglês “*Life Cycle Assessment*” (LCA), foi primeiramente utilizado nos Estados Unidos da América (EUA) no início da década de 90. Entretanto, o método vem se desenvolvendo no mesmo país desde a década de 70, denominado “*Resource and Environmental Profile Analysis*” (REPA).

A *Midwest Research Institute* (MRI) conduziu um dos primeiros estudos quantificando as necessidades de recursos, emissões e resíduos por diferentes embalagens de bebidas, a pedido da Companhia Coca-Cola, em 1969. Por ser um estudo de caráter confidencial, seu conteúdo nunca foi publicado. Entretanto, a companhia utilizou o estudo no início dos anos 70 nas suas decisões estratégicas sobre embalagens. O trabalho da Coca-Cola demonstrou que, do ponto de vista ambiental, garrafas de plástico não eram piores do que as de vidro. Antes de

o estudo REPA ser realizado, o plástico tinha a reputação de um produto indesejável ambientalmente. O trabalho realizado demonstrou que a reputação dos plásticos era baseada em más interpretações (HUNT; FRANKLIN, 1996).

A pedido da *U.S. Environmental Protection Agency* (USEPA), o MRI iniciou um estudo de embalagens de cervejas no final de 1972. De acordo com Guinée (1995), este trabalho marcou o início do desenvolvimento da ACV como se conhece hoje. Nesse trabalho, a intenção da USEPA era examinar as implicações ambientais que a utilização de embalagens de vidros reutilizáveis acarretava em vez de latas e garrafas não reutilizáveis, uma vez que as garrafas reutilizáveis estavam sendo rapidamente substituídas por embalagens não-reutilizáveis. Por envolver a indústria do vidro, aço, alumínio, papel e plástico, além de todos os fornecedores dessas cadeias, o trabalho foi o mais ambicioso da REPA até então, tendo caracterizado mais de 40 materiais. Após a análise dos resultados do estudo, foi reconhecido que a garrafa reutilizável geraria um maior impacto ambiental global (HUNT; FRANKLIN, 1996).

Segundo Chehebe (1997), os primeiros estudos formais sobre a Análise do Ciclo de Vida (ACV) ocorreram durante a primeira crise do petróleo. Nesta crise, que ocorreu na década de 70, o preço do barril de petróleo elevou-se de US\$ 2,23 para US\$ 34,00. Este salto foi resultado de um boicote internacional realizado pelos países da Organização dos Países Exportadores de Petróleo (OPEP), o qual acarretou uma crise econômica mundial sem precedentes.

Devido a essa crise, organizações passaram a buscar alternativas de energia e o mundo despertou para a necessidade de melhor utilização de seus recursos naturais (CHEHEBE, 1997).

Conforme Curran (1996), muitos estudos derivados da crise do petróleo limitaram-se à questão energética da década de 70. Mas foi em 1985 que a Comunidade Econômica Européia criou uma diretiva específica para embalagens na área de alimentos, obrigando as empresas a monitorarem o consumo de matérias-primas e energia e a geração de resíduos sólidos na fabricação de seus produtos (CHEHEBE, 1997).

A partir de então, proliferaram estudos sobre o ciclo de vida dos produtos ainda sem metodologia padronizada, acarretando exageros que, conforme Chehebe (1997), quase comprometeram a imagem da ACV.

Tornou-se, assim, necessária a padronização da metodologia e o estabelecimento de critérios rígidos para disciplinar a forma como esses estudos devem ser conduzidos (MOURAD; GARCIA; VILHENA, 2002).

Conforme Chehebe (1997), a primeira entidade que se preocupou com a padronização dos termos e critérios da ACV foi a *Society of Environmental Toxicology and Chemistry* (SETAC). Os trabalhos realizados pela SETAC orientaram os trabalhos de normatização da *International Organization for Standardization* (ISO) que, em 1992, criou um comitê técnico (TC 207/SC 5), definindo assim a parte da série de normas ISO 14000.

Da ISO 14000, são quatro séries relativas à ACV (MOURAD; GARCIA; VILHENA, 2002):

- ISO 14040:1997 - *Environmental Management – Life Cycle Assessment – Principles and Framework*: estabelece os princípios básicos e os requisitos para a realização e divulgação dos resultados de estudos de ACV. Tal norma apresenta a definição dos principais termos, objetivos e aplicações da técnica, assim como identificando e caracterizando as fases da ACV;
- ISO 14041:1998 - *Environmental Management – Life Cycle Assessment – Goal and Scope Definition and Inventory Analysis*: descreve os requisitos para o estabelecimento do objetivo e escopo de um ACV, juntamente detalhando as etapas da análise de inventário;
- ISO 14042:2000 - *Environmental Management – Life Cycle Assessment – Life Cycle Impact Assessment*: apresenta os princípios gerais para a avaliação de impacto. Nesta consta os componentes obrigatórios de tais avaliações, a seleção das categorias de impacto a serem estudadas e também descreve as etapas de classificação e de caracterização;
- ISO 14043:2000 - *Environmental Management – Life Cycle Assessment – Life Cycle Interpretation*: apresenta as recomendações e requisitos para interpretação dos resultados de uma avaliação de impacto ou análise de inventário, assim como descreve a identificação dos pontos relevantes do estudo em questão, a avaliação da qualidade dos dados e a análise de sensibilidade.

Juntamente com as normas citadas acima existem três relatórios técnicos que tem como objetivo exemplificá-las. São eles:

- ISO TR 14049:2000 - *Environmental Management – Life Cycle Assessment – Examples for Application of ISO 14041 to Goal Scope Definition and Inventory Analysis*: contém exemplos sobre a aplicação da ISO 14041;
- ISO TR 14048:2002 - *Environmental Management – Life Cycle Assessment – Data Documentation Format*: contém exemplos sobre a documentação dos dados coletados na ACV;
- ISO TR 14047:2003 – *Life Cycle Assessment – Examples of Application of ISO 14042*: contém exemplos de aplicação da norma ISO 14042.

De acordo com Curran (1999), o conceito de Ciclo de Vida tem sido visto atualmente não apenas como um simples método para comparar produtos, mas também com objetivos mais amplos, como sustentabilidade. Assim, com a inter-relação dos sistemas produtivos, que atualmente não se limitam em fronteiras geográficas, a metodologia ACV deve se desenvolver a nível internacional.

No Brasil, o Instituto Brasileiro de Informação em Ciência e Tecnologia, vinculado ao Ministério da Ciência e Tecnologia, assim como a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), têm dado contribuições substanciais para o desenvolvimento da ACV no país.

### **3.2.1 Benefícios de um Estudo de ACV**

Juntamente com outras informações, como custos de desempenho, a ACV pode ajudar os responsáveis pela tomada de decisão nas organizações de como agir levando em consideração as condições de contorno que se encontram, assim como o impacto ambiental de produtos e processos (UGAYA, 2001; CHEHEBE, 1997).

Para Chehebe (1997), a ACV de produtos é, na realidade, uma ferramenta técnica que pode ser utilizada em uma grande variedade de propósitos, uma vez que encoraja as organizações a sistematicamente considerar as questões ambientais associadas aos sistemas de produção (insumos, matérias-primas, manufatura, distribuição, uso, disposição, reuso, reciclagem).

O método pode ajudar também a melhorar o entendimento dos aspectos ambientais ligados aos processos produtivos de uma forma mais ampla, auxiliando na identificação de

prioridades e afastando-se do enfoque tradicional *end-of-pipe*, que visam em geral apenas o atendimento dos padrões estabelecidos por lei (CHEHEBE, 1997; UGAYA, 2001).

A ACV ainda ajuda para (SETAC, 1993; ALLEN, 1996; WICE, 1994; HEIJUNGS *et al.*, 1992):

- influenciar a regulação relacionada ao meio ambiente;
- identificar e solucionar problemas para a melhoria do produto, processo ou atividade;
- gerar informações ao consumidor;
- desenvolver o planejamento estratégico do projeto do produto e do processo;
- identificar oportunidades de melhorias ambientais;
- dar suporte para auditoria ambiental;
- promover a minimização de resíduos;
- desenvolver o marketing ecológico;
- viabilizar selos ecológicos e certificação de produtos;
- auxiliar na definição de políticas e procedimentos relativos ao processo de especificação e compra do produto.

Entretanto, Chehebe (1997) atenta que, para se obter este aprimoramento, faz-se necessário que cada indivíduo ou elo da cadeia produtiva conscientize-se para colaborar em seu próprio estágio do ciclo de vida, uma vez que cada um pode afetar elementos de outros estágios, contribuindo para a melhoria global.

### **3.2.2 Descrição Geral da Análise do Ciclo de Vida**

A ACV é uma ferramenta concebida com o objetivo de identificar pontos de melhoria de um dado processo, produto ou atividade econômica em todas as etapas de seu ciclo de vida (SETAC, 1993). Em outras palavras, conforme Chehebe (1997), a ACV avalia os impactos potenciais associados a um produto, desde a extração de materiais da natureza (berço) até a disposição final (túmulo). Ou seja, inclui a extração, processamento da matéria-prima,

manufatura, transporte, distribuição, uso, reuso, manutenção, reciclagem e disposição final, como mostrado na Figura 5.

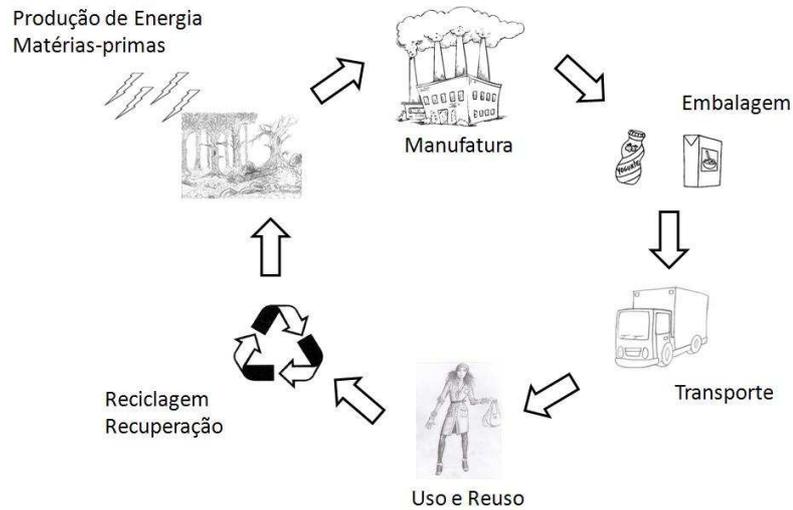


Figura 5 - Ciclo de Vida de um Produto  
Fonte: Adaptado de CHEHEBE (1997)

A NBR ISO 14040:2001, estabelece que a ACV deva incluir a definição de objetivo e escopo, análise de inventário, avaliação de impactos e interpretação de resultados, conforme a Figura 6.

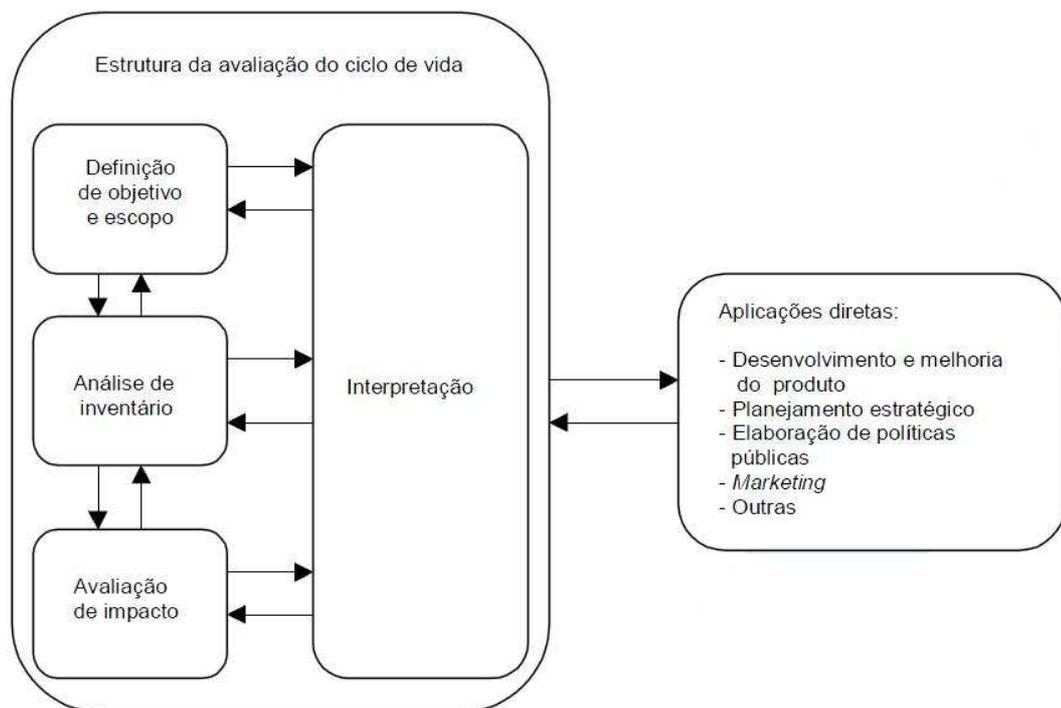


Figura 6 - Fases da ACV  
Fonte: NBR ISO 14040:2001

Na definição de objetivo e escopo é estabelecido o contexto no qual a análise será feita, identificando os limites e efeitos ambientais a serem vistos. Também é nesta fase que se definem a unidade funcional e os requisitos de qualidade. Na análise do inventário, são identificados e quantificados a energia, a água e os materiais utilizados, assim como a geração de resíduos (emissões para o ar, disposição de resíduos sólidos e efluentes líquidos). A análise de impacto representa um processo qualitativo-quantitativo de entendimento e avaliação da magnitude e significância dos impactos ecológicos da utilização dos recursos naturais identificados na análise de inventário. Por fim, a interpretação consiste na identificação e análise dos resultados obtidos nas fases de inventário e/ou avaliação de impacto de acordo com o objetivo e escopo previamente definidos (NBR ISO 14040:2001; CHEHEBE, 1997). Posteriormente, cada fase será apresentada detalhadamente neste trabalho. De acordo com a NBR ISO 14040:2001, a ACV tem diversas aplicações, desde o desenvolvimento e melhoria de produtos até elaboração de políticas públicas.

### **3.2.3 Definição do Objetivo e Escopo da ACV**

Conforme Keoleian *et al.* (1997), a promoção do uso de recursos de modo sustentáveis, prevenindo a poluição, protegendo a saúde humana e a ecologia deve ser o maior objetivo de uma ACV. Curran (1996) ainda acrescenta que a inserção de ordem econômica pode auxiliar na compreensão da importância da ACV.

Nesse estágio é preciso que se defina se o que se pretende é a comparação de produtos ou somente o estabelecimento de uma relação com um padrão como no selo verde; se existe a intenção de se promover alguma melhoria ambiental em um determinado produto existente ou projetar um produto completamente novo; ou se simplesmente pretende-se obter mais informações sobre seu produto (CHEHEBE, 1997).

Desta forma, o objetivo de um estudo da ACV deve declarar inequivocadamente a aplicação pretendida, as razões para conduzir o estudo e o público-alvo, isto é, para quem se pretende comunicar os resultados do estudo (NBR ISO 14040:2001). Conforme a NBR ISO 14040:2001, é conveniente que o escopo seja bem definido para assegurar que as dimensões extensão, profundidade e grau de detalhe do estudo sejam compatíveis e suficientes para atender o objetivo estabelecido. A Figura 7 ilustra essas dimensões. Por ser um trabalho

iterativo, o objetivo e o escopo pode ser redefinido à medida que o trabalho se desenvolve (CHEHEBE, 1997; NBR ISO 14040:2001).



Figura 7 - Dimensões da ACV  
Fonte Chehebe (1997)

Na definição do escopo de um estudo da ACV devem ser considerados seguintes elementos (NBR ISO 14040:2001):

- funções do sistema de produto;
- unidade funcional;
- fronteiras do sistema;
- procedimentos de alocação;
- categorias de impactos ambientais;
- requisito de qualidade dos dados;
- análise de sensibilidade;
- comparações entre sistemas;
- análise crítica; e
- tipo e formato do relatório disponibilizado ao público.

Para descrever um sistema e o seu desempenho, a SETAC (1993) especifica que o sistema global deve ser dividido em séries de subsistemas ligados entre si por fluxos de materiais ou de energia. As funções do sistema de produto consistem no conjunto de unidades de processos conectadas material ou energeticamente, que realiza uma ou mais funções previamente definidas. Conforme a NBR ISO 14040:2001, a equivalência dos estudos a título de

comparação deve ser avaliada antes da interpretação dos resultados. Além disso, a comparação entre sistemas deve ser realizada com base na mesma função, medida pela mesma unidade funcional, assim como considerações metodológicas equivalentes, como desempenho, fronteiras dos sistemas, qualidade dos dados, procedimentos de alocação, regras de decisão na avaliação de entradas e saídas e avaliação de impactos (CHEHEBE, 1997; NBR ISO 14040:2001).

A unidade funcional é uma base de equivalência definida de acordo com a função que o produto exerce (BOGUSKI *et al.*, 1996; HEIJUNGS *et al.*, 1992). Desta forma, conforme a NBR ISO 14040:2001, a unidade funcional fornece uma referência para relacionar as entradas e saídas. Tal referência se faz necessária para assegurar a comparabilidade de resultados da ACV. Ainda conforme a norma, a unidade deve ser mensurável. Tibor e Feldman (1996) exemplificam a unidade funcional para uma organização que se dedica à pintura. A unidade funcional para um sistema de pintura pode ser “unidade de superfície coberta”, se a função é deixar uma superfície coberta de tinta. Entretanto, se a função é alterada para incluir durabilidade, então a unidade funcional pode ser “unidade de superfície protegida por determinado tempo”. De acordo com a NBR ISO 14040:2001, o propósito principal de uma unidade funcional é fornecer uma referência para a qual as entradas e saídas são relacionadas.

Em outras palavras, a unidade funcional é a base de um estudo de ACV, uma vez que provê uma medida de desempenho ou de referência para a qual as quantificações das entradas e saídas do sistema, em termos ambientais, sejam normalizadas. Isto se faz necessário, pois todos os dados coletados na fase de análise de inventário serão retratados à unidade funcional.

Avançando para as fronteiras, a NBR ISO 14040:2001 explicita que estas determinam quais unidades de processo devem ser incluídas na ACV sendo as bases para a delimitação das dimensões da ACV. De acordo com Ribeiro (2004) as fronteiras, são:

- em relação ao sistema natural;
- em relação a outros sistemas;
- geográficas;
- temporal; e
- de bens de capital.

Para Chehebe (1997), as fronteiras do sistema natural da ACV são geralmente apresentadas em fluxogramas que mostram a seqüência principal do sistema do produto que está sendo

estudado. Ainda conforme o autor, o sistema também pode incluir, além dos materiais auxiliares que apóiam a produção principal, a produção dos próprios materiais auxiliares. Entretanto, a NBR ISO 14040:2001 recomenda que o sistema seja modelado de tal modo que as entradas e saídas nas fronteiras sejam fluxos elementares, e que os critérios usados no estabelecimento das fronteiras do sistema devem ser identificados e justificados no escopo do estudo.

De acordo com Assies (1992) e Tibor e Feldman (1996), na ACV, as entradas em cada processo são consideradas desde o ponto em que estão extraídos os recursos da natureza, sendo as saídas seguidas até a descarga final do resíduo no ambiente. Entretanto, deve-se limitar o sistema, decidindo-se quais os processos que devem e quais não devem ser incluídos no estudo. Essa definição deve ser criteriosamente explicitada, pois gera alterações na avaliação final obtida pela ACV. Conforme Chehebe (1997), as fronteiras se fazem necessários para não rodar em círculos caso se resolva entrar em muitos detalhes, como por exemplo: a produção de energia elétrica requer aço, que por sua vez quer energia elétrica para a sua fabricação.

De acordo com Ribeiro (2004), as fronteiras geográficas definem onde cada processo será realizado, uma vez que cada localidade possui características diferentes. Ainda conforme o autor, a fronteira temporal considera o momento para o qual os dados levantados terão validade, ou seja, se será estudada uma situação passada, atual ou futura.

Segundo Ribeiro (2004), as fronteiras de bens de capital determinam se a infraestrutura necessária para a realização dos processos, como edifícios, estradas ou máquinas. Conforme explicita Huisingh (1992), na comparação de dois processos, deve ser incluídos nas ACVs os “bens de capital”, desde que os investimentos associados sejam significativamente diferentes. Entretanto, para Vigon e Jensen (1995) e Frischknecht (1997), os bens de equipamentos, emissões pessoais e deposição imprópria de resíduos geralmente não são incluídos nos limites do sistema por terem pequeno efeito nos resultados. Ainda conforme Frischknecht (1997), as cargas ambientais decorrente de infra-estruturas são baixas (menos de 10%). Entretanto, são importantes para o setor de transporte (construção de ferrovias) e de energias renováveis (hidroelétricas).

Para a adequada fixação destas fronteiras, torna-se necessário uma ampla avaliação do sistema em estudo. Para que esta atividade seja realizada eficientemente, do ponto de vista de custo e tempo, recomenda-se a elaboração de fluxogramas englobando os diferentes sistemas. De acordo com Heijungs *et al.* (1992), o limite dos sistema de um produto em uma ACV é definido na fronteira entre o meio ambiente, outros sistemas, e com o sistema do ciclo de vida

do produto. Conforme os autores, o sistema interage com outros sistemas da economia de diversas maneiras, conforme ilustra a Figura 8. Estas interações ocorrem com fornecedores ou clientes, reutilização ou reciclagem, interferência no meio ambiente e, concomitantemente, não tem relação com outros sistemas.

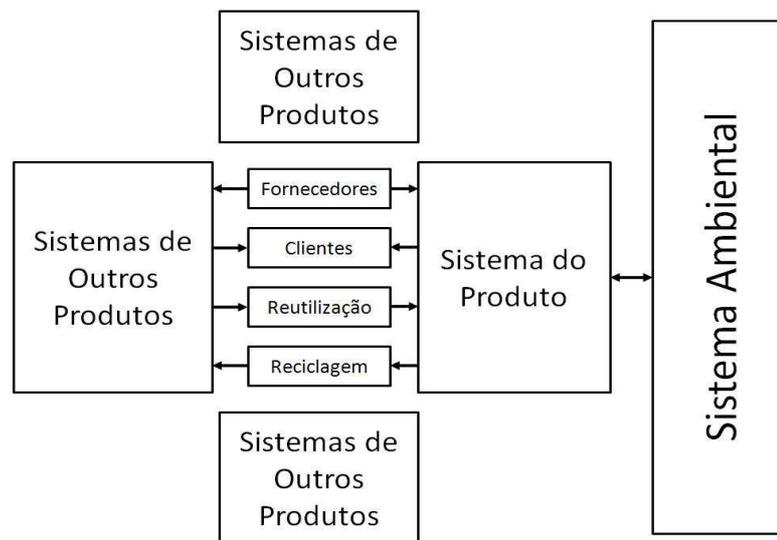


Figura 8 - Delimitação entre sistema e o meio ambiente  
Fonte: Adaptado de Heijungs *et al.* (1992)

Uma vez identificados os componentes do subsistema, cada um pode ser visto com um sistema no seu verdadeiro sentido, que receberá energia e materiais, emitindo poluentes para o ar e água, assim como resíduos sólidos e efluentes líquidos, além dos produtos úteis.

Os requisitos de qualidade dos dados devem ser definidos de forma a possibilitar que o objetivo e o escopo do estudo sejam alcançados. Tais objetivos devem envolver (CHEHEBE, 1997; NBR ISO 14040:2001):

- período de tempo coberto: a idade desejada para os dados (por exemplo, três anos) e o período mínimo de tempo (por exemplo, anual) sobre o qual os dados devem ser coletados;
- área geográfica coberta: área geográfica da qual os dados das unidades de processo devem ser coletados para satisfazer o objetivo de estudo (por exemplo, local, regional, nacional, continental ou global);
- tecnologias cobertas: mistura tecnológica (por exemplo, média ponderada dos índices reais do processo em análise, a melhor tecnologia disponível ou a pior unidade em operação);

- precisão: medida da variabilidade dos dados para cada categoria de dados;
- integridade: percentagem de dados primários relatados em relação aos dados potenciais existentes para cada categoria de dados em uma unidade de processo;
- representatividade: avaliação qualitativa do grau em que o conjunto de dados reflete a população real de interesse (isto é, período geográfico e de tempo e cobertura tecnológica);
- consistência: avaliação qualitativa de quão uniforme a metodologia de estudo é aplicada aos vários componentes de análise;
- reprodutibilidade: avaliação qualitativa da extensão em que as informações sobre os dados e sobre a metodologia permitem que um consultor independente reproduza os resultados relatados no estudo.

Chehebe (1997) recomenda também que devem ser considerados outros descritores que definam a natureza dos dados, tais como dados coletados dos locais *versus* dados de fontes publicadas e se devem ser medidos, estimados ou calculados.

### 3.2.4 Análise de Inventário

Com o objetivo e escopo definidos, a próxima fase da ACV é a Análise de Inventário (AI). De acordo com Chehebe (1997), a definição do objetivo e do escopo do estudo fornece um planejamento inicial sobre como o estudo será conduzido. Conforme o autor, o inventário é semelhante a um balanço contábil-financeiro. Porém, a AI para um ACV é medido em termos energéticos e de massa. O total que entra no sistema em estudo deve ser igual ao que sai.

Esta fase contempla o levantamento, a compilação e a quantificação das entradas e saídas de um dado sistema de produto em termos de recursos naturais e de energia; as diferentes emissões para o ar, água e terra, considerando as diferentes categorias de impacto; bem como as fronteiras definidas, com os resultados ponderados pela unidade funcional.

De acordo com a NBR ISO 14041:2004, é recomendável que sejam realizadas todas as etapas operacionais delineadas na Figura 9, como o sucesso de uma AI.

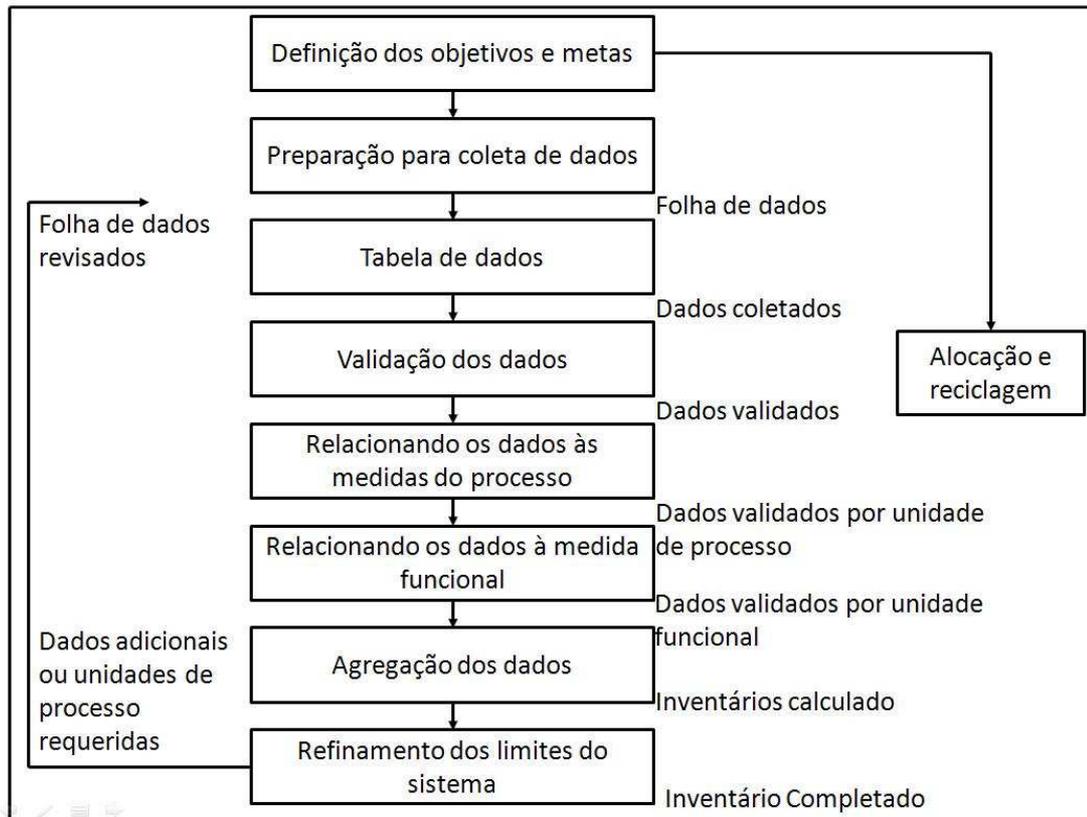


Figura 9 - Etapas operacionais da AI  
Fonte: NBR ISO 14041:2004

Conforme a NBR ISO 14040:2001, a AI consiste no levantamento de informações, qualitativas ou quantitativas, acerca do produto, processo ou atividade. Desta forma, é necessário que se defina:

- o procedimento de coleta e armazenamento de dados;
- o processo de alocação dos dados entre os produtos.

Como citado anteriormente, o escopo do estudo estabelece subsistemas que deverão constituir o sistema de produto em estudo, entre outros parâmetros. Como na etapa de coleta de dados serão levantadas muitas informações provenientes de diferentes fontes, épocas e consistência, é recomendável o estabelecimento prévio de etapas visando assegurar a compreensão uniforme e consistente dos sistemas do produto a serem estudados, bem como a objetividade do estudo e a adequação do tempo gasto no mesmo. Chehebe (1997) sugere que estas etapas devem incluir a elaboração de fluxogramas de processos que representem os subsistemas, as

unidades e as inter-relações que os caracterizam, tanto com o meio ambiente, quando com os outros subsistemas e sistemas ligados a ele.

A Figura 10 ilustra possíveis subsistemas que podem ser considerados numa ACV, assim como as típicas entradas e saídas medidas (EPA, 2006).

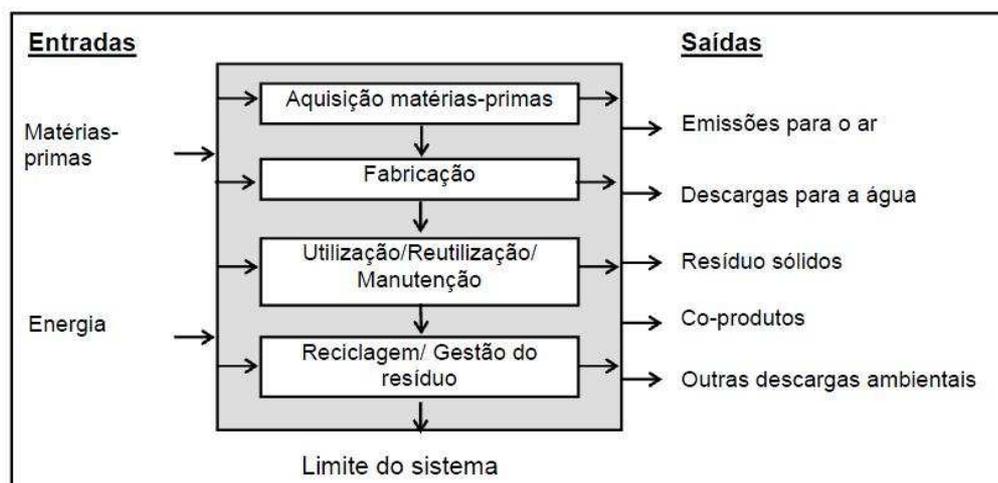


Figura 10 - Fronteiras do Ciclo de Vida  
Fonte: EPA (2006)

Desta forma serão estabelecidas as fronteiras do(s) sistema(s), tanto com o meio ambiente como entre si. A comunicação entre os sistemas é feita através de correntes de matérias por eles processados e comunicação entre os sistemas e o meio ambiente é conduzida pelas correntes elementares de matéria e energia (CHEHEBE, 1997).

Em vista das dificuldades da coleta de dados, o estudo pode partir de dados mais robustos, focando mais na integridade do estudo do que na precisão e qualidade de dados. As conclusões obtidas a partir de uma análise preliminar desses dados devem ser utilizadas para ajustar as decisões tomadas anteriormente na etapa de planejamento (CHEHEBE, 1997).

Conforme a SETAC (1993), a coleta de informações é vital na qualidade dos estudos de ACV, uma vez que os resultados da análise e as sugestões de melhorias ambientais são obtidos com base nesses dados. Ainda de acordo com a SETAC (1993), alguns itens como fontes de informação, nível de agregação e processo de geração de dados devem constar no relatório.

A NBR ISO 14040:2001 define que os procedimentos usados para a coleta de dados podem variar dependendo do escopo, da unidade de processo ou da aplicação pretendida para o estudo. Para Chehebe (1997), o conveniente é usar um modelo energético que reflita o melhor possível suas condições atuais de mercado, por exemplo. Para o autor, os critérios de

seleção utilizados devem ser claramente apresentados e justificados no relatório final, usando-se, em alguns casos, análise de sensibilidade.

Chehebe (1997) afirma que, para cada unidade de processo, devem-se identificar todas as entradas e saídas com o objetivo de avaliar as mais significativas para a modelagem. Os critérios que podem ser utilizados para decidir quais variáveis deverão ser utilizadas no estudo baseiam-se na relevância da variável do termo do balanço de massa, balanço energético e importância para o meio ambiente. O autor explicita:

- balanço de massa – uma regra de decisão apropriada é a inclusão no estudo de todas as entradas que cumulativamente contribuam mais do que uma determinada percentagem da massa total de entrada do sistema de produto que está sendo modelado;
- balanço energético – da mesma forma que o critério anterior, uma regra apropriada é a inclusão no estudo de entradas que cumulativamente contribuam mais do que uma determinada percentagem da energia total que entra no sistema de produto;
- importância para o meio ambiente – outra regra de decisão é o estabelecimento da inclusão das entradas que contribuam com mais do que uma percentagem adicional determinada à quantidade estimada de cada categoria de dados do sistema de produto. Por exemplo, se o óxido de enxofre for selecionado para uma categoria de dados, um critério poderia ser a inclusão de qualquer entrada que contribua com mais do que uma determinada percentagem adicional às emissões totais de óxido de enxofre.

Ainda conforme Chehebe (1997), o critério mais utilizado é o balanço de massa. Entretanto, o autor alerta que uma decisão baseada somente em balanço de massa pode involuntariamente omitir uma variável importante para o processo quando analisada por outro critério. Por este motivo a Norma ISO 14041 estabelece que caso estudos visem declarações comparativas feitas ao público em geral, a análise de sensibilidade final das entradas e saídas dos dados deve incluir os três critérios mencionados anteriormente.

De acordo com Consoli *et al.* (1993), os dados devem ser obtidos das empresas que operam os processos específicos, a menos que algo referido nos objetivos e no escopo seja contrário. Quando os dados não são disponíveis, podem ser utilizados de outras fontes

potenciais, como dados de projeto dos processos, estimativas de operações similares e base de dados publicados.

Segundo Wenzel *et al.*(1997), os dados de um Inventário do Ciclo de Vida (ICV) deveriam ser, basicamente, de dados primários, ou seja, aqueles obtidos de medições diretas no campo. Entretanto, na maioria dos estudos da ACV, estes dados são complementados com os dados *secundários*, obtidos em geral das seguintes fontes (CHEHEBE, 1997):

- normas técnicas: ABNT, ISO;
- estatísticas ambientais;
- literatura técnico-científica especializada;
- licenças ambientais;
- fornecedores;
- associações de classe;
- bancos de dados de ACV.

Conforme a SETAC (1993) e Vigon e Jensen (1995), os dados devem ser baseados em um período de tempo, que seja suficientemente longo para atenuar comportamentos anormais ou perturbações no processo. O período de um ano fiscal é considerado suficiente para contemplar todos os comportamentos anormais que possam ocorrer.

Ao se realizar um ICV, são levantados muitos dados de pouca relevância ambiental. Em termos práticos, será impossível considerar todos os aspectos ambientais contidos em um sistema de produto. Assim sendo, deve-se aplicar de *critérios de exclusão de aspectos ambientais* visando o refinamento dos mesmos. Critérios de exclusão de aspectos ambientais podem ser de duas naturezas: quantitativos ou de relevância ambiental. De acordo com o critério quantitativo devem ser excluídas do sistema correntes de matéria ou energia, cuja contribuição cumulativa em termos da massa ou energia total que entra, ou sai, no sistema seja inferior a determinada percentagem.

Conforme Huisingh (1992) pode-se omitir componentes do sistema que contribuam com menos de 1% da massa total do produto. Entretanto, a exceção à regra refere-se a substâncias altamente tóxicas ou de recursos escassos, quando menos de 1% é significativo.

De acordo com Curran (1996) e Chehebe (1997), um dos problemas da coleta de dados reside na indisponibilidade de fontes de informações específicas e confiáveis para a realização do estudo. Além dos dados primários que são obtidos de medições diretas no

campo, um estudo de ACV se completa em muitos casos por dados secundários. Os dados secundários podem ser obtidos junto a três fontes principais de informação: bancos de dados próprios para ACV; valor de referência em literatura específica; ou dados fornecidos por terceiros, como empresas, órgãos do governo, associações de classe, laboratórios de análise, entre outros. Entretanto, conforme Wenzel *et al.* (1997), os dados secundários precisam de atenção, pois podem estar desatualizados, serem imprecisos, terem sido gerados tomando como base objetivos e escopos diferentes, entre outros fatores impeditivos. Mesmo o uso de dados provenientes de banco dados de ACV internacionais merece atenção, pois podem estar baseados em matrizes energéticas diferentes, assim como sistemas de transporte.

Conforme a NBR ISO 14041:2004, os procedimentos para a substituição de dados primários por secundários devem ser adotados da seguinte forma:

- utilizar um valor dado “diferente de zero” extraído da literatura, ou estimar um valor através de balanços de massa e energia dentro da unidade de processo. Nesses casos, as considerações que orientam esses procedimentos precisam ser documentadas baseadas em conhecimentos técnico-científicos relevantes;
- atribuir um valor de dado “zero”, que seja justificado tecnicamente;
- utilizar um valor calculado com base nos valores característicos de processos elementares que empreguem tecnologias semelhantes às empregadas no sistema de estudo.

Com o exposto acima, Kunlay (2004) argumenta que há no Brasil uma carência de mensuração e, conseqüentemente, de banco de dados disponíveis para a aplicação da ACV. Por este motivo, na maioria dos estudos da ACV, estes dados são complementados com os dados *secundários* (CHEHEBE, 1997).

Conforme Ugaya (2001), alocar consiste em realizar um procedimento de repartição da responsabilidade dos impactos ambientais entre diversos produtos, materiais ou processo, que se faz necessária devido à variedade de componentes que estão entrando ou saindo do sistema (subsistemas ou processos).

Existem várias formas de alocação, sendo a mais conhecida o método de alocação por substituição. Este método baseia-se no conhecimento de que, na vida real, alguns subprodutos são utilizados em substituição a outros produtos. Nos casos em que isso acontece tudo passa como se a produção dos produtos que estão sendo substituídos não fosse mais necessária, e o efeito ambiental proveniente da produção desses produtos evitados. Seguindo-se essa lógica, o

efeito ambiental a ser alocado ao produto principal pode ser calculado como o efeito ambiental acumulado no processo principal menos o efeito ambiental evitado pelo subproduto (o efeito ambiental acumulado na produção do produto substituído). Seguindo essa mesma linha de raciocínio, o efeito ambiental de qualquer processamento intermediário do subproduto antes da substituição deve ser alocado ao produto principal. Se o produto substituído tiver um efeito ambiental relativamente grande, o efeito ambiental alocado ao produto principal pode tornar-se negativo. Esse método de alocação é ilustrado na Figura 11 (CHEHEBE, 1997).



Figura 11 - Método de Alocação  
Fonte: Chehebe (1997)

A NBR ISO 14041:2004, recomenda que a alocação seja evitada, quer seja pela divisão do processo em dois ou mais subprocessos, ou pela ampliação do sistema de produto de forma a englobar as funções adicionais relativas aos co-produtos. Quando a alocação não puder ser evitada, deverão ser usados os *critérios de alocação*. Dentre estes, o *critério mássico* é o de uso mais freqüente, uma vez que têm características objetivas e constantes (por estar relacionada com o processo químico e físico). Entretanto, Heijungs *et al.* (1992) e Böhm e Waltz (1996) afirmam que não há um método correto para o processos de alocação.

### 3.2.5 Avaliação do Impacto do Ciclo de Vida

Conforme a SETAC (1993), a etapa da Análise de Impacto do Ciclo de Vida (AICV) consiste em um processo técnico, quantitativo e/ou qualitativos para identificar, caracterizar e avaliar os efeitos ambientais das intervenções selecionadas do inventário.

Impacto ambiental é toda alteração brusca ocorrida no meio ambiente devido às ações naturais ou antrópicas (ACIESP, 1987; FEEMA, 1992). A resolução CONAMA 001 de 23/01/86 define impacto ambiental como alterações das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente, causada por qualquer forma de matéria ou energia resultante das atividades humanas que, direta ou indiretamente, que afetem: (i) a saúde, a segurança e o bem estar da população; (ii) as atividades sociais e econômicas; (iii) a biota; (iv) as condições estéticas e sanitárias do meio ambiente; (v) a qualidade dos recursos ambientais.

Dessa forma, a fase de avaliação do impacto da ACV é dirigida à avaliação da significância de impactos ambientais potenciais, usando os resultados da análise de inventário do ciclo de vida. Em geral, este processo envolve a associação de dados de inventário com impactos ambientais específicos e a tentativa de compreender estes impactos. O nível de detalhe, a escolha dos impactos avaliados e as metodologias usadas dependem do objetivo e do escopo do estudo (NBR ISO 14040:2001).

A AICV pode incluir o processo iterativo de análise crítica do objetivo e do escopo do estudo da ACV, para determinar quando os objetivos do estudo foram alcançados ou modificar o objetivo e o escopo, se a avaliação indicar que eles não podem ser alcançados (NBR ISO 14040:2001).

De acordo com a Norma NBR ISO 14040:2001, a fase de avaliação de impacto pode incluir, entre outros elementos:

- correlação de dados de inventário por categorias de impacto (classificação);
- modelagem dos dados de inventário dentro das categorias de impacto (caracterização);
- possível agregação dos resultados em casos muito específicos e somente quando significativos (ponderação).

Segundo a NBR ISO 14041:2004, a AICV apresenta três características. A primeira característica apresenta um panorama abrangente dos aspectos ambientais e de recursos

associados ao sistema de produto em estudo. Já a segunda característica é o estabelecimento de uma relação mútua entre resultados do ICV às categorias de impacto. Para tanto, para cada categoria de impacto é selecionada um indicador de categoria, e o resultado deste indicador é então calculado. Desta forma, o conjunto destes indicadores aponta para o perfil da AICV, fornecendo dados a respeito das questões ambientais que são associadas ao sistema do produto em estudo. A terceira característica é uma abordagem relativa baseada em uma unidade funcional. Assim, a AICV pode fazer uso de outras técnicas de avaliação, como a avaliação de impacto ambiental ou de desempenho ambiental.

Chehebe (1997) apresenta os principais critérios para a seleção de categoria de impacto. São elas:

- ser definidas com base no conhecimento científico;
- todas as categorias devem ser definidas de forma clara e transparente;
- as categorias devem explicitar o(s) foco(s) do(s) problema(s) ambiental(ais) em estudo e devem representar tanto as preocupações do estudo quanto efeitos cientificamente observáveis sobre os recursos naturais, meio ambiente ou saúde humana;
- os resultados do ICV para uma determinada categoria devem estar relacionados por um mecanismo comum e homogêneo ao foco da preocupação ambiental. As categorias devem permitir a clara identificação dos dados apropriados do ICV e que leva em consideração o foco de preocupação ambiental.

A partir destes critérios, Chehebe (1997) e Boguski *et al.* (1996) definem as categorias de problemas ambientais mais usadas:

- consumo de recursos naturais: esta categoria enfoca a extração de combustíveis fósseis ou minérios para o uso como fonte energética e como matéria-prima de processos industriais e o uso da água. A água utilizada precisa ser avaliada quanto ao volume requerido e pela alteração da pureza, temperatura e qualidade. Maneira e outras fontes energéticas renováveis também precisam ser consideradas tendo em vista a necessidade de sua utilização de modo sustentável;

- aquecimento global: a emissão de quantidades crescentes de CO<sub>2</sub>, metano (CH<sub>4</sub>), monóxido de dinitrogênio (N<sub>2</sub>O), vapor d'água, aerossóis e outros gases na atmosfera terrestre estão conduzindo a uma absorção cada vez maior das radiações refletidas pela e, conseqüentemente, ao aquecimento global, também conhecido como efeito estufa;
- redução da camada de ozônio: a diminuição desta camada na estratosfera permite que a radiação ultravioleta emitida pelo sol chegue à Terra com maior intensidade, o que pode aumentar a ocorrência de câncer de pele, doenças oculares e interferência no ecossistema;
- toxicidade humana: a exposição a substâncias tóxicas como compostos aromáticos, hidrocarboretos halogenados ou a metais pesados através do ar, água ou solo e, especialmente, através da cadeia alimentar, pode causar problemas à saúde humana. O “Mal da Minamata”, por exemplo, foi uma doença causada pelo consumo de peixes e frutos do mar contaminados por mercúrio;
- ecotoxicidade: a exposição a substâncias tóxicas também pode causar danos à flora e à fauna, algumas vezes irreversíveis;
- acidificação: ocorre quando gases como SO<sub>2</sub> e NO<sub>x</sub> são dissolvidos na água da chuva e, ao atingirem a superfície terrestre, acidificam o solo e as águas, prejudicando as lavouras, florestas, meios aquáticos, além de causarem danos às estruturas metálicas e edificações;
- fumaça fotoquímica oxidante: sob a ação dos raios ultravioleta, os óxidos de nitrogênio reagem com compostos orgânicos voláteis presentes no ar, produzindo compostos oxidantes fotoquímicos que retornam à superfície terrestre na forma de nevoeiro. Estas substâncias causam doenças respiratórias e a sua ação tem sido observada nos grandes centros urbanos, onde é mais difícil dissipar nuvens e poluentes;
- nutrificação e eutrofização: é a adição de nutrientes ao solo ou à água respectivamente, levando a produção de biomassa. Na água, isso conduz a uma redução de oxigênio (O<sub>2</sub>) disponível, afetando a flora e a fauna aquática. Tanto na água quanto no solo, este efeito pode levar à redução do número de espécies do ecossistema e, portanto, alterar a biodiversidade. Vários

elementos apresentam efeito nutritivo. Nitrogênio e fósforo são os mais importantes.

A partir das categorias, se estabelecem parâmetros para o relacionamento qualitativo dos aspectos ambientais quantificados no ICV, com as categorias de impacto às quais eles contribuem. Cabe destacar que alguns aspectos ambientais podem contribuir para mais de uma categoria, simultaneamente. Exemplos típicos são o SO<sub>2</sub>, que é alocado entre as categorias de impacto, toxicidade humana e acidificação e o NO<sub>x</sub>, que pode ser correlacionado tanto à formação de ozônio ao nível do solo, oxidante fotoquímico, como à acidificação.

Para Giegrich e Schimitz (1996), a valoração procura refletir a atribuição de importância. Para os autores, esta avaliação pode ser realizada por métodos fundamentados tanto objetivamente quanto subjetivamente. A execução deste processo se dá pela necessidade de estabelecer prioridades em diversas etapas da ACV: na definição de objetivo e escopo, ponderação dos impactos ambientais e na formulação e análises de alternativas. Entretanto, este termo é mais utilizado na análise de impactos da AICV com o objetivo de proceder a um julgamento envolvendo diversos impactos ambientais através de regras, condições e métodos confiáveis.

Para Ugaya (2001), a necessidade de valorar advém dos aspectos ou objetivos concorrentes de uma análise ambiental. Entre os objetivos de uma ACV, qual o mais importante? Proteção do Clima Global? Emissões atmosféricas? Emissões aquáticas? Resíduos sólidos? Demanda de transporte? Consumo de energia? Biodiversidade? Para a autora, o mesmo se aplica na comparação de dois produtos. Qual o produto que traz menores conseqüências negativas ao meio ambiente?

Para responder a essas perguntas, a SETAC (1993) argumenta que deve ser utilizada uma metodologia com julgamento transparente e claro. Este julgamento é mais importante do que a existência de uma grande quantidade de dados sem um modo efetivo de análise.

Conforme Heijungs *et al.* (1992), alguns métodos utilizados para valorar são:

- volume crítico;
- análise de escassez;
- análise de valores monetários;
- modelos de decisão de múltiplos critérios.

Conforme Böhm e Waltz (1996), o método de volume crítico é baseado na relação entre a emissão real do poluente e a emissão padrão. Tal método possui o problema de que os parâmetros de valoração mudarão conforme a localidade do estudo. Além disso, o procedimento não considera efeitos cumulativos e a expectativa de vida de cada poluente no meio ambiente.

A análise de escassez tem como base, segundo Tukker (1994), a relação entre a demanda e oferta dos recursos materiais. Este método tem como vantagem a facilidade de uso, embora apresente resultados que dependem das prioridades políticas de cada nação, já que as taxas de utilização de recursos variam de país para país.

Segundo Böhm e Waltz (1996), a análise monetária utiliza o custo do dano e a disponibilidade de pagar ou aceitar pagamento, também chamado de avaliação contingente. Segundo o autor, o princípio do custo do dano é utilizado quando o custo monetário do dano ambiental pode ser avaliado com objetividade. Um exemplo é quando há perda na produção agrícola. No método da disponibilidade de pagar ou a receber um pagamento a título de compensação, uma pesquisa é realizada junto à comunidade afetada levando informações das preferências individuais.

Conforme a SETAC (1993), a teoria de decisão utilizando múltiplas atribuições consiste em decompor múltiplos objetivos separadamente e estimar uma função que identifique todas as atribuições. Para Böhm e Waltz (1996), o método pode ser simplificado hierarquizando as diversas atribuições através de pontuações, deixando o fator de maior importância com pontuação maior que os demais. Neste caso, a soma dos pontos ponderados pode ser interpretada como um índice. Este método tem como vantagem a flexibilidade, podendo ser usado em casos específicos.

### **3.2.6 Interpretação do Ciclo de Vida**

De acordo com Saur (1997), a interpretação do ciclo de vida é a última fase da ACV, tendo sido introduzida para responder questões como “Qual a confiança dos resultados deste estudo da ACV?”; “Os resultados estão de acordo com o objetivo e escopo do estudo?”; “Quais os significados das diferenças encontradas?”. Conforme o autor, o principal objetivo é aumentar a confiança e significado da ACV executada.

A interpretação é a fase na qual as constatações da análise do inventário e da avaliação de impacto ou, no caso de estudos de inventário do ciclo de vida, somente os resultados da análise de inventário são combinados, de forma consistente, com o objetivo e o escopo definidos, visando alcançar conclusões e recomendações (NBR ISO 14040:2001).

Ainda de acordo com a NBR ISO 14040:2001, as constatações desta interpretação podem tomar a forma de conclusões e recomendações para os tomadores de decisão, de forma consistente com o objetivo e o escopo do estudo. A norma ainda acrescenta que esta fase pode envolver o processo iterativo de análise crítica e revisão do escopo da ACV, assim como da natureza e da qualidade dos dados coletados de forma consistente com o objetivo definido.

### 3.3 PROCEDIMENTO DE IDENTIFICAÇÃO E AVALIAÇÃO DE ASPECTOS AMBIENTAIS NO SISTEMA DE GESTÃO AMBIENTAL DA UNISINOS

Para fins de concretizar a proposta a ser apresentada, esta dissertação valer-se-á do procedimento de identificação e avaliação dos aspectos ambientais utilizados no Sistema de Gestão Ambiental da Universidade do Vale do Rio dos Sinos – UNISINOS (SGA UNISINOS, 2008). A seguir serão apresentados principais critérios de avaliação. Outros critérios poderão ser adotados em aplicações futuras, desde que contemplem os elementos ora apresentados de forma considerada adequada, conforme o referencial apresentado na presente pesquisa.

#### 3.3.1 Identificação dos processos e atividades

De acordo com o SGA UNISINOS (2008), todos os aspectos ambientais associados às atividades, produtos e serviços devem ser identificados. As seguintes “famílias” de aspectos ambientais devem ser consideradas na identificação dos mesmos: uso de materiais/matérias-primas/insumos; emissões atmosféricas; geração e descarte de resíduos; odores; ruídos; geração e descarte efluentes ou lançamentos em corpos d’água; consumo de recursos naturais associados ao transporte interno e externo de produtos, insumos, materiais, e matérias-primas; armazenagem de materiais; contaminação do solo, dentre outros.

### 3.3.2 Identificação dos Impactos Ambientais

Conforme o SGA UNISINOS (2008), a relação aspecto e impacto é uma relação de causa e efeito. Portanto, para cada aspecto identificado na etapa anterior, deve(m) ser identificado(s) o(s) seu(s) respectivo(s) impacto(s) associado(s), ou seja, o(s) efeito(s) decorrente(s) dos aspectos identificados de acordo com o Quadro 3.

Nome	Definição	Exemplo
CONTAMINAÇÃO HÍDRICA	Alteração da qualidade da água causando danos à saúde, à flora e à fauna.	Descarte de alcoóis e ácidos
CONTAMINAÇÃO DO SOLO	Alteração da qualidade do solo causando danos à saúde, à flora e à fauna.	Derramamento de óleos
ALTERAÇÃO DA QUALIDADE DO AR	Emissão de gases e poeiras causando danos à saúde, à flora e à fauna	Emissão de fumaça veicular
RISCO À SAÚDE	Exposição à agentes físico, químico e biológicos com potencial de dano à saúde	Manipulação de materiais infectados e produtos contaminados
POLUIÇÃO SONORA	Ruídos, barulhos e sons acima dos níveis determinados pelo CONAMA 01/90 e NBR 10151 causando danos à saúde e à fauna	Uso de motores, buzinas, alarmes e compressores
DANOS À FLORA E FAUNA	Manejo inadequado da flora e fauna causando danos a ecossistemas	Derrubada de árvores e introdução de espécies exóticas
USO DE RECURSOS NATURAIS NÃO-RENOVÁVEIS OU ESCASSOS	Emprego de materiais que estão disponíveis em quantidade limitada (finita) na natureza	Consumo de derivados de petróleo e água
USO DE RECURSO NATURAL RENOVÁVEL	Emprego de materiais que são repostos natural ou artificialmente na natureza	Supressão de florestas para fabricação de papel e móveis
EFEITO ESTUFA	Aumento gradativo da temperatura terrestre causada pela emissão de Dióxido de carbono (CO <sub>2</sub> ), Óxido nitroso (N <sub>2</sub> O), e outros gases	Queima de combustíveis fósseis
ATAQUE À CAMADA DE OZÔNIO	Destruição da camada de ozônio causada pela emissão de compostos clorados, permitindo a exposição excessiva à radiação ultra violeta	Liberção de gases do tipo CFC durante a manutenção de equipamentos de refrigeração
CHUVA ÁCIDA	Modificação da qualidade da água de chuva causada pela emissão de gases formadores de ácidos sulfúrico, nítrico, nítrico e clorídrico	Queima de combustíveis fósseis e plásticos
RISCO AO PATRIMÔNIO	Efeito de uma atividade com potencial de dano aos bens materiais da Universidade e seu entorno	Incêndio ou explosão de instalações e equipamentos
OCUPAÇÃO DE ATERROS (SANITÁRIO OU INDUSTRIAL)	Uso e ocupação do solo para disposição de resíduos sólidos	Disposição final de materiais reaproveitáveis e/ou recicláveis em aterros sanitários gerando um passivo ambiental.

Quadro 3 - Impactos Ambientais  
Fonte: SGA UNISINOS (2008)

Conforme o SGA UNISINOS (2008), o processo de caracterização de Aspectos e Impactos associados deve ser conduzido levando-se em conta:

- a) abrangência;
- b) severidade;
- c) frequência.

A abrangência é o critério que indica o âmbito alcançado pelo impacto ambiental, representando a sua abrangência espacial (localização do dano), devendo ser pontuado conforme o Quadro 4.

<b>Classificação</b>	<b>Exemplo</b>	<b>Pontuação</b>
Pode causar impacto localizado no entorno do local de ocorrência.	Geração de odores - esgoto doméstico e todos os aspectos associados ao impacto Risco à saúde	1
Pode causar impacto que ultrapassa o local de ocorrência, porém é restrito aos limites da instalação industrial	Incêndio causado por produtos químicos inflamáveis e vazamento/derrame de produtos químicos.	2
Pode causar impacto regional ultrapassando os limites da instalação industrial até 100 km do seu entorno.	Consumo de gases, uso de materiais, geração de resíduos, uso de produtos químicos inflamáveis	3
Pode causar impacto regional ultrapassando 100 km dos limites da instalação industrial	Consumo de água e energia e geração de resíduos	4

Quadro 4 - Abrangência Espacial  
Fonte: SGA UNISINOS (2008)

De acordo do o SGA UNISINOS (2008), a severidade representa a gravidade da alteração e a reversibilidade (capacidade de remediar-se) do impacto, devendo ser pontuada conforme as especificações conforme o Quadro 5.

<b>Classificação</b>	<b>Pontuação</b>
<b>Não causa danos</b>	1
<b>Causa danos leves</b> com parâmetros acima de limites estabelecidos pela legislação ou normas, entretanto o impacto cessa com a adequação do aspecto via controle operacional	2
<b>Causa danos severos</b> com parâmetros acima dos limites estabelecidos pela legislação ou normas, entretanto, apesar do impacto cessar com a adequação do aspecto via controle operacional, os danos causados são irreversíveis e/ou necessitam de uma estrutura externa à Instalação Industrial a fim de que haja recuperação ou mitigação do impacto	4

Quadro 5 - Severidade  
Fonte: SGA UNISINOS (2008)

A frequência é a periodicidade de ocorrência do aspecto/impacto ambiental, em situação normal, conforme as especificações do Quadro 6.

<b>Classificação</b>	<b>Pontuação</b>
Periodicidade de ocorrência Semestral ou Maior	1
Periodicidade de ocorrência Mensal	2
Periodicidade de ocorrência Semanal	3
Periodicidade de ocorrência Diária	4

Quadro 6 - Periodicidade  
Fonte: SGA UNISINOS (2008)

Uma vez pontuados de acordo com as especificações descritas nos Quadros 4, 5 e 6, o SGA UNISINOS (2008) afirma que as pontuações devem ser somadas para se obter os seguintes resultados conforme as pontuações do Quadro 7.

<b>Pontuação</b>	<b>Resultado</b>
3 a 3,9	Desprezível
4 a 7	Moderado
7,1 a 12	Crítico

Quadro 7 - Resultados  
Fonte: Adaptado de SGA UNISINOS (2008)

Conforme o SGA UNISINOS (2008) será considerado “Significativo” todo o aspecto ou impacto classificado como “Moderado” ou “Crítico”. Da mesma forma, o aspecto/impacto

identificado como “Crítico” terá “Prioridade 1”, devendo ser tratado com atenção pela equipe. Todo aspecto/impacto identificado como “Moderado”, terá “Prioridade 2”, podendo ser tratado em segundo plano como substituição da cadeia produtiva.

Vale ressaltar as limitações das pontuações de periodicidade, uma vez que há um espaço de tempo não proporcional entre as pontuações, abrandando assim as ocorrências. Desta forma, esta fragilidade impacta na determinação do impacto ambiental, uma vez que há uma grande disparidade temporal entre a nota máxima e mínima.

Apesar de ser um procedimento para gestão, esta escala será mantida para a realização deste trabalho para fim de ilustração do método proposto, uma vez que Böhm e Waltz (1996) argumentam que o método pode ser simplificado hierarquizando as diversas atribuições através de pontuações.

#### 3.4 ELEMENTOS DE POSICIONAMENTO ESTRATÉGICO

De acordo com Paiva, Carvalho e Fensterseifer (2009), “*Estrategos*” advém do grego, que significa “general”. De acordo com Mintzberg (1987), a adaptação entre um ambiente dinâmico e um sistema de operações estável é o que se chama de estratégia. Para o autor, a palavra é adequada na concepção de organização, de maneira que esta se ajusta continuamente ao ambiente em que está inserida. Desta forma, entende-se nesta dissertação que posicionamento estratégico é onde a organização está localizada no ambiente em que está inserida de acordo com as dimensões analisadas.

De acordo com Porter (2003), o posicionamento estratégico de uma organização surge de três fontes diferentes que não são mutuamente excludentes e em geral se encontram imbricadas. De acordo com o autor, o *posicionamento baseado na variedade* trata-se da produção de um subconjunto de produtos ou serviços de um setor. Já o *posicionamento baseado nas necessidades* é focado em atender a necessidade de um determinado grupo de clientes, ou seja, com necessidades diferenciadas. E, por fim, o *posicionamento baseado no acesso* busca segmentação dos clientes em razão das diferentes modalidades de acesso, onde se exige um diferente conjunto de atividades para se chegar ao cliente. Desta forma, posicionamento estratégico é uma escolha da organização que envolve decidir o que não oferecer para o cliente e onde não atuar.

A partir da decisão de qual posicionamento que a organização irá adotar, deve-se então definir ações estratégicas para se atingir o objetivo estabelecido, como por exemplo: substituição de fornecedores, alianças com outras organizações, mudança de produto e redução de custos. Tais estratégias partem das cinco forças competitivas apresentadas por Porter (1986), que são: rivalidade entre os atuais concorrentes; ameaça de novos entrantes; poder de negociação com clientes; ameaça de produtos ou serviços substitutos; poder de negociação dos fornecedores.

Um exemplo de mudança de posicionamento estratégico é apresentada por Antunes *et al.* (2008). Segundo os autores, a contabilidade de custos era adotada até o início da década de 90 no Brasil. Nesta lógica, o preço de venda era simplesmente o custo mais o lucro desejado pelas organizações. Esta estratégia transferia os custos da ineficiência de seus processos produtivos para os clientes. Este cenário era possível na época por haver barreiras alfandegárias no país. Entretanto, com a mudança da lógica do mercado, os custos passaram a ser vistos pelas organizações como todo valor agregado ao produto. Nesta nova lógica, as organizações passaram a adotar o controle dos custos, onde o lucro é calculado a partir da subtração do preço de venda com o custo. Entretanto, conforme os autores, esta estratégia tem limites, uma vez que a redução de custos não é condição suficiente para a competitividade. Neste sentido, as organizações passam a negociar internamente em busca do “custo-alvo”, pelo qual se leva em conta toda a organização (*marketing*, desenvolvimento de produtos e processos, compras, etc.). Segundo Antunes *et al.* (2008), esta lógica é conhecida como gerenciamento de custos. O Quadro 8 explicita as equações de cada uma das lógicas ora apresentadas.

<b>Equação</b>	<b>Lógica</b>
$PV = C + L$	Contabilidade de Custos
$L = PV - C$	Controle de Custos
$C = PV - L$	Gerenciamento de Custos

Quadro 8 - Relação entre preço de venda, custo e lucro  
Fonte: Adaptado de Antunes *et al.* (2008)

Uma das formas de analisar a posição estratégica que a organização se encontra para alavancar ações de melhoria é através da Matriz de Posicionamento Estratégico apresentada por Porter (1986). Segundo o autor, existem cinco forças competitivas:

- ameaça de novos entrantes;

- ameaça de produtos substitutos;
- concorrentes;
- poder de barganhados clientes; e
- poder de barganha dos fornecedores.

Para enfrentar estas forças competitivas e obter vantagem competitiva, Porter (1986) utiliza a Matriz de Posicionamento Estratégico com as dimensões *Escopo competitivo* e *Vantagem competitiva*. Nesta matriz, Paiva, Carvalho e Fensterseifer (2009), pressupõem que na liderança de custo há a necessidade de ganhos de escala, desde a compra de matéria-prima, passando pela produção até a negociação com os clientes. Para Porter (1986), alcançar custos baixos em relação aos concorrentes é o objetivo principal desta estratégia, embora não possam ser esquecidos pontos importantes como a qualidade. De acordo com Paiva, Carvalho e Fensterseifer (2009), foi esta abordagem que orientou os princípios da produção em massa no início do século XX.

Já a estratégia de diferenciação considera que o aspecto a ser buscado são características únicas e exclusivas do produto oferecido pela empresa, criando algo que seja reconhecido como diferencial no ambiente competitivo no qual a organização se encontra.

Por fim, a estratégia de enfoque visa um determinado segmento do mercado (grupo comprador, mercado geográfico ou linha de produtos). Tal estratégia baseia-se no fato de que, com a focalização, a organização terá melhores condições de atender seu alvo específico do que as concorrentes. Neste segmento específico, a empresa poderá competir tanto em termos de diferenciação quanto em termos de custo. As três estratégias genéricas estão representadas na Figura 12.

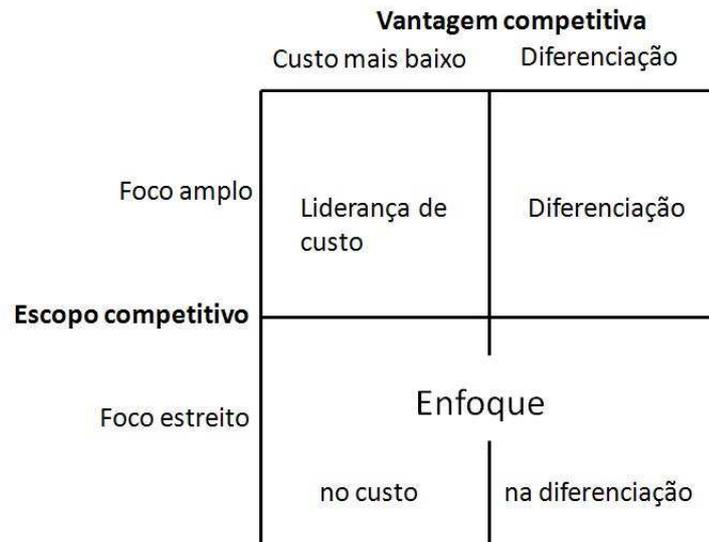


Figura 12 - As três estratégias genéricas  
 Fonte: Adaptado de Paiva, Carvalho e Fensterseifer (2009)

Para Porter (1986), somente as organizações que definirem qual das três estratégias utilizar terão sucesso. Segundo o autor, as organizações que ficam no “meio-termo”, estão em uma situação estrategicamente pobre. De acordo com o autor, falta a esta organização parcela de mercado e investimento de capital, uma vez que seu preço não é competitivo com as organizações líderes em custo e suas margens são pequenas quando comparadas com as organizações que alcançam a diferenciação. Estas organizações devem fazer uma decisão estratégica fundamental para sair desta situação, adotando as medidas necessárias para atingir a liderança em custo, ou pelo menos, adotando a estratégia de enfoque.

Outra forma de analisar o Posicionamento Estratégico de uma organização é a partir da matriz de compras de Kraljic (1983). Sua matriz tem como objetivo final otimizar a relação entre custos (diretos e indiretos) e risco, cruzando duas dimensões: *Impacto sobre o resultado financeiro* (ou Impacto sobre o lucro) e *Incerteza de oferta* (ou Risco de fornecimento), gerando uma matriz 2x2 de classificação de quatro categorias: estrangulamento, não-críticas, alavancagem e itens estratégicos, conforme Figura 13.

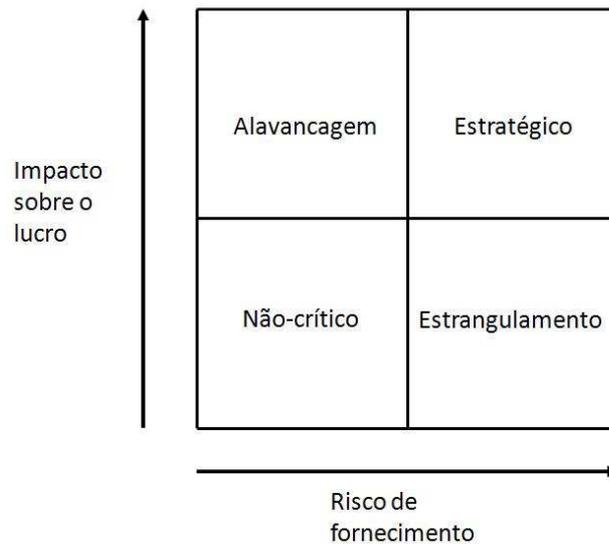


Figura 13 - Dimensões e categorias da matriz de Kraljic  
 Fonte: Gelderman e Van Weele (2003)

De acordo com Gelderman e Van Weele (2003), cada uma das quatro categorias requer uma abordagem distinta em relação aos fornecedores. Itens não-críticos exigem normalização do produto e tratamento eficaz para a otimização do inventário. Já itens de alavancagem permitem que a empresa possa explorar o poder de compra, como preço-alvo e substituição de produto. Itens de estrangulamento causam significativos problemas e riscos que devem ser administrados com controle de fornecedores e segurança do inventário. Ainda de acordo com os autores, uma análise mais detalhada de itens estratégicos é recomendada.

De acordo com Have *et al.* (2003), a construção da matriz de Kraljic possui diversos elementos de subjetividade, uma vez que a separação dos quadrantes é arbitrária podendo variar conforme a realidade de cada organização.

Segundo Kraljic (1983), a idéia fundamental do modelo é minimizar o risco de fornecimento e aproveitar ao máximo a compra. Conforme Lamming e Harrison (2001), a matriz de Kraljic é o fundamento da estratégia de compras para organizações de diferentes setores e, conforme Gelderman e Van Weele (2003), a matriz de Kraljic, com o passar do tempo, foi foco de livros sobre a aquisição e fornecimento de gestão.

Conforme Carter (1999), o uso de uma lógica de segmentação propõe uma classificação que considera os aspectos relativos à qualidade dos componentes e a relevância estratégica dos itens adquiridos sob o ponto de vista da agregação de valor aos produtos e serviços da empresa.

Neste sentido, Klippel, Antunes e Vaccaro (2007) desenvolveram a Matriz de Posicionamento Estratégico de Materiais (MPEM). De acordo com os autores, a MPEM é um

aprimoramento da matriz de Kraljic, e apresenta as seguintes dimensões: *Risco dos Suprimentos* (ou Materiais) e *Influência sobre os resultados*. A primeira dimensão considera as cinco forças de Porter, enquanto a segunda dimensão considera tecnologia, custo, tempo e qualidade. A Figura 14 ilustra a MPEM.



Figura 14 - Método de Posicionamento Estratégico de Materiais  
Fonte: Klippel, Antunes e Vaccaro (2007)

Segundo Klippel, Antunes e Vaccaro (2007), a partir das dimensões de Risco de Suprimentos e Influência nos Resultados é possível construir uma MPEM classificando os materiais em quatro segmentos:

- a) **componentes competitivos:** com baixo risco de fornecimento e alta influência nos resultados da empresa;
- b) **componentes de risco:** com elevado risco de fornecimento e baixa influência nos resultados da empresa;
- c) **componentes estratégicos:** com elevado risco de fornecimento e elevada influência nos resultados da empresa;
- d) **componentes não-críticos:** com baixo risco de fornecimento e baixa influência nos resultados da empresa.

Os autores utilizam o Método Geral de Trabalho Preliminar (MGTP) apresentado originalmente por Antunes e Klippel (2002) para o processo de implantação da MPEM. O MGTP consiste em treze etapas sequenciais, visando operacionalizar projetos de implantação.

Na primeira etapa ocorre a apresentação do método de trabalho para o grupo gestor da companhia. A segunda etapa é marcada pela definição do grupo de trabalho (GT), onde pessoas-chaves de diversos setores da organização com conhecimento dos materiais envolvidos selecionadas pelos representantes da empresa. Na terceira etapa ocorre o refinamento da abrangência do projeto através do levantamento dos materiais e produtos a serem tratados. A partir de então, ocorre na quarta etapa o treinamento básico do método, que envolve os conceitos, princípios, e método propriamente dito e a forma específica para tratamento dos dados. Na quinta etapa é efetuada a elaboração da MPEM preliminar, onde ocorre o conjunto de votações seguindo critérios que visam proporcionar e, posteriormente, classificar cada material. Com os dados provenientes das votações, inicia-se a sexta etapa, onde tais dados são tabulados de modo a definir o índice que traduz as duas dimensões. O resultado é uma lista dos materiais de cada produto, classificados nos quatro quadrantes a MPEM. De acordo com os autores, a definição dos pontos de corte que delimitam os quadrantes também deve ser produto de votação e consenso do GT. Na sétima etapa é realizada a análise crítica das matrizes geradas, de modo a validar as votações realizadas pelos membros do GT. Com base nas informações geradas, a oitava etapa consiste na elaboração de propostas de gestão para cada segmento da MPEM. Na nona etapa é realizada a apresentação dos resultados obtidos pelo GT para o grupo gestor da organização. Na décima etapa é realizada a consolidação dos planos de ação e formas de gestão para os segmentos da MPEM. A décima primeira etapa é a execução dos planos de ação elaborados na etapa anterior. Com a execução dos planos de ação, a décima segunda etapa consiste na avaliação comparativa entre as ações realizadas com as previstas, ou seja, é realizado o controle dos planos de ação. Por fim, a décima terceira etapa consiste no replanejamento das ações, uma vez que as mesmas podem não terem surtido o resultados esperado.

De acordo com Klippel, Antunes e Vaccaro (2007), o MGTP ora apresentado foi constituído a partir da síntese realizada em termos teóricos e de conjunto de proposições metodológicas autônomas geradas a partir de lacunas observadas na literatura aberta sobre o tema. A Figura 15 apresenta o fluxograma do MGTP adaptado para a implementação da MPEM.

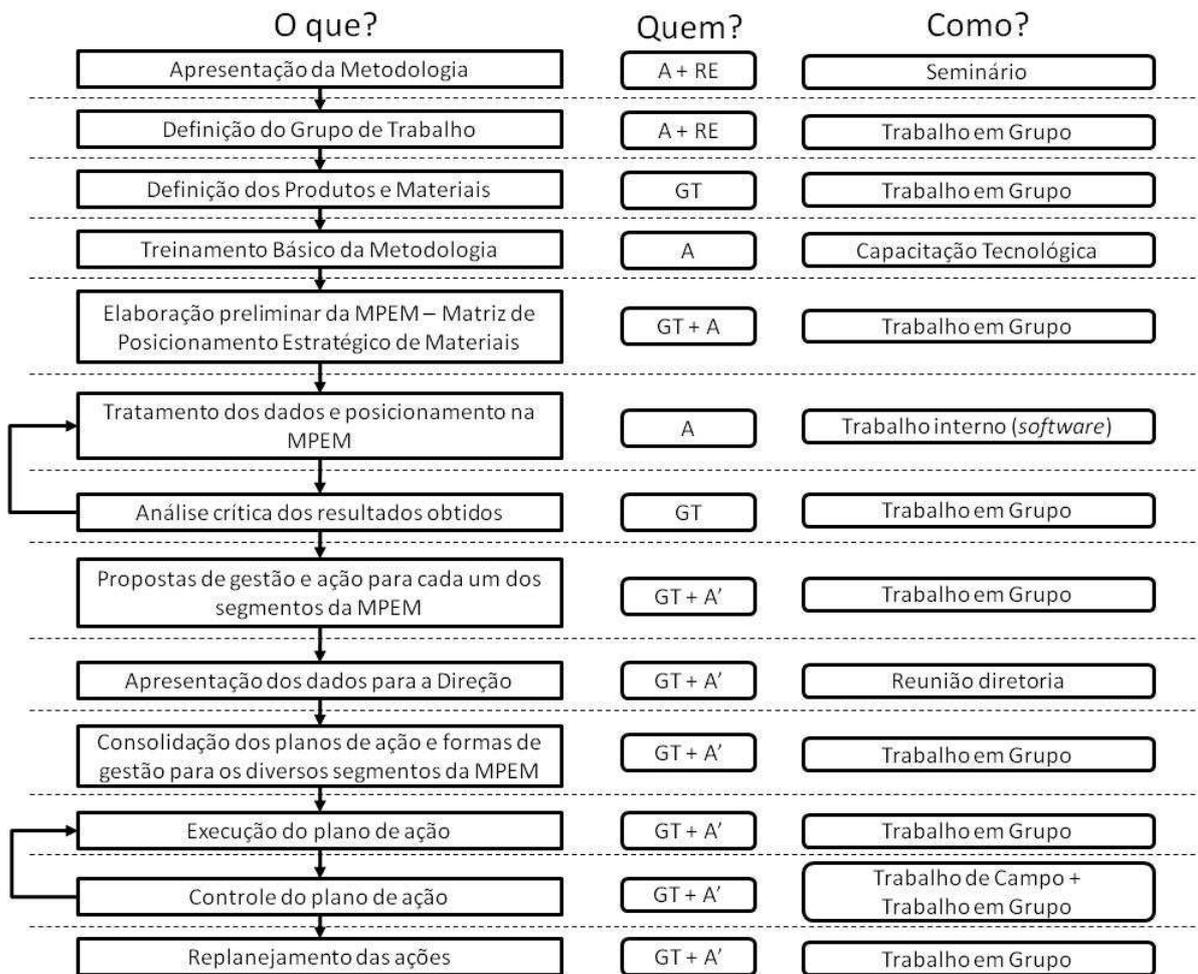


Figura 15 - MGTP - Método Geral de Trabalho Preliminar  
 Fonte: Klippel, Antunes e Vaccaro (2007)

Onde,

A = Assessoria Direta

A' = Acompanhamento Assessoria

RE = Responsáveis da Empresa

GT = Grupo de Trabalho

O objetivo desta seção foi apresentar abordagens previamente desenvolvidas que serviram de inspiração para o método. Entretanto, outras abordagens podem ser encontradas em SANTANA, OLIVEIRA (1999); MINTZBERG, AHLSTRAND, LAMPEL (2000); e MOURA (2002).

## 4 O MÉTODO PROPOSTO

Conforme estabelecido nos objetivos desta dissertação, o método proposto estabelece dimensões para a classificação no que tange à sustentabilidade do objeto de estudo. Com base nessas dimensões, é construída a MPESus – Matriz de Posicionamento Estratégico de Sustentabilidade – contemplando as estratégias potenciais a serem adotadas. O método de aplicação do modelo proposto é baseado no MGTP – Método Geral de Trabalho Preliminar apresentado por Klippel, Antunes e Vaccaro (2007), adaptado às necessidades desta dissertação.

### 4.1 MATRIZ DE POSICIONAMENTO ESTRATÉGICO DE SUSTENTABILIDADE

A MPESus (Matriz de Posicionamento Estratégico de Sustentabilidade) possui elementos de MPEM (Matriz de Posicionamento Estratégico de Materiais) que, por sua vez, é um aprimoramento da Matriz de Kraljic. Sua construção possui os pilares de três referenciais teóricos:

- a) Elementos de Sustentabilidade;
- b) Análise do Ciclo de Vida;
- c) Noção de Posicionamento Estratégico.

Como já apresentado anteriormente, Reis, Fadigas e Carvalho (2005) argumentam que um sistema baseado no uso racional de recursos renováveis, reciclagem de materiais, distribuição justa dos recursos naturais e respeito a todas as formas de vida, oferece uma solução com equilíbrio dinâmico e harmônico entre o ser humano e a natureza. Conforme Costanza (1991), o desenvolvimento sustentável está diretamente ligado aos sistemas econômicos e ecológicos. Neste sentido, a relação entre ambos deve assegurar que a vida humana possa se desenvolver, indefinidamente, desde que os efeitos das atividades humanas fiquem dentro de fronteiras adequadas, a fim de não destruir o sistema ecológico. Ou seja, o

desenvolvimento sustentável é o desenvolvimento econômico capaz de produzir produtos, processos e serviços que preservem o meio ambiente e promovam com justiça social.

A partir das premissas explicitadas no parágrafo anterior, a MPESus tem como objetivo identificar a posição estratégica de um determinado produto, de forma a nortear os gestores da organização a melhorar não só o produto que oferece, mas também a cadeia produtiva que está inserido. Para tanto, a MPESus pode ser utilizada tanto em estudos qualitativos quanto quantitativos.

Na estrutura da MPESus considera-se na ordenada a dimensão ***Impacto Ambiental***, que se refere aos impactos da cadeia produtiva. Como apresentado anteriormente, impacto ambiental é toda alteração brusca ocorrida no meio ambiente devido às atividades humanas que afetem a saúde da população, as atividades sociais e econômicas, a biota, as condições estéticas e sanitárias do meio ambiente e a qualidade dos recursos naturais (ACIESP, 1987; FEEMA, 1992; CONAMA, 1986).

Para se chegar à dimensão ***Impacto Ambiental***, usa-se os resultados da ACV da cadeia produtiva, somando-se as quantificações dos impactos de cada aspecto ambiental dividindo-se pela quantidade de aspectos presentes no estudo. Assim, obtém-se uma média do impacto ambiental da cadeia produtiva do objeto de estudo. Esta dimensão pode ser adaptada conforme o procedimento para análise da ACV. Para os pontos de corte desta dimensão, atribui-se aqui a adaptação dos resultados gerados dos impactos ambientais conforme o SGA UNISINOS (2008), apresentados novamente no Quadro 9. Desta forma, entende-se que a cadeia produtiva que contribui para o desenvolvimento sustentável é aquela que possui o menor impacto ambiental. Em outros contextos, outras escalas poderão ser consideradas, desde que devidamente justificadas por critérios explícitos.

<b>Pontuação</b>	<b>Resultado</b>
3 a 3,9	Desprezível
4 a 7	Moderado
7,1 a 12	Crítico

Quadro 9 - Resultados e pontuação de corte da dimensão *Impacto Ambiental*  
Fonte: Adaptado de SGA UNISINOS (2008)

Porém, é na dimensão da abscissa que se localiza a diferença entre estudos qualitativos e quantitativos da MPESus. Ambos são baseados em dois pontos de corte: o primeiro ponto de corte é o Lucro obtido pelo produto final, ou seja, mostrando a representatividade do Lucro na matriz para uma melhor visualização do Grupo Gestor da posição em que o objeto de

estudo se encontra; o segundo é o que o autor chama de **Retorno Econômico-Ampliado** (REA). O REA baseia-se no controle de custos apresentado por Antunes *et al.* (2008), adicionando um elemento denominado “custo de reciclagem”. Entende-se que, para a elaboração do REA, o Custo de Reciclagem (CR) é o preço de venda da sucata reciclada após a vida útil de um determinado produto para que este possa ser realocado como matéria-prima para a mesma ou outra cadeia produtiva, ou seja, retornando para uma cadeia de valor. Neste cálculo é levado em consideração o CR atual do produto, independentemente do tempo de sua vida útil. Desta forma, o **Retorno Econômico-Ampliado** (REA) é explicitado pela Expressão 1.

$$REA = PV - CP - CR \quad (1)$$

Onde,

REA = Retorno Econômico-Ampliado

PV = Preço de Venda

CP = Custo de Produção

CR = Custo de Reciclagem

Desta forma, entende-se que o objeto de estudo contribui para o desenvolvimento sustentável quando o REA for positivo, ou seja, o saldo do lucro obtido pela organização menos o custo de reciclagem é maior que zero. Nos casos em que o REA do objeto de estudo for menor que zero, o mesmo gera perdas para a cadeia produtiva, apesar de poder gerar lucro para a organização que lança o produto no mercado. Nos casos em que o lucro é negativo, ou seja, quando o produto gera lucro negativo para a organização, o REA será negativo, uma vez que se deve ainda adicionar o CR do produto.

A forma como será considerado a abscissa define dois modelos da MPESus que serão denominadas MPESus Qualitativa e MPESus Quantitativa e serão explicadas adiante neste texto.

A partir da definição das dimensões **Retorno Econômico-Ampliado e Lucro** (abscissa) e **Impacto Ambiental** (ordenada), a MPESus classifica o objeto de estudo em nove setores. Na Figura 16 é apresentada a estrutura geral da MPESus.

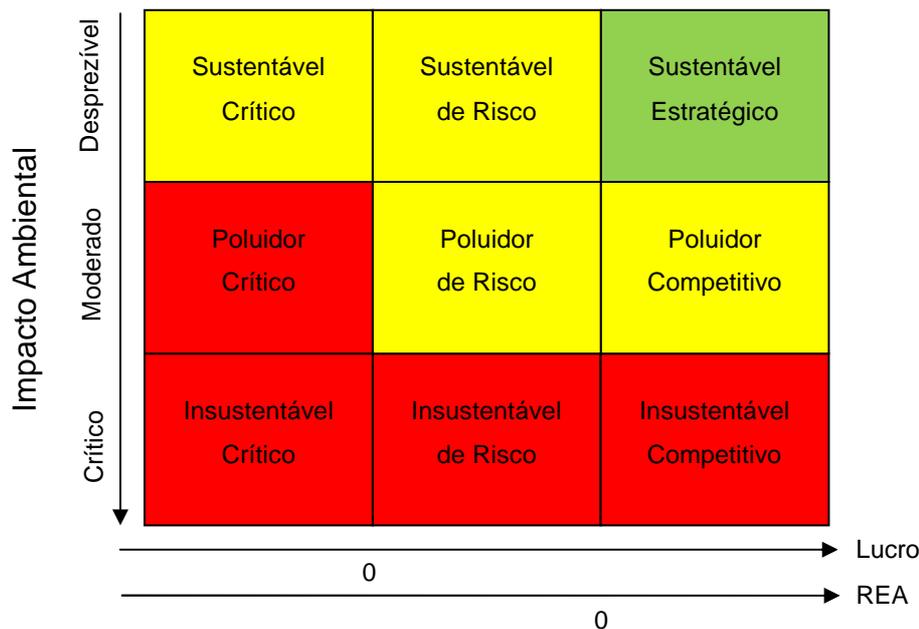


Figura 16 – Estrutura geral da MPESus  
Fonte: O Autor (2010)

Considerando a gestão do objeto estudado, as seguintes questões são pertinentes: Quais os mecanismos de gestão que devem ser utilizados em cada setor da MPESus? Como tratar o produto de forma estratégica a partir dos nove setores da matriz?

- a) **insustentável crítico:** são produtos extremamente críticos, que devem ter prioridade máxima para serem revistos. O Grupo de Gestores deve questionar a continuidade de produção, uma vez que são produtos localizados neste setor, além de REA negativo, causam prejuízo direto para a organização com Impacto Ambiental Crítico. Sugere-se uma revisão urgente dos custos de produção juntamente com o preço de venda. Sugere-se também revisão do conceito do produto ou, das tecnologias de controle ou prevenção da poluição, uma vez que a cadeia produtiva tem alto impacto ambiental. Rever a manufatura e do que é constituído o objeto de estudo é altamente recomendado;
- b) **insustentável de risco:** são produtos com alto impacto ambiental e com REA negativo. Entretanto, o produto gera lucro para a organização. Neste caso, recomenda-se que o setor de desenvolvimento de produto, qualidade e de

produção se envolvam para definir estratégias para a redução do impacto ambiental da cadeia produtiva e diminuição dos custos.

- c) **insustentável competitivo:** são produtos que possuem alto impacto ambiental. Porém geram lucro para a organização e possuem REA positivo, ou seja, a cadeia produtiva ganha economicamente, mas não ambientalmente. Neste caso, sugere-se que os setores de compras, qualidade e projeto se unam em busca de fornecedores, materiais ou processos que causem um impacto ambiental menor.
- d) **poluidor crítico:** estes produtos geram um impacto ambiental moderado. Entretanto não geram lucro para a organização, tampouco REA positivo. Sugere-se que o setor de desenvolvimento de produto, qualidade e produção se unam para diminuir os custos de produção, juntamente com uma revisão dos fornecedores para a diminuição dos custos de produção. Ao mesmo tempo, os fornecedores podem ser revistos do ponto de vista ambiental para diminuir o impacto da cadeia produtiva no meio ambiente. Trabalhar com fornecedores com ISO 14000 é uma forma de selecionar fornecedores.
- e) **poluidor de risco:** os produtos localizados nesta zona geram ganho para a organização com um impacto ambiental moderado da cadeia produtiva. Entretanto, o REA ainda é negativo. Sugere-se que os responsáveis pelo setor da produtividade façam trabalhos de diminuição dos custos de produção. Concomitantemente, sugere-se que o setor de compras, alinhado com o setor de qualidade, busque fornecedores de matéria-prima com menor custo, mas sem abrir mão da qualidade do produto.
- f) **poluidor competitivo:** os produtos deste setor geram ganho para a organização e também possui um REA positivo. Entretanto, a cadeia produtiva deste produto possui impacto ambiental moderado. Sugere-se que o setor de compras selecione fornecedores que tenham ISO 14000 para melhorar a dimensão de impacto ambiental. Rever o material do qual o produto é constituído com o setor de desenvolvimento de produto pode melhorar o impacto ambiental. Entretanto, sugere-se trabalhar em conjunto com o setor de compras, produção e qualidade para avaliar o impacto da mudança do material nos custos de produção.
- g) **sustentável crítico:** neste caso, os produtos têm impactos ambientais desprezíveis. Entretanto, são produtos que não geram lucro e tampouco REA.

Nestas condições, sugere-se que a direção da empresa faça investimentos para obter ganho de escala e reduzir custos de produção.

- h) **sustentável de risco:** estes produtos têm impacto ambiental desprezível e gera rentabilidade para a organização, porém não possui REA. Sugere-se investimento em *marketing* para aumentar a demanda e, conseqüentemente, o investimento para a organização obter em ganho de escala. Ao mesmo tempo, o setor de produção deve realizar melhorias para evitar perdas produtivas para diminuir o custo, aumentando assim o RAE.
- i) **sustentável estratégico:** impacto ambiental desprezível, gerando ganho financeiro para a organização e com REA. Sugere-se que a diretoria faça investimentos de *marketing* para se consolidar no mercado com esta diferenciação.

Como se pôde observar na Figura 16, existem dois eixos na abscissa que não possuem a mesma escala, uma vez que o REA depende de dois fatores que não são lineares: o Lucro e o Custo de Reciclagem. Como comentado anteriormente, a forma de tratamento do eixo das abscissas permite propor diferentes perspectivas para interpretação dos produtos que serão analisados. Para concretizar essa observação são propostos a seguir dois modelos de MPESus nos quais serão denominados MPESus Qualitativa e MPESus Quantitativa. Estes modelos são ancorados na estrutura geral da MPESus apresentada.

#### 4.1.1 MPESus Qualitativa

A MPESus Qualitativa é baseada em categorias no que tange à classificação do impacto ambiental da cadeia produtiva, do Lucro e do REA. Para a MPESus Qualitativa, a abscissa apresenta o Lucro e o REA e considera apenas os sinais matemáticos de Lucro e REA. Ou seja:

- quando o lucro e o REA são menores que zero, o objeto de estudo é considerado “crítico”;

- quando o lucro é maior ou igual a zero e o REA é menor que zero, o objeto de estudo é considerado “de risco”, uma vez que, apesar de gerar lucro positivo, possui um REA negativo;
- quando o lucro e o REA são positivos, o objeto de estudo é considerado “competitivo”, uma vez que tanto a organização que disponibiliza o objeto de estudo para o mercado quanto a cadeia produtiva possuem ganhos.

Já o impacto ambiental pode ser realizado sem uma ACV completa e criteriosa, uma vez que pode ser classificada apenas como: desprezível, moderada ou crítica. Estas classificações podem variar conforme o conhecimento dos envolvidos ou conforme critérios previamente definidos pela organização.

Desta forma, os setores da MPESus podem ser enquadrados conforme a Figura 17.

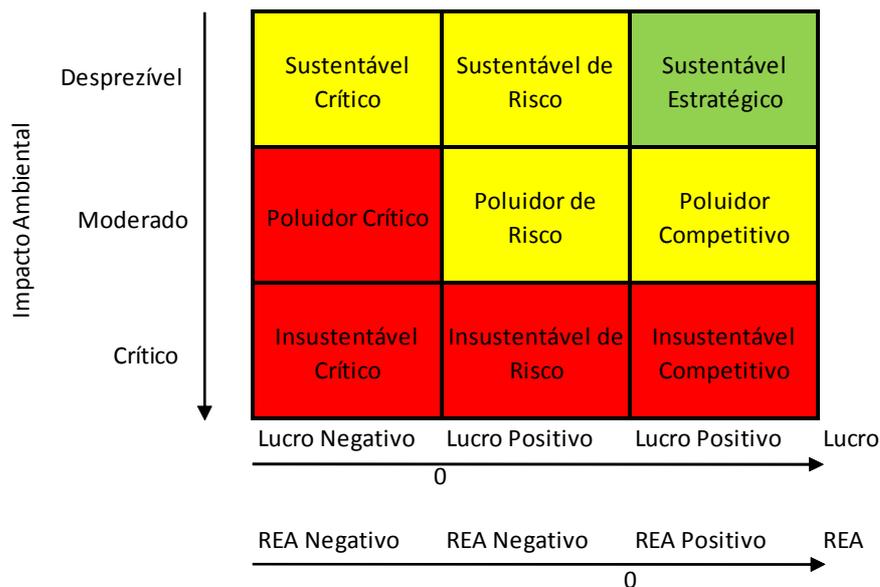


Figura 17 - MPESus Qualitativa  
Fonte: O autor (2010)

A título de ilustração, o Quadro 10 apresenta hipóteses de produtos com os resultados de cada dimensão a fim de ser usado como exemplo de enquadramento na MPESus Qualitativa.

<b>Produto</b>	<b>Lucro</b>	<b>REA</b>	<b>Impacto Ambiental</b>
A	+	+	Desprezível
B	+	+	Moderado
C	+	-	Moderado
D	+	-	Crítico
E	0	-	Crítico
F	-	-	Moderado
G	-	-	Crítico

Quadro 10 - Exemplo de produtos para enquadramento da MPESus Qualitativa  
Fonte: O autor (2010)

De acordo com os dados apresentados no quadro anterior, o produto “A” se enquadra no setor *Sustentável Estratégico*. O produto “B” se enquadra como *Poluidor Competitivo*, uma vez que o seu impacto ambiental é considerado Moderado. Já o produto “C” é um produto que apesar de gerar lucro positivo, possui REA negativo, ou seja, a soma do custo de produção e do custo de reciclagem é maior que o lucro obtido. Concomitantemente, a sua cadeia produtiva possui um impacto ambiental moderado, enquadrando o produto “C” no setor *Poluidor de Risco*. O produto “D” possui as mesmas condições econômicas do produto “C”. Entretanto, sua cadeia produtiva possui um impacto ambiental maior: “Crítico”. Assim, o produto “D” é classificado como um *Insustentável de Risco*. O produto “E” é classificado como *Insustentável Crítico* por possui lucro zero e REA negativo, além da cadeia produtiva ter o impacto ambiental crítico. O produto “F” também é vendido com lucro negativo e, conseqüentemente, com REA negativo. Entretanto, o impacto ambiental da cadeia produtiva do produto “F” é moderado, classificando-o como *Poluidor Crítico*. Por fim, o produto “G” é enquadrado como *Insustentável Crítico* pelos mesmos motivos do produto “E”. Desta forma, os enquadramentos dos produtos são explicitados na Figura 18.

Como se pode observar, a MPESus Qualitativa detecta apenas os setores que estão os produtos, limitando assim as análises e discussões. Esta limitação se dá por não se ter noção do quanto cada produto está distante um do outro, tampouco dos pontos de corte. Entretanto, algumas considerações podem ser feitas.

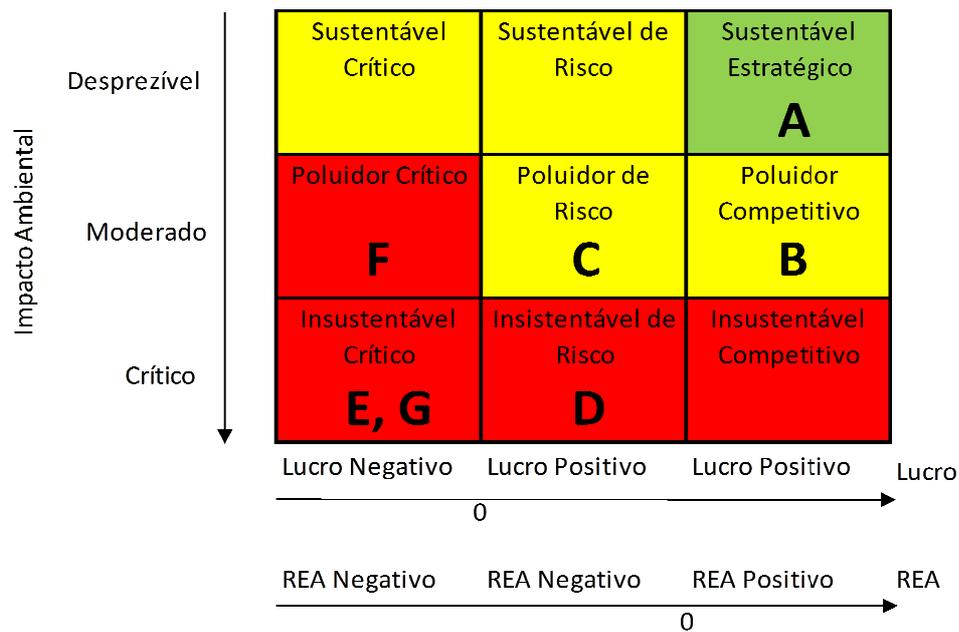


Figura 18 – Exemplo de enquadramento na MPESus Qualitativa  
Fonte: O autor (2010)

O produto “A” encontra-se no melhor setor, onde há Lucro e REA positivo, sendo que a cadeia produtiva possui um *Impacto Ambiental* desprezível. Desta forma, sugere-se que se faça investimento de *marketing* para divulgar a sustentabilidade do produto. Para o produto “B” sugere-se que haja um estudo dos fornecedores no que tange ao *Impacto Ambiental*. Fornecedores com consciência ambiental, que possuem práticas para não só cumprirem a legislação, mas como estudam maneiras de como melhorar seu processo para poluir menos, podem diminuir a o impacto ambiental da cadeia produtiva. Como estratégia de reposicionamento para o produto “C” sugere-se verificar as causas do REA negativo. Para este produto sugere-se rever o preço de venda, e o custo de produção. Para diminuir o *Impacto Ambiental*, a estratégia apresentada para o produto “B” é uma alternativa. Já para o produto “D” a estratégia sugerida é de cunho ambiental. Entretanto, uma revisão mais crítica da cadeia produtiva no que tange o impacto ambiental deve ser analisada. Entretanto, mudanças radicais da cadeia produtiva podem ser conseqüências de inovações de produto. A mudança de matéria-prima pode gerar ganho ambiental, diminuindo assim o seu impacto.

Já os produtos “E”, “F” e “G” operam com lucros negativos. Nestes casos, sugere-se uma revisão dos custos de processo, com o objetivo de gerar lucro positivo. Entretanto, organizações podem usar produtos críticos como estratégia para entrar em novos mercados. Porém, para esta estratégia fazer sentido, o produto deve estar no setor *Sustentável Crítico*,

para que o setor de *marketing* “venda” o produto como sustentável. Entretanto, a organização estará arcando com o prejuízo em troca de que quando o produto estiver consolidado no mercado, sejam feitas alterações no custo de produção para aí então este produto gerar lucro.

Entretanto, vale lembrar estes são apenas exemplos de estratégias que podem ser adotadas. Tais estratégias podem variar conforme a organização, de acordo com seus critérios de prioridade.

#### 4.1.2 MPESus Quantitativa

A MPESus Quantitativa permite apresentar de uma maneira mais precisa os resultados advindos de uma ACV de toda a cadeia produtiva. Ao mesmo tempo, permite representar, de maneira integrada, o preço de venda, o custo de fabricação e o custo de reciclagem do produto. Para a representação integrada dos dados que compõem a abscissa é apresentada a escala da Expressão (2):

$$\left\{ \begin{array}{ll} \text{Lucro} * e^{REA - \ln(\text{Lucro})} & , \text{Lucro} \geq 0 \\ \text{Lucro} + REA & , \text{Lucro} < 0 \end{array} \right. \quad (2)$$

Assim, cria-se uma escala que o pesquisador chama de “*Impacto do Retorno Econômico Ampliado*”, fruto da fusão de Lucro e REA. Com esta função, o REA possui maior peso quando o lucro é positivo. Da mesma forma, o lucro possui maior peso quando é negativo. Mais explicitamente, a lógica do Impacto do REA é a seguinte: quando a organização possui no mercado um produto com lucro negativo, a obtenção do lucro é mais importante que o REA, uma vez que a prioridade é a geração de lucro; quando a organização possui no mercado um produto com lucro positivo, o REA passa a ser mais importante, uma vez que a condição mínima para o REA ser positivo esta alcançada, ou seja, o Lucro é positivo. Assim, o ponto de corte entre produtos “Críticos” e produtos “de Risco” é Lucro zero. Já o ponto de corte entre produtos “de Risco” e produtos “Competitivos” é REA um. Vale lembrar que tanto valores abaixo de zero quanto acima de um tendem ao infinito e que quanto maior o *Impacto do REA*, melhor. Para ilustrar esta situação apresenta-se a Figura 19.

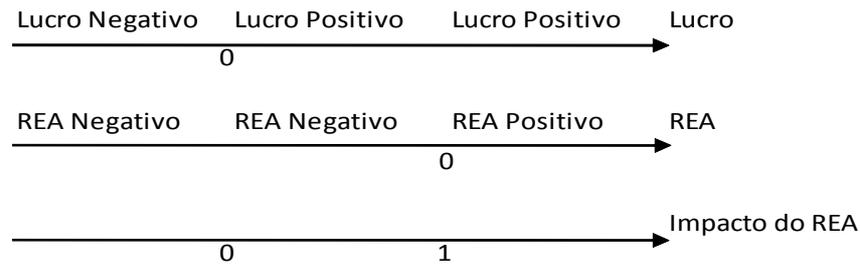


Figura 19 - Comparação das escalas  
Fonte: O autor (2010)

Já para a dimensão de *Impacto Ambiental*, a MPESus Quantitativa faz uso dos pontos de corte mostrados no Quadro 9. Assim, com o exposto, a MPESus Quantitativa é mostrada na Figura 20.

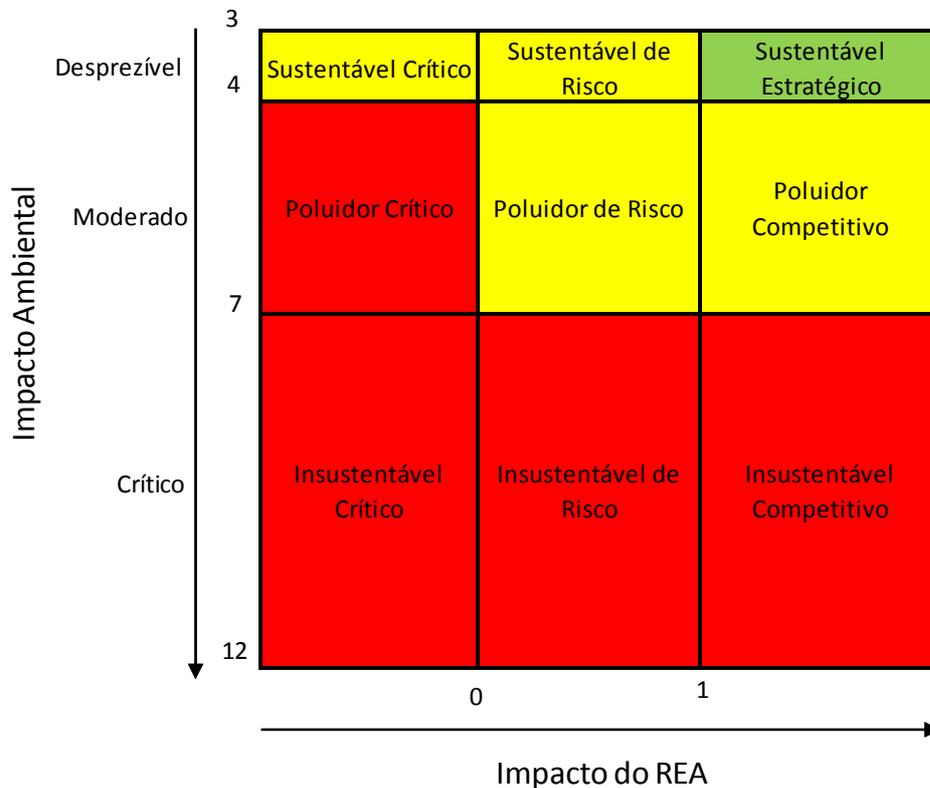


Figura 20 - MPESus Quantitativa  
Fonte: O autor (2010)

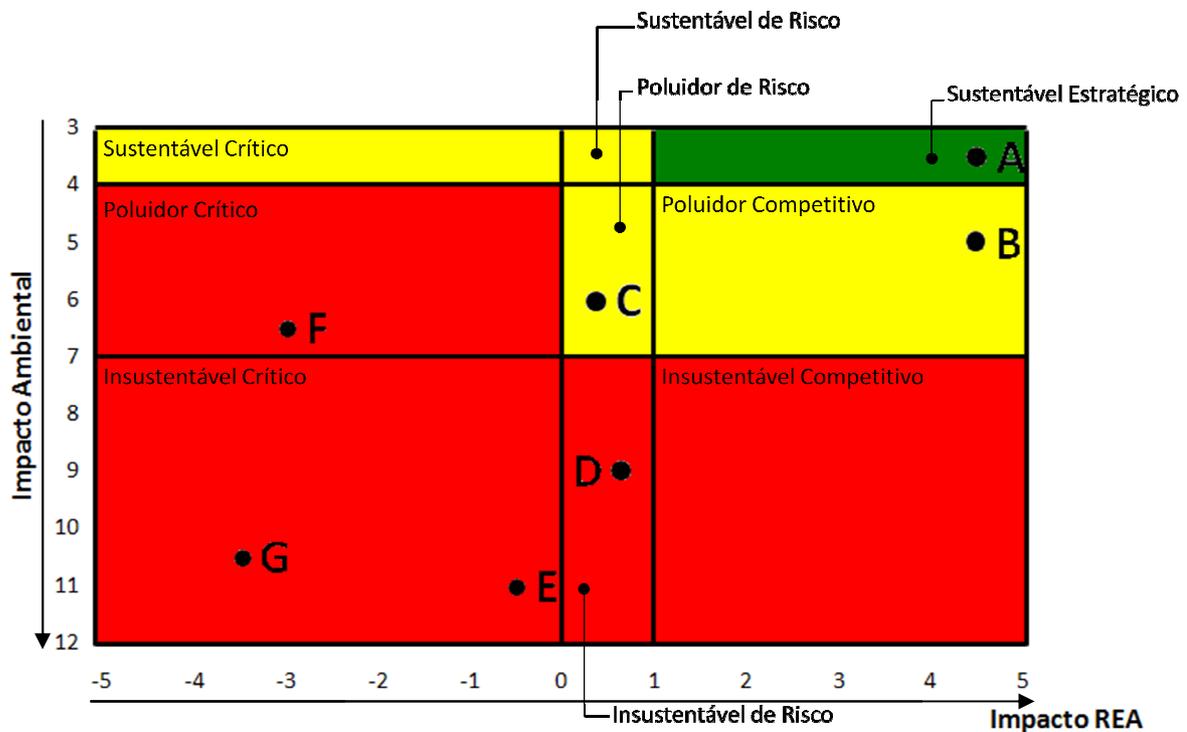
Para exemplificar o enquadramento dos produtos na MPESus Quantitativa, a Tabela 1 apresenta os mesmo sete produtos hipotéticos apresentados para exemplificar a MPESus Qualitativa. Entretanto, esta tabela apresenta a quantificação dos Lucros e REA, já com a função *Impacto do REA* aplicado e *Impacto Ambiental* desenvolvido.

Tabela 1 - Resultado de Impacto do REA e Impacto Ambiental de produtos hipotéticos

Produto	Lucro	REA	Impacto REA	Impacto Ambiental
A	4	1.5	4.48	3.5
B	2	1.5	4.48	5
C	4	-1	0.37	6
D	4	-0.5	0.61	9
E	0	-0.5	-0.50	11
F	-2	-1	-3.00	6.5
G	-2.5	-1	-3.50	10.5

Fonte: O autor (2010)

Assim, o enquadramento destes produtos na MPESus Quantitativa é apresentado na Figura 21.



Com os resultados obtidos, pode-se perceber que os produtos estão nos mesmos setores que na MPESus Qualitativa. Entretanto, pode-se agora vislumbrar a posição de cada produto dentro da matriz e, conseqüentemente, os subsídios de tomada de decisão para posicionamento estratégico são mais claros.

Por estar mais próximo da fronteira da dimensão de *Impacto Ambiental* do que a fronteira do *Impacto do REA* sugere-se para o produto “A” manter contato com todos os integrantes da cadeia produtiva para que não se perca o controle desta dimensão. Ao mesmo

tempo, sugere-se que seja realizado pelo setor de *marketing* da organização uma exposição específica para os clientes, demonstrando que o produto é Sustentável. Já para o produto “B” sugere-se que para a mudança de posicionamento estratégico, sejam realizados trabalhos com fornecedores para que a cadeia produtiva tenha um menor impacto ambiental. Para tanto, a organização pode trabalhar com fornecedores para que o impacto ambiental da cadeia produtiva seja minimizado. O produto “C” está mais próximo do ponto de corte que separa *Poluidores de Risco* e *Poluidores Críticos*. Desta forma, sugere-se que para uma mudança de posicionamento estratégico, os gestores realizem ações para maximizar o *Impacto do REA*. Para tanto, sugere-se que o setor de produção trabalhe para minimizar custos de processo. Observando a posição atual do produto “D”, sugere-se como ação trabalhar tanto com o setor de produção para diminuir o custo de produção. Também se sugere mudanças de fornecedores para minimizar os custos, focando primeiramente a mudança para *Insustentável Competitivo*. O produto “E” gera lucro negativo e possui alto *Impacto Ambiental*. Para esta posição, sugere-se além de mudanças na linha produtiva para diminuir os custos, reavaliar o preço de venda. O mesmo pode-se aplicar para o produto “F”, apesar de este possuir uma cadeia de *Impacto Ambiental* moderado. Por fim, devido à sua posição na MPESus Quantitativa, sugere-se que a organização revise o projeto, visando troca de matérias-primas, objetivando diminuir o *Impacto Ambiental* e aumento do *Impacto do REA*, ou que seja desenvolvido um produto alternativo que tenha um posicionamento melhor na matriz.

Comparativamente, o Quadro 11 mostra as vantagens e desvantagens da MPESus Qualitativa e Quantitativa.

	<b>MPESus Quantitativa</b>	<b>MPESus Qualitativa</b>
<b>Vantagens</b>	Possibilidade de comparação dos produtos que estão no mesmo setor;	Não necessita de conhecimento profundo da cadeia produtiva dos produtos envolvidos
	Gera subsídios e argumentos robustos para tomada de decisões	Não necessita de conhecimento profundo da cadeia de reciclagem dos produtos envolvidos
	Clareza da representatividade de cada setor	Baixa demanda de tempo para a ACV
<b>Desvantagens</b>	Conhecimento profundo da cadeia produtiva dos produtos envolvidos	Não possibilita a comparação dos produtos que estão no mesmo setor
	Conhecimento profundo da cadeia de reciclagem dos materiais envolvidos	Argumentos pouco robustos para tomada de decisão
	Alta demanda de tempo para a realização da ACV	Perda de noção da representatividade dos setores

Quadro 11 - Vantagens e desvantagens da MPESus Qualitativa e MPESus Quantitativa  
Fonte: O autor (2010)

Como este não é um modelo engessado, ou seja, é possível que as organizações adéqüem os pontos de corte conforme as suas necessidades, assim como a na MPEM (KLIPPEL; ANTUNES; VACCARO, 2007). Além disso, as estratégias sugeridas para cada setor também podem ser modificadas conforme a estrutura de negócio da organização, assim como o momento e ambiente em que se encontra.

#### 4.2 APLICAÇÃO DO MÉTODO DA MATRIZ DE POSICIONAMENTO ESTRATÉGICO DE SUSTENTABILIDADE

A aplicação do Método da Matriz de Posicionamento Estratégico de Sustentabilidade (MMPESus) baseia-se no Método Geral de Trabalho Preliminar (MGTP) apresentado por Klippel, Antunes e Vaccaro (2007). Apesar de ser oriundo de uma aplicação sobre materiais *in loco* de um posto de trabalho, ainda assim sua estrutura se presta à construção de um

MMPESus genérica haja vista que já foi utilizada em outros trabalhos, como é o caso de Correa (2008).

O MMPESus foi adaptado do MGTP para que possa ser usado por qualquer organização para qualquer produto, estando ele em fase de desenvolvimento ou já no mercado. Propõe-se cinco fases no MMPESus: Planejamento, Levantamento, Análise, Execução e Monitoramento e controle, apresentado em detalhes na Figura 22.

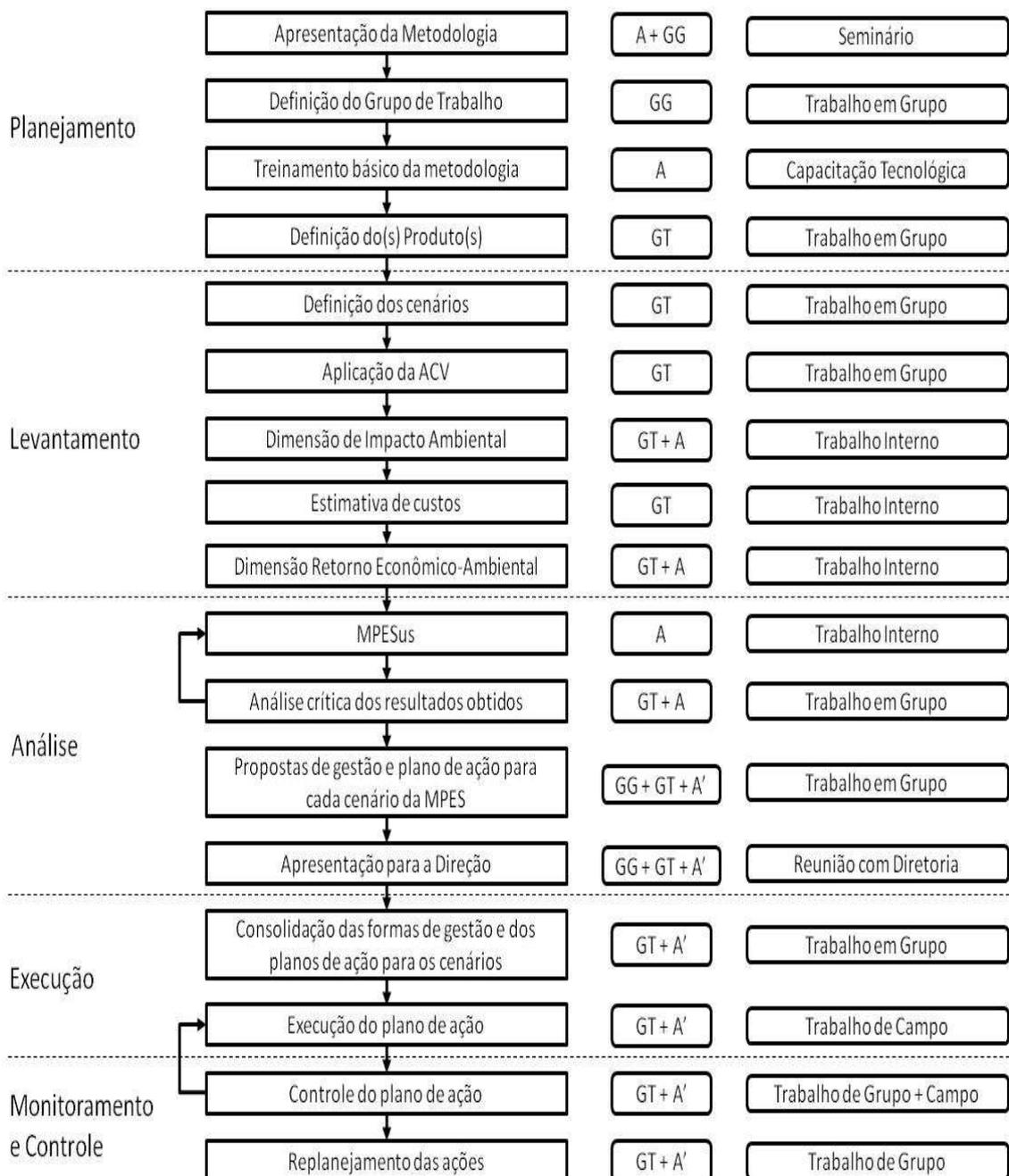


Figura 22 - MMPESus

Fonte: Adaptado de Klippel, Antunes e Vaccaro (2007)

Onde,

A = Assessoria Direta

A' = Acompanhamento

GG = Grupo de Gestores

GT = Grupo de Trabalho

#### **4.2.1 Planejamento**

A primeira fase, denominada de Planejamento, compreende cinco etapas. A primeira etapa desta fase consiste na apresentação do método de trabalho para o grupo gestor, com a finalidade de esclarecer os conceitos, princípios e resultados esperados com o uso do MMPESus. Nesta etapa procura-se explicitar a relevância do tema (aspectos estratégicos, ambientais e econômicos, de projeto, etc.) e a necessidade tratamento das questões relacionadas ao produto em cada quadrante da matriz.

A partir do alinhamento com o grupo gestor (GG), a segunda etapa trata-se da definição do GG de quem irá compor o Grupo de Trabalho (GT). É importante que o GT seja composto por profissionais dos diversos setores da organização para possibilitar que todos os aspectos inerentes aos processos possam ser analisados. Devido ao peso ambiental que é dado à MPESus, é extremamente recomendado que a organização tenha disponível um profissional especialista em meio ambiente a fim de facilitar a aplicação da ACV.

Na terceira etapa desta fase consiste no treinamento básico do método do GT. Este treinamento deve englobar desde os conceitos de Sustentabilidade, ACV e a forma específica de como as dimensões são obtidas.

Finalmente, na quarta e última etapa desta primeira fase, o GT focaliza o projeto, identificando os produtos a serem estudados. Sugere-se que o GT selecione os produtos mais significativos para a organização do prisma econômico e ambiental. Ou seja, que sejam utilizados os produtos com baixo lucro ou que gerem grandes impactos ambientais na percepção inicial do GT.

#### 4.2.2 Levantamento

Com o(s) produto(s) selecionado(s), a primeira etapa da segunda fase consiste na definição dos cenários a serem estudados. Esta fase é de extrema importância e relevância para o projeto, pois é a base para o estudo realizado. No caso de um produto lançado no mercado pela própria organização ou por um concorrente, o GT deve realizar o levantamento dos cenários. Se for objeto de estudo um produto em desenvolvimento, algumas variáveis podem fazer parte do escopo como, por exemplo, o material constituinte do produto. Neste caso, o produto em desenvolvimento terá duas cadeias produtivas a serem avaliadas se houver a possibilidade de ser manufaturado por dois materiais distintos. Os cenários devem ser desenhados em forma de fluxograma a fim de facilitar a próxima fase de levantamento. Recomenda-se que neste momento seja definido se será utilizada a MPESus Qualitativa ou a Quantitativa. Esta definição implica na profundidade da ACV e da estimativa de custos a ser realizada nas próximas etapas.

Com os cenários definidos e desenhados em forma de fluxograma, passa-se para a segunda etapa da fase de levantamento, que consiste na aplicação da ACV no cenário em estudo. Neste momento, as etapas da ACV (definição de objetivo e escopo, análise de inventário e avaliação de impactos ambientais) devem ser realizadas rigorosamente com a mesma unidade funcional para que não haja discrepâncias ao comparar os cenários.

A terceira etapa desta fase é a identificação da dimensão de impacto ambiental. A identificação desta dimensão se dá ao final da ACV da seguinte forma: assume-se como dividendo o somatório dos impactos dos aspectos ambientais de toda cadeia produtiva do cenário em estudo. Concomitantemente, assume-se como divisor o somatório da quantidade de todos os aspectos ambientais da cadeia produtiva do cenário em estudo. O quociente desta operação, ou seja, a média do impacto ambiental da cadeia produtiva é a dimensão de impacto ambiental.

A quarta etapa da fase de levantamento consiste na estimativa de custos. Se o objeto de estudo é um produto da organização, os dados econômicos serão facilmente introduzidos no projeto. Entretanto, se o objeto de estudo é um produto de uma organização concorrente ou mesmo um produto em desenvolvimento, os elementos econômicos envolvidos no REA deverão ser estimados. A quinta etapa consiste na execução do cálculo matemático que envolve a obtenção do REA, expressa na Equação (1).

### **4.2.3 Análise**

A fase de análise inicia-se com o posicionamento na MPESus de todos os objetos de estudo. Nesta primeira etapa, a MPESus é preenchida conforme os pontos de corte previamente estabelecidos. A partir de então a centelha de propostas de gestão e planos de ações é acesa com a discussão da análise crítica dos resultados obtidos. Neste momento, há uma interação entre a primeira e segunda etapa, uma vez que os integrantes do GT visualizam a localização estratégica do objeto de estudo e buscam propostas para melhoras. Concluída esta etapa, o GT deve elaborar uma apresentação como ações estratégicas para apresentar para a Direção. Nesta fase finaliza o elemento norteador da MPESus, ficando a partir desta fase o encargo da organização de cumprir com o estabelecido pelos planos de ação.

### **4.2.4 Execução**

Esta fase é constituída de duas etapas. A primeira compreende a consolidação dos planos de ação para os cenários seguindo pela implantação das ações estratégicas propostas pelo GG. Deve-se estabelecer uma hierarquia de prioridade em relação às ações. Ao mesmo tempo, deve-se também definir um cronograma definitivo de implementação bem como indicadores de desempenho que serão utilizadas para medir os ganhos com as ações estabelecidas.

Sugere-se que as ações sejam incorporadas no cotidiano da organização. Entretanto, algumas mudanças estratégicas necessitam de tempo para adequação, como por exemplo, a renegociação de contratos de fornecedores.

### **4.2.5 Monitoramento e Controle**

Assim como na fase de Execução, a fase de Monitoramento e Controle possui duas etapas. A primeira etapa, denominada de Controle do Plano de Ação interage com a segunda

etapa da execução, uma vez que não é necessário que todos os planos de ações estejam implementados para que o monitoramento e controle iniciem.

O controle do processo deve ser contínuo, e caso ocorram discrepâncias entre o previsto e o realizado, faz-se necessário um replanejamento das ações, retornando-se a fase de execução.

Neste capítulo foram identificados elementos que integram as visões de posicionamento estratégico, impactos ambientais e econômicos na avaliação de produtos, assim como proposto um instrumento na forma de matriz de posicionamento estratégico. Também foi apresentado o método de trabalho para a aplicação da matriz de posicionamento estratégico de produtos. Portanto, este capítulo é a entrega de dois objetivos específicos desta dissertação.

## 5 CASO DE APLICAÇÃO

Neste capítulo, será apresentado o contexto no qual será aplicado o método proposto, bem como as informações para a obtenção das dimensões até os resultados obtidos. A aplicação será feita conforme as fases apresentadas no Capítulo 4. Vale ressaltar que o método proposto foi aplicado em escala laboratorial, desta forma, não serão aplicadas as fases de Execução e de Monitoramento e Controle, já que trata-se de um produto em desenvolvimento.

### 5.1 CONTEXTO

Segundo Romero (2008), as regiões metropolitanas têm sofrido com o aumento de temperatura causado pela impermeabilização do solo e as construções de concreto, também conhecido como ilhas de calor. De acordo com Pinto Jr (2008) há uma relação direta entre a poluição na capital paulista e a ocorrência de raios durante as tempestades. Conforme o autor, as emissões dos gases responsáveis pelo efeito estufa estão influenciando o comportamento das atividades elétricas nas tempestades, aumentando a atividade de raios principalmente nas regiões metropolitanas. Em termos quantitativos, as tempestades nos finais de semana, quando há uma menor atividade de carros na cidade, apresentam uma redução de 15% na incidência de raios em relação às tempestades durante a semana.

Conforme Pinto Jr. e Pinto (2000), o Brasil é o país em que mais ocorrem descargas elétricas atmosféricas e a frequência destas descargas está aumentando a cada ano que passa. Descargas atmosféricas provocam prejuízos às pessoas e ao patrimônio. Conforme Romero (2008), aproximadamente 60 milhões de raios caem por ano no Brasil, causando, em média, 70 mortes nesse mesmo intervalo de tempo. Ainda conforme o autor, os prejuízos causados pela incidência de descargas atmosféricas no país giram em torno de R\$ 1 bilhão por ano, sendo R\$ 600 milhões no setor elétrico. Sob esta ótica, desenvolver sistemas que garantam a proteção eficaz contra as descargas é importante, não só para diminuir os prejuízos monetários causados pelas descargas atmosféricas, mas principalmente para a proteção de vidas.

Nesse sentido, a Universidade do Vale do Rio dos Sinos (UNISINOS), juntamente com a Financiadora de Estudos e Projetos do Ministério da Ciência e Tecnologia (FINEP), em parceria com a PETROBRÁS e outras empresas localizadas no Rio Grande do Sul, deu início ao projeto intitulado Desenvolvimento de Isoladores Elétricos para Proteção para Descargas Atmosféricas em Estações Petrolíferas (DIESPADA). Este projeto tem como objetivo desenvolver isoladores elétricos para Sistemas de Proteção para Descargas Atmosféricas (SPDA). Conforme a NBR 5419:2000, SPDA é um sistema completo destinado a proteger uma estrutura contra os efeitos das descargas atmosféricas, sendo composto de um sistema externo e de um sistema interno de proteção. O sistema externo do SPDA consiste em um subsistema de captores, subsistemas de condutores de descida e subsistema de aterramento. Já o sistema interno do SPDA é um conjunto de dispositivos que reduzem os efeitos elétricos e magnéticos da corrente de descarga atmosférica dentro do volume a proteger. Em outras palavras, um SPDA consiste basicamente de pára-raios e condutores de aterramento, presos na estrutura da edificação por isoladores. A Figura 23 ilustra o esquema genérico de um SPDA.

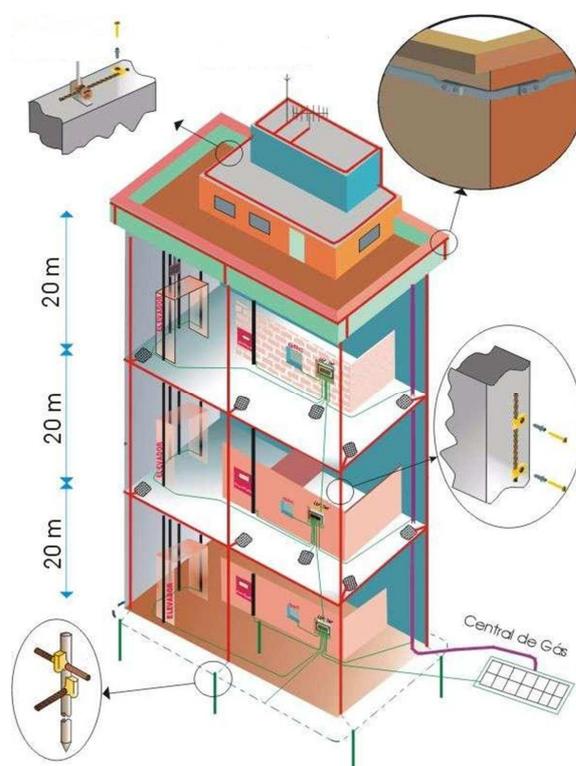


Figura 23 - Instalação de um SPDA

Fonte: <http://www.cabineprimaria.com/> (consultado em 17/05/2010)

## 5.2 FASE 1 – PLANEJAMENTO

Na primeira etapa da primeira fase, o pesquisador assume o papel de Assessoria Direta (A) e os coordenadores do Projeto DIESPADA (compostos por duas pessoas) assumem o papel de Grupo Gestor (GG). A partir de então, o pesquisador apresentou o Método da Matriz de Posicionamento Estratégico de Sustentabilidade (MMPESus) para o GG, que concordou em aplicar o método no projeto por considerarem relevante. Em seguida, o GG passou para a segunda etapa, elegendo seis membros do Núcleo de Caracterização de Materiais (NUCMAT), no qual o projeto DIESPADA está vinculado, a fazerem parte do Grupo de Trabalho. Em seguida foi executada a terceira etapa, de treinamento básico, onde os membros do GT foram apresentados ao MMPESus em um treinamento de aproximadamente uma hora, onde dúvidas foram sanadas para a compreensão de todos sobre os objetivos do método. Em seguida, o GT passou para a definição dos produtos a serem estudados. Decidiu-se por estudar cinco. O primeiro produto é o modelo de isolador elétrico encontrado no mercado nacional – chamado de Isolador Convencional (IC).

O IC é composto por dois materiais: aço galvanizado (suporte) e polipropileno (o isolador de fato). Estes isoladores são constituídos de uma base com corpo cilíndrico de aço, o qual sustenta o cabo de aterramento através de um isolador elétrico constituído de polipropileno (PP), conforme ilustra a Figura 24. Tal estrutura fica presente em diversas instalações civis (estruturas, prédios, etc.) durante muitos anos, sofrendo com os impactos das descargas e com o desgaste do tempo.



Figura 24 - Isolador convencional  
Fonte: O Autor (2010)

Os outros quatro produtos estudados são desenvolvidos pelo projeto DIESPADA. Apesar de terem a mesma geometria, os isoladores DIESPADA são confeccionados de

materiais diferentes: polipropileno virgem; polipropileno reciclado, poliamida virgem e poliamida reciclada. Os protótipos foram assim chamados:

- Isolador DIESPADA de Polipropileno Virgem (IDPPV);
- Isolador DIESPADA de Polipropileno Reciclado (IDPPR);
- Isolador DIESPADA de Poliamida Virgem (IDPAV) e;
- Isolador DIESPADA de Poliamida Reciclada (IDPAR).

Os isoladores elétricos para SPDA desenvolvidos pelo projeto DIESPADA são constituídos somente por termoplástico, sem estrutura de aço. A configuração do estudo preliminar tem o potencial de proporcionar melhorias operacionais para a montagem e a instalação em coberturas ou fachadas de diferentes formas geométricas e de diferentes tipos de estrutura de construção, com concreto e metal, permitindo atender as exigências de instalação de SPDA conforme a Norma Regulamentadora 10 (NR 10) e NBR 5419:2000. Por questões de propriedade intelectual, não será apresentada figuras dos protótipos desenvolvidos pelo projeto. Com os produtos definidos, finaliza-se a fase de planejamento e passa-se então para a fase de levantamento.

### 5.3 FASE 2 - LEVANTAMENTO

Nesta fase, o GT reuniu-se em busca de fontes de dados ambientais, assim como a construção do diagrama de blocos e definição dos cenários, conforme recomenda a primeira etapa do MMPESus. Em uma breve discussão, o GT decidiu por realizar a MPESus Quantitativa, uma vez que os resultados podem ser mais detalhados. Como foram analisados cinco produtos, as seções seguintes retratam individualmente as etapas de construção do cenário até a dimensão REA de cada produto, conforme o MMPESus. Vale ressaltar que todas ACV tiveram como objetivo identificar o impacto ambiental da cadeia produtiva de um determinado produto. Para todos os estudos, foram usadas as mesmas unidades funcionais – um quilo de matéria-prima – assim como foi excluído do escopo transportes e cadeias produtivas de acessórios de instalação, tais como parafusos e buchas. Da mesma maneira, todas as ACV limitaram-se à cadeia produtiva, não fazendo também parte do escopo a

reciclagem. As notas para avaliação dos impactos ambientais foram baseadas no Procedimento de identificação e avaliação de aspectos ambientais no sistema de gestão ambiental da UNISINOS, apresentado anteriormente na seção 3.3. As fontes de dados para a construção do diagrama de blocos de entradas e saídas de cada processo é mostrado no Quadro 12.

<b>Etapa da ACV</b>	<b>Fonte de Informação</b>
Siderurgia	Instituto Aço Brasil - Anuário Estatístico 2009 <i>International Iron and Steel Institute (1977)</i>
Galvanização a fogo	NASCIMENTO, T.; MOTHÉ, C. Gerenciamento de resíduos sólidos industriais. <i>Revista Analytica (2007)</i> Empresa Multinacional na fabricação de Aço no Vale do Rio dos Sinos
Extração e Polimerização do Polipropileno	<i>Center for Enviromental Assessment of Product and Material Systems</i>
Extração e Polimerização da Poliamida	<i>Center for Enviromental Assessment of Product and Material Systems</i>
Injeção	Empresas participantes do projeto DIESPADA
Montagem	Empresas participantes do projeto DIESPADA
Instalação	Empresas participantes do projeto DIESPADA

Quadro 12 - Fontes para as ACVs  
Fonte: O autor (2010)

Para a etapa da Siderurgia, o GT utilizou dados do Anuário Estatístico 2009 do Instituto Aço Brasil, antigo Instituto Brasileiro de Siderurgia. Este Instituto, fundado em 1963, tem como objetivo congrega e representar as empresas produtoras de aço, assim como promover seu desenvolvimento e defender seus interesses. Para tanto, o Instituto realiza diversos estudos, tais como: pesquisas relacionadas à produção; matérias-primas e energia; coleta de dados; preparação e divulgação estatísticas; colaboração na normalização de produtos; e atividades representando o setor com entidades afins no exterior. Já o *International Iron and Steel Institute* mudou de nome em 2008 para *World Steel Association*. Fundado em 1967 na Bélgica, hoje o *World Steel Association* conta com aproximadamente 180 membros produtores de aço (cerca de 85% da produção de aço mundial), entre eles 19 dos 20 maiores produtores do mundo. Este instituto tem como objetivo auxiliar seus membros a desenvolver o mercado do aço, realizando estudos de questões estratégicas que afetam a indústria, focando a sustentabilidade econômica, ambiental e social.

A etapa da Galvanização a Fogo teve como base dados obtidos de trabalhos publicados na *Revista Analytica* e por uma empresa multinacional na fabricação de Aço localizado no Vale do Rio dos Sinos. O GT identificou escassez de informações neste tipo de

processo e, portanto, fez uso de dados qualitativos encontrado na literatura para a construção do diagrama de blocos.

Para as etapas de Extração e Polimerização do Polipropileno (PP) e da Poliamida (PA), o GT utilizou dados do *Center for Environmental Assessment of Product Material System* (CPM), uma vez que os dados nacionais sobre a produção dos termoplásticos estudados não foram encontrados. O CPM foi estabelecido em 1996 na *Chalmers University of Technology*, em Gothenburg, Suécia, e tem como objetivo: prevenir e diminuir os impactos ambientais associados a produtos; reunir e reforçar competências no desenvolvimento de produtos sustentáveis; e proporcionar à indústria e à sociedade apoio à implementação de aspectos ambientais nas decisões relativas a produtos e materiais.

Já para as etapas de Injeção, Montagem e Instalação, o GT contou com o apoio das empresas do Vale do Rio dos Sinos participantes do projeto DIESPADA, uma vez que estas trabalham diariamente com estes processos. Por não haver dados quantitativos, o GT utilizou dados qualitativos destes processos.

Com as fontes disponíveis, o GT debateu e filtrou as entradas e saídas mais impactantes (acima de 1% da massa da unidade funcional) para a construção dos diagramas de blocos. Os diagramas de blocos de entradas e saídas da Siderurgia, Galvanoplastia a Fogo, Extração e Polimerização do Polipropileno, Extração e Polimerização da Poliamida, Injeção PP, Injeção PA, Montagem do Isolador Convencional, Instalação do Isolador Convencional e Instalação dos Isoladores DIESPADA estão nos Anexos A, B, C, D, E F, G, H e I, respectivamente. Como a instalação de todos os modelos de isoladores DIESPADA é igual, o GT preferiu utilizar o mesmo diagrama para a instalação para todos.

Como citado anteriormente, o IC estudado é composto de dois materiais: polipropileno e aço galvanizado. Desta forma, o GT entrou em contato com empresas constituintes da cadeia produtiva deste produto a fim de mapear o fluxo dos materiais. O GT identificou com empresas que produzem o IC que é recomendável que o PP utilizado seja virgem (sem ter sido usado anteriormente) para garantir o isolamento elétrico. Ao discutir sobre a cadeia produtiva do aço, o GT definiu a cadeia a partir da siderurgia, mais precisamente Aciaria Elétrica, uma vez que o aço lingotado, usado como matéria-prima do IC, tem como base a sucata. O aço utilizado no IC recebe então um tratamento de galvanoplastia a fogo, para proteger o máximo possível o aço das intempéries no qual o produto fica exposto. Com o aço revestido, passa-se então para a fase de montagem, sofrendo cortes, furos, dobras e soldas. O GT optou por estudar a cadeia produtiva do PP desde a extração do petróleo, uma vez que a matéria prima para o PP utilizado no IC advém de PP virgem. Após o processo de extração, ocorre o

processo de polimerização, que constitui da transformação da Nafta, oriunda do refinamento de petróleo, passando por um processo de craqueamento até a transformação para propileno. O propileno passa então por um processo de polimerização, transformando-se em resina de polipropileno. A resina é então injetada conforme desejado, seguindo para a fase de montagem. Na montagem, o isolador feito de polipropileno é encaixado na estrutura de aço galvanizado, seguindo então para a instalação. Para se instalar um IC, além de dois parafusos, são necessárias duas buchas. Entretanto, o GT optou por limitar o estudo apenas ao produto, sem levar em consideração estes acessórios para montagem na ACV, apesar de estarem incluídos no custo do produto. A partir de então, o GT definiu o cenário da cadeia produtiva conforme a Figura 25.

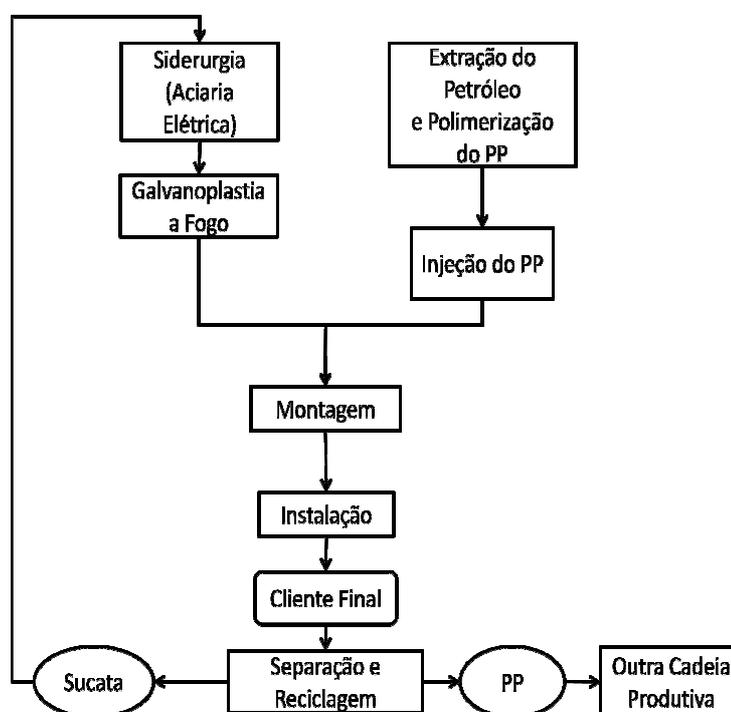


Figura 25 - Cadeira produtiva do Isolador Convencional  
Fonte: O autor (2010)

Com o cenário do IC definido, deu-se início à ACV. O GT utilizou os diagramas de blocos da Siderurgia, Galvanoplastia a Fogo, Extração e Polimerização do Polipropileno, Injeção, Montagem e Instalação para o debate dos aspectos ambientais. Tais diagramas estão nos Anexos A, B, C, E, F e G, respectivamente. Os membros do GT responderam individualmente as notas de abrangência, severidade e frequência para obter o impacto ambiental de cada aspecto levantado com base no sistema de gestão ambiental da UNISINOS.

A média dos impactos ambientais da cadeia produtiva do IC, conforme mostra o Apêndice A, é de 10,2, ou seja, crítico.

Para a definição do cenário da cadeia produtiva do IDPPV, o GT utilizou a cadeia produtiva estudada anteriormente para o cenário do IC. Entretanto, utilizou apenas o fluxo de material do PP. Desta forma, o cenário utilizado para o estudo da ACV é mostrado na Figura 26.



Figura 26- Cadeia produtiva do Isolador DIESPADA PP Virgem  
Fonte: O autor (2010)

O GT utilizou os diagramas de blocos de entradas e saídas da Extração do Petróleo e Polimerização do Polipropileno, Injeção e Instalação, conforme mostrado nos Anexos C, E e G, respectivamente. Desta forma, cada um dos seis membros do grupo de trabalho respondeu individualmente aos impactos ambientais desta cadeia, obtendo assim a média dos impactos ambientais da cadeia produtiva do IDPPV, conforme mostra o Apêndice B, de 9,3, ou seja, crítico.

Para a definição do cenário IDPPR, o GT utilizou a cadeia produtiva do IDDPV como base, excluindo do estudo a Extração do Petróleo e a Polimerização do Polipropileno, uma vez que se trata de um produto que possui como matéria-prima PP reciclado. Para o GT, como a matéria-prima é reciclada, há a possibilidade de que o mesmo material venha a ser fundido e injetado para o mesmo fim. Desta forma, o cenário para o estudo da ACV do IDPPR é mostrado na Figura 27.

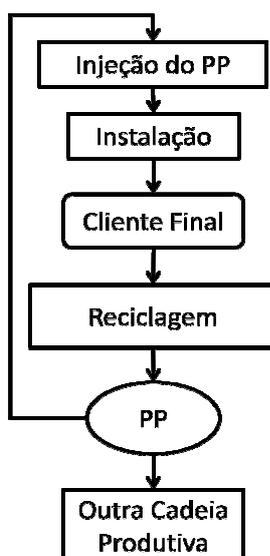


Figura 27 – Cadeia produtiva do Isolador DIESPADA PP Reciclado  
 Fonte: O autor (2010)

O GT utilizou apenas os diagramas de blocos referentes à Injeção do PP e Instalação do Isolador DIESPADA, conforme os Anexos E e I. Vale ressaltar que o GT não considerou parte da cadeia produtiva o processo de reciclagem da matéria-prima, fazendo com que a média das notas individuais para os aspectos ambientais para a produção do IDPPR atingisse uma pontuação de 9,2, conforme mostra o Apêndice C. Apesar de ter menos impacto, a dimensão ambiental do IDPPR não teve uma modificação substancial quando comparado ao impacto ambiental do IDDPV.

O GT aplicou as mesmas limitações das cadeias produtivas apresentadas anteriormente para o desenho do cenário do IDPAV. Entretanto, o processo de polimerização da poliamida é diferente. A Nafta, oriunda do refinamento do petróleo, passa por um processo de craqueamento para gerar benzeno e propileno. A fusão destas duas substâncias dá origem a outra, chamada *phenol*. O *phenol* passa então por um processo extenso processo até ser transformado em poliamida. A partir de então, a resina pode ser injetada conforme o produto desejado. O GT desenhou a cadeia produtiva da mesma maneira que a do PP, uma vez que o GT usou a mesma fonte para a realização da ACV. A Figura 28 mostra o cenário desenvolvido.



Figura 28 - Cadeia produtiva do Isolador DIESPADA PA Virgem  
Fonte: O autor (2010)

Com o cenário montado, o GT deu início à quarta ACV. Os diagramas de blocos de entradas e saídas foram utilizados para as definições do GT quanto aos aspectos e impactos ambientais. Os diagramas de blocos utilizados para o estudo foram os da Extração do Petróleo e Polimerização da PA, Injeção do PA e Instalação do isolador DISPADA, conforme mostram os Anexos D, F e I. Como mostra o Apêndice D, a média dos impactos ambientais da cadeia produtiva do IDPAV não foi muito diferente da cadeia produtiva estudada anteriormente: 9,1.

Com a dimensão de impacto ambiental do IDPAV definido, o GT partiu para a última ACV estudada: a do IDPAR. Assim como no estudo da ACV do IDPPR, o GT excluiu do escopo a Extração de Petróleo e Polimerização, uma vez que a matéria-prima é reciclada, assim como as etapas de reciclagem. Desta forma, o GT definiu como cadeia produtiva do IDPAR a Injeção do PA e a instalação do isolador DIESPADA. Da mesma maneira que adotado na construção da cadeia, o GT admitiu a possibilidade de o material ser reciclado e injetado para o mesmo fim. Desta forma, a cadeia produtiva do IDPAR é mostrada na Figura 29.

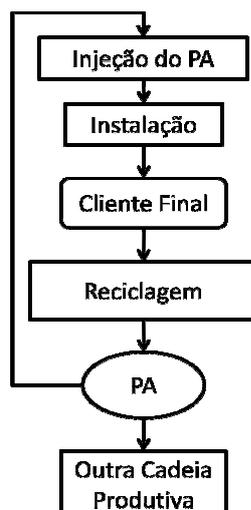


Figura 29 - Cadeia produtiva do Isolador DIESPADA PA Reciclado  
Fonte: O autor (2010)

Para o debate de aspectos ambientais da cadeia produtiva, o GT utilizou os diagramas de blocos da Injeção do PA, assim como o da Instalação do Isolador DIESPADA. Os diagramas de blocos são mostrados nos Anexos F e I. Conforme mostra o Apêndice E, a média do somatório das notas individuais referentes aos impactos ambientais resultou em uma pequena queda em relação aos outros estudos, ficando em 8,1. Apesar da diferença, a cadeia produtiva do IDPAR também foi classificada como crítica segundo a avaliação de aspectos ambientais no sistema de gestão ambiental da UNISINOS.

A Tabela 2 mostra o resumo das dimensões de impactos ambientais obtidas.

Tabela 2 - Impactos Ambientais das cadeias produtivas estudadas

<b>Cadeia Produtiva</b>	<b>Impacto Ambiental</b>
Isolador Convencional (IC)	10,2
Isolador DIESPADA Polipropileno Virgem (IDPPV)	9,3
Isolador DIESPADA Polipropileno Reciclado (IDPPR)	9,2
Isolador DIESPADA Poliamida Virgem (IDPAV)	9,1
Isolador DIESPADA Poliamida Reciclagem (IDPAR)	8,1

Fonte: O autor (2010)

Com as dimensões das cadeias produtivas definidas, o GT passou para a próxima etapa do MMPEsus: Estimativa de custos. Para esta etapa, o GT entrou em contato com empresas participantes do projeto DIESPADA para obter informações a respeito dos custos e preço de venda do IC. Concomitantemente, o GT entrou em contato com empresas que fornecessem os dados necessários para a estimativa de custos para a produção dos modelos desenvolvidos pelo projeto DIESPADA. Para a injeção, a universidade conta com uma injetora Jasot IJ-260-100, adquirida com fundos do projeto DIESPADA, conforme a Figura 30.



Figura 30 - Injetora Jasot IJ-260-100 instalada  
Fonte: O autor (2010)

Desta forma, as fontes e os dados obtidos para a estimativa de custos são apresentados no Quadro 13.

Item	Fonte
PP Virgem	Distribuidora localizada no Vale do Rio dos Sinos de uma Empresa Multinacional
PP Reciclado	Empresa recicladora localizada na Grande Porto Alegre
PA Virgem	Distribuidora localizada no Vale do Rio dos Sinos de uma Empresa Multinacional
PA Reciclado	Empresa recicladora localizada no Vale do Rio dos Sinos
Aço Reciclado	Empresa recicladora localizada no Vale do Rio dos Sinos
Energia	Distribuidora de Energia Elétrica do Rio Grande do Sul
Injetora	Manual do Fabricante
Mão-de-Obra	Empresa participante do projeto DIESPADA
Custo de fabricação do IC	Empresa participante do projeto DIESPADA
Preço do IC instalado	Empresa participante do projeto DIESPADA

Quadro 13 - Fontes da Estimativa de Custos  
Fonte: O autor (2010)

De acordo com as fontes consultadas, a Tabela 3 mostra os custos de matéria-prima para obtidos pelo GT. Os valores de matéria-prima virgens foram utilizados para a estimativa de custo de produção e os valores de matéria-prima reciclados utilizado para o cálculo do Custo de Reciclagem, elemento da expressão para se obter o REA.

Tabela 3 - Custos de matéria-prima

Item	Unidade	IC	IDPPV	IDPPR	IDPAV	IDPAR
Matéria-prima PP virgem	R\$/Kg	-	5,51	-	-	-
Matéria-prima PA virgem	R\$/Kg	-	-	-	11,13	-
Matéria-prima PP reciclado	R\$/Kg	4	4	4	-	-
Matéria-prima PA reciclado	R\$/Kg	-	-	-	7,3	7,3
Matéria-prima Aço Reciclado	R\$/Kg	0,35	-	-	-	-

Fonte: O autor (2010)

Referente ao custo de operação, o GT levou em consideração o custo de energia, consumo de energia da máquina e mão-de-obra. De acordo com a Distribuidora de Energia Elétrica do Rio Grande do Sul, o custo de 1 kW/hora é de R\$ 0,32. Já a potência máxima da máquina disponível é de 21 kW. Desta forma, o custo mensal de consumo de energia da máquina, trabalhando 8 horas por dia, é de R\$ 1344,00 ao mês. O custo de mão-de-obra, ou seja, de um operador de injetora, gira em torno de R\$ 2200,00, incluindo os impostos. O custo do molde não fez parte do estudo realizado pelo GT. Entretanto, foi levado em consideração um molde de 3 cavidades com ciclo de 1 minuto, ou seja, 28000 unidades mensais com 160 horas trabalhadas. Considerando que a massa dos isoladores DIESPADA é de 0,011 Kg, o consumo de matéria-prima mensal é estimado 316,8 Kg.

Com o exposto nos dois parágrafos anteriores, a Tabela 4 explicita a estimativa de custo para cada isolador desenvolvido pelo projeto DIESPADA no período de um mês.

Tabela 4 - Estimativo do custo unitário dos isoladores DIESPADA

Item	Unidade	IDPPV	IDPPR	IDPAV	IDPAR
Energia	R\$	1344	1344	1344	1344
Mão-de-obra	R\$	2200	2200	2200	2200
Matéria-Prima	R\$	1746,52	1267,20	3525,98	2312,64
Capacidade de Produção Mensal	un	28000	28000	28000	28000
Custo total	R\$	5290,52	4811,20	7069,98	5856,64
Custo unitário	R\$	0,19	0,17	0,25	0,21

Fonte: O autor (2010)

De acordo com as informações disponibilizadas pelas empresas participantes do projeto DIESPADA, o custo do IC é de R\$ 7,50, tendo o seu preço de venda (instalado) em R\$ 8,50 para o cliente final. De posse destas informações, juntamente com os custos de produção de cada isolador DIESPADA, o GT definiu o preço de venda da seguinte forma:

- IDPPV: O preço de venda foi definido em R\$ 4,00, uma vez que a matéria-prima utilizada é virgem, proporcionando uma boa durabilidade;

- IDPPR: O preço de venda foi definido em R\$ 2,50, uma vez que a matéria-prima utilizada é reciclada, não sendo de primeira e, portanto, mais barata;
- IDPAV: O preço de venda foi definido em R\$ 4,50, uma vez que a matéria-prima utilizada é virgem, de melhor qualidade que PP, por tratar-se de um plástico de engenharia;
- IDPAR: O preço de venda foi definido em R\$ 3,00, uma vez que a matéria-prima utilizada é reciclada, não sendo de primeira e, portanto, mais barata.

Desta forma, para calcular o lucro de cada produto, o GT utilizou a lógica de controle de custos, onde o lucro é o resultado da subtração do preço de venda pelo custo. Assim, o lucro de cada produto é mostrado na Tabela 5.

Tabela 5 - Lucro dos produtos

	<b>Unidade</b>	<b>IC</b>	<b>IDPPV</b>	<b>IDPPR</b>	<b>IDPAV</b>	<b>IDPAR</b>
Preço de Venda	R\$	8,50	4,00	2,50	4,50	3,00
Custo unitário	R\$	7,50	0,19	0,17	0,25	0,21
Lucro	R\$	1,00	3,81	2,33	4,25	2,79

Fonte: O autor (2010)

Para o cálculo do Custo de Reciclagem (CR), o GT levou em consideração a massa de cada produto referente a cada matéria-prima. Desta forma, o GT chegou ao CR de cada matéria-prima para cada unidade de produto, conforme é explicitado na Tabela 6.

Tabela 6 - Cálculo do Custo de Reciclagem para cada produto

	<b>Unidade</b>	<b>IC</b>	<b>IDPPV</b>	<b>IDPPR</b>	<b>IDPAV</b>	<b>IDPAR</b>
Matéria-prima PP virgem	R\$/Kg	-	5,51	-	-	-
Matéria-prima PA virgem	R\$/Kg	-	-	-	11,13	-
Matéria-prima PP reciclado	R\$/Kg	4	4	4	-	-
Matéria-prima PA reciclado	R\$/Kg	-	-	-	7,3	7,3
Matéria-prima Aço reciclado	R\$/Kg	0,35	-	-	-	-
Massa de PP	Kg	0,018	0,011	0,011	-	-
Massa de PA	Kg	-	-	-	0,11	0,11
Massa de Aço	Kg	0,28	-	-	-	-
Custo de Reciclagem	R\$/un	0,17	0,044	0,044	0,080	0,080

Fonte: O autor (2010)

De posse do lucro e do custo de reciclagem de cada produto, o GT aplicou a equação do REA. Os resultados são explicitados na Tabela 7.

Tabela 7 - Cálculo do REA de cada produto

	<b>Unidade</b>	<b>IC</b>	<b>IDPPV</b>	<b>IDPPR</b>	<b>IDPAV</b>	<b>IDPAR</b>
Lucro	R\$	1,00	3,81	2,33	4,25	2,79
Custo de Reciclagem	R\$	0,17	0,044	0,044	0,080	0,080
REA	R\$	0,83	3,77	2,29	4,17	2,71

Fonte: O autor (2010)

Com a dimensão REA dos produtos estabelecidos, encerrou-se a Fase de Levantamento. Os produtos foram, então, posicionados na MPESus e deu-se início à Análise e aos debates de posicionamento estratégico dos produtos.

#### 5.4 FASE 3 – ANÁLISE

Nesta fase, o GT debateu com o GG e com o pesquisador tendo como objetivo definir os valores de corte para a MPESus Qualitativa. Para a dimensão de *Impacto Ambiental*, o GT optou por utilizar os resultados do Procedimento de Identificação e Avaliação de Aspectos Ambientais no Sistema de Gestão Ambiental da UNISINOS, conforme apresentado no Quadro 14.

<b>Pontuação</b>	<b>Resultado</b>
3 a 3,9	Desprezível
4 a 7	Moderado
7,1 a 12	Crítico

Quadro 14 - Linha de corte para a dimensão Ambiental  
Fonte: Adaptado de SGA UNISINOS (2008)

Desta forma, cadeias produtivas com nota abaixo de quatro (excluso) são consideradas com impacto ambiental desprezível. Cadeias produtivas com notas entre quatro (incluso) e sete (incluso), são consideradas de impacto ambiental moderado. Já as cadeias produtivas com notas superiores a sete (excluso) são consideradas como críticas, de alto impacto ambiental. Vale ressaltar que, conforme a adaptação do Procedimento de Identificação e Avaliação de Aspectos Ambientais no Sistema de Gestão Ambiental da UNISINOS, não é possível nota inferior a três e superior a doze.

Para a abscissa, houve um consenso nos debates das linhas de corte, onde se utilizou a expressão da MPESus Quantitativa, descrita anteriormente na Expressão (2) no Capítulo 4.

Desta forma, a Tabela 8 apresenta a base de cálculo e os resultados para a dimensão de *Impacto do REA*, assim como a dimensão de *Impacto Ambiental* consolidada.

Tabela 8 - Dados consolidados para o enquadramento na MPESus Quantitativa

Produto	Lucro	REA	Impacto do REA	Impacto Ambiental
IC	1,00	0,83	2,3	10,2
IDPPV	3,81	3,77	43,4	9,3
IDPPR	2,33	2,29	9,9	9,2
IDPAV	4,25	4,17	64,7	9,1
IDPAR	2,79	2,71	15,0	8,1

Fonte: O autor (2010)

A Figura 31 mostra os produtos estudados enquadrados na MPESus Quantitativa.

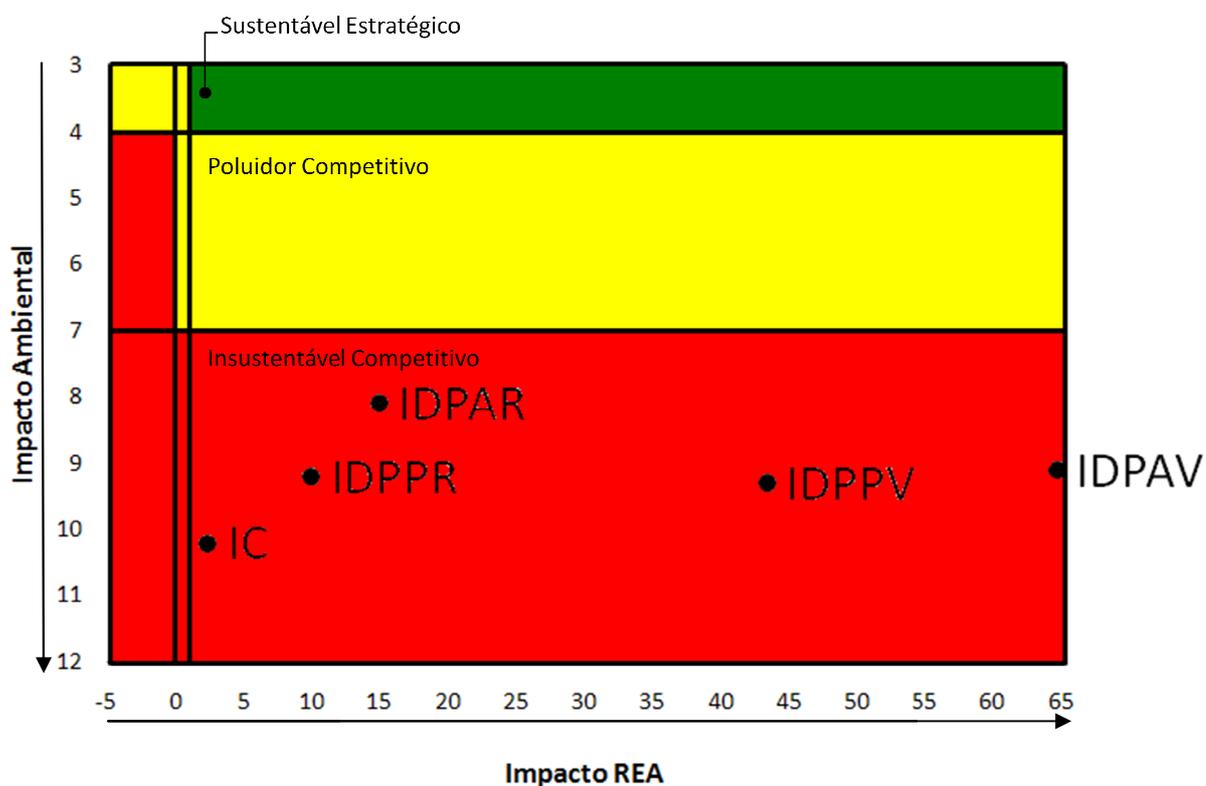


Figura 31 – Produtos estudados enquadrados na MPESus Quantitativa  
Fonte: O autor (2010)

Onde,

IC = Isolador Convencional

IDPPV = Isolador DIESPADA Polipropileno Virgem

IDPPR = Isolador DIESPADA Polipropileno Reciclado

IDPAV = Isolador DIESPADA Poliamida Virgem

IDPAR = Isolador DIEPSADA Poliamida Reciclada

O enquadramento dos produtos estudados na MPESus Quantitativa deu início à análise e debates entre o GT. De acordo com a MPESus Quantitativa, todos os produtos estudados estão localizados no setor *Insustentável Competitivo*, uma vez que, apesar de gerarem lucro e possuírem REA positivo, suas cadeias produtivas possuem alto *Impacto Ambiental*, sendo todos classificados como críticos.

Pode-se notar que tanto o IDPAR quanto o IDPPR mantiveram uma proporção de *Impacto do REA* se comparados com os produtos que possuem a matéria-prima virgem. Entretanto, ambos tendem a ter uma vantagem no que tange à dimensão *Impacto Ambiental*, uma vez que ambos se encontram mais perto do ponto de corte desta dimensão.

Com o exposto no parágrafo acima, sugere-se para IDPAV e IDPPV que a equipe que o GT desenvolva um material no qual a cadeia produtiva seja menos impactante. Para tanto, existem estudos que focam a adição de carga em termoplástico.

De acordo com Ferro e Silva (2007), um produto injetado com poliamida pode receber carga de até 30% de cinza de casca de arroz no total da massa do produto. Conforme os autores, o comportamento das propriedades mecânicas de resistência a tração, flexão, ao impacto e resistência térmica são semelhantes à carga de 30% de talco. Ainda de acordo com os autores, os resultados foram comprovados ao confeccionar um conector elétrico injetado com poliamida e 30% de cinza de casca de arroz.

Concomitantemente sugere-se uma análise criteriosa da matriz energética das cadeias produtivas envolvidas com foco nos possíveis impactos ambientais. Dependendo dos resultados, o impacto ambiental pode ser abrandado com outra cadeia produtiva com outra matriz energética.

Assim, ambos podem diminuir o impacto ambiental de suas cadeias produtivas, promovendo uma mudança no posicionamento estratégico, deixando de serem *Insustentáveis Competitivos* para se enquadrarem como *Poluidores Competitivos*.

Da mesma forma, sugere-se para os produtos oriundos de matéria-prima reciclada, ou seja, o IDPPR e o IDPAR, a mesma estratégia. Entretanto, acrescentando a estes uma pesquisa de fornecedores de matéria-prima, objetivando diminuir o Custo de Reciclagem para aumentar a dimensão do *Impacto do REA*. Com estas ações, também busca-se mudar o posicionamento estratégico atual, migrando de *Insustentável Competitivo* para *Poluidores Competitivos*.

Entretanto, estas ações englobam estudos extras no que tange a qualidade do produto, uma vez que é necessário que se confirme o isolamento elétrico para uma descarga atmosférica. Assim, os estudos de Ferro e Silva (2007) podem contribuir para uma análise dos isoladores desenvolvidos pelo projeto DIESPADA, de modo a assegurar o isolamento elétrico em um produto isolante feito de termoplástico que possua cinza de casca de arroz como carga.

Outras abordagens poderiam ser possíveis como, por exemplo, um controle mais severo da frequência dos potenciais impactos ambientais da extração e polimerização, tanto da poliamida quanto do polipropileno.

Neste capítulo foi analisada a aplicabilidade do método proposto, tomando como base um produto encontrado no mercado nacional, assim como diferentes cenários de outro produto em desenvolvimento. Portanto, este capítulo é a entrega do terceiro objetivo desta dissertação.

## 6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esta dissertação buscou responder a questão de como avaliar estrategicamente se um produto é melhor do que outro do ponto de vista econômico e ambiental. Entende-se que esta resposta é obtida com a aplicação do método proposto, que tem como fruto a elaboração da Matriz de Posicionamento Estratégico Sustentável.

Entretanto, para se chegar ao método proposto, etapas tiveram que ser vencidas. A primeira era identificar elementos que integrassem as visões de posicionamento estratégico, impactos ambientais e econômicos na avaliação de produtos. Para que este objetivo específico fosse atendido, foram pesquisados os conceitos de sustentabilidade, bem como lógicas econômicas e de posicionamento estratégico descritas nos Capítulos 3 e 4.

À medida que o conhecimento entre a interação destes elementos era construído, *insights* para a proposição de um método na forma de matriz de posicionamento estratégico para produtos foram surgindo, que contribuíram para a entrega do segundo objetivo específico desta pesquisa: a proposição de um instrumento na forma de matriz de posicionamento estratégico de produtos. Surgia assim a MPESus com nove setores apresentada no Capítulo 4.

A MPESus é justamente o meio para responder a questão de pesquisa proposta, uma vez que é na visualização da posição estratégica atual em que os produtos se encontram é que se abre a possibilidade de vislumbrar o caminho a seguir para se ter um produto estrategicamente sustentável.

Por fim, o terceiro objetivo específico é atingido no quinto capítulo, onde é explicitado tanto o método proposto quanto a MPESus em um caso real de desenvolvimento de produto. A aplicabilidade do método proposto mostrou-se eficiente como ferramenta de apoio, uma vez que gerou argumentos e debates de como mudar a posição atual do objeto de estudo para que este seja sustentável. As análises pertinentes à dimensão de *Impacto do Retorno Econômico-Ampliado* sugerem que antes de se obter o *Retorno Econômico-Ampliado*, a organização deve obter lucro com o produto. Assim, quando uma organização tem lucro negativo, esta deve primeiramente gerenciar seus custos operacionais antes de focar em aumentar o *Retorno Econômico-Ampliado*. Desta forma, a MPESus pode vir a indicar produtos que necessitem ser substituídos ou renovados.

Por outro lado, quando a organização comercializa os produtos com lucro positivo, o *Retorno Econômico-Ampliado* torna-se mais importante, uma vez que a organização pode verificar em qual aspecto melhorar primeiro: econômico ou ambiental.

Assim, a pesquisa dá indícios de que, por meio da aplicação do método e da MPESus propostos, as organizações podem se beneficiar tanto economicamente como ambientalmente a partir de uma base consolidada de produção e custeio bem como ampliar o conhecimento dos possíveis impactos ambientais da sua cadeia produtiva podem causar. Desta forma, as organizações podem aperfeiçoar seus produtos tornando-os sustentáveis.

É possível diagnosticar um amplo campo de pesquisa para se atingir o desenvolvimento sustentável tanto no nível acadêmico quanto profissional para os mais diversos produtos.

## 6.1 LIMITAÇÕES DA PESQUISA

Como o trabalho de campo para a aplicação do método proposto foi limitado a um projeto focado no desenvolvimento de um produto específico, não foi possível verificar uma visão mais abrangente utilizando produtos para diferentes aplicações, uma vez que o método proposto limitou-se à fase de Análise, não explorando as fases de Execução e Monitoramento e Controle. Uma visão mais ampla poderia permitir refinamentos da estrutura da MPESus.

Outra limitação inerente ao processo foi a falta de dados nacionais a respeito de entradas e saídas utilizadas das cadeias produtivas estudadas. Apesar da cadeia produtiva do aço já estar bem explorada, não há no Brasil um banco de dados com informações quantificadas necessárias para a execução de uma ACV mais precisa quando a matéria-prima é um termoplástico, salvo quando o material estudo é Politereftalato de Etileno (PET). Infelizmente este fato força pesquisadores brasileiros que estudam cadeias produtivas que não envolvam PET, aço ou vidro a buscarem dados europeus.

Outra limitação encontrada foi a escassez de um banco de dados sólido no que tange o mercado de produtos reciclados. Não foi encontrado um banco de dados livre para que o pesquisador pudesse consultar.

Além disso, o trabalho não contou com um painel de especialistas. Esta avaliação também poderia permitir refinamentos da estrutura do MMPEsus. Entretanto, a dificuldade e de se encontrar profissionais com experiência na realização de ACV no Brasil foi um

limitador, uma vez que o pesquisador não quis expor o método proposto para estudiosos de localidades distantes antes que o documento fosse elaborado. Entretanto, estas limitações presentes nesta dissertação não invalidam a proposta apresentada.

## 6.2 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Durante esta pesquisa, foram identificadas oportunidades de desenvolvimento de trabalhos futuros a fim de dar continuidade ao presente estudo. Nesse sentido, sugerem-se algumas delas:

- realizar um painel de especialistas para debater sobre as dimensões abordadas na matriz para um possível refinamento;
- desenvolver um banco de dados atual e confiável para execução de ACV, atualizado periodicamente;
- desenvolver um banco de dados com o Custo de Reciclagem dos mais diversos materiais, atualizado periodicamente.
- continuar o trabalho no projeto DIESPADA utilizando carga de cinza de casca de arroz como carga na poliamida;
- realizar outras pesquisas similares, a fim de permitir uma visão mais abrangente sobre o tema de pesquisa, aplicando a proposta deste trabalho em outros casos
- elaborar um estudo de aprendizagem organizacional promovido com a implantação, execução e monitoramento do método proposto;
- criar um instrumento que operacionalize por meio de um *software* a MPESus.

## REFERÊNCIAS

ACIESP - ACADEMIA DE CIÊNCIA DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Glossário de Ecologia**. [s.n.]: São Paulo, 1987.

ALLEN, D., Applications of Life-Cycle Assessment. In: CURRAN, M. A. (Org.). **Environmental Life Assessment**. Nova York: McGraw Hill, 1996. cap. 5.

ANDERSON, R. E. Phase Product Development: Friend or Foe? **Business Horizons**, v. 39, n. 6, p. 30-36, nov./dez., 1996.

ANDRADE, J. C. S. Desenvolvimento sustentado e competitividade. Tipos de estratégias ambientais e empresariais. **Revista TECHBAHIA**, v. 12, n. 2, p. 71-86, mai./ago., 1997.

ANTUNES, J.; ALVAREZ, R.; BORTOLOTTI, P.; KLIPPEL, M.; PELLEGRIN, I. **Sistemas de Produção**: conceitos e práticas para projeto e gestão da produção enxuta. Porto Alegre: Bookman, 2008.

ANTUNES, J. A. V.; KLIPPEL, M. Matriz de posicionamento estratégico dos materiais: uma abordagem metodológica. In: Encontro Nacional de Engenharia de Produção, XXII, 2002, Curitiba. **Anais eletrônicos do XXII ENEGEP**. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Engenharia de Produção, 2002.

ASHLEY, S. Designing for the environment. **Mechanical Engineering**, v. 115, n. 3, p. 52-54, 1993.

ASSIES, J., State of Art. In: SETAC - Europe (Org.). **Report of workshop on Life-Cycle Assessment**. p. 1-20. Leiden, Netherlands: [s. n.], 1992

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR ISO 14041**: Gestão ambiental - avaliação do ciclo de vida - definição de objetivo e escopo e análise de inventário. Rio de Janeiro: ABNT, 2004.

\_\_\_\_\_. **NBR ISO 14040**: Gestão ambiental - avaliação do ciclo de vida - princípios e estrutura. Rio de Janeiro: ABNT, 2001.

\_\_\_\_\_. **NBR 5419**: Proteção de estruturas contra descargas atmosféricas. Rio de Janeiro: ABNT, 2000.

BAXTER, M. **Projeto de produto**: guia prático para o design de novos produtos. 2. ed. São Paulo: Edgard Blücher, 2000.

BELLEN, H. M. V. Indicadores de sustentabilidade - um levantamento dos principais sistemas de avaliação. **Cadernos EBAPE - FGV**, v. 2, n. 1, mar., 2004.

BENEDETTO, C.; CRAWFORD, C. **New Product Management**. New York: Irwin McGraw-Hill, 2000.

BOGUSKI, T. K., HUNT, R.G., CHOLAKIS, J. M., FRANKLIN, W. E.. LCA Methodology. In: CURRAN, M. A. (ed.). **Environmental Life Assessment**. New York: McGraw Hill, 1996. cap. 2.2.

BÖHM, E., WALTZ, R. Life Cycle Analysis: a Methodology to Analyse Ecological Consequenses withing a Technology Assessment Study? **International Journal of Technology Management**, v. 11., n. 5/6, p. 554-565, 1996.

BRAUNGART, M., MCDONOUGH, W., BOOLINGER, A. Cradle-cradle design, creating healthy emissions: A strategy for eco-effective product and system design. **Journal of Cleaner Production**, v. 15, n. 13-14, p. 1337-1348, set., 2007.

CARRILLO-HERMOSILLA, J., DEL RÍO, P., KÖNNOLA, T. **Eco-Innovation**: When Sustainability and Competitiveness Shake Hands. 1. ed. Palgrave: London, 2009.

CARRILLO-HERMOSILLA, J., DEL RÍO, P., KÖNNÖLÄ T. Diversity of Eco-Innovation: Reflections From Selected Case Studies. **Journal of Cleaner Production**, v. 18, n 10-11, p. 1073-1083, jul., 2010.

CENTER FOR ENVIROMENTAL ASSESSMENT OF PRODUCT AND MATERIAL SYSTEMS - CPM. **SPINE LCI dataset**: Polypropylene. 1993. Disponível em: < <http://www.cpm.chalmers.se/CPMdatabase/Scripts/sheet.asp?ActId=1997-08-26831>>. Acesso em: 10 jun. 2010.

CENTER FOR ENVIROMENTAL ASSESSMENT OF PRODUCT AND MATERIAL SYSTEMS - CPM. **SPINE LCI dataset**: Production of nylon 66 (APME). 1999. Disponível em: < <http://www.cpm.chalmers.se/CPMdatabase/Scripts/sheet.asp?ActId=unknown01-20010917-81>>. Acesso em: 10 jun. 2010.

CHARTER, M.; TISCHNER, U.. **Sustainable Solutions**: developing products and servicer for the future. Sheffield, UK: Greenleaf Publishing, 2001.

CHEHEBE, J. R. B. **Análise do ciclo de vida de produtos**: ferramenta gerencial da ISO 14000. Rio de Janeiro: Qualitymark, 1997.

CHEN, Y.; LAI, S.; WEN, C. The influence of green innovation performance on corporate advantage in Taiwan. **Journal of Business Ethics**, v. 67, p. 331-339, 2006.

CLARK, K. B.; WHEELWRIGHT, S. C. **Managing New Product and Process Development**. New York: The Free Press, 1993.

CLEMEN, R.T. **Making hard decisions**: an introduction to decision analysis. 2. ed. Belmont, CA: Duxbury Press, 1996.

COHEN-ROSENTAHAL, E. Making sense out of industrial ecology: a framework for analysis and action. **Journal of Cleaner Production**, v. 12, p. 1111-1123, 2004.

CONAMA (Conselho Nacional do Meio Ambiente) CONAMA 001 de 23.01.1986

CONSOLI, F. **Guidelines for Life Cycle Assessment**: a 'code of practice'. [s.n.]: SETAC, Brussels and Pensacola, 1993.

COOPER, R. et al. **Portfolio Management for New Products**. [s.n.]: Addison-Wesley Publishing: Reading, 1998.

COOPER, R. **Winning New Product**: accelerating the process from idea to launch. Addison Wesley Publishing Company, 1986.

COOPER, R. **Winning at New Products** - accelerating the process from idea to launch. Cambridge: Perseus Books, 1993.

COOPER, R.; SCOTT, J.; KLEINSCHMIDT, E. **Portfolio Management for New Products**. Massachusetts: Perseus Publishing, 2001.

CORREA, G. **Método de posicionamento estratégico de serviços para uma concessionária de distribuição de energia elétrica**. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade do Vale do Rio dos Sinos, São Leopoldo, RS, 2008.

COSTANZA, R. **Ecological economics**: the science and management of sustainability. New York: Columbia Press, 1991.

CURRAN, M. A. **Environmental Life Cycle Assessment**. New York: McGraw Hill, 1996.

CURRAN, M., The Status of LCA in the USA. **International Journal LCA**, v. 4, n. 3, p. 123-124, 1999.

DAROIT, D. NASCIMENTO, L. F. A Busca da Qualidade Ambiental como Incentivo à Produção de Inovações. **Anais do 24º Encontro da ENANPAD**, 2000.

DEMENDONCA, M., BAXTER, T.E., Design for the environment (DFE): an approach to achieve the ISO 14000 international standardization. **Environmental Management and Health**, n. 12, v. 1, p. 51-52, 2001.

DONAIRE, D. **Gestão ambiental na empresa**. São Paulo: Atlas, 1999.

EPA - U.S. ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. **Life Cycle Assessment: Principles and Practice**. United States, 2006. Disponível em <<http://www.epa.gov/nrmrl/lcaccess/lca101.html>>. Acesso em: 18 Nov. 2009.

FEEMA (Fundação Estadual de Engenharia do Meio Ambiente) **Vocabulário Básico do Meio Ambiente**. Rio de Janeiro. Petrobrás. Serviço de Comunicação Social. 1992.

FERRO, W.; SILVA, L. G. A. Uso da cinza da Casca de Arroz como Carga em Matrizes de Poliamida 6 e Poliamida 6.6. **Polímeros: Ciência e Tecnologia**, v. 17, n. 3., p.240-243 2007.

FLORINI, A., **The third force: the rise of transnational civil society**. Washington-DC: Carnegie Endowment for International Peace, 2000.

FORAY, D. GRÜNBLE, A. Technology and environment: an overview. **Technological Forecasting and Social Change**, n. 53, v. 1, set., 1996.

FREEMAN, C. The greening of technology and models of innovation. **Technological Forecasting and Social Change**, n. 53, v. 1, set., 1996.

FRISCHKNECHT, R. Goal and Scope Definition and Inventory Analysis. In: H.a. Udo de Haes, N- Wrisberg (ed.), **LCANET European Network for Strategic Life-Cycle Assessment Research and Development, LCA Documents**, v. 1, p. 59-88, Landsberg : Ecomed publishers, 1997.

FRISCHKNECHT, R., (1996). Draft Theme Report: Goal and Scope Definition and Inventory Analysis. 1996. Disponível em: <<http://www.leidenuniv.nl/interfac/cml/lacnet/ftheme2.htm>> Acesso em: 26 set. 2009.

GELDERMAN, C.; WEELE, A. J. V. Handling measurement issues and strategic directions in Kraljic's purchasing portfolio model. **Journal of Purchasing & Supply Management**, n. 9, p- 207-216, 2003.

GIEGRICH, J., SCHMITZ, S. Valuation as a Step in Impact Assessment: methods and case study. In: CURRAN, M. A. (Org.). **Environmental Life Cycle Assessment**, McGraw Hill, 1996. cap. 13.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4 ed. São Paulo: Atlas, 2007.

GILLEY, K. M., WORRELL, D. L., DAVIDSON, W., & EL-JELLY, A. Corporate environmental initiatives and anticipated firm performance: the differential effects of process-driven versus product-driven greening initiatives. **Journal of Management**, v. 26, n. 6, p. 1199-1216, 2000

GOMES, G. M., SOUZA, H. R., MAGALHÃES, A. R.. **Desenvolvimento sustentável no nordeste brasileiro**. [s.n.]: Ipea, 1995

GUINÉE, J., **Development of a Methodology for the Environmental Life-Cycle Assessment of Products** (with a case study on margarines). Ph. D. thesis. Leiden University, Leiden. 1995.

HART, S. L.; MILSTEIN, M. B. Criando valor Sustentável. Especial A.M.E.. **RAE Executivo**, v. 3, n. 2, mai./jul., 2004.

HART, S; MILSTEIN, M. Global sustainability and the creative destruction of industries. **Sloan Management Review**, v. 41, n. 1, p.23-33, 1999.

HAVE, S. T. et al. **Modelos de gestão: o que são e quando devem ser usados**. São Paulo: Prentice Hall, 2003

HAWKEN, P., LOVINS, A., LOVINS, H. **Natural capitalism: creating the next industrial revolution**. Boston: Little Brown & Company, 1999.

HEIJUNGS, R. GUINÉE, J., LANKREIJER, R. M., UDO DE HAES, H. A., SLEEWIJK, A. W.. **Environmental Life Cycle Assessment of Products - Backgrounds**. CML. The Netherlands: Leiden University,. Oct. 1992.

HEVNER, A. R.; MARCH, S. T.; PARK, J.; RAM, S. Design Science in Information Systems Research. **MIS Quarterly**, v. 28, n. 1, mar., 2004.

HUISINGH, D. Workshop Conclusions on Inventory Session. **Life-Cycle Assessment**. Netherlands: SETAC-Europe, 1992.

HUNT, R., FRANKLIN, E., LCA - How it Came About. Personal Reflections on the Origin and the Development of LCA in the USA. **International Journal LCA**, v. 1, n. 1, p. 4-7, 1996.

HUPPES, G.; ISHIKAWA, M. Eco-efficiency guiding midro-level actions towards sustainability: Ten basic steps for analysis. **Ecological Economics**, n. 68, p. 1627-1700, 2009.

HUR, T.; KIM, I.; YAMAMOTO, R. Measurement of green productivity and its improvement. **Journal of Cleaner Production**, v. 12, p. 673-683, set., 2004.

INSTITUTO AÇO BRASIL. **Anuário Estatístico 2009**. Disponível em: <<http://www.acobrasil.org.br/site/portugues/biblioteca/publicacoes.asp>>. Acesso em: 13 mai. 2010.

KINLAW, D. C. **Empresa Competitiva e Ecológica - Desempenho Sustentado na Era Ambiental, Responsável e Lucrativa**. São Paulo: Ed. Makron Books, 1997.

KLIPPEL, M.; ANTUNES, J.A.V; VACCARO,G. Matriz de posicionamento estratégico dos materiais: conceito, método e estudo de caso. **Revista Gestão de Produção**, v. 14, n. 1, p. 181-192, jan./abr., 2007.

KOELEIAN, G. A., KRISHNENDU, K., MANION, M. M., BULKLEY, J. W.. **Industrial Ecology of the Automobile: a life cycle perspective**. Warrendale, PA: University of Michigan, 1997.

KRALJIC, P. Purchasing must become supply management. **Harvard Business Review**, n. 61, v. 5, p. 109-117, 1983.

KUEHR, R. Environmental technologies: from misleading interpretation to an operational categorization and definition. **Journal of Cleaner Production**, v. 15, n. 13-14, p. 1316-1320, set., 2007.

KULAY, L. A. **Uso da análise do ciclo de vida para a comparação do desempenho ambiental das rotas úmidas e térmicas de produção de fertilizantes fosfatados**. 314 f. Tese (Doutorado) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2004.

LAMMING, R. C.; HARRISON, D. Smaller customers and larger suppliers: the potential for strategic purchasing approach: a case study. 10th **Conferência Internacional IPSERA**, Jönköping, Sweden, 2001. p. 595-610.

LAYRARGUES, P P. A empresa “verde”: mudança ou apropriação ideológica. **Revista Ciência Hoje**, v. 27, p. 56-59, mar. 2000.

LIFSET, R. Industrial Ecology and Public Policy. **Journal of Industrial Ecology**, v. 9, n. 3, p. 1-3, 2005.

LOMBARDI, M. S. BRITO, E. P. Z. Desenvolvimento sustentável como fator de competitividade. In: Encontro da ANPAD, XXXI, 2007, Rio de Janeiro. **Anais do XXXI Encontro ENANPAD**. Rio de Janeiro: Associação Nacional de Pós-Graduação e Pesquisa em Administração - ANPAD, 2007.

MAIMON, D. **Passaporte Verde: Gestão ambiental e competitividade**. Rio de Janeiro: Qualitymark, 1996.

MALHOTRA, N. K. **Pesquisa de Marketing: uma Orientação Aplicada**. 4. ed. Porto Alegre: Artmed, 2006.

MANSON, N. J. Is operations research really research?. **Orion**, v. 22, n. 2, p. 155-180, 2006.

McDONOUGH, W.; BRAUNGART, M. **Remaking the Way We Make Things: Cradle to Cradle**. New York: North Point Press, 2002.

MEADOWS, D. H. MEADOWS, D. L. RANDERS, J. BEHRENS III, W. W. **The limits to growth**. New York: Universe Books, 1972.

MEREDITH, S. **Environment and competition: development of environmental strategies in the UK paint and coatings industry**. Brighton, UK, 1994. 204 f. (Tese de PhD) – The University of Brighton, 1994.

MILES, M. P.; COVIN, J. G. Environmental marketing: a source of reputational, competitive and financial advantage. **Journal of Business Ethics**, v. 23, p. 299-311, feb. 2000.

MINTZBERG, H. Crafting strategy. **Harvard Business Review**, v. 65, n. 4, p. 66-75, jul./ago., 1987.

MINTZBERG, H.; AHLSTRAND, B.; LAMPEL, J.. **Safári de estratégia**. Porto Alegre: Bookman, 2000.

MOURA, R. R. **Avaliação da utilização de indicadores de desempenho como suporte ao gerenciamento estratégico de uma empresa**: um estudo de caso em uma empresa distribuidora de energia elétrica. 2002. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2002.

MOURAD, A. L.; GARCIA, E. E. C.; VILHENA, A. **Avaliação do ciclo de vida**: princípios e aplicações. Campinas: CETEA/CEMPRE, 2002.

NASCIMENTO, L. F. **Gerenciamento Ambiental Estratégico**. Material do Programa de Pós-Graduação em Administração Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2000.

NASCIMENTO, L. F. LEMOS, A.D C. MELLO, M. C. A. **Gestão Socioambiental Estratégica**. Porto Alegre: Editora Bookman, 2008.

NASCIMENTO, T.; MOTHÉ, C. Gerenciamento de resíduos sólidos industriais. **Revista Analytica**, n. 27, 2007.

NORMA REGULAMENTADORA 10 - Segurança em instalações e serviços em eletricidade. Portaria 598 de 07 de dezembro de 2004.

ORGANISATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT - OECD. **Oslo Manual**: Guidelines for collecting and interpreting innovation data. 3. ed. Paris, 2009a.

\_\_\_\_\_. **Sustainable Manufacturing and Eco-innovation**: Towards a Green Economy. Policy Brief. jun., 2009b.

OLTRA, v.; SAINT JEAN, M. Sectoral systems of environmental innovation: An application to the French automotive industry. **Technological Forecasting & Social Change**, n. 76, p. 567-583, 2009.

PAIVA, E. L.; CARVALHO JR, J. M.; FENSTERSEIFER, J. E. **Estratégia de Produção e de Operações**: conceitos, melhores práticas, visão de futuro. Porto Alegre: Bookman, 2009.

PIDD, M. **Modelagem Empresarial**: Ferramentas para tomada de decisão. Porto Alegre: Artes Médicas, 1998.

PINTO Jr O., PINTO I. **Tempestades e Relâmpagos no Brasil**. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), São Paulo, 2000.

PINTO JR, O. **Inpe**: poluição aumenta raios em até 15% em SP. Sítio Terra. Disponível em: <<http://noticias.terra.com.br/ciencia/interna/0,,OI2237723-EI299,00.html>>. Acesso em: 16 jan. 2009.

POOLE, S.; SIMON, N.; SWEATMA, A.; BHAMRA, T. A.; EVANS, S.; McALOONE, T. C.. Integrating Environmental Decisions into the Product Development Process: Part 1 - the early stages. In: **First International Symposium on Environmentally Conscious Design and Inverse Manufacturing**, 1999, Tokyo. p. 329-333. Disponível em: <<http://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?arnumber=00747633>>. Acesso em: 23. Mai. 2010.

POPPER, K. **A Lógica da Pesquisa Científica**. São Paulo: Cultrix, 1998.

PORTER, M. E. **Competição**: estratégias competitivas essenciais. 9. ed. Rio de Janeiro: Campus, 2003.

\_\_\_\_\_. **Estratégia competitiva**: Técnicas para análise de indústrias e da concorrência. 7. ed. Rio de Janeiro: Campus, 1986.

PRAHALAD, C. K.; HART, S. The fortune at the bottom of the pyramid. **Strategy + Business**, n. 26, p. 54-67, 2002.

PUJARI, D. Eco-innovation and new product development: understanding the influences on market performance. **Technovation**, n. 26, p. 76 - 85, 2006.

RAINEY, D.L. **Sustainable Business Development**: Inventing the Future Through Strategy, Innovation, and Leadership. Cambbridge, UK: Cambridge University Press, 2006.

REIS, L. B.; FADIGAS, E. A. A.; CARVALHO, E. C., **Energia, Recursos Naturais e a Prática do Desenvolvimento Sustentável**. Barueri: Manole, 2005.

RHEINGOLD, H. **Smart mobs**: the next social revolution. Cambridge: Perseus Publishing, 2002.

RIBEIRO, P. H. **Modelagem de sistemas de produto em estudos da Avaliação do Ciclo de Vida - ACV**. 135p. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2004.

ROBBINS, P. T. **Greening the corporation**: management strategy and the environmental challenge. London: Sterling VA, 2001.

ROMERO, T. Aumenta a incidência de raios no sudeste do Brasil – **Agência FAPESP**, 2008. Disponível em: <<http://www.inovacaotecnologica.com.br/noticias/noticia.php?artigo=aumenta-incidencia-de-raios-no-sudeste-do-brasil>>. Acesso em 24 jul. 2009.

ROZENBURG, N. F. M. & EEKELS, J. **Product design fundamentals and methods**. The Netherlands: Delft University of Technology, 1995.

SANTANA, E. A.; OLIVEIRA, C. A. C. N. V. Regulação e coordenação: duas fontes e ineficiência da indústria de energia elétrica. In: BORENSTEIN, C. R. (Org.). **Regulação e gestão competitiva no setor elétrico brasileiro**. Porto Alegre: Sagra Luzatto, 1999. p. 57-72.

SANTOS, J.A; PARRA FILHO, D. **Metodologia Científica**. 1. ed. Futura, São Paulo, 1998.

SAUR, K., Life Cycle Interpretation - A Brand New Perspective? **International Journal LCA**, v. 2, n. 1, p. 8-10, 1997.

SCHMIDHEINY, S. Changing Course: A Global Business Perspective on Development and the Environment, **World Business Council for Sustainable Development**, Geneva, 1992.

SOCIETY OF ENVIRONMENTAL TOXICOLOGY AND CHEMISTRY - SETAC. **Guidelines for Life-Cycle Assessment**: a code of "practice". Sessimbra, Portugal: Consoli, 1993.

SHARMA, S. Managerial interpretations and organizational context as predictors of corporate choice of environmental strategy. **Academy of Management Journal**, v. 43, p. 681-697, ago., 2000.

SRTOUFE, R. CURKOVIC, S., MONTABON, F., MELNYK, S.A., The new product design process and design for environment crossing the chasm. **International Journal of Operations and Production Management**, v. 20, n. 2, p. 267-291, 2000.

TIBOR, T., FELDMAN, I. **ISO 14000**: A Guide to the New Environmental Management Standards. Burr Ridge: Irwin Professional Publishing, 1996.

TUKKER, A. Review of quantitative valuation methods. In:UDO DE HAES, H. A. **Integrating Impact Assessment into LCA**. SETAC-Europe, Brussels, Belgium, 1994. p. 127-131

UGAYA, C. M. L., **Análise de Ciclo de Vida**: estudo de caso para materiais e componentes automotivos no Brasil. Tese (Doutorado) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2001.

ULRICH, K. T.; EPPINGER, S. D. **Product Design and Development**. 2. ed. New York: Irwin McGraw, 2000.

UNITED NATIONS OF ENVIRONMENT PROGRAM - UNEP. **Global Environment Outlook 3**. London, UK: Earthscan, 2002.

VACHON, S.; KLASSEN, R. D. Supply chain management and environmental technologies the role of integration. **International Journal of Production Research**. v. 45, n. 2, p. 410-423, 2007.

VIGON, B.; JENSEN, A. Life cycle assessment: data quality and databases practitioner survey. **Journal of Cleaner Production**, v. 3, n. 3, p. 135-141, 1995.

VINHA, V., Stakeholder Approach: novo paradigma operacional? In: Congresso Nacional de Escelencia em Gestão, 1º, 2002, Niterói. **Anais Eletrônicos do 1º Congresso Nacional de Excelência em Gestão**. Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2002.

VON DIEREN, W., **Taking nature into account**. New York: Copernicus, 1995.

WENZEL, H.; HAUSCHILD, M.; ALTING, L. **Environmental assessment of products**. v. 1. London: Chapman & Hall, 2000.

WHEELWRIGHT, S. C., CLARK, K. B. Creating project plans to focus product development. **Harvard Business Review**, v. 70, n. 2, p. 70-83, 1997.

WORLD INDUSTRY COUNCIL FOR ENVIRONMENT - WICE. **Life Cycle Assessment: an environmental management tool**. Report. Oct. 16 p. 1994.

WILKINSON, P. Measuring and tracking waste. In: **Conferência sobre Prevenção da Poluição Global**, Washington, 1991.

## ANEXO A

### Produção do Aço

Entradas		Saída	
Insumo e Matéria-prima	Quantidade	Emissões Atmosféricas	Quantidade
Sucata/ferro gusa/Ferro esponja	1000 g	CO	2.500 g
elemento de liga	13 g	CO <sub>2</sub>	51 g
escorificante	226 g	SO <sub>2</sub>	0.05 g
<b>Energia</b>	0	Materiais particulados	0.1 g
GLP	1887236 g	NO <sub>x</sub>	0.25 g
Gás natural	0.00003 Nm <sup>3</sup>	<b>Água</b>	
Oxigênio	0.0001 m <sup>3</sup>	Perda evaporação	4205.01 m <sup>3</sup>
Energia elétrica	0.429 Mwh	<b>Efluentes:</b>	0.0001 m <sup>3</sup>
Óleo combustível	4156 g	Óleo	0.01 g
Consumo específico - Fuel rate	0.013 kg/t . Gusa	Sólidos suspensos	0.004 g
Água*	168200.5 m <sup>3</sup>	Metais	1.4 mg
		<b>Resíduos Sólidos</b>	
		Escória de FEA	146 g
		Carepa	14 g
		Outros	31 g
		<b>Produto</b>	
		Aço Lingotado	1000 g

\* Circuito fechado

Fonte: Adaptado de Instituto Aço Brasil - Anuário Estatístico (2009) e International Iron and Steel Institute (1977)

## ANEXO B

### Galvanização a Fogo

Entradas		Saída	
Insumo e Matéria-prima	Quantidade	Emissões Atmosféricas	Quantidade
Lingotes de zinco		CO	
Lingote de alumínio		CO <sub>2</sub>	
Chumbo		SO <sub>2</sub>	
Dicromato de sódio		Materiais particulados	
Peça em aço		Vátores ácidos	
Ar comprimido			
Desengraxante alcalino		<b>Efluentes:</b>	
Água		Óleo	
Ácido clorídrico		Ácido Clorídrico exaurido	
Cloreto de zinco-cloreto de amônio		Água residuária alcalina	
<b>Energia</b>		Água residuária ácida	
Gás natural			
Energia elétrica		<b>Resíduos Sólidos</b>	
		Lodo da Estação de tratamento de Efluente	
		Sucata de Ferro e aço	
		Cinza da galvanização	
		Borra de galvanização	
		<b>Produto</b>	
		Aço Zincado	

Fonte: Adaptado de Nascimento e Mothé (2007)

## ANEXO C

### Extração - Polimerização do Polipropileno

Entradas		Saída	
Insumo e Matéria-prima	Quantidade	Emissões Atmosféricas	Quantidade
Monômero de Propeno		CO	0.7 g
Bauxita	0.4 g	CO <sub>2</sub>	1100 g
Eletricidade	0.002 Mwh	NO <sub>x</sub>	10 g
Manganês		Material Particulado	2 g
Óleo pesado	0.015 Mwh	SO <sub>x</sub>	11 g
Minério de ferro	0.3 g	Outros	13.1 g
Calcário	0.2 g		
NaCl	5 g	<b>Efluentes:</b>	2.7 g
Outros combustíveis	0.006 Mwh		
Água	3.1 m <sup>3</sup>	<b>Resíduos Sólidos</b>	
		Cinza	5 g
		Minerais	14 g
		Classe I - Perigoso	4 g
		Classe II - Não Inerte	8 g
		<b>Produto</b>	
		Polipropileno	1000 g

Fonte: adaptado de CPM (1993)

## ANEXO D

### Plimerização do Poliamida

Entradas		Saída	
Insumo e Matéria-prima	Quantidade	Emissões Atmosféricas	Quantidade
Hexametilenodiamina		CO	3.962 g
Ácido adípico		CO <sub>2</sub>	6865.05 g
Ar	1392.776 g	NO <sub>x</sub>	26.01 g
Bauxita	3.838 g	SO <sub>x</sub>	25.14 g
Biomassa	7.815 g	Outros	40.31 g
Petróleo bruto	791.013 g		
Ferro	0.901 g		
Hulha	639.778 g	<b>Efluentes</b>	0.00008 m <sup>3</sup>
Lignite	120.016 g		
Calcário	84.386 g		
Gás natural	1487.375 g	<b>Resíduos Sólidos</b>	
Azoto	182.050 g	Cinza e Escória	30.69 g
Oxigênio	0.665 g	Minerais	149.55 g
Cloreto de potássio	1.983 g	Outros	15.13 g
Rutilo	0.849 g		
Cloreto de sódio	72.265 g		
Sulfurosos	14.455 g		
Enxofre (ligado)	7.211 g		
Água	0.700 m <sup>3</sup>	<b>Produto</b>	
Madeira	1.230 g	Poliamida	1000 g

Fonte: adaptado de CPM (1999)

## ANEXO E

### Injeção de Polipropileno

Entradas	Saída
Insumo e Matéria-prima	Emissões Atmosféricas
Polímero PP	voláteis
Pigmento	
Óleo	<b>Efluentes:</b>
Desmoldante	Óleo
Água	Água*
<b>Energia</b>	<b>Resíduos Sólidos</b>
Energia elétrica	Canais de Injeção
	<b>Produto</b>
	Isolador DIESPADA PP

\*Circuito Fechado

Fonte: Empresas participantes do projeto DIESPADA

## ANEXO F

<b>Injeção de Poliamida</b>	
<b>Entradas</b>	<b>Saída</b>
<b>Insumo e Matéria-prima</b>	<b>Emissões Atmosféricas</b>
Polímero PA	voláteis
Pigmento	
Óleo	<b>Efluentes:</b>
Desmoldante	Óleo
Água	Água*
<b>Energia</b>	<b>Resíduos Sólidos</b>
Energia elétrica	Canais de Injeção
	Isolador DIESPADA PA

\*Circuito Fechado

Fonte: Empresas participantes do projeto DIESPADA

## ANEXO G

### Montagem Isolador Convencional

Entradas	Saída
Insumo e Matéria-prima	Emissões Atmosféricas
Aço Galvanizado	N2O
PP injetado	C2H2
Acetino	
Ar comprimido	<b>Efluentes:</b>
Nitrogênio	Óleo de corte
Oxigênio	Óleo refrigerante
Óleo de corte	
Óleo refrigerante	<b>Resíduos Sólidos</b>
	Material particulado
<b>Energia</b>	<b>Produto</b>
Energia Elétrica	Isolador Montado

Fonte: Empresas participantes do projeto DIESPADA

## ANEXO H

### Instalação do Isolador Convencional

<b>Entradas</b>	<b>Saída</b>
<b>Insumo e Matéria-prima</b>	<b>Emissões Atmosféricas</b>
Parafusos	Material Particulado
buchas	
brocas	<b>Resíduos Sólidos</b>
Isolador	Brocas Gastas
<b>Energia</b>	<b>Produto</b>
Elétrica	
	Isolador Fixado

Fonte: Empresas participantes do projeto DIESPADA

## ANEXO I

### Instalação do Isolador Diespada

<b>Entradas</b>	<b>Saída</b>
<b>Insumo e Matéria-prima</b>	<b>Emissões Atmosféricas</b>
Parafusos	Material Particulado
brocas	
Isolador	<b>Resíduos Sólidos</b>
	Brocas Gastas
<b>Energia</b>	
Elétrica	
	<b>Produto</b>
	Isolador Fixador

Fonte: Empresas participantes do projeto DIESPADA

## APÊNDICE A

Processo	Aspecto	Impacto Potencial	Abran.	Sev.	Freq.	Imp.
Extração - Polimerização - PP	Consumo de Matéria-prima	Alteração da Qualidade do Ar	2.8	2.5	2.5	7.8
		Uso de Recursos Naturais Não-renováveis ou Escassos	4.0	4.0	4.0	12.0
		Risco à Saúde	2.0	3.2	3.3	8.5
		Efeito Estufa	2.5	2.3	3.0	7.8
		Ataque à Camada de Ozônio	2.5	2.0	2.8	7.3
		Chuva Ácida	2.5	2.0	2.8	7.3
	Consumo de Energia Elétrica	Uso de Recursos Naturais Não-renováveis ou Escassos	3.8	3.7	3.5	11.0
	Consumo de Gás Natural	Alteração da Qualidade do Ar	3.0	2.7	2.7	8.3
		Uso de Recursos Naturais Não-renováveis ou Escassos	2.8	2.7	3.0	8.5
		Efeito Estufa	3.0	2.7	3.0	8.7
		Ataque à Camada de Ozônio	3.0	2.0	2.3	7.3
	Consumo de Óleo Combustível	Alteração da Qualidade do Ar	3.5	3.0	2.8	9.3
		Uso de Recursos Naturais Não-renováveis ou Escassos	3.3	2.7	3.0	9.0
		Efeito Estufa	3.5	3.0	3.0	9.5
		Ataque à Camada de Ozônio	3.5	2.3	2.3	8.2
	Consumo de Etanol	Alteração da Qualidade do Ar	1.8	1.8	3.0	6.7
		Uso de Recursos Naturais Não-renováveis ou Escassos	2.5	2.7	3.0	8.2
	Consumo de Água	Uso de Recursos Naturais Não-renováveis ou Escassos	3.0	3.5	3.5	10.0
	Geração de Resíduos Sólidos	Contaminação Hídrica	4.0	3.7	3.2	10.8
		Contaminação do Solo	3.7	3.7	3.5	10.8
		Ocupação de Aterros (Sanitário ou Industrial)	4.0	3.7	3.5	11.2
	Geração Efluentes	Contaminação Hídrica	3.5	3.5	3.5	10.5
		Contaminação do Solo	3.2	3.2	3.3	9.7
		Alteração da Qualidade do Ar	3.2	2.5	2.5	8.2
	Emissões Atmosféricas	Alteração da Qualidade do Ar	4.0	4.0	3.5	11.5
		Risco à Saúde	2.2	3.3	3.3	8.8
		Efeito Estufa	4.0	4.0	3.5	11.5
		Ataque à Camada de Ozônio	4.0	3.7	3.3	11.0
		Chuva Ácida	4.0	4.0	3.2	11.2

(continua na próxima página)

Processo	Aspecto	Impacto Potencial	Abran.	Sev.	Freq.	Imp.
Injeção do Polímero PP	Consumo de Matéria-prima	Alteração da Qualidade do Ar	2.5	2.5	2.5	7.5
		Uso de Recursos Naturais Não-renováveis ou Escassos	3.8	3.2	3.3	10.3
		Risco à Saúde	2.2	2.2	3.0	7.3
	Consumo de Energia Elétrica	Uso de Recursos Naturais Não-renováveis ou Escassos	3.8	3.7	3.5	11.0
	Consumo de Água	Uso de Recursos Naturais Não-renováveis ou Escassos	3.5	3.2	3.0	9.7
	Geração de Resíduos Sólidos	Ocupação de Aterros (Sanitário ou Industrial)	4.0	3.7	3.5	11.2
	Emissões Atmosféricas	Alteração da Qualidade do Ar	2.8	3.5	3.5	9.8
		Risco à Saúde	1.7	2.8	3.0	7.5
Produção do Aço	Consumo de Matéria-prima	Uso de Recursos Naturais Não-renováveis ou Escassos	3.5	3.7	4.0	11.2
	Consumo de Energia Elétrica	Uso de Recursos Naturais Não-renováveis ou Escassos	3.5	3.7	4.0	11.2
	Consumo de Gás Natural	Alteração da Qualidade do Ar	3.5	3.0	3.3	9.8
		Uso de Recursos Naturais Não-renováveis ou Escassos	3.5	3.7	3.5	10.7
		Efeito Estufa	3.5	3.3	3.8	10.7
		Ataque à Camada de Ozônio	3.5	2.2	3.0	8.7
	Consumo de Óleo Combustível	Alteração da Qualidade do Ar	3.7	4.0	4.0	11.7
		Uso de Recursos Naturais Não-renováveis ou Escassos	3.5	3.7	4.0	11.2
		Efeito Estufa	4.0	4.0	4.0	12.0
	Consumo de GLP	Ataque à Camada de Ozônio	4.0	3.3	3.5	10.8
		Alteração da Qualidade do Ar	3.7	4.0	4.0	11.7
		Uso de Recursos Naturais Não-renováveis ou Escassos	3.5	3.7	4.0	11.2
		Efeito Estufa	4.0	4.0	4.0	12.0
	Consumo de Água	Ataque à Camada de Ozônio	4.0	2.3	2.3	8.7
		Uso de Recursos Naturais Não-renováveis ou Escassos	3.5	4.0	4.0	11.5
	Geração de Resíduos Sólidos	Contaminação Hídrica	4.0	3.7	3.7	11.3
		Contaminação do Solo	3.3	4.0	4.0	11.3
		Ocupação de Aterros (Sanitário ou Industrial)	3.5	4.0	4.0	11.5
	Geração de Efluentes	Contaminação Hídrica	4.0	4.0	4.0	12.0
		Contaminação do Solo	3.3	4.0	4.0	11.3
		Alteração da Qualidade do Ar	3.3	3.7	3.7	10.7
	Emissões Atmosféricas	Alteração da Qualidade do Ar	4.0	4.0	4.0	12.0
		Risco à Saúde	2.3	3.0	3.3	8.7
		Efeito Estufa	4.0	4.0	4.0	12.0
		Ataque à Camada de Ozônio	4.0	3.7	3.8	11.5
		Chuva Ácida	4.0	4.0	3.7	11.7

(continua na próxima página)

Processo	Aspecto	Impacto Potencial	Abran.	Sev.	Freq.	Imp.	
Galvanização a Fogo	Consumo de Matéria-prima	Uso de Recursos Naturais Não-renováveis ou Escassos	4.0	4.0	4.0	12.0	
	Consumo de Energia Elétrica	Uso de Recursos Naturais Não-renováveis ou Escassos	3.5	3.7	4.0	11.2	
	Consumo de Gás Natural	Alteração da Qualidade do Ar		3.7	3.3	4.0	11.0
		Uso de Recursos Naturais Não-renováveis ou Escassos		3.5	3.7	4.0	11.2
		Efeito Estufa		4.0	3.3	4.0	11.3
		Ataque à Camada de Ozônio		4.0	2.7	3.5	10.2
	Consumo de Água	Contaminação Hídrica		4.0	4.0	4.0	12.0
	Geração de Resíduos Sólidos	Contaminação do Solo		2.7	3.7	4.0	10.3
		Risco à Saúde		2.8	2.7	3.0	8.5
		Ocupação de Aterros (Sanitário ou Industrial)		3.5	4.0	4.0	11.5
	Emissões Atmosféricas	Efeito Estufa		4.0	4.0	4.0	12.0
		Alteração da Qualidade do Ar		3.5	4.0	4.0	11.5
		Chuva Ácida		4.0	4.0	3.7	11.7
Montagem	Consumo de Energia Elétrica	Uso de Recursos Naturais Não-renováveis ou Escassos	3.3	3.7	4.0	11.0	
	Geração de Resíduos Sólidos	Contaminação do Solo	3.2	4.0	4.0	11.2	
Instalação	Consumo de Matéria-prima	Alteração da Qualidade do Ar	2.2	2.5	2.5	7.2	
		Uso de Recursos Naturais Não-renováveis ou Escassos	3.5	3.5	3.5	10.5	
	Consumo de Energia Elétrica	Uso de Recursos Naturais Não-renováveis ou Escassos	3.0	3.0	3.0	9.0	
	Geração de Resíduos Sólidos	Contaminação do Solo	2.3	2.7	2.7	7.7	
Total						832.7	
Média						10.2	

Fonte: O Autor (2010)

## APÊNDICE B

Processo	Aspecto	Impacto Potencial	Abran.	Sev.	Freq.	Imp.
Extração - Polimerização - PP	Consumo de Matéria-prima	Alteração da Qualidade do Ar	2.8	2.5	2.5	7.8
		Uso de Recursos Naturais Não-renováveis ou Escassos	4.0	4.0	4.0	12.0
		Risco à Saúde	2.0	3.2	3.3	8.5
		Efeito Estufa	2.5	2.3	3.0	7.8
		Ataque à Camada de Ozônio	2.5	2.0	2.8	7.3
		Chuva Ácida	2.5	2.0	2.8	7.3
	Consumo de Energia Elétrica	Uso de Recursos Naturais Não-renováveis ou Escassos	3.8	3.7	3.5	11.0
	Consumo de Gás Natural	Alteração da Qualidade do Ar	3.0	2.7	3.2	8.8
		Uso de Recursos Naturais Não-renováveis ou Escassos	2.8	2.7	3.5	9.0
		Efeito Estufa	3.0	2.7	3.5	9.2
		Ataque à Camada de Ozônio	3.0	2.0	2.8	7.8
	Consumo de Óleo Combustível	Alteração da Qualidade do Ar	3.5	3.0	3.3	9.8
		Uso de Recursos Naturais Não-renováveis ou Escassos	3.3	2.7	3.5	9.5
		Efeito Estufa	3.5	3.0	3.0	9.5
		Ataque à Camada de Ozônio	3.5	2.3	2.3	8.2
	Consumo de Etanol	Alteração da Qualidade do Ar	1.8	1.8	3.0	6.7
		Uso de Recursos Naturais Não-renováveis ou Escassos	2.5	2.7	3.0	8.2
	Consumo de Água	Uso de Recursos Naturais Não-renováveis ou Escassos	3.0	3.5	3.5	10.0
	Geração de Resíduos Sólidos	Contaminação Hídrica	4.0	3.7	3.2	10.8
		Contaminação do Solo	3.7	3.7	3.5	10.8
		Ocupação de Aterros (Sanitário ou Industrial)	4.0	3.7	3.5	11.2
	Geração Efluentes	Contaminação Hídrica	3.5	3.5	3.5	10.5
		Contaminação do Solo	3.2	3.2	3.3	9.7
		Alteração da Qualidade do Ar	3.2	2.5	2.5	8.2
	Emissões Atmosféricas	Alteração da Qualidade do Ar	4.0	4.0	3.5	11.5
		Risco à Saúde	2.2	3.3	3.3	8.8
		Efeito Estufa	4.0	4.0	3.5	11.5
Ataque à Camada de Ozônio		4.0	3.7	3.3	11.0	
Chuva Ácida		4.0	4.0	3.2	11.2	

(continua na próxima página)

Processo	Aspecto	Impacto Potencial	Abran.	Sev.	Freq.	Imp.
Injeção do Polímero PP	Consumo de Matéria-prima	Alteração da Qualidade do Ar	2.3	2.8	2.8	8.0
		Uso de Recursos Naturais Não-renováveis ou Escassos	3.8	3.2	3.3	10.3
		Risco à Saúde	2.2	2.2	3.0	7.3
	Consumo de Energia Elétrica	Uso de Recursos Naturais Não-renováveis ou Escassos	3.3	3.3	3.2	9.8
	Consumo de Água	Uso de Recursos Naturais Não-renováveis ou Escassos	3.0	2.7	3.0	8.7
	Geração de Resíduos Sólidos	Ocupação de Aterros (Sanitário ou Industrial)	3.5	3.2	3.0	9.7
	Emissões Atmosféricas	Alteração da Qualidade do Ar	2.7	3.5	3.5	9.7
		Risco à Saúde	1.7	2.8	3.0	7.5
Instalação	Consumo de Matéria-prima	Alteração da Qualidade do Ar	2.2	2.5	3.0	7.7
		Uso de Recursos Naturais Não-renováveis ou Escassos	3.5	3.5	3.5	10.5
	Consumo de Energia Elétrica	Uso de Recursos Naturais Não-renováveis ou Escassos	3.5	3.5	3.5	10.5
	Geração de Resíduos Sólidos	Contaminação do Solo	2.3	2.7	2.7	7.7
Total						381
Média						9.3

Fonte: O autor (2010)

## APÊNDICE C

Processo	Aspecto	Impacto Potencial	Abran.	Sev.	Freq.	Imp.
Injeção do Polímero PP	Consumo de Matéria-prima	Alteração da Qualidade do Ar	2.5	2.5	2.5	7.5
		Uso de Recursos Naturais Não-renováveis ou Escassos	3.8	3.2	3.3	10.3
		Risco à Saúde	2.2	2.2	3.0	7.3
	Consumo de Energia Elétrica	Uso de Recursos Naturais Não-renováveis ou Escassos	3.8	3.7	3.5	11.0
	Consumo de Água	Uso de Recursos Naturais Não-renováveis ou Escassos	3.5	3.2	3.0	9.7
	Geração de Resíduos Sólidos	Ocupação de Aterros (Sanitário ou Industrial)	4.0	3.7	3.5	11.2
	Emissões Atmosféricas	Alteração da Qualidade do Ar	2.8	3.5	3.5	9.8
		Risco à Saúde	1.7	2.8	3.0	7.5
	Instalação	Consumo de Matéria-prima	Alteração da Qualidade do Ar	2.2	2.5	2.5
Uso de Recursos Naturais Não-renováveis ou Escassos			3.5	3.5	3.5	10.5
Consumo de Energia Elétrica		Uso de Recursos Naturais Não-renováveis ou Escassos	3.5	3.5	3.5	10.5
Geração de Resíduos Sólidos		Contaminação do Solo	2.3	2.7	2.7	7.7
					Total	110.2
					Média	9.2

Fonte: O autor (2010)

## APÊNDICE D

Processo	Aspecto	Impacto Potencial	Abran.	Sev.	Freq.	Imp.
Extração - Polimerização - PA	Consumo de Matéria-prima	Alteração da Qualidade do Ar	3.3	3.2	3.5	10.0
		Uso de Recursos Naturais Não-renováveis ou Escassos	4.0	4.0	4.0	12.0
		Risco à Saúde	2.2	3.3	3.8	9.3
		Efeito Estufa	3.3	3.7	4.0	11.0
		Ataque à Camada de Ozônio	3.3	3.5	3.3	10.2
		Chuva Ácida	3.3	3.5	3.8	10.7
	Consumo de Energia Elétrica	Uso de Recursos Naturais Não-renováveis ou Escassos	3.3	3.2	3.5	10.0
	Consumo de Gás Natural	Alteração da Qualidade do Ar	2.7	2.8	3.2	8.7
		Uso de Recursos Naturais Não-renováveis ou Escassos	3.0	3.2	3.5	9.7
		Efeito Estufa	2.7	2.7	3.0	8.3
		Ataque à Camada de Ozônio	3.0	2.3	2.7	8.0
	Consumo de Óleo Combustível	Alteração da Qualidade do Ar	2.7	3.0	2.8	8.5
		Uso de Recursos Naturais Não-renováveis ou Escassos	2.5	2.7	3.0	8.2
		Efeito Estufa	2.7	2.7	3.0	8.3
		Ataque à Camada de Ozônio	2.8	2.7	2.7	8.2
	Consumo de Etanol	Alteração da Qualidade do Ar	1.8	2.2	2.8	6.8
		Uso de Recursos Naturais Não-renováveis ou Escassos	2.5	2.3	3.0	7.8
	Consumo de Água	Uso de Recursos Naturais Não-renováveis ou Escassos	3.0	3.5	3.5	10.0
	Geração de Resíduos Sólidos	Contaminação Hídrica	3.5	3.3	3.7	10.5
		Contaminação do Solo	3.2	3.7	3.5	10.3
		Ocupação de Aterros (Sanitário ou Industrial)	3.3	3.5	3.3	10.2
	Geração Efluentes	Contaminação Hídrica	3.5	4.0	3.5	11.0
		Contaminação do Solo	2.7	3.7	3.3	9.7
		Alteração da Qualidade do Ar	2.8	2.5	2.8	8.2
	Emissões Atmosféricas	Alteração da Qualidade do Ar	3.3	3.3	3.8	10.5
		Risco à Saúde	2.3	3.3	3.3	9.0
		Efeito Estufa	3.8	3.7	3.8	11.3
		Ataque à Camada de Ozônio	3.7	3.3	3.7	10.7
		Chuva Ácida	3.2	3.3	3.2	9.7

(continua na próxima página)

Processo	Aspecto	Impacto Potencial	Abran.	Sev.	Freq.	Imp.
Injeção do Polímero PA	Consumo de Matéria-prima	Alteração da Qualidade do Ar	2.5	2.5	3.0	8.0
		Uso de Recursos Naturais Não-renováveis ou Escassos	3.8	3.2	3.7	10.7
		Risco à Saúde	2.2	2.5	2.8	7.5
	Consumo de Energia Elétrica	Uso de Recursos Naturais Não-renováveis ou Escassos	3.3	3.0	3.7	10.0
	Consumo de Água	Uso de Recursos Naturais Não-renováveis ou Escassos	3.0	2.7	2.5	8.2
	Geração de Resíduos Sólidos	Ocupação de Aterros (Sanitário ou Industrial)	2.7	3.2	3.5	9.3
	Emissões Atmosféricas	Alteração da Qualidade do Ar	2.3	3.2	3.5	9.0
		Risco à Saúde	1.7	2.8	3.0	7.5
Instalação	Consumo de Matéria-prima	Alteração da Qualidade do Ar	1.8	2.2	2.5	6.5
		Uso de Recursos Naturais Não-renováveis ou Escassos	1.8	2.0	2.7	6.5
	Consumo de Energia Elétrica	Uso de Recursos Naturais Não-renováveis ou Escassos	2.3	2.3	2.7	7.3
	Geração de Resíduos Sólidos	Contaminação do Solo	2.2	2.0	2.5	6.7
Total						373.8
Média						9.1

Fonte: O autor (2010)

## APÊNDICE E

Processo	Aspecto	Impacto Potencial	Abran.	Sev.	Freq.	Imp.
Injeção do Polímero PA	Consumo de Matéria-prima	Alteração da Qualidade do Ar	2.5	2.5	3.0	8.0
		Uso de Recursos Naturais Não-renováveis ou Escassos	3.8	3.2	3.7	10.7
		Risco à Saúde	2.2	2.5	2.8	7.5
	Consumo de Energia Elétrica	Uso de Recursos Naturais Não-renováveis ou Escassos	3.3	3.0	3.7	10.0
	Consumo de Água	Uso de Recursos Naturais Não-renováveis ou Escassos	3.0	2.7	2.5	8.2
	Geração de Resíduos Sólidos	Ocupação de Aterros (Sanitário ou Industrial)	2.7	3.2	3.5	9.3
	Emissões Atmosféricas	Alteração da Qualidade do Ar	2.3	3.2	3.5	9.0
		Risco à Saúde	1.7	2.8	2.7	7.2
Instalação	Consumo de Matéria-prima	Alteração da Qualidade do Ar	1.8	2.2	2.5	6.5
		Uso de Recursos Naturais Não-renováveis ou Escassos	1.8	2.0	2.7	6.5
	Consumo de Energia Elétrica	Uso de Recursos Naturais Não-renováveis ou Escassos	2.3	2.3	2.7	7.3
	Geração de Resíduos Sólidos	Contaminação do Solo	2.2	2.0	2.5	6.7
					Total	96.8
					Média	8.1

Fonte: O autor (2010)

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

NÍVEL MESTRADO

**AUTORIZAÇÃO**

Eu Rodrigo Costa de Souza Lima CPF 813.665.740-87 autorizo o Programa de Mestrado em Engenharia de Produção e Sistemas da UNISINOS, a disponibilizar a Dissertação de minha autoria sob o título Método para Posicionamento Estratégico Sustentável no Desenvolvimento de um Novo Produto, orientada pelo professor doutor Guilherme Luís Roehe Vaccaro ,para:

Consulta     Sim       Não

Empréstimo  Sim       Não

Reprodução:

    Parcial  Sim     Não

    Total     Sim     Não

Divulgar e disponibilizar na Internet gratuitamente, sem ressarcimento dos direitos autorais, o texto integral da minha Dissertação citada acima, no *site* do Programa, para fins de leitura e/ou impressão pela Internet.

Parcial  Sim     Não

Total     Sim     Não

Em caso afirmativo, especifique:

    Sumário:  Sim     Não

    Resumo:  Sim     Não

    Capítulos:  Sim     Não Quais \_\_\_\_\_

    Bibliografia:  Sim     Não

    Anexos:  Sim     Não

São Leopoldo, 09/09/2010

---

Assinatura do Autor

Visto do Orientador