

**Universidade Estadual de Maringá**  
**Centro de Tecnologia**  
**Departamento de Informática**  
**Curso de Engenharia de Produção**

Reprojeto de um Produto para o Meio-Ambiente e seu Impacto na Cadeia Produtiva

*Mauricio Ziemann Paguaga*

**TCC-EP-46-2007**

Universidade Estadual de Maringá  
Centro de Tecnologia  
Departamento de Informática  
Curso de Engenharia de Produção

**Reprojeto de um Produto para o Meio-Ambiente e seu  
Impacto na Cadeia Produtiva**

*Mauricio Ziemann Paguaga*

**TCC-EP-46-2007**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia de Produção, do Centro de Tecnologia, da Universidade Estadual de Maringá.

Orientador: *Prof.: MSc. Daily Morales*

**Maringá - Paraná  
2007**

**Mauricio Ziemann Paguaga**

**Reprojeto de um Produto para o Meio-Ambiente e seu Impacto na Cadeia  
Produtiva**

Este exemplar corresponde à redação final do Trabalho de Conclusão de Curso aprovado como requisito parcial para obtenção do grau de Bacharel em Engenharia de Produção da Universidade Estadual de Maringá, pela comissão formada pelos professores:

---

Orientador: Prof.: Daily Morales  
Departamento de Informática, CTC

---

Prof<sup>(a)</sup>. Maria de Lourdes Santiago Luz  
Departamento de Informática, CTC

Maringá, outubro de 2007

## EPÍGRAFE

"A beleza é uma forma da genialidade, aliás, é superior à genialidade na medida em que não precisa de comentário. Ela é um dos grandes fatos do mundo, assim como a luz do Sol, ou a primavera, ou a miragem na água escura daquela concha de prata que chamamos de lua. Não pode ser interrogada, é soberana por direito divino."  
Oscar Wilde

## AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar, agradeço a minha mãe e a meu irmão, o qual sempre estará sob meu zelo, por me apoiarem em cada momento de minha vida, neste caso especialmente durante meu período acadêmico.

Agradeço aos verdadeiros amigos que fiz na Universidade Estadual de Maringá, que puderam presenciar diversos momentos na minha trajetória, e me proporcionaram inúmeros momentos de alegria e descontração, dos quais jamais me esquecerei.

Não poderia esquecer das pessoas que me deram oportunidade de estagiar em funções que realmente me carregaram de algum conhecimento empírico, acreditando em meu potencial para a realização de importantes tarefas. Equipes de Simon Automatizacion para la Indústria, PET-INGÁ e especialmente à AUGROS DO BRASIL, deixo aqui meus sinceros agradecimentos.

Agradeço à natureza que me serve de refúgio e fator de inspiração nos momentos em que busco abrigo, por prover-me a vida e me dar força em busca de meus objetivos.

Agradeço à equipe de professores da Universidade Estadual de Maringá, pelos anos de aprendizado obtidos nesta instituição, em especial ao Professor Daily Morales, o qual me orientou na realização deste trabalho.

Por último, dedico este trabalho a toda população brasileira que apesar de todos os entraves sociais, políticos e econômicos, subsidiam a educação deste país. Gostaria de expor neste trabalho a gana em retribuir como puder àqueles que formam esta nação e que por razões diversas, não tiveram acesso à educação acadêmica, a qual considero como pedra fundamental de uma sociedade mais justa e soberana.

## RESUMO

Seguindo a perspectiva traçada pela tendência atual da otimização na utilização de recursos naturais, redução de emissões nocivas ao meio-ambiente através do processo produtivo, o presente trabalho teve como foco estabelecer uma metodologia auxiliar no desenvolvimento de produtos menos poluentes, assim como no reprojeto de produtos para uma melhor performance ambiental. O trabalho apresenta um estudo de caso em uma indústria do setor de transformação de polímeros através de injeção termoplástica explorando o caso de um reprojeto de produto onde se propôs a aplicação de uma metodologia capaz de guiar as atividades de reprojeto de forma consistente com o objetivo ambiental. Para tanto foram utilizadas ferramentas como QFD, DFE, e dados decorrentes do processo de manufatura da empresa, de forma que o estudo pudesse fornecer parâmetros para uma avaliação da metodologia aplicada. Neste estudo, procurou-se englobar todo o processo produtivo de um determinado item, avaliando a eficiência e a capacidade de adequação da metodologia desde a concepção do produto, passando pela inserção do item no ambiente de manufatura, operações logísticas até o final do seu ciclo de vida.

*Palavras-chave: Reprojeto, Design for Environment, RePMA, Ciclo de Vida.*

## SUMÁRIO

AGRADECIMENTOS.....	V
RESUMO .....	VI
LISTA DE ILUSTRAÇÕES .....	IX
LISTA DE TABELAS .....	X
LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS .....	XI
LISTA DE SÍMBOLOS.....	XII
<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>1</b>
1.1 OBJETIVO GERAL .....	2
1.1.1 <i>Objetivos Específicos</i> .....	2
<b>2 REVISÃO DA LITERATURA .....</b>	<b>4</b>
2.1 PROCESSOS E PRODUTOS SUSTENTÁVEIS COMO DIFERENCIAL COMPETITIVO.....	4
2.2 INOVAÇÃO AMBIENTAL NO DESENVOLVIMENTO DE PRODUTO.....	5
2.2.1 <i>Identificando Necessidades</i> .....	6
2.2.1.1 Consumidores.....	7
2.2.1.2 Concorrentes.....	7
2.2.1.3 Normalização e legislação.....	8
2.3 PROJETO DE PRODUTO.....	8
2.4 FERRAMENTAS DE APOIO A PROJETOS.....	10
2.4.1 <i>Desdobramento da função qualidade (QFD)</i> .....	10
2.4.2 <i>Projeto para o meio-ambiente (DFE)</i> .....	12
2.5 ADEQUAÇÃO AMBIENTAL ATRAVÉS DO REPROJETO DO PRODUTO.....	14
2.5.1 <i>Métodos de reprojeto</i> .....	15
2.5.1.1 Modelo geral.....	15
2.5.1.2 Reprojeto do produto para o meio ambiente - RePMA.....	15
2.5.1.2.1 Fases do RePMA.....	16
2.6 NECESSIDADES E DESEMPENHO DA CADEIA PRODUTIVA.....	19
2.6.1 <i>Considerações sobre a qualidade</i> .....	20
2.6.2 <i>Aspectos gerais de desempenho</i> .....	22
<b>3 DESENVOLVIMENTO .....</b>	<b>24</b>
3.1 METODOLOGIA DE DESENVOLVIMENTO DO ESTUDO DE CASO.....	24
3.2 APRESENTAÇÃO DO ESTUDO DE CASO.....	26
3.3 IDENTIFICAÇÃO DE NECESSIDADE DE REPROJETO.....	27
3.4 REPROJETO DO PRODUTO.....	27
3.5 INTRODUÇÃO DO REPMA COMO METODOLOGIA DE PROJETO.....	28
3.5.1 <i>Reprojeto informacional</i> .....	29
3.5.2 <i>Aquisição de informações relacionadas ao produto</i> .....	29
3.5.2.1 Elaboração de requisitos ambientais e ACV simplificada .....	31
3.5.2.2 Determinação do nível de reprojeto .....	34
3.5.2.3 Estabelecimento das especificações com auxílio do QFD .....	34
3.5.3 <i>Reprojeto preliminar</i> .....	35
3.5.3.1 Seleção de <i>layout</i> do produto.....	36
3.5.4 <i>Reprojeto detalhado</i> .....	37
3.5.4.1 Mudanças nos materiais e nos processos de produção.....	37
3.5.4.2 Detalhamento do produto melhorado .....	39
3.5.4.3 ACV simplificada e verificação dos ganhos ambientais obtidos .....	41
3.5.4.4 Construção de protótipos.....	43
3.6 ANÁLISE COMPARATIVA DE IMPACTOS NO PROCESSO PRODUTIVO.....	43
3.6.1 <i>Inspecção e controle de qualidade</i> .....	44
3.6.1.1 Comparação qualitativa.....	44
3.6.2 <i>Comparação de custos e processos de produção</i> .....	46
3.6.2.1 Operações de transporte e <i>lead time</i> de pedido .....	46
3.6.2.2 Custo unitário do produto.....	48

	viii
<b>4 CONCLUSÃO .....</b>	<b>50</b>
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>51</b>
<b>APÊNDICE A – MATRIZ DE DETERMINAÇÃO DO NÍVEL DE REPROJETO .....</b>	<b>55</b>
<b>APÊNDICE B – RESULTADO DE APLICAÇÃO DO QFD .....</b>	<b>57</b>
<b>ANEXO A – COMPONENTES DO ESTUDO DE CASO .....</b>	<b>59</b>
<b>ANEXO B – FORMULÁRIOS E MÉTODOS DE INSPEÇÃO DE PRODUTOS .....</b>	<b>61</b>
<b>ANEXO C – DADOS DE REJEIÇÃO DO CONTROLE DE QUALIDADE .....</b>	<b>65</b>
<b>GLOSSÁRIO .....</b>	<b>66</b>

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

FIGURA 1 – PRESSÕES AMBIENTAIS.....	6
FIGURA 2 – LIMITES DE PROJETO.....	9
FIGURA 3 – MATRIZ DE CORRELAÇÕES.....	11
FIGURA 4 – AS QUATRO FASES DO DESDOBRAMENTO.....	12
FIGURA 5- REPROJETO AO LONGO DO CICLO DE VIDA DO PRODUTO.....	14
FIGURA 6 – MODELO GERAL PARA REPROJETO.....	15
FIGURA 7 – ESTRUTURA GERAL DO REPMA.....	18
FIGURA 8 – REQUISITOS DE MERCADO E DESEMPENHO DA PRODUÇÃO.....	19
FIGURA 9 – CONCEITOS RELACIONADOS COM O PROCESSO E COM O PRODUTO.....	21
FIGURA 10 – FLUXOGRAMA DE PROCESSO DO PRODUTO EM SUA FORMA ORIGINAL.....	31
FIGURA 11 – FLUXOGRAMA DE OPERAÇÕES DO REPROJETO.....	45
FIGURA 12 – DEMONSTRATIVO DO INDICADOR DE DESEMPENHO ENTRE PROJETOS.....	45
FIGURA 13 – RESULTADOS QFD OBTIDO COM O SOFTWARE CASA DA QUALIDADE.....	58
FIGURA 14 – EXEMPLO DE PANÓPLIA DE DEFEITOS ESTÉTICOS.....	61
FIGURA 15 – LAYOUT DO PRODUTO ORIGINAL E DO REPROJETO.....	66
QUADRO 1 – PROJETOS INCLUIDOS NA ABORDAGEM DFE.....	13
QUADRO 2 – NÍVEIS DE REPROJETO DE PRODUTOS.....	16
QUADRO 3 – FASES DE REPROJETO.....	17
QUADRO 4 – MEDIDAS PARCIAIS DE DESEMPENHO TÍPICAS.....	23
QUADRO 5 – ANÁLISE SIMPLIFICADA DO CICLO DE VIDA.....	33
QUADRO 6 – ALTERAÇÕES DE MATERIAIS E PROCESSOS.....	39
QUADRO 7 – ACV SIMPLIFICADA DO REPROJETO.....	42
QUADRO 8 – ALTERAÇÕES DE MATERIAIS E PROCESSOS.....	56
QUADRO 9 – FORMULÁRIO DE INSPEÇÃO.....	62

## LISTA DE TABELAS

TABELA 1 – RESULTADOS DO QFD.....	35
TABELA 2 – TOTAL DE PEÇAS REJEITADAS E PERDIDAS.....	45
TABELA 3 – ESTIMATIVA DE PERCURSOS NA EXECUÇÃO DE OPERAÇÕES DO PROJETO ORIGINAL.....	47
TABELA 4 – VARIAÇÃO SIGNIFICATIVA DO <i>LEAD TIME</i> DE PEDIDO.....	48
TABELA 5 – DIFERENÇA DE CUSTOS UNITÁRIOS ENTRE OS PROJETOS.....	49
TABELA 6 – DADOS DE PERDA E REJEIÇÃO DE PEÇAS EXTRAÍDOS DO ERP.....	64

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ACV	Análise do Ciclo de Vida
DFE	Design For Environment
ERP	Enterprise Resource Planning
EU	União Européia
ISO 14000	International Organization for Standardization – Gestão Ambiental
ISO 9000	International Organization for Standardization – Gestão da Qualidade
NBR	Norma Brasileira
PMBOK	Project Management Body of Knowledge
PMI	Project Management Institute
PPMA	Projeto para o meio-ambiente
QFD	Quality function deployment – Desdobramento da função qualidade
RePMA	Reprojeto de Produto para o meio-ambiente
SGA	Sistema de Gestão Ambiental

## LISTA DE SÍMBOLOS

- Correlação forte na matriz de desdobramento
- Correlação fraca na matriz de desdobramento
- △ Correlação moderada na matriz de desdobramento

# 1 INTRODUÇÃO

O desenvolvimento econômico sustentável ao longo da última década destaca a necessidade de investimentos com objetivo na melhora da performance ambiental dentro das organizações. Apesar de existirem fatores determinantes para esta iniciativa que vão além da responsabilidade sócio-ambiental das empresas, como o rigor de legislações e a pressão da sociedade, a sustentabilidade de processos e produtos está diretamente relacionada a um diferencial competitivo.

A demanda pela melhoria neste sentido pode ser entendida em termos, como sinônimo de aumento da competitividade, impondo que as empresas que desejam expandir seus negócios ou até mesmo simplesmente manterem seus patamares de representação no mercado, enfatizem no escopo de seus projetos, esforços direcionados à adequação de seus produtos e processos. Tal ênfase deve vir ao encontro das perspectivas de seus clientes, e claramente o cuidado para com o meio-ambiente se torna aos poucos uma considerável expectativa a ser atendida.

De fato, as organizações necessitam agir em ritmo constante em prol de seus interesses, de modo que a competitividade esteja assegurada. Para tanto, um ciclo de melhoria contínua deve ser estabelecido, contemplando revisões de processos e análises de tendências do mercado estabelecendo uma ligação entre as necessidades observadas e seus projetos, podendo assim, obter parâmetros para a elaboração de um plano de produção sustentável.

Muitos dos conceitos da manufatura estão focados em aplicar métodos que mensurem seu desempenho em relação a variáveis tradicionais no controle de processos, tais como produtividade, qualidade, logística e custos. Porém, um fato intrínseco a produção que emerge como um fator decisivo de competitividade é a atenção dada ao desenvolvimento de produtos que no fim de sua vida útil, gerem resíduos que possam ser descartados com um menor grau de impacto ambiental.

Os processos ambientalmente corretos em síntese, não diferem de qualquer outro conjunto de atividades de transformação de um bem tangível em outro com maior utilidade, mas sugere que a base criada no momento de seu desenvolvimento, contemple fatores como qualidade e produtividade, e introduza na organização um conceito de produção limpa, que minimize a geração de resíduos nocivos desde o início das atividades de manufatura.

O nível de capacidade de inovação exigido pelo mercado torna-se cada vez mais um fator decisivo para as organizações que aos poucos deixam para trás o paradigma de que apenas deve-se dar atenção a acidentes que acarretam em problemas notoriamente poluentes, e a necessidade de se adequar com sustentabilidade às expectativas dos consumidores, é um ponto estratégico determinante do sucesso ou não das organizações.

Postos os conceitos acima mencionados, propõe-se como objeto de um estudo de caso um projeto de reengenharia de uma tampa fabricada por um processo de moldagem por injeção de polímeros e demais acabamentos, produzidos por uma indústria de embalagens plásticas para o setor de cosméticos e perfumaria, estabelecida na região de Maringá, estado do Paraná.

## **1.1 Objetivo Geral**

O objetivo geral deste trabalho será adaptar a metodologia de projetos da empresa a parâmetros de projetos com enfoque ambiental e validar tal ação a partir de uma análise do desempenho das alterações de materiais e processos do produto.

### **1.1.1 Objetivos Específicos**

Para realizar a análise proposta, os objetivos específicos são mencionados a seguir:

- a) Mostrar a necessidade de utilização de metodologias modernas de gestão de desenvolvimento de produtos e processos sustentáveis.
- b) Identificar as expectativas da sociedade quanto à introdução de materiais menos poluentes aos projetos, desde a concepção até o descarte do produto, com base na demanda por projetos sustentáveis.
- c) Introduzir ao projeto ferramentas que possibilitem o desenvolvimento do produto com garantia de atendimento a características que causem menor impacto ao meio-ambiente.
- d) Identificar etapas críticas no processo produtivo, afetadas pela alteração de matéria-prima.
- e) Avaliar as aptidões do projeto quanto à redução de custos e manutenção de suas qualidades funcionais.

- f) Demonstrar a viabilidade de introdução de processos alternativos no desenvolvimento de projetos para uma melhor eficiência ambiental.
- g) Objetivos estes que serão atingidos introduzindo ao projeto ferramentas capazes de auxiliar a construção de projetos para o meio-ambiente e extraído dados pertinentes para realização de uma análise comparativa entre os projetos original e adaptado.

## 2 REVISÃO DA LITERATURA

A tarefa de desenvolver produtos capazes de proporcionar menores danos ao meio ambiente ainda esbarra em diversos obstáculos para empresas que incluem um plano de sustentabilidade em seus negócios, porém a necessidade desta abordagem no planejamento de processos e produtos se apresenta como um requisito latente aos processos, resultado das expectativas que vão desde clientes e a adequação às normas ambientais até a valorização de ações no mercado.

Diversas metodologias vêm sendo aplicadas neste sentido, com o intuito de fornecer ao produto características sustentáveis. Quando se fala em projeto de produtos mais ecológicos, redução é uma palavra-chave. Redução de resíduos gerados no processo e no fim do ciclo de vida do produto ao ser descartado pelo usuário, diminuindo a pressão aplicada aos recursos naturais.

Esta redução muitas vezes se limita aos parâmetros ambientais, sendo encarada como um ponto inversamente proporcional à redução de custos pelo fato de incorporar novos esforços e tecnologia para atribuição destas características ao processo produtivo e ao produto propriamente dito.

O reprojeto de produtos é a apresentado como um meio de execução das estratégias competitivas da empresa. Estas estratégias são expressas na forma de causas que levam as organizações adotarem o reprojeto de produtos (DUFOUR, 1996)

### 2.1 Processos e Produtos Sustentáveis como Diferencial Competitivo

A pressão exercida por toda sociedade para que se direcione o foco ao meio-ambiente, certamente retrata que o comportamento ambiental que se espera de uma empresa, seja reflexo do planejamento de processos limpos e projeto de produtos fabricados com materiais pouco poluentes.

Mais de 85% do empresariado brasileiro adota medidas de proteção ambiental e se diz comprometido com a implementação da Agenda 21. Empresas que não apostam no desenvolvimento sustentável perdem competitividade no mercado. (AGENDA 21, 2002, p.20)

As estratégias de sustentabilidade corporativa e suas práticas apontam hoje às necessidades dos *stakeholders* enquanto buscam proteção, suporte e melhorias no que se refere aos recursos naturais que a população precisará no futuro. Em países mais desenvolvidos como a Austrália, a relação entre negócios e indústria é encarada como crucial para transformar o país mais sustentável e competitivo. Como resultado, diversas empresas já apresentam gerenciamentos consistentes de seus impactos ambientais, e através da melhoria ambiental, surgem novas práticas para um uso eficiente dos recursos naturais (ENVIRONMENT AUSTRALIA, 2007).

Conforme expõe Bitencourt (2001), o diferencial ambiental vem sendo uma nova forma que as empresas estão adotando para adicionar competitividade a seus negócios. A implantação do *projeto para o meio-ambiente* (PPMA) no desenvolvimento de produto envolve mudanças organizacionais e tecnológicas na empresa.

Reconhecer tais características no produto e a função que este deverá desempenhar dentro da cadeia de consumo é fundamental para a escolha da maneira a se conduzir um PPMA que de fato signifique um diferencial competitivo.

È um fato que por ideologia ou por necessidade, as indústrias devam começar a transformar suas operações com base no desenvolvimento sustentável, adotando práticas que conciliam a atividade produtiva com o uso ponderado dos recursos naturais. A introdução destes conceitos aliados ao melhoramento contínuo e a estratégias de desempenho sustentável, pode resultar em excelentes oportunidades de negócios e acessos a novos mercados. (AGENDA 21, 2002)

## **2.2 Inovação Ambiental no Desenvolvimento de Produto**

Conscientemente ou não, o projeto de produtos e processos é o maior determinante de impacto ambiental. A indústria pode reduzir emissões e desperdícios mesmo que existam limites para o quanto essas ações possam ser melhoradas. O projeto atua como um ponto chave na melhoria do desempenho ambiental dos produtos (DATSCHEFSKI, 2002). Ainda segundo o autor, 55% dos executivos industriais apontam o projeto do produto como o mais importante mecanismo de apoio a sustentabilidade das indústrias de manufatura.

Como já apresentado, a necessidade de fornecer ao mercado produtos com novos conceitos, dentre eles o de “produto verde”, deve ser encarado como um constante desafio a quem o projeta. Segundo Baxter (2005, p. 1) “*A inovação é um ingrediente vital para o sucesso dos*

*negócios. [...] As empresas precisam introduzir continuamente novos produtos, para impedir que outras mais agressivas acabem abocanhando parte de seu mercado [...]*”.

O planejamento e o *design* de produtos envolvem a maneira de como interagir produção, produto, usuário, a segurança, a ergonomia e viabilidade comercial com a competitividade no mercado. As considerações sobre de impactos ambientais sobre a saúde do meio ambiente, passaram a receber o merecido e necessário destaque devido à preocupação em atender a exigências quanto à qualidade ambiental, legislação, normas, e até mesmo de indicadores econômicos de empresas que possuem cotas no mercado de ações (RAMOS, 2001).

### 2.2.1 Identificando Necessidades

Contextualizando o cenário que se desenvolve com o aumento da procura pela adequação ambiental, as empresas sofrem pressões de diversos setores do mercado (Figura 1). Conforme Bitencourt (2001, p. 3) “*As empresas que desejam se manter competitivas são levadas a adotarem uma postura pró-ativa diante desta demanda, que se dá através da adequação dos seus produtos as exigências ambientais*”.



**Figura 1 – Pressões Ambientais**

**Fonte: Adaptado de (Bitencourt, 2001)**

### 2.2.1.1 Consumidores

Assim como novos produtos, os produtos existentes estão sujeitos a uma reformulação de forma a adequar-se às expectativas dos clientes. Juran (1995) utiliza a classificação de clientes com base no uso, quando trata de planejamento da qualidade. No caso da engenharia do produto que enfatiza a redução de impactos ambientais, os clientes podem ser observados como processadores, usuário final e público geral, sendo assim necessária a identificação das necessidades dos consumidores, pois segundo Juran (1995, p. 37) “*O público exerce vigilância constante sobre a empresa. [...] e julga seu comportamento como se ela fosse uma cidadã na comunidade [...]*”.

O desenvolvimento de produtos deve ser orientado para o consumidor. O *designer* de produtos bem sucedido é aquele que consegue pensar com a mente no consumidor: ele consegue interpretar as necessidades, sonhos, desejos, valores e expectativas do consumidor. (BAXTER, 2005, p.21)

Recorrendo ao dicionário Aurélio (2007), consumidor é descrito como o que ou aquele que adquire mercadorias e serviços para uso próprio ou de sua família. Para uma melhor definição do sentido de consumidor neste contexto, consideram-se todos os usuários envolvidos nas etapas do ciclo de vida de um produto.

Uma demonstração do interesse do consumidor em adquirir um bem projetado com características sustentáveis, fica clara em uma pesquisa mercadológica citada por Bitencourt (2001), onde se revela que três em cada quatro brasileiros estão dispostos a pagar mais caro por um produto que cause menores impactos ambientais. Esta informação por si só já seria parâmetro suficiente para que a indústria agisse com maior vigor frente à tendência identificada.

### 2.2.1.2 Concorrentes

Concentrados em estratégias de mercado, concorrentes podem apresentar certificações ambientais sobre os processos de produção e rótulos ambientais de seus produtos como diferencial. Pode ocorrer comprometimento no que se trata à exportação de produtos a blocos econômicos constituídos por países desenvolvidos como o caso da *União Européia* (UE), que por tradição, apresentam mais rigidez em suas exigências ambientais.

### **2.2.1.3 Normalização e legislação**

Tibor (1996) aponta razões estratégicas para a certificação conforme a norma ISO 14000. Tais razões atendem a tendência mundial de se concentrar esforços na construção de um *Sistema de Gestão Ambiental SGA*. Para muitas empresas, a gestão ambiental se transpôs de uma função complementar a parte integral das operações empresariais, tornando-se mais do que uma questão de comprometimento às normas, mas sim uma questão estratégica.

Além da ISO 14000, existem outras formas de afirmação do comprometimento das empresas com o meio ambiente que são determinadas por grupos ou organizações estatais ou independentes, que em alguns casos selam as atividades das empresas com uma espécie de certificado verde.

A legislação brasileira evolui na maneira de legislar a favor do meio-ambiente, impondo regras rígidas e multas severas por desastres ecológicos e pelo não cumprimento das leis vigentes. O crescimento do número de leis cabíveis ao potencial poluidor amplia a responsabilidade ambiental das empresas pelos seus produtos para além da fase de fabricação. A procura por normalizações ambientais é um bom caminho para que as empresas possam além de atestar sua eficiência ecológica perante a sociedade, atender a legislação ambiental do país. (MMA, 2007)

## **2.3 Projeto de Produto**

As características e peculiaridades do projeto de um componente segundo Dufour (1996), são distintas em cada caso, mas é notado um desdobramento da seqüência de eventos à medida que o projeto é iniciado, que de forma cronológica forma um modelo que é sempre comum a todos os projetos.

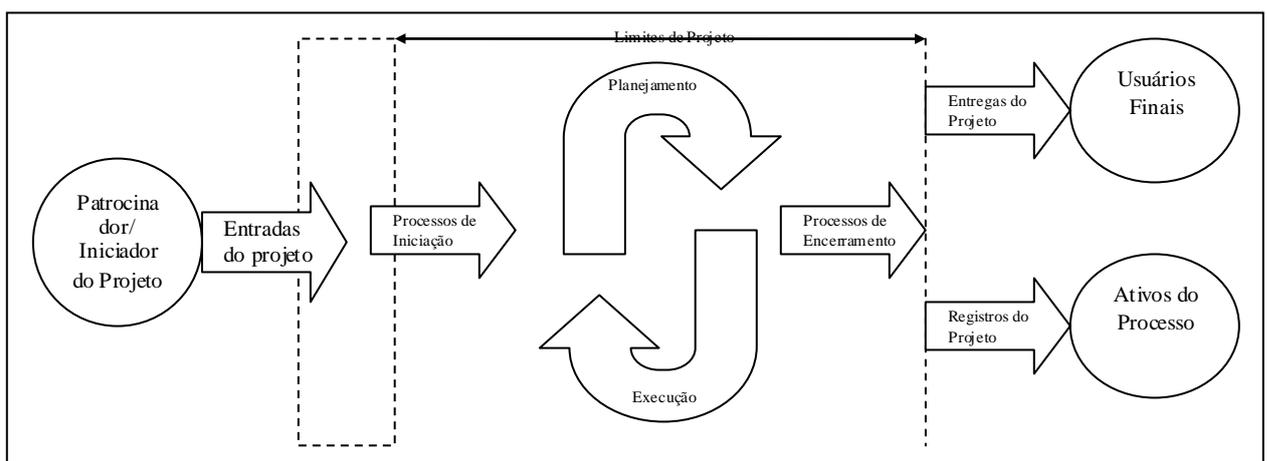
Ao longo dos anos, com a evolução da atividade industrial, várias modelos estruturais para projetos surgem para suprir a necessidade de se estabelecer um parâmetro para a execução de atividades de seu gerenciamento. Alguns destes modelos se aplicam a casos específicos, mas também há métodos que foram concebidos de forma mais abrangente, podendo ser moldado a casos distintos sem perder a característica essencial que o modelo propõe para a obtenção de resultados.

Conforme o objetivo deste trabalho se faz necessário, a introdução de ferramentas de auxílio a identificação das necessidades de um projeto, para que a tomada de decisão de como proceder

no reprojeto, neste caso com enfoque ambiental, seja amparada por dados e procedimentos coesos. É importante que a forma como tais ferramentas serão inseridas no decorrer do gerenciamento do projeto devem ser adequadas, conforme a metodologia adotada pela organização estudada.

Um caso de sucesso na introdução de normas e diretrizes para projetos pode ser exemplificado no caso do *Project Management Institute* (PMI) que se conceitua ao passar dos anos consensualmente como um poderoso e consistente fornecedor de boas práticas de gerenciamento de projetos, permitindo a criação de uma base que oriente de forma coerente e objetiva, diversos tipos de projetos. (PMI, 2004)

A proposta do PMI (2004), retratada no *guia de conjunto de conhecimentos de gerenciamento de processos* (PMBOK) de forma sintetizada, é constituída inicialmente pela formação de grupos de processos que de acordo com a PMI (2004, p. 43) “*facilitam a autorização formal para se iniciar um novo projeto ou uma fase do projeto. Os processos de iniciação são frequentemente realizados fora do escopo de controle do projeto pela organização ou pelos processos programados*”. Esta definição sugere que o problema seja tratado de forma informal em sua fase inicial, demonstrando predisposição à aplicação de métodos auxiliares que possam contribuir para que o início do projeto seja carregado com importantes informações extraídas sem uma regra pré-definida, com flexibilidade. A Figura 2 demonstra os contornos de limites do projeto.



**Figura 2 – Limites de Projeto**

**Fonte: PMI (2004)**

No entanto, sabe-se que um projeto deve ter um escopo bem definido antes que seja iniciado, conforme ainda a PMI (2004), o PMBOK diz que os projetos que dependem de recursos exclusivos, devem definir funções e características antes da definição do escopo do projeto, pois o que pode ser feito, depende das premissas iniciais do projeto.

## **2.4 Ferramentas de Apoio a Projetos**

### **2.4.1 Desdobramento da função qualidade (QFD)**

O conceito de *desdobramento da função qualidade* (QFD) foi proposto por Yoji Akao em 1966 no Japão, com o intuito de se desenvolver um sistema da qualidade voltado para a entrega de produtos e serviços que satisfazem o cliente (PRATES, 1998). O QFD é guiado por dois objetivos relacionados à conversão das necessidades da demanda por melhorias do produto com substituições feitas no estágio de desenvolvimento, e a identificação neste estágio, dos pontos necessários de controle na atividade de produção (COX *et. al*, 1997).

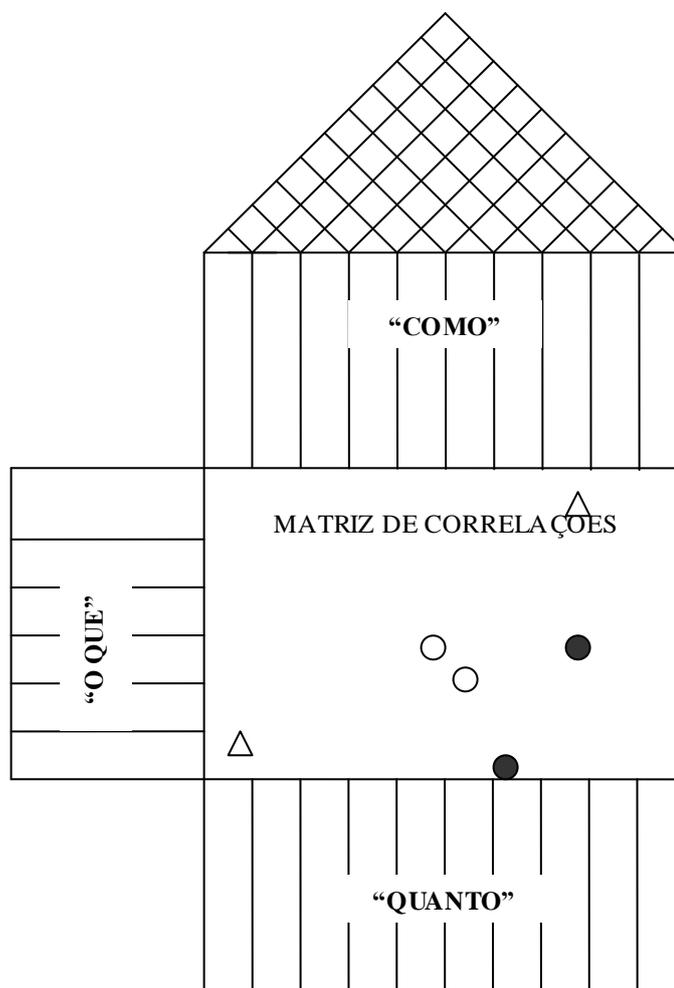
Para Araújo (2000), o conceito de QFD pode ser resumido, como desdobrar o conjunto de necessidades do consumidor, requisitos geralmente abstratos e não mensuráveis, em requisitos de projetos e em características da qualidade dos componentes do produto mensuráveis. Ainda segundo Araújo (2000, p. 28) “O QFD representa um modo sistemático de assegurar que o desenvolvimento do produto, dos processos e controles na produção, sejam orientados às necessidades dos consumidores”.

“QFD tem sido definido como o ‘sistema para tradução dos requisitos dos clientes em requisitos de adequação das organizações em cada estágio do desenvolvimento do produto, para a engenharia, manufatura, marketing e distribuição’. Através do QFD, a voz do consumidor alinha os recursos da organização para o foco na máxima satisfação do cliente”. (VONDEREMBSE e RAGHUNATHAN; 1997, p.1)

Considerando literalmente, a expressão desdobramento da função qualidade pode ser mal interpretada, pois embora o QFD possa certamente trazer melhoria da qualidade no sentido mais amplo da palavra, o QFD não é uma ferramenta da qualidade e sim uma ferramenta de planejamento visivelmente poderosa (EUREKA e RYAN, 1995).

O método de aplicação do QFD consiste na construção de uma matriz de planejamento do produto, comumente chamada de “casa da qualidade” (Figura 3), que contém os requisitos gerais do consumidor e relaciona os itens, o que (necessidades), como (como atender) e

quanto (quanto atender), através de símbolos que demonstram a correlação entre os itens de acordo com a intensidade apropriada, que pode ser fraca, moderada ou forte.



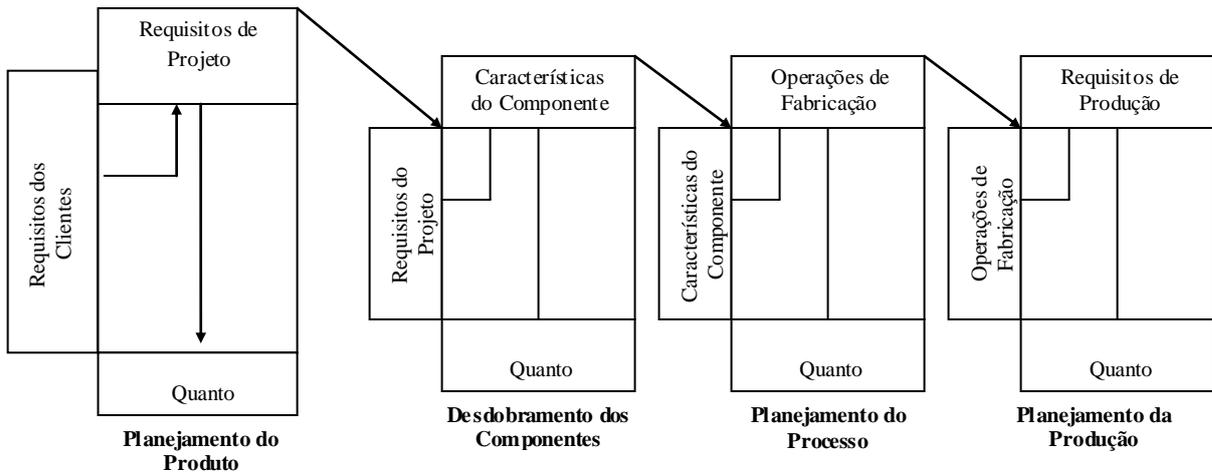
**Figura 3 – Matriz de Correlações**

**Fonte: Adaptado de Eureka e Ryan (1995)**

A matriz geral de correlações para o planejamento de produtos é a matriz inicial do QFD, sendo posteriormente desdobrada para tratamento dos pontos críticos do projeto, conforme a necessidade requerida (Figura 4).

Cox *et. al.* (1997) apresenta diversas aplicações em que o QFD pode atuar, dentre elas, em adequações quanto ao meio-ambiente e ciclo de vida do produto.

“O QFD pode ser usado para elevar e manter uma consciência sobre todas as operações potencialmente poluentes, para dar respostas tecnológicas a elas e para incorporar estas respostas no desenvolvimento do produto no momento em que elas ocorram” Cox *et al* (1997, p. 231)



**Figura 4 – As quatro fases do desdobramento**

**Fonte:** Cox et. al. ,1997

Prates (1998) ressalta que o QFD tem se destacado pela sua grande utilidade no planejamento das atividades que afetam a qualidade do produto, e por oferecer uma ferramenta da qualidade do produto dentro dos parâmetros do consumidor, o que resulta num processo de comunicação eficiente entre o que o consumidor quer, e todos envolvidos com a garantia de qualidade do produto de alguma maneira.

#### **2.4.2 Projeto para o meio-ambiente (DFE)**

O *design for environment* (DFE), traduzido como projeto para o meio-ambiente, é um procedimento para orientar empresas a conceber produtos melhores em termos de minimização dos impactos ambientais enquanto aumentam a competitividade e a inovação dos mesmos. A aplicação do DFE pretende atuar sobre os pontos críticos que possam causar a minimização do impacto ambiental e proporcionar aumento da eficiência em todos os estágios do ciclo de vida do produto (ENVIRONMENT AUSTRALIA, 2007).

A adaptabilidade ao meio ambiente ou DFE (design for environment) tem o objetivo de projetar um produto composto de materiais recicláveis ou biodegradáveis que consuma pouca energia, tanto na fabricação quanto no seu uso. É cada vez maior a preocupação das sociedades com os produtos que, após sua utilização, são descartados. (MARTINS e LAUGENI, 2005, p.71).

O conceito DFE integra o critério ambiental com diretrizes usuais de desempenho, incluindo considerações ambientais da descrição de especificações dos produtos. Faz uso do conceito de ciclo de vida com o objetivo de reduzir o impacto ambiental desde a aquisição de matéria-prima, manufatura, uso até o descarte do produto. Através de listas de checagem dos parâmetros ambientais ao longo do ciclo de vida, surgem novas oportunidades de otimização ambiental do produto (PRATES, 1998).

Recentes abordagens para o projeto de produtos têm resultado em economia financeira e ambiental para as organizações por meio do reprojeto de produtos que tiveram seus impactos ambientais minimizados. O DFE examina a entrada do produto e o acompanha em seu ciclo de vida, assim propõe mudanças para que o impacto seja minimizado através de uma seqüência estratégica de atividades (Quadro 1).

<p><b>-Matérias-primas</b></p> <p>Projetos para:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Conservação de recursos;</li> <li>• Materiais de baixo impacto;</li> </ul>	<p><b>-Manufatura</b></p> <p>Projetos para:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Produção limpa;</li> </ul>
<p><b>-Uso</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Projetos Para</li> <li>• Eficiência energética;</li> <li>• Conservação da água;</li> <li>• Consumo mínimo;</li> <li>• Baixo impacto no uso;</li> <li>• Durabilidade;</li> </ul>	<p><b>-Descarte</b></p> <p>Projetos para:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Reuso;</li> <li>• Re-manufatura;</li> <li>• Desmontagem;</li> <li>• Reciclagem;</li> <li>• Disposição final segura;</li> </ul>
<p><b>-Distribuição</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Projeto para: Logística eficiente</li> </ul>	

**Quadro 1 – Projetos incluídos na abordagem DFE**

**Fonte: Adaptado de environment Austrália, 2007**

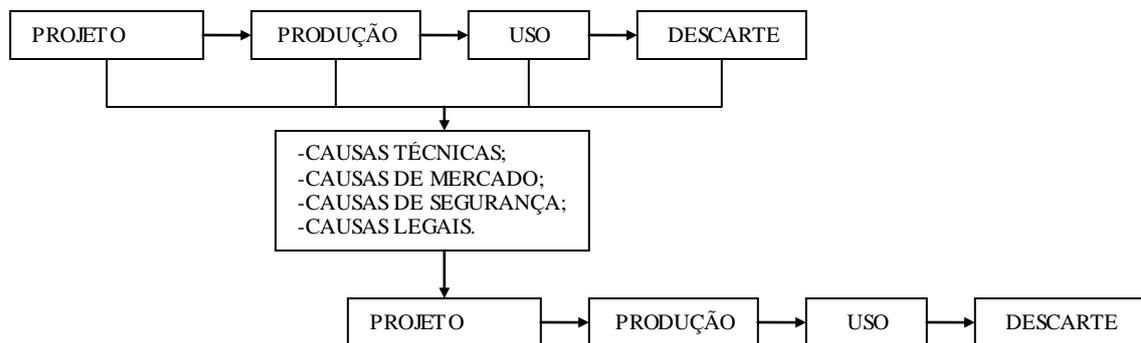
Prates (1998) propõe que o DFE seja amparado por uma análise simplificada do ciclo de vida, que servirá como parte de um processo decisório abrangente em termos ambientais. A autora ressalta que não há conclusões corretas ou incorretas neste contexto, uma vez que essas ferramentas apenas apóiam o DFE no processo decisório e expõe como será sua contribuição em termos de parâmetros ambientais para o projeto.

## 2.5 Adequação Ambiental Através do Reprojeto do Produto

O reprojeto do produto segundo Lima e Romeiro (2003), trata das modificações incorporadas ao produto. Modificações estas que têm o objetivo de satisfazer novos requisitos ou melhorar o desempenho de um produto já existente.

A necessidade de reformulação de um projeto visando à obtenção de benefício ambiental e econômico é um fato que se torna cada vez mais um ponto decisivo no sucesso de uma organização. O desenvolvimento nem sempre se trata de um procedimento simples uma vez que está sujeito aos mais diversos equívocos caso não considere características mais abrangentes do que somente a funcionalidade de um produto e a eficiência de um processo. (PRATES, 1998).

Bitencourt (2001) afirma que as alterações que podem ser realizadas em um produto são provenientes de diferentes demandas, com características diversas ou específicas, podendo ser decorrente de causas técnicas, de mercado, de segurança ou legais (Figura5).



**Figura 5- Reprojeto ao Longo do Ciclo de Vida do Produto**

**Fonte: Lima e Romeiro, 2003**

Um bom ponto de partida no processo de reprojeto de um produto para torná-lo mais ecológico, é balancear o desempenho ambiental contra outros atributos de projeto, como desempenho do processo e do produto, confiabilidade, custo e aparência. Em relação à aparência, não existe uma linha divisória estabelecendo até onde um produto é atrativo somente por ser ecológico ou até onde outras características estéticas podem ser prejudicadas em função do desempenho ambiental (ROY, 2002).

## 2.5.1 Métodos de reprojeção

### 2.5.1.1 Modelo geral

Dufour (1996) através de diversas metodologias elaborou um modelo geral (Figura 6) sistemático para o reprojeção, que estabelece como atributos de um produto: função, uso, produção, ergonomia, estética, comercial, manutenção, financeiro, segurança ambiental e descarte. Assim utilizando metodologias como o DFE, parte-se do princípio que a necessidade identificada visa à melhoria do produto.

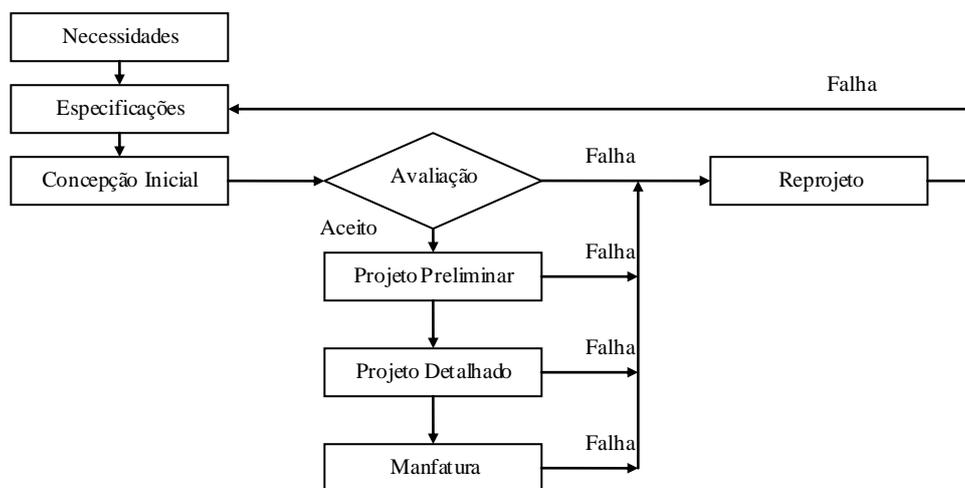


Figura 6 – Modelo geral para reprojeção

Fonte: Dufour , 1996

### 2.5.1.2 Reprojeção do produto para o meio ambiente - RePMA

A partir dos princípios do DFE, Bitencourt (2001), construiu uma metodologia mais aprofundada de *Reprojeção de Produto para o Meio Ambiente (RePMA)*, onde destaca que há três diferentes níveis deste tipo de reprojeção, (Quadro 2) sendo eles original, adaptativo e o paramétrico. Cada um destes níveis está relacionado ao tipo de modificações que se aplicará ao produto, e em que cada nível engloba-se um conjunto de fases distintas que podem ocorrer sob a denominação de informacional, conceitual, preliminar e detalhado.

NÍVEL DE REPROJETO	PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS
Original	Compreende o maior nível de mudanças do produto existente. Está relacionado às mudanças funcionais e/ou dos princípios de solução. Por exemplo: mudança na estrutura funcional e seleção de princípios de solução que corresponda a uma maior eficiência energética. Engloba as fases conceitual, preliminar e detalhado.
Adaptativo	As mudanças ocorrem no layout ou na configuração do produto existente. Por exemplo: necessidade de facilidade de montagem, de reciclagem, de desmontagem, melhoria na separação de componentes etc. Engloba as fases preliminar e detalhado.
Paramétrico	As modificações necessárias estão relacionadas somente a parâmetros de engenharia. Por exemplo: mudança de material, aumento ou redução de uma determinada dimensão, mudança na potência necessária etc. Faz uso da fase de reprojeto detalhado.

**Quadro 2 – Níveis de Reprojeto de Produtos**

**Fonte: Lima e Romeiro, 2003**

### **2.5.1.2.1 Fases do RePMA**

As fases citadas anteriormente, consistem num conjunto de tarefas realizadas de forma seqüencial resultando em saídas com informações que alimentam um fluxo de parâmetros aplicáveis ao processo de reprojeto, culminando num modelo final da modificação da concepção do projeto original.

Seguindo o detalhamento de Bitencourt (2001), a fase de reprojeto informacional é a primeira fase, e compreende o conjunto de atividades necessárias (Quadro 3) ao tratamento das informações disponíveis sobre o produto original.

Estas informações são analisadas para determinar a escolha do tipo de projeto a ser seguido. Se original ou adaptativo ou paramétrico, seguem respectivamente para as fases de reprojeto conceitual, preliminar ou detalhado.

FASE	ETAPA	DESCRIÇÃO
REPROJETO INFORMACIONAL	1.1	- Recuperação e aquisição das informações relacionadas ao produto (Orientações e tabelas)
	1.2	- Elaboração dos requisitos ambientais (ACV)
	1.3	- Determinação do nível de reprojeto (Matriz de Determinação)
	1.4	- Estabelecimento das especificações para o reprojeto (Orientações e QFD)
REPROJETO CONCEITUAL	2.1	-Avaliação do Conceito do Produto
	2.2	-Seleção da estrutura funcional melhorada
	2.3	-Geração de concepções para a estrutura funcional
	2.4	-Seleção da concepção
REPROJETO PRELIMINAR	3.1	-Elaboração de leiautes do produto
	3.2	-Modelagem ambiental
	3.3	-Seleção de leiaute do produto
REPROJETO DETALHADO.	4.1	-Detalhamento do leiaute do produto
	4.2	-Seleção dos parâmetros
	4.3	-Otimização paramétrica
	4.4	-Mudanças nos materiais e no processo de produção
	4.5	-Detalhamento do produto melhorado
	4.6	-Verificação dos ganhos ambientais obtidos
	4.7	-Construção de protótipos
	4.8	Documentação do projeto

**Quadro 3 – Fases de reprojeto**

**Fonte: Bitencourt, 2001**

Na fase de reprojeto conceitual, são geradas concepções alternativas para o produto para que se selecione aquela que melhor se encaixe aos critérios técnicos, ambientais e econômicos, seguindo as especificações do projeto original. De posse da concepção modificada do produto, ou no caso do reprojeto adaptativo, segue-se a fase de reprojeto preliminar, na qual é efetuada a realização de mudanças na configuração do produto. A próxima fase é o reprojeto detalhado, que inicia com o leiaute preliminar modificado do produto ou com a opção pelo reprojeto paramétrico. No primeiro caso deve-se fazer o detalhamento do leiaute preliminar e no segundo procura-se recuperar a configuração detalhada do produto, a partir de documentos recuperados no reprojeto informacional. O fluxo completo de informações e atividades (Figura 7) pode ser utilizado de acordo com a necessidade identificada pelos responsáveis pelo reprojeto (BITENCOURT, 2001).

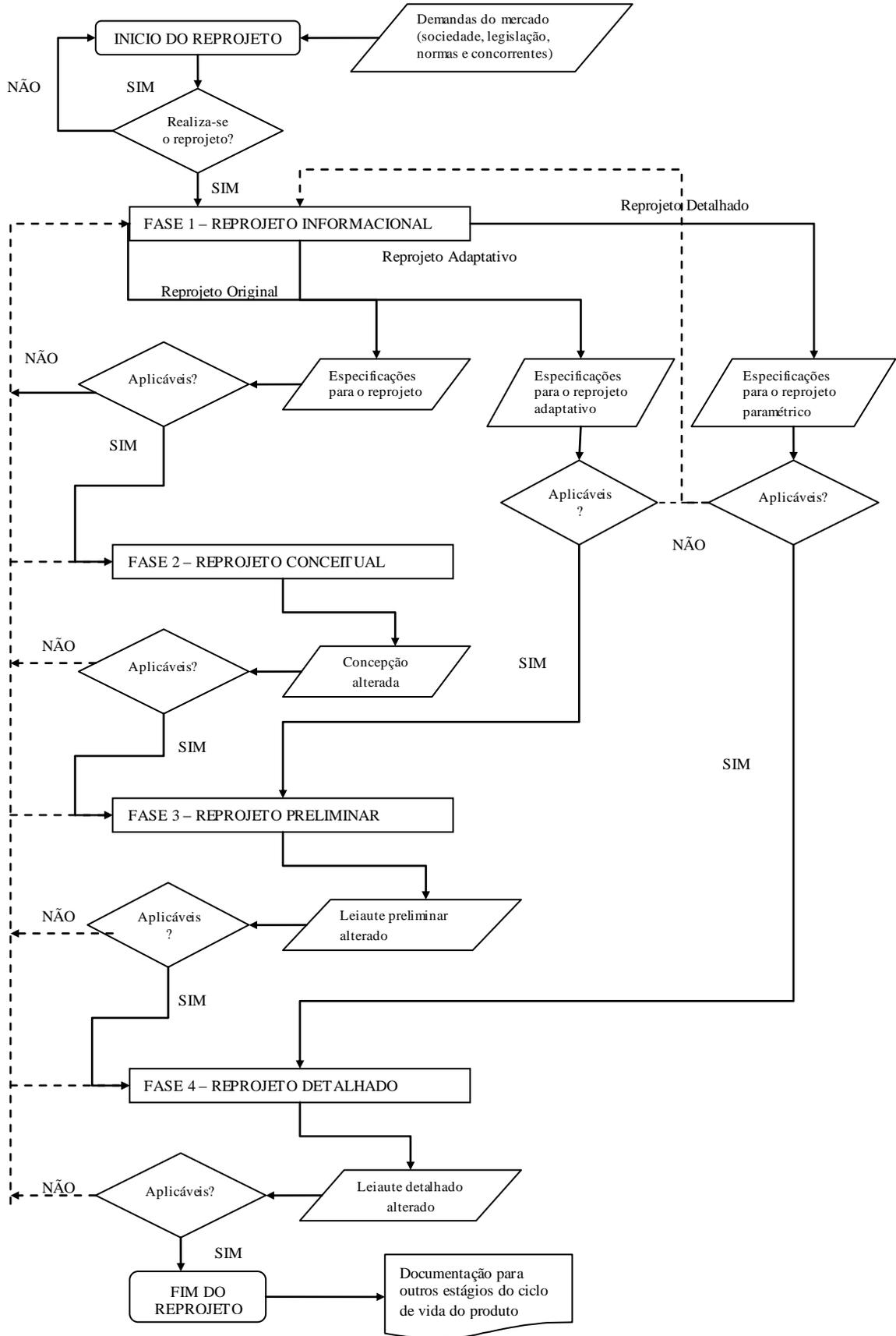


Figura 7 – Estrutura Geral do RePMA

Fonte: Bitencourt, 2001.

Roy (2002) diz que o desenvolvimento de produtos ecológicos é uma atividade relativamente nova, portanto, para muitas organizações esta atividade envolve um processo de estudo e aprendizado. Tal aprendizado engloba a compreensão do impacto ambiental dos produtos, métodos de melhoria de projetos que atinjam os objetivos funcionais do produto simultaneamente com a devida precaução quanto ao descarte do produto e subprodutos gerados no processo.

## 2.6 Necessidades e Desempenho da Cadeia Produtiva

Em um sistema produtivo, metas e estratégias são definidas seguindo diretrizes que pretendem conduzir as atividades de um sistema sempre ao melhor desempenho possível, para isso elaboram-se planos de direcionamento dos recursos disponíveis de forma que atinjam as metas desejadas. Uma avaliação do andamento do desempenho do processo é obtida por meio de índices que geram parâmetros de análises que atestam a eficiência ou não do sistema. (TUBINO, 2000). Slack *et. al.* (2002) cita que as medidas de desempenho devem acompanhar os requisitos de mercado, procurando atender às expectativas em diferentes dimensões (Figura 8).

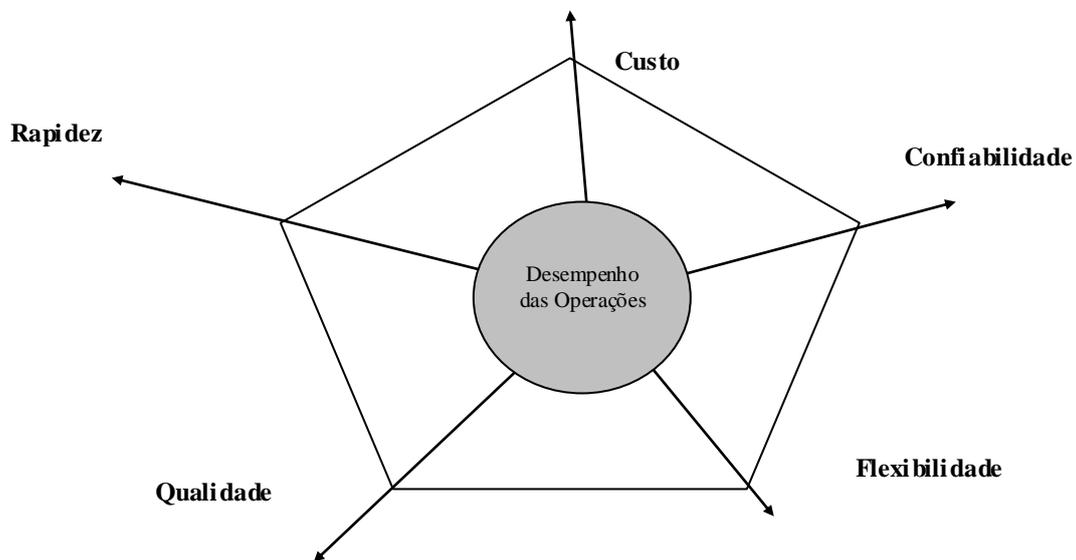


Figura 8 – Requisitos de mercado e desempenho da produção

Fonte: Adaptado de Slack *et. al.*, 2002

Medida de desempenho é o processo de quantificação das operações. É necessário que se controle as variáveis das atividades de produção para o estabelecimento de parâmetros de comparação. Isto é o que Slack *et. al.* (2002, p. 590) define como “[...] grau em que a produção preenche os objetivos de desempenho, de modo a satisfazer a seus consumidores [...]”.

Mensurar a performance de um processo produtivo pode ajudar a detectar os pontos fracos da operação e quais as razões que configuram a atual situação. Dessa forma, medidas de desempenho agem como sinais vitais da organização, pois na medida em que são exploradas, possibilitam que a organização incorpore ações de melhoria (JURAN, 1995).

### **2.6.1 Considerações sobre a qualidade**

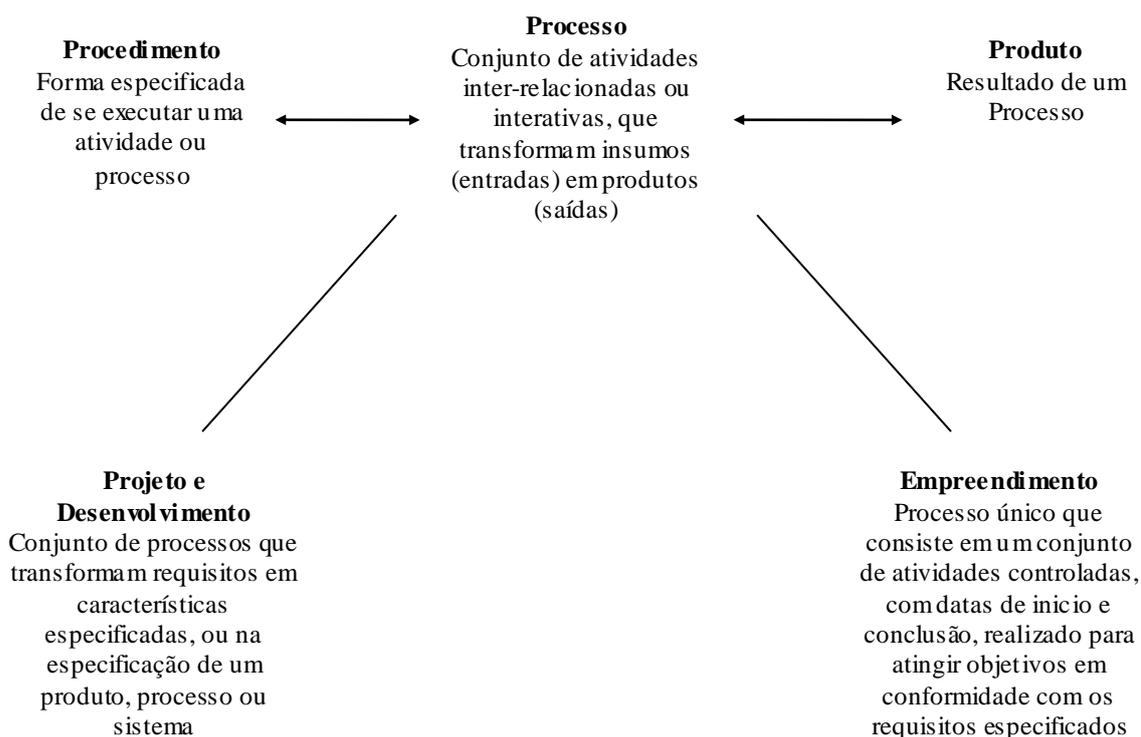
Dentre outras abordagens seja ou não de reformulação de projeto, o conceito de qualidade de um produto é uma combinação de desempenho de funções requeridas pelo mesmo e a posse de características que levem o consumidor a optar por esse produto. JURAN (2004).

Segundo Paladini (2004) dois conceitos refletem uma preocupação abrangente quanto no que diz respeito à qualidade do processo: qualidade do projeto e qualidade de conformação. Um conceito de avaliação mais detalhada das características do produto é o da avaliação por atributos ou por variáveis. A análise por atributos se aplica a características não mensuráveis, em que se utilizam escalas discretas, próprias de um processo de classificação, atribuindo um rótulo geral à característica analisada. Já a análise por variáveis aplica mecanismos para medir o valor exato da característica, determinando claramente a intensidade de um defeito.

Denomina-se ‘qualidade de projeto’ a análise que se faz do produto, em termos da qualidade, a partir da estruturação de seu projeto. Como a qualidade representa a adequação ao uso, essa análise representa a avaliação de como os requisitos do mercado estão sendo atendidos pelas especificações de projeto (PALADINI, 2004, p. 86).

Netto (2006) apresenta um estudo que detalha a evolução das normas ISO de qualidade, fazendo referência as diretrizes exigidas a qualidade do projeto de produto, que em sua versão mais atual a ISO 9001:2005, exige a introdução da melhoria continua do sistema de gestão da qualidade no contexto da medição e análise dos processos.

Em síntese, as normas ISO para a qualidade, procuram introduzir um conjunto de procedimentos que dirijam a organização para uma padronização de seus processos e produtos (Figura 9). O conjunto de definições de termos que definem o termo “produto” pela ISO 9000, pode ser resumido em “resultados de atividades e processos” (NBR ISO 9001 2005).



**Figura 9 – Conceitos relacionados com o processo e com o produto**

**Fonte: NBR ISO 9000:2005, 2005**

Estas breves definições sugerem a necessidade de que um processo produtivo esteja sob controle sistemático de suas características. Controle este que deve ser adequado ao tipo de atividade da organização, a fim de que uma metrologia adequada seja estabelecida e praticada.

### 2.6.2 Aspectos gerais de desempenho

Na visão de Tubino (2000) o acompanhamento e controle da produção incorporam a função de análise do desempenho do grau de atendimento do processo quanto àquilo que foi projetado. O autor ainda afirma que para que haja uma avaliação deste processo, deve se estabelecer uma correlação entre os itens de controle ou medidas de desempenho, com os aspectos custo, qualidade, entrega e serviços, os quais devem ser definidos com índices numéricos do tipo *lead time* de um lote, seu custo produtivo, dimensões da qualidade do produto, atendimento aos prazos, custo de materiais, etc.

Definidos os conceitos sobre desenvolvimento de produtos e qualidade, a produtividade e os custos devem ser encarados como características fundamentais do projeto, e se encararão ajudar a estimar o seu grau de sucesso. Esta dimensão deve ser foco de toda a empresa, sob pena de cair em descrédito competitivo decorrente da sua pouca capacidade de inovar, prover processos flexíveis e de qualidade (MARTINS e LAUGENI, 2005).

Segundo Attadia e Martins (2003), vários autores têm se preocupado em elaborar e definir critérios eficientes para a medida de desempenho, no mesmo sentido, Slack *et. al* (2002) faz diversas considerações sobre parâmetros típicos para medidas de desempenho (Quadro 4).

Para Slack *et al.*(2002), os objetivos do desempenho se classificam em cinco diferentes objetivos: qualidade, velocidade, confiabilidade, flexibilidade e custo, os quais são sempre compostos por medidas menores que são influenciados por diversos fatores que incluem eficiência e produtividade. Apesar de separados, cada um desses fatores individualmente proporciona uma visão parcial de desempenho de custos da produção, e a análise agregada desses fatores gera uma perspectiva do desempenho da organização. Um sistema de medição de desempenho deve permitir que as decisões sejam tomadas com base em informações que quantificam a eficiência e a eficácia das ações.

Com números, nós sabemos o estado de um processo de maneira que podemos, a partir dele, medir o custo, confiabilidade e qualidade de cada processo, e isso nos permite comparar desempenhos. Se você não medir, não pode melhorar, e se você não pode medir da maneira correta, como saberá onde está? (SLACK *et. al.*, 2002, p.591)

Objetivo de Desempenho	Algumas medidas típicas
Qualidade	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Número de defeitos por unidade</li> <li>• Nível de reclamação de consumidor</li> <li>• Nível de Refugo</li> <li>• Alegações de garantia</li> <li>• Tempo médio entre falhas</li> <li>• Escore de Satisfação do consumidor</li> </ul>
Velocidade	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tempo de cotação do consumidor</li> <li>• Lead time de pedido</li> <li>• Frequência de entregas</li> <li>• Tempo de atravessamento real versus teórico</li> <li>• Tempo de ciclo</li> </ul>
Confiabilidade	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Percentagem de pedidos entregue com atraso</li> <li>• Atraso médio de pedidos</li> <li>• Proporção de produtos em estoque</li> <li>• Desvio-Médio de promessa de chegada</li> <li>• Aderência à programação</li> </ul>
Flexibilidade	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tempo necessário para desenvolver novos produtos</li> <li>• Faixa de produtos ou serviços</li> <li>• Tempo de mudança de máquina</li> <li>• Tamanho médio do lote</li> <li>• Tempo para aumentar a taxa de atividade</li> <li>• Capacidade</li> <li>• Tempo para mudar programações</li> </ul>
Custo	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tempo mínimo de entrega</li> <li>• Variação contra orçamento</li> <li>• Utilização de recursos</li> <li>• Produtividade da mão-de-obra</li> <li>• Valor agregado</li> <li>• Eficiência</li> <li>• Custo por hora de operação</li> </ul>

**Quadro 4 – Medidas parciais de desempenho típicas**

**Fonte: Slack et al , 2002**

Alguns aspectos devem ser levados em conta para a formulação de uma medida de desempenho, tais como título da medida, equação de cálculo, método e frequência de coleta dos dados, verificação da fidelidade das fontes, disseminação dos índices elaborados e coesão da medida. Além disso, é fundamental saber o objetivo da medida de desempenho, pois variam conforme a sua finalidade. Num apanhado geral, as medidas de desempenho devem servir de apoio à tomada de decisão, sempre acompanhando as mudanças ocorridas nos objetivos estratégicos para que sejam adequadas ao foco (ATTADIA e MARTINS, 2003).

### 3 DESENVOLVIMENTO

#### 3.1 Metodologia de Desenvolvimento do Estudo de Caso

O desenvolvimento deste trabalho seguirá fundamentações teóricas relacionadas à área de engenharia do produto, controle de qualidade, gestão da produção, meio ambiente e outros assuntos extraídos de literatura disponível e teses acadêmicas.

Segundo Fidel (1992), o método de estudo de caso é um método específico de pesquisa de campo. Estudos de campo são investigações de fenômenos à medida que ocorrem, sem qualquer interferência significativa do pesquisador. Seu objetivo é compreender o evento em estudo e ao mesmo tempo desenvolver teorias mais genéricas a respeito dos aspectos característicos do fenômeno observado.

Ainda segundo o autor, um estudo de caso parece ser apropriado para investigação de fenômenos quando:

- a) Há uma grande variedade de fatores e relacionamentos;
- b) Não existem leis básicas para determinar quais fatores e relacionamentos são importantes;
- c) Os fatores e relacionamentos podem ser diretamente observados.

Partindo deste conceito, para se atingir as metas propostas na introdução deste trabalho, primeiramente serão realizadas pesquisas e estudos para adequação da metodologia de projetos da empresa, visando incorporar a ela uma metodologia de reprojeto ambiental, e em seguida se executará uma coleta de dados referentes à sua implantação junto à cadeia de produção do produto objeto de estudo. A busca por dados históricos será auxiliada pelo sistema de planejamento de recursos e gerenciamento da produção, *enterprise resource planning* (ERP), e no caso de novos dados, será realizada uma coleta *in loco*, em que ambos serão posteriormente manipulados de acordo com métodos capazes de extrair resultados confiáveis sobre o desempenho do produto e do processo.

Para realizar a análise de dados optou-se pela combinação de recuperação de dados históricos, acompanhamento dos novos parâmetros do processo e pesquisa de campo, constituindo-se das seguintes etapas:

- a) Identificação e validação dos requisitos do reprojeto do produto alvo do estudo assim como o fator motivacional da realização do estudo;
- b) Adaptação de estrutura de reprojeto à introdução do RePMA na fase de planejamento do produto sugerida pelo PMI, para estabelecimento da metodologia;
- c) Aplicação das fases da metodologia adaptada abordando desenvolvimento das necessidades do cliente com auxílio da análise simplificada do ciclo de vida e de matrizes de desdobramento da função qualidade geradas com ajuda de um software QFD;
- d) Checagem e apresentação das características reformuladas do projeto desenvolvido. Construção do novo fluxograma geral do processo e verificação dos ganhos ambientais obtidos com apoio de algumas características abrangidas pelo DFE;
- e) Extração e apresentação dos dados referentes ao desempenho qualitativo dos dois projetos fazendo uso da avaliação de um indicador de qualidade, baseado em parâmetros internos da empresa estudada;
- f) Aplicação de ferramentas de auxílio a medidas de desempenho quantitativo (custos e produção) do produto;
- g) Confronto de resultados entre o projeto inicial e o novo projeto;
- h) Análise conclusiva dos dados.

### 3.2 Apresentação do Estudo de Caso

O foco deste estudo se concentra na estrutura do reprojeto de um produto de fabricação exclusiva, que atende especificamente às necessidades de um determinado cliente, no caso uma tampa composta de três componentes que se encaixa a um recipiente de vidro, dando forma a uma embalagem para envase de fragrâncias.

O fornecedor desta tampa é uma empresa do segmento de injeção plástica especializada na manufatura de produtos com alto grau de complexidade, onde emprega além de tecnologias avançadas de *design*, resinas poliméricas especiais para atender ao mercado de cosméticos e perfumaria.

O fator motivador do reprojeto surgiu em decorrência de exigências impostas pelo cliente, que a partir de mudanças de sua política interna de preservação ao meio-ambiente e otimização do uso de recursos naturais, solicitou ao fornecedor em questão que alterasse a composição do produto por entender que determinados materiais nele incorporados, apresentavam uma decomposição problemática, determinando à embalagem um considerável teor de agressão ao meio-ambiente.

Apesar de se tratar de uma empresa experiente no setor em que atua, a solicitação feita pelo cliente correspondia a uma modelagem de produto até então inédita para àquela, uma vez que apesar da forte tendência positiva que o assunto tem inserido ao mercado, a empresa ainda não havia previsto em seu sistema de trabalho e execução de projetos. Este quadro despertou ao fornecedor a necessidade de adequar sua metodologia face ao apelo ambiental que determina cada vez mais, uma característica de competitividade.

Mesmo sem o necessário preparo, a empresa passou a estudar maneiras de solucionar a necessidade do cliente fazendo uso da mesma plataforma de desenvolvimento utilizada como estrutura para projetos convencionais. De fato, notou-se a falta de uma metodologia que abrangesse de maneira consistente todos os parâmetros que deveriam ser considerados em um projeto desta natureza, o que aliado à inexperiência existente com o tratamento de projetos e processos sustentáveis, criou diversos entraves durante o desenvolvimento. Desse modo, se propôs à equipe de desenvolvimento, que um estudo paralelo ao desenvolvimento deste projeto fosse realizado com o objetivo de adaptar uma metodologia de projeto com enfoque ambiental à metodologia atual da empresa.

O estudo de caso apresentado neste trabalho procurou estabelecer um método adequado à realidade da empresa e adaptado às exigências de mercado. Além da forma de concepção do reprojeto, este estudo descreverá como tais alterações foram inseridas ao processo de manufatura, e quais variáveis do processo e do produto sofreram mudanças em decorrência da nova concepção, e dessa forma, será realizada apropriadamente uma análise dos impactos aplicados ao processo produtivo.

### **3.3 Identificação de Necessidade de Reprojeto**

A empresa solicitante e cliente primária do produto é uma grande e famosa indústria do setor de cosméticos e perfumaria, e buscam por questões de manutenção de sua competitividade, disponibilizar ao mercado, produtos cada vez menos agressivos ao meio ambiente.

Após Porter (1996) apontar que no futuro, o desenvolvimento econômico sustentável será alcançado a partir da melhoria da produtividade do uso de insumos, visto que melhorar a performance ambiental e aumentar a competitividade são virtualmente sinônimos, Bitencourt (2001) constata que e as empresas que procuram se alinhar com um tratamento sistemático da questão ambiental em seus processos, acabam descobrindo ganhos importantes de produtividade e competitividade.

Desta maneira, o cliente passou por um processo de revisão da composição de suas embalagens, assim como os processos produtivos dos fornecedores destas. Tal revisão visou um impacto menor ao meio-ambiente em todas as etapas possíveis do ciclo de vida das embalagens, o que gerou a necessidade de se exigir a fornecedores, possibilidades de adequação de seus procedimentos à nova realidade ambiental da empresa, porém as soluções deveriam ser propostas e implantadas pelo próprio fornecedor.

### **3.4 Reprojeto do Produto**

A solicitação previa como requisitos base que, tanto as especificações qualitativas do produto quanto as características funcionais e o custo não fossem alterados, mas sim que se alterassem determinados pontos críticos do produto sem que a sua concepção original sofresse qualquer tipo de dano.

Desse modo a decisão sobre quais matérias-primas e processos seriam alterados foi delegada ao fornecedor, devendo este realizar pesquisas de adequação e desenvolvimento de novos processos.

Uma vez identificada à necessidade de modificação do produto, o fornecedor iniciou o desenvolvimento do reprojeto, que deveria seguir a metodologia de projetos por eles utilizada. No entanto, seriam necessárias adaptações pertinentes às peculiaridades da tarefa que como objetivo deveria realizar um reprojeto em que variáveis ambientais fossem discutidas.

A empresa fornecedor do produto utiliza como base estrutural de seus projetos, a metodologia proposta pelo do *Project Management Institute* (PMI), seguindo os passos genéricos vistos na Figura 2, exposta no tópico 2.3 deste trabalho.

De acordo com tal proposta, as instâncias de projetos são apesar de seqüenciais, flexíveis ao que se diz respeito à obtenção de cada etapa do método. Fazendo-se uso deste princípio, as etapas de reprojeto foram alocadas nas fases de entradas de projeto e planejamento do PMI.

As etapas: execução, entrega e registros do projeto não foram alteradas, tendo-se em vista que não apresentavam fatores excepcionais aos demais projetos.

### **3.5 Introdução do RePMA como Metodologia de Projeto**

O Reprojeto de Produto para o Meio-Ambiente (RePMA), proposto por Bittencourt (2001), que de nome auto-explicativo, consiste em uma metodologia de auxílio na formulação de reprojeto com enfoque ambiental, foi introduzido na fase de planejamento do produto, para que pudesse auxiliar as etapas de desenvolvimento do projeto.

A proposta de Bittencourt (2001), traz que as atividades de reprojeto devem seguir de forma seqüencial as seguintes fases de reprojeto:

- a) Reprojeto Informacional
- b) Reprojeto Conceitual
- c) Reprojeto Preliminar
- d) Reprojeto Detalhado

Cada uma destas fases possui desdobramentos em etapas subsequentes que se constituem em tarefas executadas com o propósito de recuperar informações e elaborar o planejamento do reprojeto. As fases de a à d foram detalhadas no Quadro 3 deste trabalho.

Tendo em vista que as etapas do PMI abordadas foram: entradas de projeto e planejamento, se fez necessário uma adaptação com intuito de se estabelecer um elo entre tais etapas com as fases propostas no RePMA.

Dessa forma, a fase de reprojeto informacional correspondeu às entradas de projeto. A correspondência entre estas fases foi possível por se tratarem de atividades que determinam a recuperação de dados, aquisição e análise de requisito e especificações, e determinação do nível de reprojeto.

Por seguinte, as fases de reprojeto conceitual, reprojeto preliminar e reprojeto detalhado do RePMA, quando aplicáveis, correspondem a etapa de planejamento do PMI por ambas tratarem de atividades que possibilitam o planejamento de projetos.

Por motivos de adaptação, nem todas as etapas de reprojeto do RePMA foram abordadas, levando-se em consideração apenas as etapas consistentes com a necessidade e realidade do projeto.

Dessa forma foram estabelecidas as correspondências entre o modelo proposto pelo PMI e o modelo de reprojeto proposto por Bittencourt, criando assim, uma linha de atuação estruturada para o desenvolvimento do reprojeto de acordo com as premissas iniciais impostas pelo cliente.

### **3.5.1 Reprojeto informacional**

### **3.5.2 Aquisição de informações relacionadas ao produto**

O processo de produção é composto por diferentes etapas, que são responsáveis pela fabricação de três elementos, sendo que no caso de duas das peças, sobretampa e inserto, é necessário que se terceirize determinada etapa da produção, enquanto que para o caso da peça

restante, denominada lastro, é necessário que sua fabricação seja solicitada a um fornecedor especializado em injeção de metais.

Tanto na fabricação da sobretampa quanto na do inserto, o processo utilizado é o de injeção termoplástica, que se constitui, em breve descrição, na injeção de resinas termoplásticas por meio de uma injetora a uma matriz de aço, responsável por moldar a peça.

A sobretampa, produzida pelo processo de injeção, é fabricada com o polímero *acrilonitrila-butadieno-estireno* (ABS), que corresponde a 98% do volume de material, sendo que os 2% de volume restante são compostos por um pigmento que fornece aspecto marrom à peça.

Depois de injetada a peça, os lotes são submetidos à inspeção pelo controle de qualidade e quando aprovados, são enviados a um fornecedor externo que aplica uma película plástica com aspecto de madeira sobre toda a superfície externa da peça (DEEP), em caso de reprova na inspeção, a peça é moída e reintegrada ao processo. Após o processo de DEEP, o fornecedor retorna as peças acabadas, que são inspecionadas novamente para garantir a conformidade da etapa realizada. Em caso de aprovação, a peça fica disponível para montagem, caso contrário é classificada como sucata.

O inserto da tampa tem como função primária servir como base da tampa, e como função secundária sustentar o lastro. Trata-se de uma injeção de polipropileno, que como no caso da sobretampa, corresponde a 98% do volume da peça sendo que o percentual restante é preenchido por um pigmento de coloração cinza. A peça é submetida a um processo de galvanização realizado em um fornecedor externo. De forma análoga a sobretampa, lotes inspecionados são enviados a um fornecedor externo de galvanização, e caso aprovados, retornam para a montagem do conjunto que forma a tampa.

O lastro se trata de uma peça fabricada especialmente para o produto, que é adquirida em sua forma pronta para o acoplamento ao inserto. Sua função no produto é de apenas adicionar massa ao conjunto, gerando assim robustez ao produto, passando ao consumidor uma sensação de qualidade percebida e de valor. O lastro é composto de uma liga metálica que é resultado da mistura de metais como alumínio, níquel, magnésio, cobre, ferro, chumbo, cádmio, silício, zinco e estanho (ZAMAC). A peça é injetada pelo fornecedor de acordo com os requisitos solicitados, e também passa pelo processo de inspeção ao ser recebida, determinando se a peça segue para a montagem, ou se é destinada à sucata. O processo descrito pode ser mais bem visualizado por meio do fluxograma do processo (Figura 10).

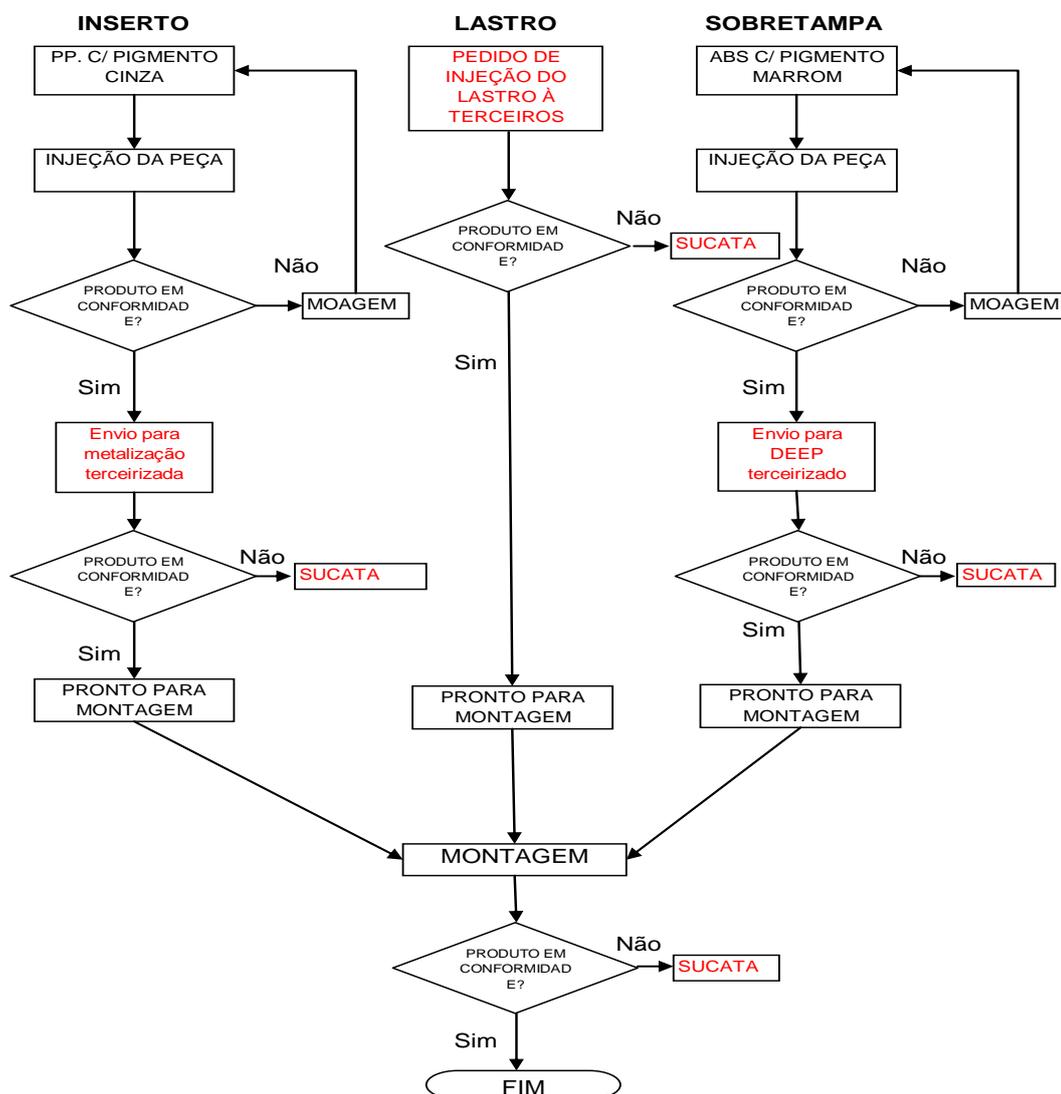


Figura 10 – Fluxograma de processo do produto em sua forma original

### 3.5.2.1 Elaboração de requisitos ambientais e ACV simplificada

Para realização da análise do ciclo de vida (ACV), foram adotadas como premissas que as entradas e saídas do processo deveriam ser avaliadas em parâmetros de projeto, produção, uso e descarte do produto.

Diante da nova situação, o fornecedor procurou fundamentar sua análise em determinações contidas na norma ISO 14001, a qual a empresa passa pelo processo de adequação, em que define que o aspecto ambiental é um “elemento das atividades, produtos ou serviços de uma organização que pode interagir com o meio ambiente”, (ABNT, 2005, p.4). Os materiais, o consumo de energia, o processo de fabricação, o sistema de distribuição, a utilização e o descarte são aspectos ambientais do ciclo de vida de um produto, que podem ser planejados durante o projeto.

Para tanto o fornecedor iniciou uma análise do produto e do processo a partir do seu ciclo de vida (QUADRO 5), com objetivo de identificar parâmetros críticos e passíveis de alteração.

Como resultado, a ACV simplificada do produto demonstrou que todas as peças apresentavam significativos impactos ambientais, numa análise generalizada de todas as etapas do ciclo de vida.

Uma análise crítica trouxe como conclusão que o maior dano ao desempenho ambiental do produto se devia as etapas de acabamento das peças, conseqüência direta dos materiais utilizados e dos processos terceirizados, que implicam em longos trajetos a serem percorridos para que sejam realizados. Desse modo, os requisitos iniciais para o processo de reprojeção foram identificados.

Como parâmetros iniciais de reprojeção, a ACV simplificada demonstrou aspectos considerados como pontos críticos a serem contemplados no reprojeção. Tais aspectos são:

- a) Matérias-primas e Acabamento das peças;
- b) Transporte entre etapas do processo;
- c) Descarte do produto final e de refugos de processo;
- d) Utilização de materiais reciclados e/ou de melhor decomposição.

<b>Item Analisado</b>	<b>Projeto</b>	<b>Produção</b>	<b>Uso</b>	<b>Descarte</b>	<b>Impacto</b>	<b>Situação</b>
<b>Sobretampa</b>	Acrilonitrila-butadieno-estireno (ABS)  Cobertura DEEP	Injeção local da peça;  DEEP em terceiros	Sem emissão de resíduos.	Rejeição reintegrada ao processo (SEM DEEP);  Rejeição não reintegrada ao processo (AP DEEP);  Inviável remoção de película DEEP pelo usuário para seleção de materiais e destinação a reciclagem;	Consumo de Recursos Naturais;  Transporte excessivo e emissão de gases poluentes;  Redução de vida de aterro Sanitário.  Decomposição lenta.  Contaminação do Solo	<b>Crítico</b>
<b>Inserto</b>	Polipropileno (PP);  Galvanização.	Injeção local da peça;  Galvanização em terceiros	Sem emissão de resíduos	Rejeição reintegrada ao processo (SEM METALIZAÇÃO);  Rejeição não reintegrada ao processo (COM METALIZAÇÃO);	Consumo de Recursos Naturais;  Transporte excessivo e emissão de gases poluentes;  Redução de vida de aterro Sanitário;  Decomposição lenta;  Contaminação do solo	<b>Crítico</b>
<b>Lastro</b>	Metais pesados ZAMAC	Injeção de ZAMAC em terceiros	Sem emissão de resíduos	Descarte inviável em qualquer etapa do processo.	Consumo de Recursos Naturais;  Transporte excessivo e emissão de gases poluentes;  Redução de vida de aterro Sanitário;  Decomposição lenta; Contaminação do Solo;  Contaminação lençol freático.	<b>Crítico</b>

**Quadro 5 – Análise Simplificada do Ciclo de Vida**

### 3.5.2.2 Determinação do nível de reprojeto

Seguindo a metodologia do RePMA, o nível de reprojeto a ser executado deve ser determinado de acordo com uma matriz de determinação.

A aplicação desta matriz consiste em relacionar cada nível de reprojeto com cada requisito. Este relacionamento implica em questionar como as atividades próprias de cada nível de reprojeto poderiam atender aos requisitos de reprojeto, se: não atenderia (0), atenderia pouco (1), atenderia medianamente (3) ou atenderia completamente (5).

Com base na matriz de determinação (ver APENDICE A), avaliou-se que o reprojeto adaptativo como nível de reprojeto a ser considerado, pois foi o nível mais bem pontuado na matriz. É importante que se ressalte que a lista de requisitos obtida a partir da análise simplificada do ciclo de vida deve estar presente durante todo o planejamento e execução do reprojeto, pois apesar da identificação de prioridades entre os pontos críticos, é possível que no decorrer do planejamento, pontos menos prioritários possam ser contemplados.

### 3.5.2.3 Estabelecimento das especificações com auxílio do QFD

Finalizando o reprojeto informacional, utilizou-se para identificação e hierarquização das demais necessidades a serem cobertas pelo reprojeto, a ferramenta *quality function deployment* (QFD), que por definição, tem como objetivo desdobrar as características da função qualidade do projeto.

Para a elaboração do desdobramento da função qualidade (QFD), foi utilizado o *software* Casa da Qualidade 1.3 (SILVA, 1995), que é capaz de relacionar necessidades de projeto e requisitos de qualidade estabelecendo níveis de correlação entre eles de forma a propor uma hierarquização dos requisitos a serem supridos pelo reprojeto. O software apresenta uma interface simples, na qual se é possível determinar as variáveis do estudo de caso como parâmetros de entrada, e obter como saída, a resolução do desdobramento da função qualidade (ver APENDICE B).

O desdobramento da função qualidade foi construído com base nos pontos identificados na ACV simplificada, os mesmos aplicados no item anterior à matriz de determinação do nível de reprojeto, e proporcionou a hierarquização dos requisitos a serem atendidos no reprojeto

por meio de atribuições de graus de correlação entre os itens, dessa maneira, pôde-se melhor direcionar o foco do reprojeto às necessidades prioritárias a serem consideradas. A tabela (1) apresenta o resultado da aplicação do QFD.

**Tabela 1 – Resultados do QFD**

REQUISITOS DA QUALIDADE (AMBIENTAL)	VALOR	CLASSIFICAÇÃO
Alterar Acabamento da Sobretampa	2680	1°
Alterar Material do Lastro	2285	2°
Reduzir Refugos do Processo	1835	3°
Alterar Acabamento do Inserto	1592	4°
Descarte Seletivo do Produto	1105	5°

### 3.5.3 Reprojeto preliminar

A determinação do nível de reprojeto realizada na fase de reprojeto informacional demonstrou que neste caso, o reprojeto adaptativo é o mais adequado a realidade do projeto, dessa maneira o reprojeto conceitual não fez parte da etapa de desenvolvimento.

O reprojeto preliminar dividiu-se em três etapas que tiveram como meta, desenvolver a nova concepção do produto através dos requisitos previamente listados. A concepção deveria estar apoiada na modelagem ambiental do produto, uma vez que nesta etapa do reprojeto são apresentadas possibilidades de alteração do produto, e assim, deve-se selecionar a que melhor se enquadrar ao propósito do reprojeto.

Para a modelagem ambiental, além dos requisitos determinados, os desenvolvedores estavam inseridos em um ambiente favorável ao *design for environment* (DFE), que sugere (Quadro 1), como apresentado anteriormente, aspectos que devem ser considerados durante todo o processo de desenvolvimento de produtos em que se deseja reduzir a agressão proporcionada em termos ambientais, de modo que a mínima contribuição para o projeto neste sentido, seja significativa. Este conceito posteriormente também foi utilizado na fase de reprojeto detalhado, na ocasião da verificação dos ganhos ambientais.

A partir das considerações realizadas e dos dados obtidos até então, foi estabelecida uma equipe multidisciplinar encarregada das atividades de desenvolvimento do reprojeto, em que características de *design*, manufatura, qualidade e custos foram considerados de maneira que

toda a cadeia de produção estivesse inserida no desenvolvimento. Com isso diversas informações foram adicionadas ao escopo do reprojeto, dentre elas informações sobre as características das matérias primas e das alternativas de acabamentos que poderiam ser pertinentes ao projeto vieram do setor de pesquisa e desenvolvimento. A rota logística que engloba todos os processos desde a obtenção de materiais, passando pelos processos terceirizados até o envio para o cliente foi fornecida pelo setor de *supply chain*, de forma análoga o controle de qualidade forneceu os índices de rejeição de peças ao mesmo tempo em que o setor de produção disponibilizou informações técnicas de processos alternativos.

### 3.5.3.1 Seleção de *layout* do produto

Após a realização de diversas combinações possíveis entre os elementos envolvidos no reprojeto, a equipe de pesquisa e desenvolvimento passou a considerar processos e materiais que poderiam ser empregados na nova concepção.

A atuação da equipe determinou de forma empírica, qual seria a alternativa mais viável para o reprojeto, sendo que a constatação da eficácia ou não do reprojeto seria obtida apenas após sua implantação.

Neste ponto o reprojeto já possuía um esboço que determinava uma centralização das possibilidades de modificação do produto, adentrando a fase seguinte de reprojeto detalhado para a conclusão das alterações. Segue abaixo as modificações definidas pela equipe e que seriam foco de validação no reprojeto detalhado:

- a) Substituição do processo DEEP para a sobretampa pela injeção de uma resina com adição de serragem natural, ou pintura;
- b) Substituição do lastro de ZAMAC por uma peça com blendas plásticas recicladas a ser injetada internamente;
- c) Utilização de cola menos aderente para acoplamento das peças com intuito de facilitar a desmontagem e o descarte seletivo ou acoplamento por encaixe entre as peças;
- d) Manutenção do acabamento galvanizado do inserto, ou pintura;
- e) Minimização de emissão de resíduos de processos.

### 3.5.4 Reprojetado detalhado

Com a execução das etapas do reprojetado preliminar, o reprojetado detalhado foi iniciado a partir das informações obtidas na fase anterior, necessárias como dados de entrada das etapas subsequentes do desenvolvimento.

Os requisitos de projeto delimitados pelo projeto preliminar consistem ainda em um melhor direcionamento quanto ao tratamento do projeto, expondo certo nível de abstração quanto ao seu resultado final. Dessa maneira o reprojetado detalhado foi iniciado para a concretização do reprojetado determinando os materiais e processos a serem atribuídos ao produto.

#### 3.5.4.1 Mudanças nos materiais e nos processos de produção

Considerando o caso da sobretampa, algumas alternativas ao processo DEEP foram apresentadas, dentre elas foram consideradas duas hipóteses:

- a) Processo de tampografia com tintas *ultravioletas* (UV).
- b) Injeção de resina polimérica com pigmento e serragem de madeira;

Considerando-se a hipótese A, o processo DEEP seria substituído por um acabamento de pintura tampográfica com tintas UV, processo dominado pela fornecedor e utilizado em outros produtos.

A hipótese B consistia em se injetar um polímero compatível com serragem de madeira, que da mesma forma, poderia ser executado sem a necessidade de horizontalizar o processo. Esta hipótese ainda deveria passar por testes para a constatação de compatibilidades entre os materiais uma vez que o presente ABS apresentou rejeição à injeção combinada. As resinas polipropileno, polietileno e policarbonato foram submetidas a testes de compatibilidade com a serragem, sendo o polipropileno o material que apresentou melhor resultado ao aspecto visual e aos testes de solicitação mecânica.

No caso do lastro, a determinação foi de se eliminar o material composto de metais pesados por uma peça que desempenhasse a mesma função, porém constituída de materiais recicláveis provenientes dos refugos dos próprios processos da empresa, tendo em vista que se trata de uma peça interna, que não acarreta em interferências ao *design* externo no produto.

A proposta para o novo lastro partiu do princípio de que de forma análoga ao material ZAMAC, o lastro poderia ser constituído de uma blenda polimérica, resultante da liga entre materiais reciclados gerados pela moagem de peças refugadas em outros processos. Estudos levaram a uma nova geometria da peça, que pela especificação, deveria apresentar a mesma massa do antigo lastro. Os materiais selecionados para a composição da blenda foram: polipropileno reciclado e polipropileno carregado com carbonato de cálcio ( $\text{CaCO}_3$ ), que se constituíram uma blenda capaz de suprir as necessidades funcionais que o lastro deveria oferecer.

Outro aspecto abordado durante o reprojeto preliminar foi a necessidade de alteração da cola responsável pela aderência entre as peças. A necessidade gerada pela dificuldade identificada nas tentativas de desmontagem do produto, deveria ser contemplada no projeto a partir das seguintes hipóteses propostas:

- a) Estudar a utilização de uma cola com menor aderência, de maneira que facilitasse a desmontagem do produto;
- b) Adaptar os moldes das peças e suas características paramétricas para um acoplamento por encaixe, também com o objetivo de melhor desempenho na desmontagem.

A partir destas hipóteses, realizaram-se testes com diversas colas industriais disponíveis no mercado, sendo que em nenhum dos casos, o produto apresentou um grau de acoplamento por aderência satisfatório, de maneira que tal substituição viria contra a manutenção de funcionalidade do produto.

A segunda hipótese foi rapidamente descartada pelo departamento de pesquisa e desenvolvimento por duas razões distintas. A primeira delas decorreu da necessidade de alteração das matrizes da sobretampa e do inserto, fato este que viria a determinar mudanças paramétricas no projeto além de provavelmente atribuir problemas de ordem estrutural e funcional a aquelas.

Da mesma maneira que os requisitos anteriores, a substituição do processo de acabamento do inserto foi foco de estudos de melhoria, porém sabendo-se que o aspecto metalizado da peça deveria ser mantido, alternativas ao processo de galvanização eram extremamente limitadas.

Sugeriu-se a tentativa de submeter o inserto a algum processo de pintura interna, para que ao menos a agressão ao meio ambiente gerada pelo transporte das peças até o fornecedor terceirizado fosse minimizada. O resultado foi insatisfatório, e assim não foi possível aplicar alterações a esta peça.

Agora apenas um último requisito principal deveria ser contemplado, a minimização de processos. De acordo com o novo processo de acabamento da sobretampa, o processo de DEEP foi eliminado da cadeia de produção do produto, e dentre as alternativas para o lastro, o processo foi verticalizado, eliminando tarefas de ordem logística. Em contrapartida, o processo de colagem dos componentes foi mantido assim como o de galvanização do inserto, que não contribuíram para o desempenho da tarefa. Neste novo quadro, a produção da tampa apresentaria a redução de dois processos de manufatura.

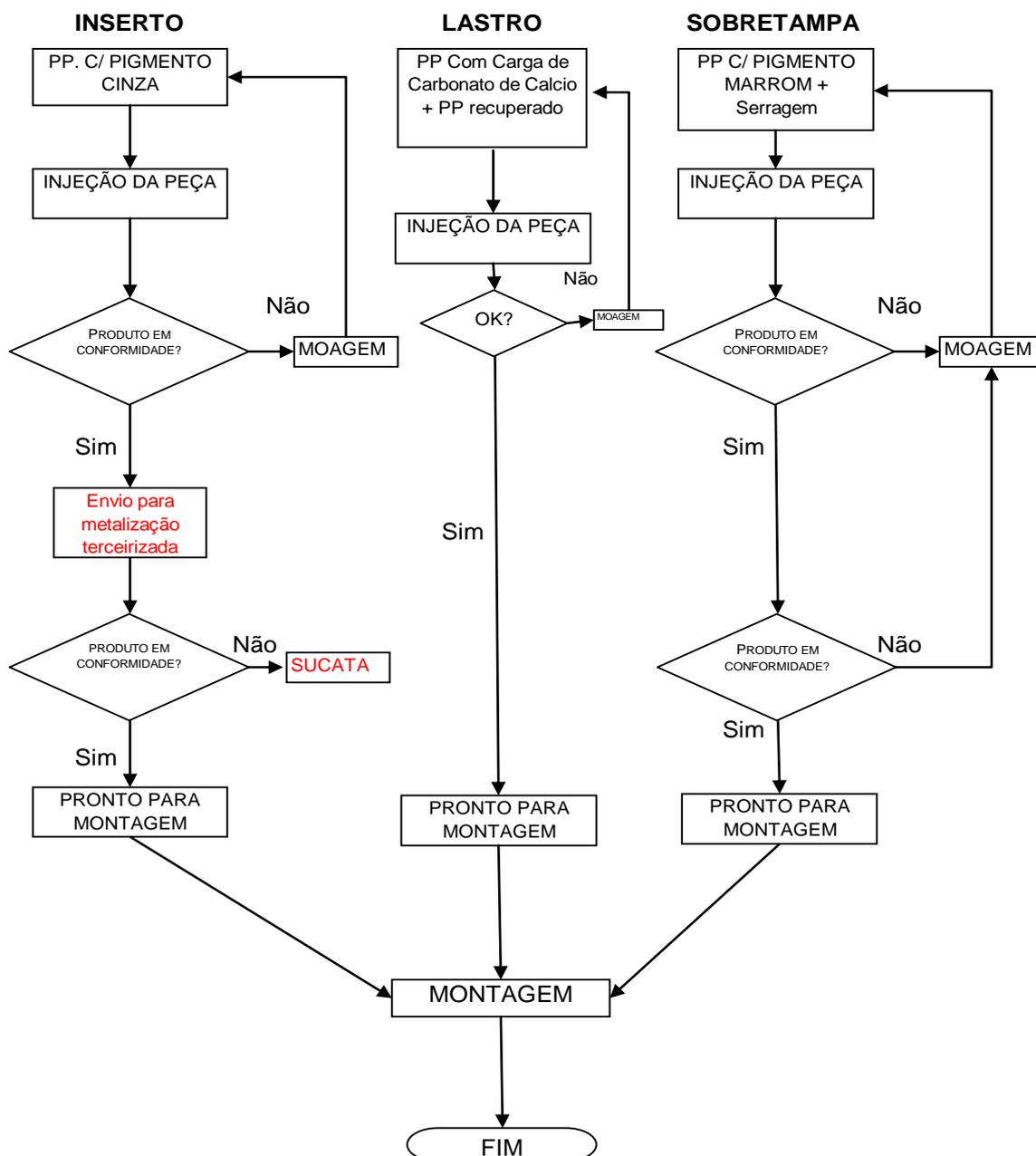
### 3.5.4.2 Detalhamento do produto melhorado

Definido processos e materiais a serem utilizados no reprojeto, foi possível a extração de dados concretos das novas características do produto e de processos. Abaixo, segue a listagem de produtos e processos que foram aplicados ao reprojeto das peças (Quadro 6).

PEÇA	NOVOS MATERIAIS	NOVOS PROCESSOS	PROCESSOS REMOVIDOS
<b>SOBRETAMPA</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Polipropileno</li> <li>• Serragem (resíduos de madeira)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Injeção de polipropileno carregado com serragem.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• DEEP</li> </ul>
<b>LASTRO</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Polipropileno reciclado</li> <li>• Polipropileno carregado com carbonato de cálcio.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Injeção termoplástica convencional</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aquisição terceirizada de lastro de ZAMAC</li> </ul>
<b>INSERTO</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Não houve alterações</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Não houve alterações</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Nenhum</li> </ul>

**Quadro 6 – Alterações de Materiais e Processos**

Conhecendo as características dos novos processos, o reprojeto apresentou uma nova organização no ambiente de manufatura, e de acordo com as etapas de produção de cada um dos componentes, foi elaborado um fluxograma geral da cadeia de produção do produto modificado (Figura 11).



**Figura 11 – Fluxograma de operações do reprojeto**

### 3.5.4.3 ACV simplificada e verificação dos ganhos ambientais obtidos

As alterações realizadas ao longo do reprojeto agora caracterizavam o produto com processos e materiais remodelados sendo necessário validar as melhorias obtidas em termos ambientais.

Fazendo referência ao conceito do DFE, o projeto deveria agora apresentar uma melhora significativa em relação ao projeto original, selando o cumprimento da meta estabelecida. Da mesma forma como ocorreu no desenvolvimento da fase de reprojeto informacional, a ACV simplificada foi novamente aplicada, desta vez não com o intuito de identificação de requisitos de entrada do reprojeto, mas sim com o objetivo de avaliar o comportamento das novas técnicas e demais variáveis atribuídas ao projeto.

Os mesmos critérios da ACV simplificada anterior foram seguidos na análise de verificação: projeto, produção, uso, descarte e impacto. A análise é demonstrada a seguir (Quadro 7).

A análise simplificada do ciclo de vida demonstrou que o novo projeto foi capaz de reduzir processos terceirizados, eliminando longos trechos percorridos pela peça para operações de acabamento da sobretampa e aquisição do lastro. A nova sobretampa agora é produzida com apenas um processo, e seus refugos podem ser reintegrados ao processo em qualquer instante da produção. Sua decomposição também foi um aspecto melhorado, uma vez que foi incorporado à peça rejeitos da indústria moveleiras (serragem) atribuindo a ela uma porcentagem de material que se decompõe mais facilmente que os polímeros convencionais.

Apesar de todos os prováveis ganhos ambientais obtidos no reprojeto da sobretampa, as alterações do lastro talvez sejam as mais representativas neste sentido. O processo de aquisição foi eliminado, reduzindo a necessidade de transporte. Em opção ao ZAMAC, a peça agora seria confeccionada a partir de polímeros reciclados e carregados com  $\text{CaCO}_3$ , constituindo também um ciclo fechado na injeção da peça no que se diz respeito aos refugos.

O inserto não foi modificado por razões citadas durante as fases de reprojeto, de forma que não foi possível extrair contribuições para o objetivo desejado a partir dessa peça.

Item Analisado	Projeto	Produção	Uso	Descarte	Impacto	Situação
SOBRETAMPA	Polipropileno carregado com serragem	Injeção local (Acabamento introduzido ao processo de injeção)	Sem emissão de resíduo.	Todo refugo de produção é reintegrado ao processo.  Produto totalmente reciclável.	Consumo de Recursos Naturais.  Velocidade de decomposição melhorada.	Aprovado pelo cliente
LASTRO	Polipropileno reciclado e Polipropileno com carga de CaCO <sub>3</sub>	Injeção local da peça	Sem emissão de resíduo	Todo refugo de produção é reintegrado ao processo.  Produto totalmente reciclável.	Consumo de Recursos Naturais.  Velocidade de decomposição melhorada.	Aprovado pelo cliente
INSERTO	Polipropileno(PP);  Galvanização.	Injeção local da peça;  Galvanização em terceiros	Sem emissão de resíduos	Rejeição reintegrada ao processo (SEM METALIZAÇÃO);  Rejeição não reintegrada ao processo (COM METALIZAÇÃO);	Consumo de Recursos Naturais;  Transporte excessivo e emissão de gases poluentes;  Redução de vida de aterro Sanitário;  Decomposição lenta;  Contaminação do solo	Crítico

Quadro 7 – ACV simplificada do reprojeto

#### **3.5.4.4 Construção de protótipos**

Neste momento reprojeto possuía além das configurações possíveis para o reprojeto, todo seu escopo de operações definidos, porém para efetiva concretização do objetivo, era necessária uma real verificação de ganhos ambientais, que seriam constatados após a construção de protótipos (ver ANEXO A).

Depois de alocados os recursos necessários, foram iniciados os testes das novas operações propostas pelo reprojeto. Para o lastro foi necessária a construção de um molde de injeção conforme a geometria da peça, e para a sobretampa foram realizados alguns ajustes para que a injetora fosse capaz de executar a operação com serragem. Diversas variações de pigmentos e serragens foram testadas para a sobretampa ao passo que para o lastro o aspecto visual não requeria considerações.

O produto finalmente estava reprojeto, restando agora apenas aprovação do cliente por um dos protótipos de sobretampa sugerido. Dessa forma o reprojeto poderia ser encerrado após suas documentações, sendo alvo de controle a partir deste instante, dos setores de produção e de qualidade.

### **3.6 Análise Comparativa de Impactos no Processo Produtivo**

A constatação da eficiência da produção e da eficácia dos novos processos seria identificada apenas no momento da produção dos primeiros lotes definitivos. Para tal, foi necessária a extração de dados do projeto original e do novo projeto de forma a se traçar um estudo comparativo entre eles.

Para efeitos de comparação, devem-se estabelecer indicadores de desempenho referentes aos dados dos processos dos quais se deseja obter uma análise, e partir desses indicadores podem ser observados comportamentos de uma determinada variável em relação à outra. É importante que se considere em casos de reprojeto que a alteração de um produto geralmente é mais flexível que alterações de processos, pois o desenvolvimento de um produto na maioria das vezes é realizado para a utilização de processos já existentes (Graedel e Allenby, 1995).

### 3.6.1 Inspeção e controle de qualidade

Os requisitos de qualidade do produto são identificados a partir das necessidades do cliente, que no momento da solicitação do projeto, discute em conjunto com o fornecedor, uma série de critérios que deverão ser considerados no projeto e aplicados à peça de modo que esta esteja apta a corresponder as necessidades funcionais e comerciais do produto.

Determinados os requisitos do projeto, o fornecedor se responsabiliza pelos métodos utilizados para que o cliente receba a peça em conformidade com os requisitos pré-estabelecidos. Neste caso, o fornecedor elabora meios de controle do processo e inspeção da qualidade do produto de forma a garantir a estabilidade e confiabilidade do processo.

Na empresa em questão, tais meios de controle são estabelecidos por formulários e regras de inspeção, amparados pelo sistema integrado de gestão da empresa certificado pela norma ISO 9001. Para a tampa em questão, o método de inspeção é baseado em níveis de aceitação de defeitos, que é determinado pela inspeção periódica e pela comparação de amostras de lotes produzidos às panóplias de defeitos (ver ANEXO B).

Os defeitos são classificados segundo sua intensidade, de acordo com o seu comprometimento à integridade do produto, e caso o defeito receba qualificação de reprova de acordo com a panóplia, é então caracterizado como perda. Simultaneamente à inspeção visual, são realizadas verificações de metrologia.

#### 3.6.1.1 Comparação qualitativa

A quantidade acumulada de perdas por variabilidade de dimensões das peças é pouco significativa em relação às perdas por inspeção visual, portanto para fins de determinação de um indicador de desempenho, foi estabelecido um índice de reprova por panóplia de cada peça em relação ao número de peças rejeitadas (1), fornecido pelo controle de qualidade. (ver ANEXO C).

$$Id = \frac{PeçasPerdidas}{Peças Rejeitadas} \quad (1)$$

As rejeições estão presentes em qualquer processo de manufatura, pois a variabilidade é uma condição inerente ao processo. Como pode ser observado a partir dos dados de rejeições e perdas no processo (ver ANEXO C), e também a partir dos fluxogramas de processo anteriormente apresentados, nem todas as rejeições se tornam uma perda, como no caso do novo lastro e da nova sobretampa, porém para casos como lastro de ZAMAC e da sobretampa com DEEP, uma peça rejeitada necessariamente estava caracterizada como perdida. Assim espera-se que o indicador de desempenho escolhido forneça um índice balanceado entre estes termos em relação aos dois projetos.

Com os dados em mãos e um indicador de desempenho estabelecido, os dados foram manipulados dando forma aos itens a seguir. Para cada projeto foram somadas as quantidades produzidas de cada uma das peças, assim como as rejeições e perdas (Tabela 2), e assim o indicador de desempenho pode ser demonstrado a seguir (Figura 12).

Tabela 2 – Total de Peças Rejeitadas e Perdidas

PROJETO	PEÇAS REJEITADAS	PEÇAS PERDIDAS	Id
PROJETO ORIGINAL	50473	36125	0,715729202
REPROJETO	1703	606	0,355842631

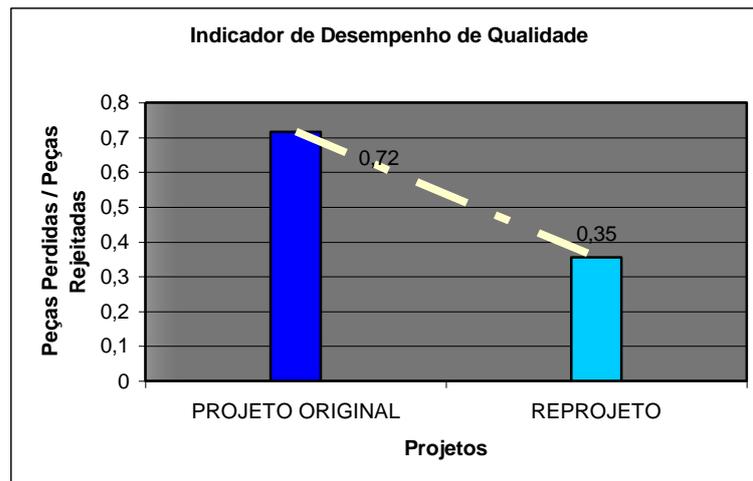


Figura 12 – Demonstrativo do indicador de desempenho entre projetos

Analisando os dados apresentados, notou-se a ocorrência de uma brusca queda no índice de peças perdidas referentes ao reprojeto em relação ao projeto original. De fato, a expectativa do reprojeto quanto à minimização de perdas foi atendida, e as causas desta considerável redução podem ser facilmente identificadas pelas características listadas abaixo:

- a) A eliminação de dois processos terceirizados proporcionou uma capacidade maior de controle sobre a fabricação das peças;
- b) Com os novos processos, sobretampa e o lastro passaram a ter ciclos fechados de produção, nos quais as peças rejeitadas são moídas e reintegradas ao processo, de forma que as perdas pelo processo de DEEP e pela aquisição do lastro de ZAMAC deixaram de existir.

### **3.6.2 Comparação de custos e processos de produção**

Uma análise confiável do desempenho de processos de manufatura envolve inúmeros fatores que dão origem a uma grande quantidade de variáveis que devem ser analisadas conforme suas correlações. Para efeitos deste estudo de caso, optou-se por restringir esta análise a algumas medidas parciais de desempenho, tendo em vista que algumas características intrínsecas a qualquer outro projeto da empresa estudada mantiveram-se inalteradas com as alterações do projeto original para o reprojeto. Dessa forma, as medidas parciais elegidas para a análise foram escolhidas de maneira que viessem de encontro aos objetivos do reprojeto, sendo elas:

- a) Operações de transporte e *lead time* de pedido
- b) Custo unitário do produto

#### **3.6.2.1 Operações de transporte e *lead time* de pedido**

A logística envolvida na aquisição de materiais, processos terceirizados e envio ao cliente demanda que os componentes percorram longos trechos até que recebam seus devidos tratamentos. Do ponto de vista ambiental, tais operações correspondem a uma grande perda de eficiência em relação a emissões de poluentes, ao mesmo tempo em que correspondem a um

acréscimo considerável ao custo final do produto. A partir das distancias estimadas entre os locais onde as operações são executadas, foi possível determinar a quilometragem total percorrida (Tabela 3).

**Tabela 3 – Estimativa de percursos na execução de operações do projeto original**

PROJETO	OPERAÇÃO	LOCAL	TRECHO DE IDA (KM)	TRECHO DE RETORNO (KM)	TOTAL (KM)
ORIGINAL	Aquisição de Materias Primas	São Paulo - Capital	700	-	5040
	Aquisição do Lastro	São Paulo - Interior	750	-	
	Acabamento da Sobretampa	Rio Grande do Sul	840	840	
	Acabamento do Inserto	São Paulo - Interior	730	730	
	Envio ao Cliente	Paraná - Capital	450	-	
REPROJETO	Aquisição de Materias Primas	São Paulo - Capital	700	-	2610
	Acabamento do Inserto	São Paulo - Interior	730	730	
	Envio ao Cliente	Paraná - Capital	450	-	

De acordo com os dados expostos na Tabela 3, nota-se que algumas operações contribuíram para a redução do percurso total de movimentação de componentes. Partindo das operações que apresentaram redução, do tempo médio de execução das operações e das adequações dos tempos de ciclo de produção, foi possível estimar a contribuição destas operações para a redução do *lead time* de pedido.

Para efeitos de comparação da redução do *lead time* considerou-se os processos que envolvem a fabricação do lastro e da sobretampa, pois conforme visto, foram os itens que determinaram reduções nos percursos. Consideraram-se pertinentes, variáveis diretamente relacionadas ao tempo de operações rotineiras no processo de manufatura deste tipo de produto, sendo que as informações contidas nos cálculos foram extraídas do histórico de dados do sistema de gestão da produção da empresa, já os dados do reprojeto foram coletados *in loco*.

A variável *tempo máximo de espera* corresponde ao tempo máximo transformado em segundos, garantido pelo fornecedor para que o componente esteja à disposição da produção no caso de processos terceirizados, e no caso de processos internos, corresponde ao prazo médio em que um novo pedido aguarda para entrar em produção. A variável *setup de máquina*, dada em segundos, faz referência ao tempo de ajuste de máquinas para a fabricação dos componentes que são produzidos internamente. O *tempo de ciclo* corresponde ao tempo

necessário para a injetora processar uma unidade de um determinado componente e também é apresentado em segundos. Sendo assim, o tempo total calculado corresponde ao tempo total necessário para que a primeira unidade de certo componente seja produzida.

Com as considerações anteriores, o resultado da tabela é capaz de determinar qual a variação do *lead time* de pedido entre os projetos, uma vez que esta variação de medida agregada ao *lead time* total representa um fator de acréscimo ou decréscimo do mesmo.

**Tabela 4 – Variação significativa do *lead time* de pedido**

Projeto	Operação	Tempo Max de Espera(s)	Setup de Máquina (s)	Ciclo(s)	Total(dias)	$\Delta T$ (dias)
ORIGINAL	Aquisição do Lastro	604800	-	-		12
	Injeção da Sobretampa	432000	7200	8,75	23	
	Acabamento da Sobretampa	864000	-	-		
REPROJETO	Injeção do Lastro	432000	7200	10,25		11
	Injeção da Sobretampa c/ serragem	432000	14400	13,75		

Os resultados obtidos demonstraram que os processos terceirizados eliminados pelo reprojeto representaram a maior parcela de contribuição para a redução de trajetos percorridos entre operações e conseqüentemente para a otimização do tempo médio em que um pedido do produto é executado.

### 3.6.2.2 Custo unitário do produto

Uma última análise comparativa entre as alterações no ambiente de produção abordou as modificações de custo de produção para que fosse possível a verificação do atendimento a necessidade de se manter o custo final do produto, requisito este, solicitado pelo cliente e integrado nas entradas iniciais do reprojeto.

Para tanto, foram coletados os dados referentes aos dois projetos e dispostos conforme o custo unitário de produção de cada componente do produto (Tabela 5).

Tabela 5 – Diferença de custos unitários entre os projetos

Projeto	Componente	Custo Unitário	Custo Total	ΔCT
ORIGINAL	INJEÇÃO DO INSERTO	R\$ 0,62	R\$ 6,96	-R\$ 2,35
	GALVANIZAÇÃO	R\$ 0,71		
	INJEÇÃO DA SOBRETAMPA	R\$ 0,80		
	DEEP	R\$ 1,90		
	LASTRO ZAMAC	R\$ 1,26		
	MONTAGEM	R\$ 0,11		
OPERAÇÕES LOGISTICAS	R\$ 1,57			
REPROJETO	INJEÇÃO DO INSERTO	R\$ 0,62	R\$ 4,61	
	METALIZAÇÃO	R\$ 0,71		
	INJEÇÃO DA SOBRETAMPA C/ SERRAGEM	R\$ 1,15		
	LASTRO PP C/ CARGA	R\$ 0,98		
	MONTAGEM	R\$ 0,11		
	OPERAÇÕES LOGISTICAS	R\$ 1,05		

Conforme os resultados obtidos nas análises anteriores, o custo unitário do produto seguiu a tendência de decréscimo identificada em decorrência dos processos substituídos pelo reprojeto, atendendo assim à restrição de custos.

## 4 CONCLUSÃO

Este trabalho procurou estabelecer um elo entre a abordagem de projetos utilizados por uma indústria fornecedora de embalagens plásticas para o setor de cosméticos e uma metodologia para reprojeto que visem atribuir a um produto, características ambientalmente menos agressivas.

Foram apresentadas as adaptações que se fizeram necessárias para o estabelecimento da metodologia, sendo que esta pôde ser implantada simultaneamente a ocorrência de um evento ao qual vinha de encontro a seu objetivo. Dessa maneira foi possível que a metodologia fosse avaliada e introduzida aos modelos de gestão de projetos da empresa.

A elaboração da metodologia aconteceu em um momento em que as empresas seguem as tendências de uma movimentação global que procura cada vez mais introduzir produtos ecologicamente corretos ao mercado e adequar suas operações neste sentido, sob a perspectiva de que sua competitividade possa ser ameaçada caso não desenvolva atividades sustentáveis.

O estudo de caso foi iniciado com a introdução de um modelo de reprojeto para o meio-ambiente, que foi absorvido de forma satisfatória pela equipe de desenvolvimento e pelos gestores envolvidos. A seguir, alguns parâmetros qualitativos e quantitativos da cadeia de produção foram avaliados, com a finalidade de validar as expectativas contidas no reprojeto.

No entanto, o reprojeto em questão apresentou pontos peculiares determinantes de uma grande melhoria do produto reprojeto em relação ao original. A flexibilidade de processos encontrada foi de extrema importância, pois geralmente processos apresentam pouca flexibilidade, restando à atividade de reprojeto agir essencialmente em função do produto, o que determina que pontos menos significativos sejam trabalhados.

Os resultados obtidos apresentaram uma brusca variação, porém tais variações foram decorrentes da eliminação de operações logísticas e redução de processos terceirizados, de forma que mudanças significativas ocorreram de maneira pontual no escopo do reprojeto.

De fato a metodologia se mostrou eficiente, devendo ser aplicada em ocasiões futuras com uma melhor caracterização dos aspectos ambientais da empresa, para que pontos esquecidos e não abordados neste estudo sejam contemplados em uma próxima oportunidade.

## REFERÊNCIAS

- ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas – NBR 9000:2005. **Sistemas de Gestão da Qualidade** – Fundamentos e Vocabulário. Rio de Janeiro 2005.
- AGENDA 21 – **Meio Ambiente & Desenvolvimento Sustentável**. Disponível em < [http://www.mma.gov.br/estruturas/agenda21/\\_arquivos/reviport.pdf](http://www.mma.gov.br/estruturas/agenda21/_arquivos/reviport.pdf)> Acesso em 10 de maio de 2007.
- ANJOS, Margarida Dos; FERREIRA, Marina Baird. **Mini Aurélio**: o minidicionário da língua portuguesa. 4. ed. Rio de Janeiro: Editora Nova Fronteira, 2002.
- ARAÚJO, Rodrigo Hermes De. **Decomposição De Conhecimento Para Projeto De Produto**: Abordagem Para Estruturar Sistema Especialista Como Sistema Auxiliar De Informações Em Projetos De Engenharia Simultânea. 2000. 146 f. Tese (Mestrado) - Curso de Engenharia de Produção, Departamento de Eps, Ufsc, Florianópolis, 2000.
- ATTADIA, Lesley Carina; MARTINS, Roberto Antonio. **Medição de desempenho como base para a evolução da melhoria contínua**. Revista Produção: Estratégia e Organizações, São Paulo, p.33-41, ago. 2003. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0103-65132003000200004&lng=pt&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-65132003000200004&lng=pt&nrm=iso)>. Acesso em: 12 maio 2007.
- BAXTER, Mike. **Projeto de Produto**: guia prático para o design de novos produtos. 2. ed. São Paulo: Edgard Blücher, 2005. 260 p.
- BITENCOURT, Antônio Carlos P. **Desenvolvimento de uma metodologia de reprojeto para o meio ambiente**. Florianópolis, 2001. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) –Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica, Universidade Federal de Santa Catarina.
- COX, Charles; MORAN, John; REVELLE, Jack. **The QFD Handbook**. New York: Atlas, 1997. 410 p.
- DATSCHEFSKI, Edwin. **Total Beauty**: product design that is compatible with nature. Disponível em < <http://www.biothinking.com/btintro.htm>> acesso em 05 de maio de 2007

- DUFOUR, C. A.. **Estudo do processo e das ferramentas de reprojetado de produtos industriais, como vantagem competitiva estratégica de melhoria constante.** Dissertação de Mestrado em Engenharia Produção, UFSC, Florianópolis, 1996. Disponível em < <http://www.eps.ufsc.br/disserta96/dufour/index/index.htm>> Acesso em 05 de maio de 2007.
- ENVIRONMENT AUSTRÁLIA – **Corporate Sustainability Reporting** – Disponível em <<http://www.environment.gov.au/settlements/industry/corporate/reporting/index.html>> acesso em 07 de maio de 2007
- EUREKA, William E; RYAN, Nancy E. **QFD: Perspectivas gerenciais do desdobramento da função qualidade.** Rio de Janeiro: Qualitymark, 1995. 105 p.
- FIDEL, Raya. **The case study method: a case study.** In: GLAZIER, Jack D. & POWELL, Ronald R. *Qualitative research in information management.* Englewood, CO: Libraries Unlimited, 1992. 238p. p.37-50.
- GRAEDEL, T.E.; ALLEMBY, B.R. **Industrial Ecology.** New Jersey : Prentice Hall, 1995. 398 p.
- JURAN, Joseph M. **A Qualidade Desde O Projeto: os novos passos para o planejamento da qualidade.** 1. ed. São Paulo: Pioneira, 2004. 551 p.
- JURAN, J M. **Juran Planejando Para a Qualidade.** 3. ed. São Paulo: Pioneira, 1995. 394 p.
- LIMA, Rose Mary Rosa de; ROMEIRO FILHO, Eduardo. **A contribuição da análise ergonômica ao projeto de produto voltado para a reciclagem.** Revista Produção: Gestão Ambiental, São Paulo, n. , p.82-87, ago. 2003. Disponível em < [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0103-65132003000200008&lng=pt&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-65132003000200008&lng=pt&nrm=iso)> Acesso em 12 de maio de 2007.
- MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, **Agenda 21 Brasileira** – Disponível em < <http://www.mma.gov.br/index.php?ido=conteudo.monta&idEstrutura=18&idConteudo=908>> Acesso em 10 de maio de 2007.
- MARTINS, Petrônio G.; LAUGENI, Fernando Piero. **Administração da Produção.** 2. ed. São Paulo: Saraiva, 2005. 562 p.

- NETTO, A. C. **Gestão da Qualidade em Projetos e Desenvolvimento do Produto:** Contribuição para Avaliação da eficácia. 2006. 317 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Mecânica, Departamento de Engenharia Mecânica, Escola Politécnica da USP, São Paulo, 2006.
- PALADINI, Esdson Pacheco. **Gestão da Qualidade:** Teoria e Prática. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2004. 33 p.
- PMI (Estados Unidos). **Guia PMBOK:** Conjunto de conhecimentos em gerenciamentos de projetos. 3. ed. Pennsylvania: Book Editor, 2004. 405 p.
- PORTER, M. E. **Vantagem competitiva:** criando e sustentando um desempenho superior. Rio de Janeiro : Campus, 1996.
- PRATES, Gláucia Aparecida. **Ecodesign utilizando QFD, Métodos de Taguchi e DFE.** 1988. 1 v. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia de Produção, Departamento de Engenharia de Produção e Sistemas, UFSC, Florianópolis, 1998. Disponível em: <<http://www.eps.ufsc.br/teses98/glaucia/index.html>>. Acesso em: 20 mar. 2007.
- RAMOS, Jaime. **Alternativas para o projeto ecológico de produtos.** 2001. 152 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia de Produção, Departamento de Engenharia de Produção e Sistemas, UFSC, Florianópolis, 2001. Disponível em <<http://teses.eps.ufsc.br/defesa/pdf/1167.pdf>> Acesso em 05 de maio de 2007.
- ROY, R. **Design a greener product:** the hoover “new wave” washing machine range. The interdisciplinary journal of a design and contextual studies, 2002. Disponível em: <<http://www.co-design.co.uk/hoover.htm> > Acessado em 15 de maio de 2007
- SLACK, Nigel; CHAMBER, Stuart; JOHNSTON, Robert. **Administração da Produção.** 2. ed. São Paulo: Atlas, 2002. 747 p...
- SILVA, Vanderlei; **Software Casa da Qualidade** versão 1.3, 1995.
- TIBOR, Tom. **ISO 14000:** um guia para as normas de gestão ambiental, São Paulo: Futura, 1996
- TUBINO, Dalvio Ferrari. **Manual de Planejamento e Controle da Produção.** 2. ed. São Paulo: Atlas, 2000. 220 p.

VONDEREMBSE, Mark; RAGHUNATHAN, T S. **Quality Function Development's impact on product development.** International Journal Of Quality, Toledo, Ohio, p. 253-271. maio 1997.

**APÊNDICE A – MATRIZ DE DETERMINAÇÃO DO NÍVEL DE  
REPROJETO**

Requisitos	Níveis de Reprojeto			
	Importância	Original	Adaptativo	Paramétrico
Alterar Processo de Acabamento da Sobretampa	5	3	5	1
Minimizar processos terceirizados	3	1	5	1
Facil desmontagem	3	5	1	5
Descarte seletivo	3	3	3	1
Utilizar materiais reciclados	3	5	3	1
Manter características funcionais	5	1	5	5
Manter custo	5	1	5	5
Alterar Processo de Acabamento do Inserto	3	3	5	5
Alterar material do lastro	5	1	5	1
Minimizar refugos de processos	3	1	3	1
Manter aspecto de Madeira na sobretampa	5	1	5	1
<b>Valor do Nível (Vn):</b>		89	185	107

$$Vn = \sum li.n$$

onde: li = importância

n = valor do nível de reprojeto

**Quadro 8 - Matriz de Determinação do Nível de Reprojeto**

## **APÊNDICE B – RESULTADO DE APLICAÇÃO DO QFD**

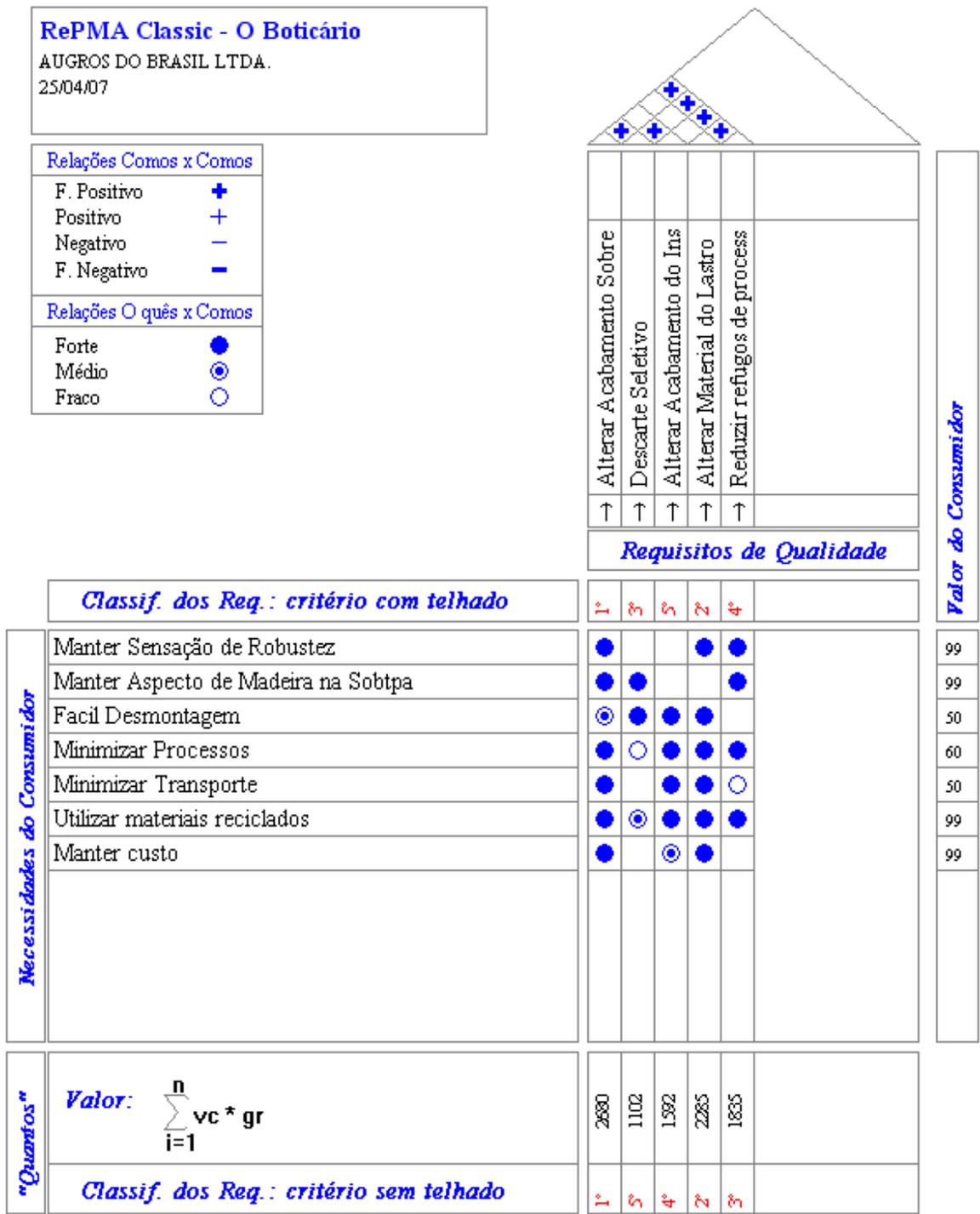


Figura 13 – Resultados QFD obtidos com o software Casa da Qualidade

## **ANEXO A – COMPONENTES DO ESTUDO DE CASO**



Figura 15 – Layout do Produto Original e do Reprojeto

**ANEXO B – FORMULÁRIOS E MÉTODOS DE INSPEÇÃO DE  
PRODUTOS**

Classificação dos defeitos:

Item: Sobretampa

Cliente: \_\_\_\_\_

Defeitos: C = Critico – 0,25

M=Maior – 1,5

M=Menor – 4,00

Ref*	Descrição dos Defeitos	Aceitável	Máx Aceitável	Defeito	Reprovado
1	Aspecto	X			
2	Ponto preto				X
3	Mancha de pigmento	X			
4	Mancha de serragem		X		

\*As referencias à numeração dos exemplos contidos na panóplia.

Item: Inserto Calssic – sem metalização

Cliente: \_\_\_\_\_

Defeitos: C = Critico – 0,25

M=Maior – 1,5

M=Menor – 4,00

Ref*	Descrição dos Defeitos	Aceitável	Máx Aceitável	Defeito	Reprovado
1	Aspecto	X			
2	Amassado				X
3	Empenamento	X			
4	Empenamento				X

\*As referencias à numeração dos exemplos contidos na panóplia.

Item: Lastro

Cliente: \_\_\_\_\_

Defeitos: C = Critico – 0,25

M=Maior – 1,5

M=Menor – 4,00

Ref*	Descrição dos Defeitos	Aceitável	Máx Aceitável	Defeito	Reprovado
1	Rebarba	X			
2	Lascado	X			

\*Referencias à numeração dos exemplos contidos na panóplia.

Item : Inserto Metalizado

Cliente: O boticário

Defeitos: C = Critico – 0,25

M=Maior – 1,5  
M=Menor – 4,00

Ref*	Descrição dos Defeitos	Aceitável	Máx Aceitável	Defeito	Reprovado
1	Ponto Duro		X		
2	Ponto Duro				X
3	Pontos Duros		X		
4	Verniz		X		
5	Marca				X
6	Verniz	X			
7	Verniz				X
8	Mancha	X			
9	Mancha (riscado)				X
10	Verniz		X		
11	Verniz				X

Referencias à numeração dos exemplos contidos na panóplia.

Item: Tampa - Montada

Cliente: \_\_\_\_\_

Defeitos: C = Critico – 0,25

M=Maior – 1,5

M=Menor – 4,00

Ref*	Descrição dos Defeitos	Aceitável	Máx Aceitável	Defeito	Reprovado
1	Acoplamento	X			
2	Acoplamento				X

\*Referencias à numeração dos exemplos contidos na panóplia

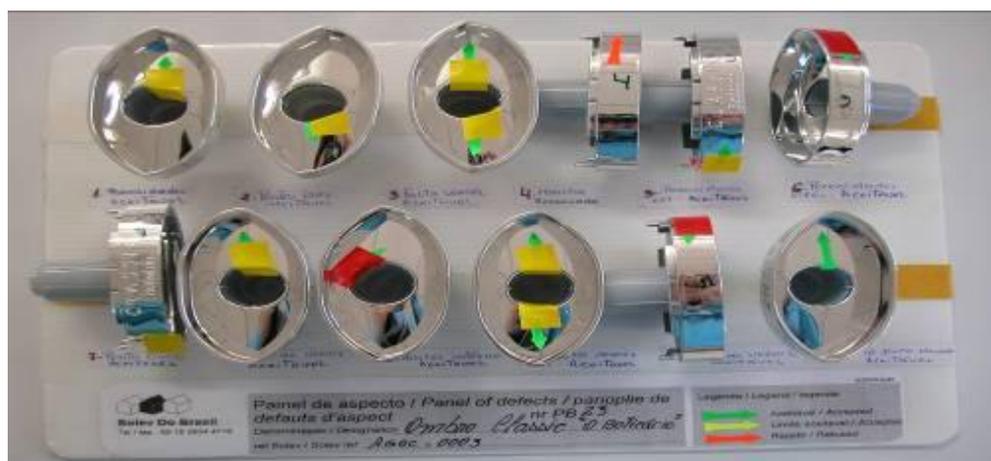


Figura 14 – Exemplo de Panóplia de defeitos estéticos

## FORMULÁRIO DE INSPEÇÃO

CLIENTE: \_\_\_\_\_

ITEM: INSERTO

SETOR: INJETORA

CÓD.: XXX,XX,X

Características	Crítérios de Aceitação	Metodologia
<b>Aspecto</b> -Cor -Rebarba -Sujeira-pó/óleo -Empenamento -Amassado	Conforme a panóplia	-Frequência=01 ciclo 03 vezes ao turno -Analisar as amostras minuciosamente e inspecionar normalmente todas as peças antes de acondicionar
Massa	9,45 a 10,45g	-Frequência=01 ciclo, 01 vez ao turno -Pesar conforme o procedimento PO.10.02
Diâmetro interno (Cálibre)	O inserto deverá entrar suavemente (com pouca interferência) e não deverá soltar-se livremente do calibre	-Frequência=01 ciclo 03 vezes ao turno -Inserir o calibre nas tampas logo após moldagem

Obs.: Registrar os resultados no Formulário de Acompanhamento da Produção.

### Revisão

Versão Data Descrição

00      \_\_/\_\_/\_\_      Elaboração

Visto Serviço da Qualidade:

## **ANEXO C – DADOS DE REJEIÇÃO DO CONTROLE DE QUALIDADE**

<b>Produto Original</b>			
<b>Peça</b>	<b>Quantidade (pçs)</b>	<b>Rejeição</b>	<b>Perda</b>
INSERTO S/ METALIZAÇÃO	282363	6895	0
INSERTO C/ METALIZAÇÃO	282363	13764	13764
SOBRETAMPA S/ DEEP	281914	7453	0
SOBRETAMPA C/ DEEP	281914	11151	11151
LASTRO ZAMAC	282450	8320	8320
TAMPA MONTADA	275320	2890	2890
<b>TOTAL</b>	<b>1686324</b>	<b>50473</b>	<b>36125</b>

<b>Produto Reprojeto</b>			
<b>Peça</b>	<b>Quantidade</b>	<b>Rejeição</b>	<b>Perda</b>
INSERTO S/ METALIZAÇÃO	12236	285	0
INSERTO C/ METALIZAÇÃO	12236	491	491
SOBRETAMPA C/ MADEIRA	12778	723	0
LASTRO PP	12320	89	0
TAMPA MONTADA	11745	115	115
<b>TOTAL</b>	<b>61315</b>	<b>1703</b>	<b>606</b>

Tabela 6 – Dados sobre rejeição e perdas de peças extraídos do ERP

## GLOSSÁRIO

AGENDA 21	Instrumento de planejamento participativo para o desenvolvimento sustentável.
<i>Designer</i>	Projetista envolvido no projeto de produtos, em tradução livre do idioma inglês.
<i>Environment</i>	Meio-ambiente, em tradução livre do idioma inglês.
Injeção	Processo de transformação de termoplásticos por uma máquina injetora.
<i>Lead-time</i>	Tempo que decorre entre o instante da entrada de um item no sistema até o instante de sua saída, em tradução livre do idioma inglês.
Matriz	O mesmo que molde.
Molde	Ferramenta onde se realiza a injeção, responsável por conceber a forma geométrica do produto.
Produto verde	Produtos gerados por processos sustentáveis de manufatura
<i>Setup</i> Máquina	de Operação que consiste em atribuir parâmetros para que uma máquina execute determinada operação.
Tempo Ciclo	de Tempo necessário para que uma atividade de manufatura processe a matéria-prima para transformação em um produto.
ZAMAC	Liga metálica composta por metais pesados.

**Universidade Estadual de Maringá**  
**Departamento de Informática**  
**Curso de Engenharia de Produção**  
**Av. Colombo 5790, Maringá-PR**  
**CEP 87020-900**  
**Tel: (044) 3261-4324 / 4219 Fax: (044) 3261-5874**