

# Adaptação de Produtos para Mercados Diferenciados a partir da Engenharia Reversa

Luiz Gilberto Monclaro Mury, M.Sc.

Flávio S. Fogliatto, Ph.D.

Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção - PPGEP

Universidade Federal do Rio Grande do Sul - UFRGS

Praça Argentina, 9 - sala LOPP - CEP 90040-020 - Porto Alegre - RS - Brasil

luiz@portia.com.br

ffogliatto@ppgep.ufrgs.br

Um dos maiores desafios das empresas exportadoras está na identificação e atendimento, de forma dinâmica, às exigências de mercados externos. Neste artigo, propõe-se uma metodologia para melhoria e adaptação de produtos destinados a mercados diferenciados. A metodologia, implementada em oito passos estruturados, parte de conceitos da Engenharia Reversa e seus habilitadores, bem como de ferramentas para melhoria de processos, tais como QFD – Quality Function Deployment, Cartas de Processo e FMEA – Failure Mode and Effects Analysis. A metodologia proposta é aplicada em um caso prático, onde o objetivo é adaptar um pincel brasileiro às demandas de um distribuidor alemão de ferramentas manuais.

**Palavras-Chave:** Engenharia Reversa, Melhoria de produtos, Desenvolvimento de produtos.

*Rapid identification and compliance to customized market demands are among the top challenges faced by companies targeting at foreign markets. In this paper we propose an eight-step method for the adaptation and improvement of industrialized products driven by customer demands. The method we propose is grounded on Reverse Engineering principles and process improvement techniques, such as Quality Function Deployment, Process Mapping and Failure Mode and Effects Analysis. The method steps are illustrated by a case example, where the objective is to adapt a paintbrush manufactured by a Brazilian company to the demands of a German distributor of manual tools.*

**Keywords:** Reverse Engineering, Product improvement, Product development.

## 1. INTRODUÇÃO

A exportação de produtos industrializados exige elevada competência em todos os aspectos empresariais. Empresas exportadoras de sucesso são capazes de identificar exigências em mercados externos – bastante diferenciadas do mercado interno – e transformá-las em estratégias empresariais (Messner, 1994). Na ordem econômica atualmente vigente, o cliente pode-se encontrar em qualquer localidade dentro ou fora do país. Assim, mercados consumidores não são mapeados por países ou clientes, mas por necessidades e oportunidades de negócios (Carnier, 1994). Diante deste cenário, a competição pelos mercados consumidores se dá não somente entre empresas geograficamente próximas, mas entre fabricantes em nível mundial. Neste contexto, é essencial que empresas exportadoras estejam atentas a técnicas que possibilitem o rápido desenvolvimento ou adaptação dos produtos às demandas de seus mercados-alvo.

*Os mercados consumidores atuais são caracterizados por uma grande variedade de produtos com ciclos curtos de vida. Tais características são habilitadas por avanços tecnológicos relacionados ao tratamento de informações, materiais e processos, os quais apresentam impacto crescente sobre os métodos tradicionais de desenvolvimento de produtos (Chandru & Manohar, 1997). Como consequência, a necessidade de diminuição do tempo de desenvolvimento de novos produtos tornou-se crítica para a manutenção da competitividade de empresas no mercado internacional (Lee & Hoo, 1998).*

*Entre as principais técnicas existentes para o desenvolvimento ou adaptação de produtos encontra-se a Engenharia Reversa (ER), um tema pouco abordado e difundido nos países geradores de tecnologia por ser frequentemente confundido com cópia ilegal de produtos. Esta técnica, no entanto, quando inserida em*

uma metodologia para implementação de melhorias em produtos, pode resultar no aperfeiçoamento dos produtos em desenvolvimento, ao tomar como ponto de partida para o processo de desenvolvimento especificações técnicas de produtos já lançados no mercado e de desempenho consolidado. A ER transcende a simples cópia de produtos sob pelo menos dois aspectos. No que tange ao desenvolvimento ou adaptação de um produto, o ponto crítico na ER é a formulação de especificações do novo produto, sendo, para tanto, necessárias atividades de pesquisa e desenvolvimento. A elaboração do projeto do processo produtivo, por sua vez, apresenta um grau de complexidade que demanda expertise técnica e informações não imediatamente obtidas em processos de ER (Dias, 1998).

Neste artigo, propõe-se uma nova metodologia para o desenvolvimento de produtos, baseada em princípios de ER e em ferramentas de mapeamento e melhoria de produtos e processos produtivos, tais como o QFD – Quality Function Deployment ou Desdobramento da Função Qualidade (Akao, 1996), cartas de processo (Krajewski & Ritzman, 1999) e o FMEA – Failure Modes and Effects Analysis ou Análise de Modos e Efeitos de Falha (Hoyland & Rausand, 1994).

A metodologia proposta é implementada em oito passos, apresentados na Figura 1. Inicialmente, coletam-se informações sobre demandas dos clientes relativamente às características do produto em desenvolvimento (Passo 1). Na sequência, levantam-se especificações técnicas do produto a partir de benchmarking com produtos de penetração consolidada no mercado (Passo 2). Avaliam-se, então, os impactos do atendimento às demandas estabelecidas pelo cliente sobre os elementos funcionais que compõem o produto e sobre seu processo de fabricação (Passo 3). A fase exploratória e de estudo dos conceitos relacionados ao produto em desenvolvimento é concluída no Passo 4, com um estudo de viabilidade financeira das modificações propostas para o produto e seu processo de fabricação. Numa etapa intermediária da metodologia, geram-se protótipos do produto para apreciação de clientes e realização de pesquisas de mercado (Passo 5). Os passos seguintes são relacionados, diretamente, à aspectos de manufatura do produto. Inicialmente, são elencadas as condições necessárias na produção para garantir o atendimento às especificações técnicas definidas para o produto (Passo 6). Na sequência, são estabelecidas as condições necessárias ao

scale-up do produto (Passo 7). Por fim, avaliam-se os resultados das rodadas iniciais de produção com vistas à incorporação de modificações e melhorias no produto e em seu processo de fabricação (Passo 8).

A metodologia aqui apresentada é ilustrada através de um caso prático, realizado em uma empresa brasileira de ferramentas manuais. O produto abordado no estudo de caso é um pincel para pintura e o objetivo é promover sua adequação aos parâmetros desejados por um importador estrangeiro. A partir da análise do produto atualmente comercializado pela empresa importadora e dos parâmetros de qualidade elencados e ponderados por seu comprador técnico, foi desenvolvido um novo produto que congrega pontos fortes da ferramenta brasileira e dos concorrentes estrangeiros. O resultado do trabalho de adaptação da ferramenta manual não se resumiu, assim, à reprodução do produto atualmente comercializado pelo cliente importador, consistindo no desenvolvimento de um produto com características superiores.

A ER apresenta-se como a técnica mais adequada no desenvolvimento de produtos, quando o objetivo é partir de parâmetros de qualidade de produtos já existentes e melhorá-los, considerando itens de qualidade determinados pelo cliente. Neste contexto, obtém-se um resultado final próximo do produto já conhecido no mercado, mas suficientemente diferente, dadas eventuais melhorias, adequações e otimizações incorporadas. A utilização de um produto consolidado no mercado como ponto de partida para o desenvolvimento de produtos, como feito na ER, diminui o risco de falhas nos projetos.

Apesar de ser uma técnica pouco difundida na literatura especializada (por ser confundida com pirataria ou cópia ilegal sem reversão de royalties às empresas ou indivíduos originalmente responsáveis pelo desenvolvimento do produto copiado), a ER pode ser importante no desenvolvimento tecnológico de países com economias emergentes, em particular aqueles que dispõem de razoável grau de maturidade e desenvolvimento tecnológico em seu parque produtivo (Dias, 1998). Por ser uma técnica que permite efetuar adaptações em produtos de maneira rápida e de acordo com as demandas dos clientes, a utilização da ER nesses países abre espaço para adequações em produtos destinados a mercados específicos, habilitando, deste modo, os exportadores a oferecerem o que cada mercado necessita.

Apesar de possuir algumas etapas semelhantes, a ER difere do processo tradicional de desenvolvimento de

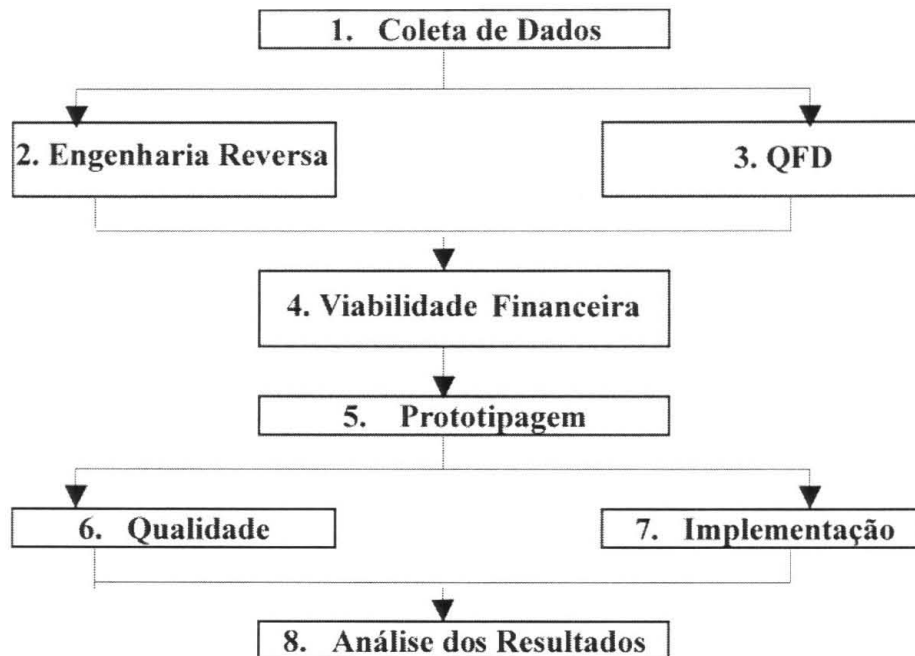


Figura 1. Passos da metodologia proposta.

produtos por utilizar como ponto de partida um produto já concebido; o processo tradicional inicia-se com a concepção de uma nova idéia. A identificação e mensuração de parâmetros a partir de produtos de referência demanda ações de natureza técnica distintas das ações usualmente previstas nos processos tradicionais de desenvolvimento, constituindo-se na etapa crítica no desenvolvimento tecnológico baseado na ER (Dias, 1998).

As cinco fases típicas de um processo de ER e seu paralelo no processo tradicional de desenvolvimento de produtos vêm apresentadas na Tabela 1.

Em um processo de ER, o ponto de partida está em

produtos já existentes. Caso não seja realizada uma pesquisa para determinar como os clientes avaliam o produto em estudo e o que necessita ser nele melhorado, a ER de um produto resume-se à sua reprodução. Caso sejam identificadas e atendidas necessidades de consumidores através da modificação do produto pré-existente, a ER torna-se uma ferramenta de apoio à implementação destas modificações. Os principais habilitadores da ER são o projeto auxiliado por computador (CAD – Computer Aided Design; Boulanger, 1998), os scanners tridimensionais (Guerreiro, 1999; Fischer & Park, 1999; Lee & Woo, 1998), as técnicas de prototipagem rápida (Netto, 1999) e a análise de materiais (Dias, 1998).

Tabela 1. Seqüência de atividades que caracterizam o desenvolvimento de produtos conforme o processo tradicional e sob a ótica da Engenharia Reversa (Adaptado de Ingle, 1994).

Processo tradicional	Engenharia Reversa
Necessidade	Produto
Idéia de um novo projeto	Desmontagem
Protótipo & teste	Medição & testes
Produto	Recuperação do projeto
	Protótipo & teste
	Produto ER

A maior parte da literatura sobre ER enfoca a sua utilização na reprodução de programas computacionais. Relativamente à reprodução de hardware, a literatura limita-se à descrição de métodos de aquisição de dados através de digitalização de imagens (Geiger & Huber, 1994, Boulanger, 1998 e Lee & Woo, 1998, entre outros). Aspectos importantes a serem considerados na adaptação de produtos, como o reprojeto orientado pelas necessidades e demandas identificadas junto a seus potenciais consumidores, ou mesmo uma sistemática para análise de viabilidade econômica de estudos de ER, não são abordados na literatura.

O desenvolvimento e adaptação de produtos utilizando ER pode ser encontrado, na literatura, no escopo de pelo menos duas abordagens. A primeira, devida a Ingle (1994), concentra-se em atividades e tecnologias que permitam a reprodução fiel de uma peça ou sistema, partindo do pressuposto que alterações não são necessárias. Apesar de restringir-se somente ao processo de ER em si, aspectos como a necessidade de avaliação financeira são enfatizados e todas as etapas necessárias à condução deste processo são descritas. A segunda, devida a Otto & Wood (1998), é uma metodologia de reprojeto de produtos onde a ER é utilizada como uma ferramenta de apoio. Este modelo tem como pilares a voz do consumidor, a ER e técnicas de modelagem, objetivando desenvolver um produto mais adequado do ponto de vista mercadológico. Apesar de apresentar alguns objetivos em comum com a proposta metodológica neste artigo, a abordagem de Otto & Wood (1998) faz uma utilização mais restrita de ferramentas de suporte e tem caráter mais genérico, não visando a adaptação de produtos a clientes específicos.

Este artigo está estruturado em quatro seções, incluindo a presente Introdução. A seção 2 é devotada à apresentação da proposta metodológica que motivou este trabalho. Na seção 3, apresentam-se os resultados da aplicação dos passos metodológicos em um estudo de caso. As conclusões do artigo são apresentadas na seção 4.

## 2. ADAPTAÇÃO DE PRODUTOS – METODOLOGIA PROPOSTA

A metodologia aqui proposta visa adaptar produtos manufaturados a mercados consumidores distintos (por exemplo, mercados externos) daqueles para os quais eles foram originalmente concebidos. Neste contexto, a

metodologia proposta é adequada no estudo de produtos voltados a mercados estratégicos e relevantes em termos de volume comercializado, nos quais a introdução de um produto demanda adaptações em pelo menos dois níveis. Num primeiro nível estão as peculiaridades do mercado, caracterizadas por conceitos como costume e tradição; em um segundo nível estão as próprias especificações dos consumidores, que desejam produtos com o maior grau de customização possível.

Os passos metodológicos propostos e as principais atividades que os compõem estão apresentados na Figura 2. É importante ressaltar a simultaneidade nos passos apresentados, conseqüência da necessidade de rapidez no processo de desenvolvimento e adaptação de produtos. Os passos na Figura 2 são detalhados na seqüência.

### 2.1 Coleta de Dados

Nesta etapa inicial, as características demandadas no produto em adaptação devem ser elencadas e ponderadas em importância. Tais informações de demanda por adaptações podem ser obtidas junto a clientes importadores (isto é, empresas responsáveis pela inserção do produto no mercado externo) ou junto a agentes que detenham o know-how acerca das características de demanda do mercado pretendidos. Dentre as informações a serem obtidas destacam-se: (i) especificações técnicas do produto, (ii) preço-alvo (ou target-price), e (iii) custos de frete e impostos para cálculo do preço DDP do produto (Delivered Duty Paid – preço posto no estabelecimento do cliente com os custos de importação incluídos). Além destas informações, devem ser obtidas amostras de produtos concorrentes que apresentem um ou mais dos itens de qualidade demandados pelo cliente importador; o objetivo aqui é facilitar o processo de adaptação e habilitar a ER do produto em estudo.

O sucesso na aplicação da metodologia depende, em grande parte, da qualidade das informações recebidas nesta etapa. Caso essas informações estejam incompletas ou não reflitam a realidade, o dispêndio de tempo e recursos nas etapas subseqüentes, bem como as alterações efetuadas no produto, podem resultar ineficientes.

Entrevistas e questionários junto a agentes importadores podem ser utilizados na identificação dos itens de qualidade e especificações técnicas demandadas do produto em estudo. Quanto à ponderação de seu grau de

importância, diversas abordagens são possíveis. No caso da utilização de questionários, por exemplo, a medição da importância dos itens elencados pode ser feita através de uma escala apropriada. No caso de entrevistas, uma estratégia de ponderação com base na ordem e frequência de menção dos itens, conforme proposto em Fogliatto & Guimarães (1999), pode ser uma boa alternativa. Outra opção é a utilização do Método Analítico Hierárquico (Saaty, 1977) sobre os resultados das entrevistas.

## 2.2 Engenharia Reversa (ER)

Nesta etapa, utiliza-se a ER e seus habilitadores para análise de produtos que detenham características desejadas do produto a ser desenvolvido. Dependendo do tipo de projeto, pode-se utilizar Scanners 3D para agilizar a confecção dos desenhos técnicos, trabalhando-se posteriormente os dados obtidos com ferramentas CAD. Caso não sejam necessárias modificações no projeto, parte-se diretamente para uma análise que identifique os pontos fracos no produto atual os quais, uma vez melhorados, podem transformar-se em argumentos de convencimento para a substituição do produto atualmente comercializado no mercado alvo pelo novo produto.

Algumas atividades caracterizam esta etapa. A partir da identificação de produtos benchmark sobre os quais deseja-se proceder a ER, promove-se sua desmontagem e mapeamento de componentes; o resultado final são tabelas de componentes para os produtos investigados. Os componentes são então analisados quanto às características dos materiais que os compõem; para tanto, são analisadas as variáveis listadas na Figura 3. Também são gerados desenhos com especificações técnicas e dimensionais dos componentes analisados em produtos benchmark e dos componentes projetados para o novo produto. Nesta fase, são utilizados habilitadores da ER, como os scanners e os programas CAD. Finalmente, elaboram-se tabelas comparativas entre os produtos já existentes e em projeto, e definem-se os componentes sobre os quais serão promovidas melhorias no produto em estudo.

## 2.3 QFD (Quality Function Deployment)

Tomando-se como base os itens de qualidade demandada priorizados pelos usuários (ou cliente importador) do

produto na primeira etapa da metodologia e as características de qualidade apontadas pelo fabricante do produto, inicia-se a montagem da Casa da Qualidade. Após o desdobramento das Matrizes do Produto e dos Processos, determinam-se quais processos devem ser focalizados para garantir a qualidade do produto final. Os processos prioritários identificados nesta etapa serão trabalhados em busca de um melhor monitoramento de seu desempenho, na etapa 6 da metodologia, apresentada mais adiante. O Apêndice deste artigo traz uma introdução à sistemática do QFD.

## 2.4 Viabilidade Financeira

Toda a modificação em um processo produtivo representa um custo a ser absorvido. Deve-se, assim, conduzir uma análise financeira baseada nos volumes de comercialização previstos, na taxa de lucro estimada e no custo de financiamento das alterações previstas. A análise financeira, isoladamente, pode apontar a inviabilidade do projeto dado o grau de competitividade praticado nos mercados almejados para o produto em estudo. Fatores de ordem estratégica e de marketing, como ampliação da base de mercados e de clientes podem, entretanto, justificar a condução do projeto.

Considerando os propósitos da metodologia aqui proposta, a Engenharia de Valor (EV) pode-se constituir em metodologia auxiliar pertinente nesta etapa de viabilidade financeira. A EV consiste na aplicação sistemática de um conjunto de técnicas que identificam funções necessárias em um produto, estimam seu valor e desenvolvem alternativas para desempenhar tais funções a um custo mínimo (Heller, 1971). Ao analisarem-se as funções desempenhadas pelo produto, compara-se o que está sendo oferecido com as necessidades do mercado. Assim, é possível identificar onde termina o desempenho satisfatório do produto e onde começa o seu "excesso de desempenho", que implica em valor extra pelo qual o usuário nem sempre está disposto a pagar. Neste contexto, o valor real de um produto atribuído pelo cliente pode ser expresso pela sua função de uso, dada pela razão entre Benefícios Percebidos e Preço. Assim, o valor real de um produto pode ser aumentado mediante alterações que promovam uma redução de preço ou incorporação de novas funções (Csillag, 1995).

A utilização da EV na metodologia aqui proposta, além de auxiliar na etapa de viabilidade econômica, pode ter um

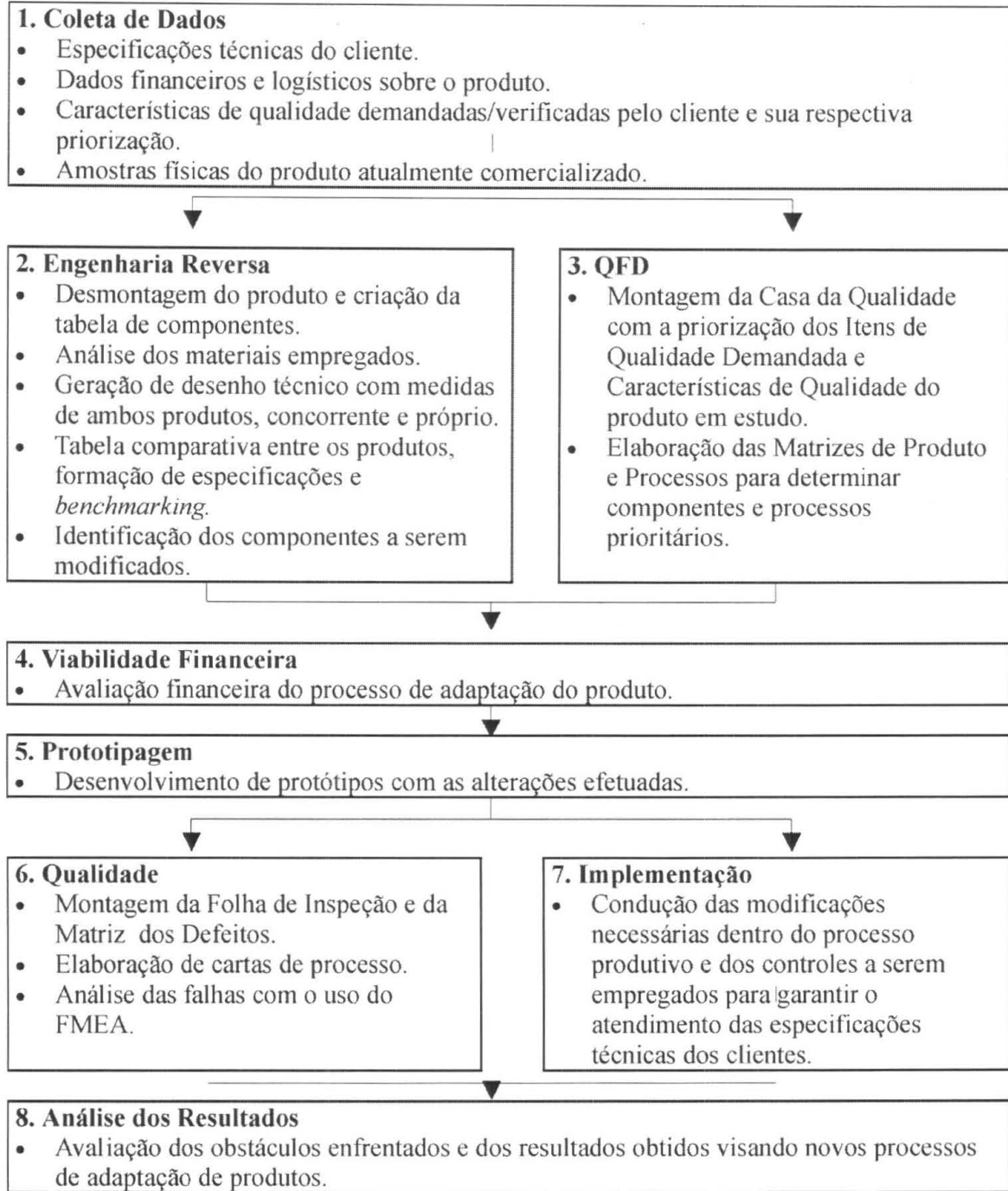


Figura 2. Metodologia proposta – passos metodológicos e principais atividades envolvidas.

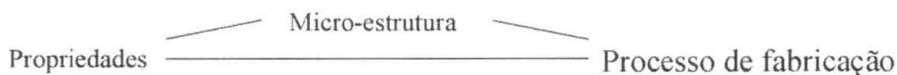


Figura 3. Variáveis que afetam os materiais (Adaptado de Callister, 1997).

*impacto positivo sobre a etapa 2, de Engenharia Reversa. A utilização da análise funcional, conforme proposto pela EV, no processo de desmontagem dos produtos benchmark, permite identificar problemas em seus componentes, como alto custo ou excesso de desempenho em comparação ao produto em projeto. A análise funcional, em conjunto com a ER, também fornece subsídios para o questionamento da necessidade da existência de determinados componentes, considerando a aplicação final do produto em projeto.*

## 2.5 Prototipagem

*Nesta etapa são preparadas amostras do produto em estudo. Estas amostras podem ser utilizadas em testes de mercado, como objeto de análise em painéis focalizados ou como provas a serem analisadas por potenciais compradores. Caso existam alterações no projeto do produto, são recomendadas técnicas de prototipagem rápida para agilizar o processo de desenvolvimento. Caso as alterações sejam de caráter técnico, pode-se fazer necessária a confecção artesanal de protótipos, já que nem todas as modificações apontadas nas etapas anteriores poderão estar concluídas. Os protótipos obtidos devem-se aproximar o máximo possível da realidade, já que serão usados por clientes como contra-amostra para inspeção quando da chegada efetiva dos primeiros lotes do produto adaptado. Assim, o objetivo aqui não é apresentar amostras perfeitas, mas peças que possam ser comparadas com aquelas obtidas no processo normal de produção, sem discrepâncias significativas.*

## 2.6 Qualidade

*Caso o produto adaptado, avaliado pelos clientes através de amostras obtidas por prototipagem, tenha sido aprovado, faz-se necessária uma análise do produto e de seu processo de manufatura, com o intuito de garantir a manutenção dos níveis de qualidade apresentados nos protótipos. Na análise de qualidade do produto, deve-se sistematizar uma coleta e análise de amostras, através de folhas de inspeção, para posterior confecção da matriz de defeitos do produto, que toma como base os defeitos contabilizados nas amostras.*

*A matriz de defeitos do produto, delineada no Apêndice, utiliza como dados de entrada os principais defeitos observados nos produtos manufaturados e sua frequência de ocorrência. Para que tais dados encontrem-se disponíveis, são necessários dados históricos de qualidade do produto, o que pressupõe a utilização da metodologia*

*aqui proposta na adaptação de produtos já existentes, e não no desenvolvimento de novos produtos. O objetivo final da utilização da matriz de defeitos é classificar os processos envolvidos na manufatura do produto em estudo, listados nas colunas da matriz, quanto ao seu potencial de promoção de defeitos. Nesta classificação, são considerados os defeitos e sua frequência de ocorrência, e a relação entre defeitos e processos de produção, com vistas à identificação dos processos potencialmente responsáveis pela ocorrência de um determinado defeito. A sistemática de cálculo na matriz de defeitos utiliza as equações (A.1) e (A.2), apresentadas no Apêndice.*

*A análise da qualidade dos processos de manufatura utiliza a priorização dos processos obtida a partir da matriz de defeitos. A análise dos processos com maior potencial de geração de defeitos tem início com a elaboração de cartas de processo, onde listam-se as operações envolvidas nos processos em foco, buscando-se identificar operações desnecessárias ou que possam ser aprimoradas. Esses mesmos processos devem ser submetidos ao FMEA de Processo, para identificação das falhas potenciais no processo responsáveis pelos defeitos observados no produto final, e determinação de ações corretivas a elas relacionadas.*

## 2.7 Implementação

*Nesta fase, efetuam-se as modificações no produto e seu processo de fabricação, apontadas nas etapas anteriores da metodologia. As principais dificuldades encontradas nesta etapa estão relacionadas a manufatura do produto. Produtos destinados a mercados especiais frequentemente são produzidos em pequenas quantidades, devendo-se conformar a padrões rigorosos de qualidade. Neste contexto, algumas dificuldades encontradas na manufatura dos produtos projetados podem ser decorrentes de:*

*(i) Pouca flexibilidade dos equipamentos existentes, o que resulta em tempos excessivos de setup (tempo necessário para preparação de uma máquina), aumentando significativamente os custos de produção e inviabilizando a produção de pequenos lotes. Tal problema deve ser abordado utilizando técnicas de redução de tempo de setup, como proposto em Shingo (1985).*

*(ii) Necessidade de critérios mais apurados de inspeção ou seleção de produtos, o que pode resultar em maior intensidade de inspeção e conseqüente incremento nos*

custos de manufatura. Para contornar este problema, técnicas de controle estatístico de processo (Duncan, 1986) ou de projeto robusto de processos (Park, 1996) podem ser utilizadas.

(iii) Necessidade de implantação de algum processo manual de produção, por ser este processo aplicado somente a um produto específico, não justificando sua automatização. Neste caso, a taxa de produção pode ser incrementada utilizando padronização de operações e estudos de tempos e movimentos, como proposto em Ritzman & Krajewski (1999).

Modificações no processo produtivo decorrentes do processo de adaptação ou melhoria de produtos tendem a comprometer a produtividade geral da fábrica, podendo ser vistas com desaprovação pelos responsáveis diretos pela produção. Assim, um trabalho de esclarecimento da importância do esforço de adaptação do produto junto ao pessoal de chão-de-fábrica tende a ser determinante do sucesso do projeto, devendo ser considerado como uma das atividades envolvidas nesta etapa de implementação.

## 2.8 Análise dos Resultados

A etapa final da metodologia é dedicada à análise das dificuldades enfrentadas e o resultado obtido como base para outros trabalhos similares. A análise dos resultados está dividida em duas fases. Na primeira fase, efetua-se uma avaliação das dificuldades encontradas no processo de adaptação e melhoria do produto. O objetivo é determinar se a empresa é flexível relativamente à sua mão de obra (incluindo os técnicos responsáveis pelo projeto e desenvolvimento de produtos), processo produtivo e maquinário. Na segunda fase, acompanha-se o posicionamento do cliente durante as várias etapas da negociação, a fim de obter informações sobre seu comportamento. Esta realimentação de informações amplia a compreensão acerca das necessidades e expectativas que o cliente deposita na negociação, uma vez que atuar em mercados internacionais significa, também, o relacionamento com culturas diferenciadas e realidades distintas às da empresa.

## 3. ESTUDO DE CASO

O caso prático aqui apresentado descreve o processo de adaptação de um pincel produzido por um fabricante brasileiro de ferramentas manuais às características

demandadas por um distribuidor de ferramentas alemão. O trabalho de adaptação da ferramenta transcendeu a simples reprodução do produto então comercializado pelo cliente importador; caso contrário, a troca de fornecedor seria exclusivamente motivada pela quotização de um preço inferior para o produto. A partir da implementação de melhorias no produto, pode-se diferenciar a ferramenta brasileira do produto da concorrência. O fabricante brasileiro analisado, Empresa A, é um dos maiores fabricantes de materiais para pintura da América Latina. O cliente importador alemão, Empresa B, é o maior distribuidor de ferramentas manuais de seu país, com atuação em diversos países da Europa. Além de conhecer os principais pólos de produção de ferramentas, a Empresa B possui agentes de compra em diversos países, o que lhe permite comparar produtos em nível mundial.

O escopo do estudo é a adaptação de uma linha de pincéis de cabo plástico, comercializado pelo distribuidor alemão em 430 pontos de venda (home centers). Os pincéis têm medidas que variam de  $\frac{3}{4}$ " a 3", possuem marca própria, com cerda natural branca e embalagem auto-serviço. A empresa atualmente importa a linha de pincéis de um fabricante localizado na Turquia ou, esporadicamente, de um fabricante alemão, que produz parte do produto na Indonésia. Uma visão detalhada do produto e suas partes componentes vem apresentada na Figura 4. Os passos metodológicos, bem como melhorias no produto e em seu processo de fabricação advindas da aplicação da metodologia são apresentadas a seguir.

### Coleta de Dados

Neste passo, são obtidas especificações técnicas do produto em estudo. No caso em questão, especificações técnicas, dados financeiros e logísticos, itens de qualidade demandada priorizados, além de amostras do produto atualmente adquirido da concorrência foram fornecidos pelo cliente importador. Um resumo das especificações técnicas fornecidas e dados financeiros e logísticos relativos ao produto vem dado no Quadro 1; estes dados foram ligeiramente modificados por questões de sigilo. Os itens de qualidade demandada elencados e avaliados quanto à sua importância pelo cliente importador, estão apresentados no Quadro 2. Foram fornecidas 6 amostras do produto atualmente adquirido da concorrência, utilizadas na análise das propriedades físicas e químicas do produto em estudo.



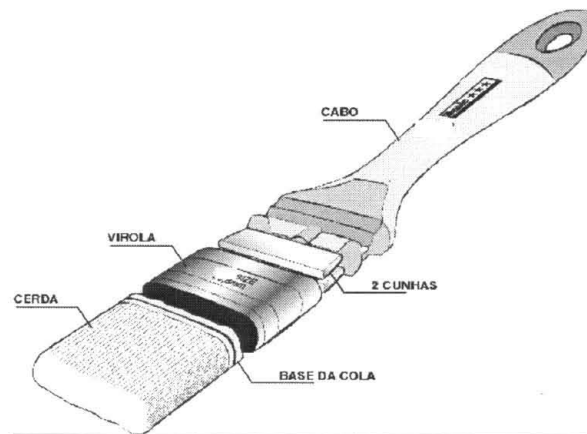


Figura 4. Visão detalhada do produto abordado no estudo de caso.

## Engenharia Reversa

Nesta etapa, realizada simultaneamente com a elaboração das matrizes do QFD, compararam-se o produto da empresa A com características mais próximas do produto atualmente comercializado pela empresa B e as amostras recebidas deste produto. A partir da análise comparativa, identificaram-se aspectos superiores do produto nacional frente à concorrência e pontos para melhoria. O trabalho iniciou-se com a desmontagem e medição das amostras recebidas, gerando uma primeira tabela comparativa entre produtos (Quadro 3).

As diferenças encontradas estão nas dimensões do cabo, espessura da virola, cerda e espessura de cunha utilizada. As medidas dos cabos diferem devido a projetos distintos, o que não afeta a aceitação do produto. A variação na espessura da virola ocorre em função do tipo de metal utilizado; este aspecto será analisado na seqüência. As variações encontradas na cabeça dos pincéis, relativas ao peso de cerda, percentual de top (número de cerdas que

chega ao topo do pincel) e espessura das cunhas, sugere ser este o aspecto que mais diferencia os pincéis; as análises que se seguem confirmam esta hipótese. Entretanto, por simples análise visual, já foi possível afirmar que a cerda do pincel da Empresa B é de qualidade superior àquela do produto nacional, além de ser empregada em maior quantidade.

Na seqüência, analisaram-se os materiais empregados na fabricação dos pincéis. Por inspeção visual, conclui-se que ambos os produtos analisados (i) utilizam cerda de porco natural, (ii) possuem cabos e cunhas em polipropileno expandido, (iii) utilizam virola de aço e cola epóxi. Destes itens, o único que demanda análise laboratorial é a virola, pois, visualmente, os tratamentos aplicados ao aço parecem distintos. Através de análise por micro-sonda, determinou-se que a virola nacional é composta por aço niquelado e a do pincel alemão, por aço estanhado (folha de flandres). A virola em aço niquelado possui um brilho mais atraente do que a folha-de-flandres, além de ser mais resistente à oxidação.

Quadro 1. Especificações técnicas, dados financeiros e logísticos do produto em estudo.

<b>Referência A12186 – Pincel chato 50mm × 15 mm</b>
<i>Especificações técnicas:</i>
Cerda: Branca da região chinesa de Xung. Dupla fervura, Top 90%. Altura visível das cerdas: 55 mm.
<i>Dados financeiros e logísticos:</i>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Preço-alvo DDP: DM 4,10.</li> <li>• Dúzias/cx master: 12; 14 caixas/pallet</li> <li>• 3,5% imposto de importação.</li> <li>• Quantidade demandada anual: 35.000 dúzias</li> </ul>

Quadro 2. Itens de Qualidade Demandada e pesos de importância.

Item	Peso	Subitens	Peso	Item	Peso	Subitens	Peso
Cerde	30	Comprimento correto da cerda	40	Virola	20	Proteção da virola	40
		Quantidade adequada de cerda	30			Espessura correta da virola	20
		Top adequado	30			Brilho atrativo da virola	40
Construção	15	Fixação correta da virola ao cabo	35	Embalagem	15	Qualidade do filme retrátil	60
		Fixação correta da cerda ao cabo	35			Qualidade do cartão suporte	40
		Cunha adequada	30				
Cabo	20	Resistência da pintura	45				
		Altura correta da pintura azul	25				
		Impressão correta do logotipo	30				

Quadro 3. Características dimensionais dos produtos analisados.

	Bitola (mm)	Largura (mm)	Furo cabo (mm)	Altura Virola (mm)	Espessura (mm)	Cerde (mm) Cor	Top	Peso cerda /Dz.	Compr livre (mm)	Cunha (mm)
Empresa A	50,8	14	7	34,5	0,25	64 Branca	80%	215g	59	2 x 4,5
Empresa B	50	15	7	34,5	0,30	64 Branca	90%	230g	55	1 x 4,5 mm 1 x 2,0 mm

Após a geração dos desenhos técnicos, montou-se uma segunda tabela comparativa dos produtos, com informações mais detalhadas. Através desta tabela, foi possível verificar diferenças em itens específicos como, por exemplo, na cerda do pincel. O Quadro 4 apresenta um resumo das modificações necessárias no produto da empresa A. Efetuando-se tais modificações, é possível obter um produto semelhante ao já comercializado, com melhorias no tipo de virola utilizada, pigmentação do cabo e sistema de construção (monobloco).

Até este momento, as modificações no produto nacional necessárias para se chegar ao produto atualmente comercializado pela empresa B somente foram apontadas. Não foram analisados os custos e viabilidade de modificação da cerda empregada e tipo de embalagem, por exemplo. Também não foram considerados os itens de qualidade demandadas pelo comprador técnico da empresa, o que é feito no passo seguinte da metodologia.

Quadro 4. Resumo das modificações necessárias no produto nacional.

	Empresa A	Produto Engenharia Reversa
<b>Cerde</b>	Chinesa, branca, fervida uma vez; top de 80%; peso/dúzia: 215 g; comprimento livre: 59 mm.	Chinesa, branca, fervida duas vezes; top de 90%; peso/dúzia: 230 g; comprimento livre: 55 mm.
<b>Construção</b>	2 cunhas de 4,5 mm.	2 cunhas de 4,5 mm e 2,0 mm.
<b>Estampa Cabo</b>	419 Brasil – Empresa A.	Empresa B – Basic.
<b>Estampa Virola</b>	2” – 50,8 mm.	Empresa B Size – 50,8 mm.
<b>Cabo</b>	Acabamento em verniz	1 demão de laca azul em até 1/3 do cabo antes do acabamento em verniz.
<b>Embalagem</b>	Bolsa PVC	Filme termo-retrátil + cartão suporte

## QFD

Através do processo de Engenharia Reversa, chegou-se ao protótipo virtual de um pincel que reúne pontos fortes dos produtos analisados na etapa anterior. Na presente etapa, através do QFD, foram elaboradas matrizes que permitiram identificar características relevantes no produto e processo, a partir dos QDs priorizados pelo comprador da empresa B.

A análise do QFD iniciou com a elaboração da Casa da Qualidade (Figura 5), utilizando as informações no Quadro 2. A priorização dos QDs foi corrigida através de uma análise estratégica feita pela gerência da Empresa A, para gerar o gráfico de Pareto na parte superior da Figura 6. Analisando-se este gráfico, conclui-se que a cerda é um item fundamental na análise que a Empresa B faz do produto (os três primeiros QDs referem-se à cerda). A necessidade de adequação deste item, já identificada na etapa da ER, está vinculada à compra de cerda de melhor qualidade. A ponderação das CQs nas linhas da matriz utilizou as relações entre QDs e CQs no corpo da matriz [equação (A.1)], bem como avaliações de Análise Estratégica e Dificuldade de Atuação [equação (A.2)], para resultar no gráfico de Pareto na parte inferior da Figura 6. Observe como CQs relacionadas à cerda também aparecem aqui como prioritárias. O comprimento livre da cerda desejado é inferior ao produto atualmente comercializado pela Empresa A, sendo necessário um corte na base para obter-se a medida correta. O top é decorrente do uso de cerda de boa qualidade; o peso correto das cerdas por pincel depende do uso de cunhas de menor espessura, já identificado na etapa de ER. Finalmente, a matriz na Figura 5 lista as especificações atuais para as CQs de ambos produtos.

A segunda matriz elaborada na análise do QFD foi a Matriz de Produto. O objetivo dessa matriz é relacionar CQs priorizadas com partes do produto (PPs) contempladas no projeto. Além da força de relação entre CQs e PPs, a priorização das PPs levou em consideração avaliações subjetivas da dificuldade de alteração e tempo estimado para efetuar alterações nas PPs, feitas pela equipe de projeto da empresa A. Os resultados desta análise vêm apresentados no gráfico de Pareto na Figura 7. Observe a importância atribuída à cerda naquele gráfico, refletindo os resultados obtidos na matriz anterior (Figura 5).

A última matriz do QFD montada nesta etapa foi a Matriz de Processo, onde determinou-se o grau de relacionamento entre CQs e Etapas do Processo (EPs) de fabricação do produto. O objetivo é priorizar EPs, de forma a garantir a qualidade do produto final através do monitoramento e otimização de etapas críticas do processo. Os resultados da priorização das EPs está apresentado na Figura 8; cinco EPs se sobressaem: (i) vibrar cerda, (ii) montagem das bases, (iii) repuxar cerda, (iv) aplicação de cola na base, e (v) fixação do cabo à base.

## Viabilidade Financeira

Nesta etapa, avalia-se se os custos necessários para a adaptação do produto serão cobertos pelo potencial resultado financeiro a ser obtido através de sua venda no novo mercado. O processo de análise de viabilidade financeira teve início com o emprego das informações obtidas previamente do cliente, listadas no Quadro 1. Com aquelas informações, foi possível determinar o preço FOB (Free On Board – posto no navio) a ser ofertado ao cliente importador.

Na sequência, analisaram-se as modificações previstas para o produto em estudo. Modificações nas especificações da cerda são obtidas com a compra de uma cerda de qualidade superior, aumento de sua quantidade, e pelo processo de encurtamento de seu comprimento livre. A diminuição da espessura de uma das cunhas, também identificada como desejável, não representa um acréscimo, e sim uma economia (ainda que praticamente nula). Por último, a embalagem a ser desenvolvida é mais econômica do que a anterior, porém demanda a confecção de uma matriz para fabricação do botão plástico que prende o cartão de suporte. Um resumo das modificações previstas para as partes do produto vem dado na parte superior do Quadro 5. Também foram analisadas as modificações previstas no processo de fabricação dos pincéis, resumidas na metade inferior do Quadro 5.

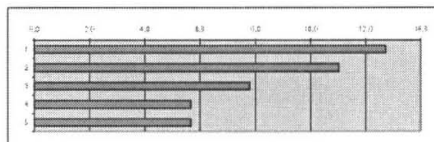
Somando-se todas as modificações a serem efetuadas nas partes componentes do produto e em seus processos de fabricação, chega-se a um custo extra, por dúzia de pincéis, de US\$ 0,21; este custo, agregado ao custo do produto normal (US\$ 4,01), resulta em um preço FOB de US\$ 4,22, superior ao target-price estabelecido (US\$ 4,10). Neste ponto, parece evidente que uma decisão puramente financeira inviabilizaria o projeto de adaptação do produto. Todavia, fatores de ordem

Casa da Qualidade	Cerde		Construção			Cabo			Virola			Embalagem		Especificações	Empresa B	Empresa A	Importância da C.Q.	Análise competitiva	Dificuldade de atuação	Priorização das C. Q.		
	30		15			20			20			15										
	Comprimento correto da cerda	Quantidade adequada de cerda	Top adequado	Fixação correta da virola ao cabo	Fixação correta da cerda ao cabo	Cunha adequada	Resistência da pintura	Altura correta da pintura azul	Impressão correta do logotipo	Proteção da virola	Espessura correta da virola	Brilho atrativo da virola	Qualidade do filme retrátil								Qualidade do cartão suporte	
30	26	26	15	15	12	20	11	14	20	10	20	15	10									
Comprimento livre da cerda	9	3													mm	59	55	1,5	1,5	1,5	22,1	
Peso das cerdas por pincel		8		6											g	19,5	18,0	0,8	1,5	1,5	12,2	
Dosagem de cola epóxi				9	6										g	n.d.	77	0,3	1,0	1,0	3,3	
Refugo de cerdas da Politriz		3													qtd.	n.d.	3	0,2	1,0	1,5	2,9	
% de cerdas que chega ao topo		3	9		6										%	90	80	1,4	1,5	1,5	21,3	
Formulação da cola				6	8										%	n.d.	10	0,4	1,0	1,5	4,3	
Espessura da(s) cunha(s)		6		3	9										mm	6,5	4,5	0,7	1,5	1,5	10,2	
Teor de sólidos no Primer						9									%	-	2	0,5	0,5	1,0	3,6	
Viscosidade do Primer						8									s	-	10,5	0,5	0,5	1,0	3,2	
Impressão fora do registr							9								%	n.d.	90	0,3	0,5	1,5	2,7	
Espessura da chapa de virola		3		3	3				9	3	9				mm	0,25	0,30	0,7	0,5	1,0	4,7	
Espessura do tratamento da virola										9		9			μ	-	2,5	0,9	0,5	1,0	6,1	
Espessura do filme retrátil												9			μ	40	40	0,2	1,0	1,5	3,0	
Espessura do cartão suporte													9		g	350	-	0,1	1,0	1,5	1,7	
Importância da Q.D.	$IL_b$	9,0	7,8	7,8	2,3	2,3	1,8	4,0	2,2	2,8	4,0	2,0	4,0	2,3	1,5							
Análise Estratégica	$E_b$	2,0	1,0	2,0	0,5	2,0	0,5	2,0	1,0	1,5	1,0	1,0	2,0	1,5	1,0							
Priorização das Q. D.	$IL_b$	12,7	7,8	11,0	1,8	3,2	1,3	5,7	2,2	3,4	4,0	2,0	5,7	2,8	1,5							

Figura 5. Casa da Qualidade.

**Priorização das 5 principais Q. D.**

Comprimento correto da cerda	12,7
Top adequado	11,0
Quantidade adequada de cerda	7,8
Resistência da pintura	5,7
Brilho atrativo da virola	5,7



**Priorização das 5 principais C.Q.**

Comprimento livre da cerda	22,1
% de cerdas que chega ao topo	21,3
Peso das cerdas por pincel	12,2
Espessura da(s) cunha(s)	10,2
Espessura do tratamento da virola	6,1

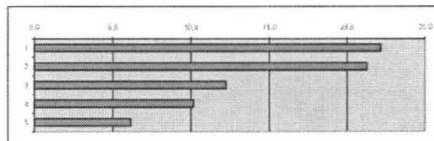


Figura 6. Gráfico de Pareto dos Itens de Qualidade Demandada e Características da Qualidade.

Cerde	118,6
Cunha	43,1
Virola	14,7
Cabo	9,7
Embalagem	4,7

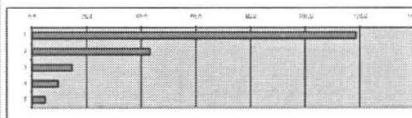


Figura 7. Matriz do Produto e gráfico de priorização das partes.

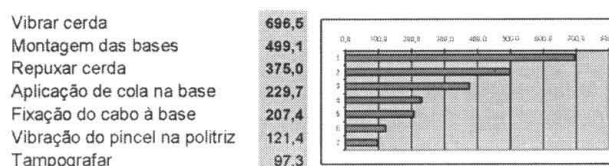


Figura 8. Matriz de Processo e gráfico de priorização das etapas do processo.

	Pincel atual	Pincel adaptado	Custo extra (US\$/dz)
<b>Cerda</b>	Fervida uma vez, <i>top</i> de 80%, peso/dúzia: 215 g, comprimento livre: 59 mm.	Fervida duas vezes, <i>top</i> de 90%, peso/dúzia: 230 g, comprimento livre: 55 mm.	0,11
<b>Construção</b>	2 cunhas de 4,5 mm.	2 cunhas de 4,5mm e 2,0 mm.	
<b>Embalagem</b>	Bolsa PVC.	Filme termo-retrátil + cartão suporte.	0,02
<b>Estampa cabo</b>	419 Brasil; Empresa A.	Empresa B; Basic.	0,02
<b>Estampa virola</b>	2" (50,8 mm)	Empresa B Size (50,8 mm).	0,02
<b>Cabo</b>	Acabamento em verniz	Acabamento em verniz c/ 1 demão de laca azul até 1/3 do cabo.	0,04
<b>Embalagem</b>	Bolsa PVC	Filme termo-retrátil + cartão suporte.	

Quadro 5. Partes e processos a serem modificadas no novo produto.

estratégica, como ampliação da base de mercados e clientes, e a possibilidade da empresa A poder ser cadastrada como global supplier de uma empresa de renome mundial, justificaram as adaptações propostas.

### Prototipagem

Nesta etapa, inicia-se a fase de preparação de amostras físicas para que o cliente visualize as melhorias obtidas no produto adaptado, comparativamente ao produto atualmente comercializado. Não sendo necessárias modificações no projeto do cabo do pincel, partiu-se diretamente para modificações no produto final, conforme Quadro 4. Um esquema do protótipo vem

apresentado na Figura 9. O cabo utilizado no pincel adaptado é o mesmo do pincel de linha dupla da Empresa A, bem como o modo de construção monobloco. O processo de pintura da ponta em azul e da tampografia "Empresa B" são resultados de adaptações no pincel. A virola recebe uma estampa distinta, porém o aço empregado é o mesmo do pincel de linha. A cerda corresponde àquela demandada pelo cliente, com *top* de 90%, altura de 55mm, duplamente fervida e na quantidade correta, devido à mudança em uma das cunhas. Por fim, a embalagem foi modificada conforme as amostras recebidas, com a confecção do cartão suporte e adaptação de um botão fixador; visto tratar-se somente de um protótipo a ser avaliado pelo cliente.

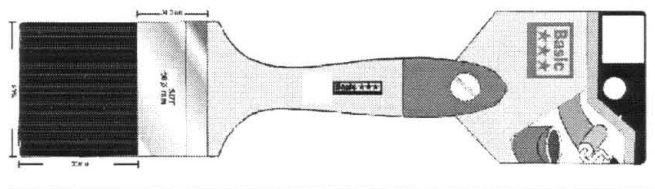


Figura 9. Pincel da Empresa A após adaptações.

## Qualidade

Na etapa de QFD, identificaram-se os processos prioritários no atendimento das demandas de qualidade do cliente importador. A presente etapa tem início com a elaboração da Folha de Inspeção de Defeitos (Fig. 10); esta folha descreve a sistemática de coleta e análise de amostras de produção do novo produto. Os defeitos que porventura apareçam no produto, serão apontados em suas respectivas colunas. A consolidação de várias datas permite identificar a frequência dos defeitos, uma das entradas da Matriz de Defeitos. Esta matriz traz em suas colunas os defeitos constantes na Folha de Inspeção e, em suas linhas, os processos de fabricação oriundos da Matriz de Processos.

Os itens (defeitos) priorizados na matriz de defeitos estão apresentados nos gráficos de Pareto na Fig. 11. No gráfico superior, de defeitos, classificam-se os defeitos conforme sua importância; no gráfico inferior, de processos, os processos geradores dos defeitos são apresentados em ordem decrescente de importância. O gráfico de defeitos aponta, com base na frequência e facilidade de correção, os defeitos a serem primeiramente corrigidos para melhoria no produto. A facilidade de correção do defeito desempenha um importante papel na classificação. O item Rebarbas no cabo injetado, por exemplo, estaria classificado como segundo na lista de prioridades, considerando somente sua frequência de ocorrência; entretanto, devido à dificuldade de correção do molde de injeção do cabo, o

item acaba sendo reclassificado como quarto. O gráfico de processos apresenta uma priorização dos processos baseada na sua relação com defeitos e frequência de ocorrência. Assim, processos como Tampografar, que para o cliente final não são destacados por apresentarem qualidade intrínseca, necessitam aqui ser priorizados em função dos defeitos apontados na Folha de Inspeção.

O passo seguinte é a montagem da Carta de Processo do setor Célula de Colagem, que agrega diversas etapas da produção apontadas como relevantes na Matriz de Processos. A partir dessa carta, identificou-se a atividade de set-up surge como candidata a melhorias, que podem advir, por exemplo, de estudos de redução de set-up (Shingo, 1985; Claunch, 1996; Kannenberg, 1994). Da mesma forma, atividades de inspeção podem ser melhoradas com a introdução de dispositivos de inspeção autônoma, do tipo Poka-Yoke (Shingo, 1986), após a operação de montagem das bases, para impedir a colocação da cola em condições inadequadas.

Na sequência, foram também montadas tabelas de FMEA para os processos priorizados na Matriz dos Processos. Paralelamente ao mapeamento dos processos priorizados pela Matriz dos Processos, conduziram-se estudo similares para os processos priorizados na Matriz de Defeitos. À medida que os processos foram sendo mapeados através do FMEA e as ações recomendadas implantadas, obteve-se um maior controle sobre a qualidade dos produtos manufaturados e sobre o processo produtivo em si.

### AVALIAÇÃO DO PRODUTO: TRINCHA ESPECIAL

AVALIADOR:

REFERENCIA:

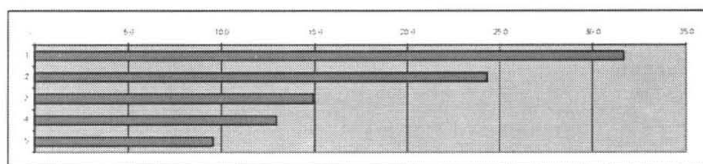
DATA:

ITEI	CRITÉRIO DE AVALIAÇÃO	METODO	1	2	3	4	5	6
Embalagem individual	A- Residuo de cerdas entre a embalagem e a virola B- Fechamento uniforme	Inspeção visual						
Queda de cerdas	Manusear a trincha individualmente 10 vezes (5 em cada sentido), podendo cair no máximo 3 fios	Teste funcional						
Cerdas	A- cerda atravessada B- torta C- excesso de cola	Inspeção visual						
Rebarbas no produto	A- rebarbas no injetado B- rebarbas na virola	Inspeção visual						
Cabo	A- Falha na injeção B- Falha na pintura	Inspeção visual						
Tampografia	A- Desalinhada I - Borrada	Inspeção visual						
Virola	A- Ferrugem t - Pingos de cola	Inspeção visual						
Posição da cunha	Nao tangente à linha da virola	Inspeção visual						
Comprimento da cerda	Conforme ficha técnica	Paquímetro						
Cerda X Virola X Cabo	Cerdas saindo pela parte inferior da virola	Inspeção visual						
Ajuste do cabo à virola	A- Sem folgas na linha do encosto E - Mal encabadc	Inspeção visual						
Resistência química	Deixar a trincha imersa em solvente por doze horas. Secar e realizar o teste de queda de cerdas	Teste funcional						

Figura 10. Folha de inspeção de defeitos.

**Priorização dos 5 principais defeitos**

Tampografia borrada	31,7
Cerdas saindo pela parte inf. da virola	24,3
Mal posicionamento da cunha	14,9
Rebarbas no cabo injetado	12,9
Pingos de cola na virola	9,6

**Priorização dos 5 principais Processos**

Montagem das bases	373,9
Tampografar	331,1
Aplicação de cola na base	253,7
Carimbar/cortar/conformar chapa	194,4
Injetar cabos	154,3

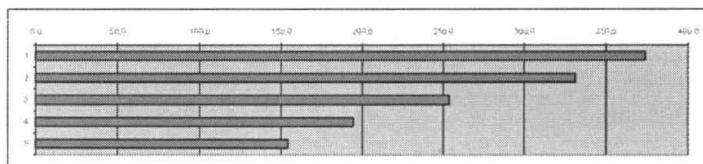


Figura 11. Priorização de defeitos e processos

## Implantação

A partir da aprovação do novo produto pelo cliente deve-se, nesta etapa, conduzir as modificações necessárias na linha de produção do produto em estudo. Tendo como ponto de partida as informações no Quadro 4, onde são apontadas as partes a serem modificadas no produto, identificaram-se os setores na fábrica a serem afetados no processo de adaptação do produto; os resultados são apresentados no Quadro 6. Com a conclusão desta etapa e início da produção do primeiro lote, encerra-se o processo de adaptação do produto. Todavia, vale ressaltar que o trabalho de acompanhamento e análise das etapas produtivas é uma atividade permanente, buscando-se sempre o aprimoramento do produto e processos.

## Análise dos Resultados

Com a conclusão das etapas de implantação, inicia-se a análise dos resultados obtidos. Durante a condução do caso prático, foi possível verificar que a Empresa A é, de modo geral, flexível e voltada à customização de produtos. Entretanto, não aplicando uma metodologia para a condução sistemática de processos de adaptação de produtos, aloca mais tempo e recursos do que o necessário para desenvolvê-los. Identificaram-se, também, processos com problemas de flexibilização, como os de tampografia e estampagem. Por último, pôde-se notar que dentro do quadro funcional da empresa existem pessoas menos dispostas à alterações da rotina de trabalho, o que demandou um maior esforço de conscientização e treinamento.

A empresa B, por sua vez, é pressionada por fatores como qualidade e preço, uma vez que trabalha em um mercado com alto nível de exigência e competitividade. Por ser uma empresa especializada, tem-se aprofundado em detalhes técnicos que normalmente não fazem parte de negociações de importação, mas que tornam o processo de adaptação de produtos mais consistente e, conseqüentemente, mais voltado às necessidades do mercado-alvo.

## 5. CONCLUSÃO

Neste artigo, propõe-se uma metodologia para melhoria e adaptação de produtos destinados à mercados diferenciados. A metodologia, constituída de oito passos, utiliza conceitos da Engenharia Reversa e seus habilitadores, além de ferramentas para melhoria de processos, tais como o QFD, Cartas de Processo e o FMEA. A metodologia proposta é aplicada em uma empresa de ferramentas manuais, na adaptação de um pincel de fabricação brasileira aos parâmetros de qualidade demandados por um distribuidor alemão.

Através de revisão bibliográfica, pôde-se constatar que a literatura sobre Engenharia Reversa, uma ferramenta para desenvolvimento e adaptação de produtos potencialmente útil em economias em desenvolvimento, é escassa e, em sua maioria, não disponível em português. Isso se deve, em parte, ao fato do tema ser identificado como cópia de produtos, sendo desconsiderados os aspectos positivos de uma análise para adaptação/melhoria em produtos já existentes.

Setor / Componente	Compras	Ferramentaria	Produção
<b>Cerda</b>	Aquisição de cerda com as características descritas		Corte da cerda pela base p/ atingir o comprimento livre correto
<b>Cunha</b>	Aquisição de cunha na espessura de 2 mm		Substituição de cunha de 4,5 mm por 2 mm
<b>Estampa do Cabo</b>		Confecção de molde com os dados da empresa B	Inclusão de set-up para tampografia nova
<b>Estampa da Virola</b>		Confecção de clichê com os dados da empresa B	Inclusão de set-up para estampagem nova
<b>Cabo</b>	Aquisição de tinta azul no padrão Empresa B		Inclusão da operação pintura da ponta do cabo
<b>Embalagem</b>	Aquisição de cartão suporte com lay-out Empresa B	Confecção de matriz para botão de fixação do cartão suporte	Adaptação da linha para novo tipo de embalagem

Quadro 6. Setores da Fábrica envolvidos com as alterações no produto.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AKAO, Y. *Introdução ao Desdobramento da Qualidade*, Belo Horizonte: Fundação Cristiano Ottoni, 1996, 187p.
- BOULANGER, P. *NRC/VIT Reverse Engineering Project*. [online] Disponível na Internet via *www*. URL: <http://www.vit.iit.nrc.ca/pierre/RERP1.html>. Arquivo capturado em 19.02.2000.
- CALLISTER, W. *Materials Science and Engineering – An Introduction*. 4.ed. New York: John Wiley, 1997.
- CARNIER, L. R. *A Internacionalização como Fator de Competitividade*. São Paulo, 1994, 92p (Caderno Técnico da Fundação Getúlio Vargas – FGV-SP).
- CHANDRU V.; MONOHAR S. *Volume Modelling for Emerging Manufacturing Technologies*. *Sadhana-Academy Proceedings in Engineering Sciences*. Bangalore v.22, p.199-216, 1997.
- CLAUNCH, J.W. *Set-up time reduction*. New York: Irwin Professional, 1996.
- COHEN, L. *Quality Function Deployment: how to make QFD work for you*, Massachusetts: Addison-Wesley, 1995, 348p.
- CSILLAG, J. M. *Análise do Valor*, 4.ed. São Paulo: Atlas, 1995, 370p.
- DIAS, A.B. *Engenharia Reversa: uma porta ainda aberta*, **Produto & Produção**, Porto Alegre. v.2. n.1, p 1-7, fev. 1998.
- DUNCAN, A.J. *Quality Control and Industrial Statistics*, 5<sup>th</sup> Ed. Chicago: Irwin, 1986.
- FISCHER, A.; PARK, S. *Reverse Engineering: Multilevel-of-Detail Models for Design and Manufacturing*, *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, v. 15, p. 566-572, 1999.
- FOGLIATTO, F.; GUIMARÃES, L. *Design Macroergonômico de Postos de Trabalho*, **Produto & Produção**, Porto Alegre, v.3, n.3, p.1-15, out. 1999.
- GEIGER, K.; HUBER, R. *Reverse Engineering*, *Institute for Computer Applications in Planning and Design*, Karlsruhe: Faculty of Mechanical Engineering – University of Karlsruhe, 1994.
- HELLER, E., *Value Management: Value Engineering and Cost reduction*, Massachusetts: Addison-Wesley, 1971.
- GRABOWSKI, H. ; ERB, J. ; GEIGER, K. ; STAUDINGER, A. *Support Visual Inspection with CAD – Realizing a Link at the End of the Computer Aided Process Chain for Product Development*, *Institute for Computer Applications in Planning and Design*, Karlsruhe: Faculty of Mechanical Engineering – University of Karlsruhe, 1998.
- GUERREIRO, V. *Digitalizadores/medidores 3D agilizam projetos*, **CADesign**, São Paulo. n.53, p.33-35, set.1999.
- HOYLAND, A. ; RAUSAND, M. *System reliability theory: models and statistical methods*, New York: John Wiley, 1994.



INGLE, K. A. *Reverse Engineering*. Lexington: McGraw-Hill, 1994, 240p.

KANNENBERG, G., *Proposta de Sistemática para Implantação de Troca Rápida de Ferramentas*, Porto Alegre, Nov. 1994, *Dissertação de Mestrado – Curso de Pós-Graduação em Engenharia de Produção*. Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

KRAJEWSKI, L.; RITZMAN, L. *Operations Management – Strategy and Analysis*, 5.ed. Addison-Wesley, 1999, 880p.

LEE, K.H.; WOO, H. *Use of Reverse Engineering Method for Rapid Product Development*, *Computers & Industrial Engineering*, v.35, n.1-2, p.21-24, 1998.

MESSNER, D. *A Geração de Competitividade como Processo Social de Procura e Aprendizagem*. Curitiba: IPARDES, 1994.

NETTO, A. *Prototipagem Rápida agiliza o desenvolvimento de Produtos*. *Revista Metal-Mecânica*, São Paulo, p 8-17, ago/set, 1999.

OTTO, K.; WOOD, K. *Product Evolution: A Reverse Engineering and Redesign Methodology*, *Research in Engineering Design*, v. 10, n. 4, p. 226-243, 1998.

PARK, S.H. *Robust Design and Analysis for Quality Engineering*. London: Chapman & Hall, 1996.

SAATY, T.L. *A scaling method for priorities in hierarchical structures*, *J. Math. Psych.*, 15, p. 234-281, 1977.

SHINGO, S. *A Revolution in Manufacturing: the SMED system*. Boston: Productivity Press, 1985.

SHINGO, S. *Zero Quality Control: Source Inspection and the Poka-Yoke System*, Boston: Productivity Press, 1986.

## APÊNDICE

O QFD (*Quality Function Deployment - Desdobramento da Função Qualidade*) é um método de desenvolvimento de novos produtos desenvolvido no Japão na década de 60 (Cohen, 1995; Akaio, 1996). Sua implementação ocorre através do desdobramento de matrizes para identificação de pontos críticos para a garantia da qualidade de produtos ao longo de todas as etapas do projeto e manufatura. Existem duas abordagens principais para utilização do QFD: o Modelo ASI, desenvolvido por Don Clausing (Cohen, 1995), e o modelo concebido por Akaio (1996), apresentado na sequência.

A estrutura formulada por Akaio (1996) inicia com a matriz denominada Casa da Qualidade e relaciona os itens de qualidade demandada pelo consumidor (QDs) com as características de qualidade (CQs) ou requisitos técnicos do produto necessários para atender aos itens demandados. A utilização das matrizes subsequentes (de Produto, de Processo e de Defeitos) dependerão do modelo conceitual selecionado, do tipo de produto ou serviço estudado e da profundidade da aplicação do QFD. O relacionamento entre essas matrizes vem apresentado na Fig A.1. O esquema operacional do QFD é relativamente simples. Considere uma estrutura composta por  $I$  linhas ( $i = 1, \dots, I$ ) e  $J$  colunas ( $j = 1, \dots, J$ ) relacionáveis que formam, conseqüentemente, uma matriz, além de um número adicional de linhas e colunas que não se cruzam na estrutura. O objetivo é determinar valores numéricos ou pesos, designados por  $P_i^L$ , que permitam ordenar os elementos listados nas linhas conforme sua importância relativa. Para tanto, duas informações são usadas: (i) pesos de importância  $P_j^C$  atribuídos aos elementos listados nas  $J$  colunas da matriz, e (ii) medições numéricas do relacionamento entre os elementos nas  $I$  linhas e  $J$  colunas da matriz,  $R_{ij}$ , para todo  $i$  e  $j$ . A relação destes elementos na obtenção de  $P_i^L$  pode ser assim descrita:

$$P_i^L = \sum_{j=1}^J P_j^C \times R_{ij}, \quad i = 1, \dots, I. \quad (A.1)$$

Os pesos  $P_j^C$  em (i) são, via de regra, informados em percentuais. As medições em (ii) normalmente são feitas utilizando uma escala com valores entre 0 (nenhum

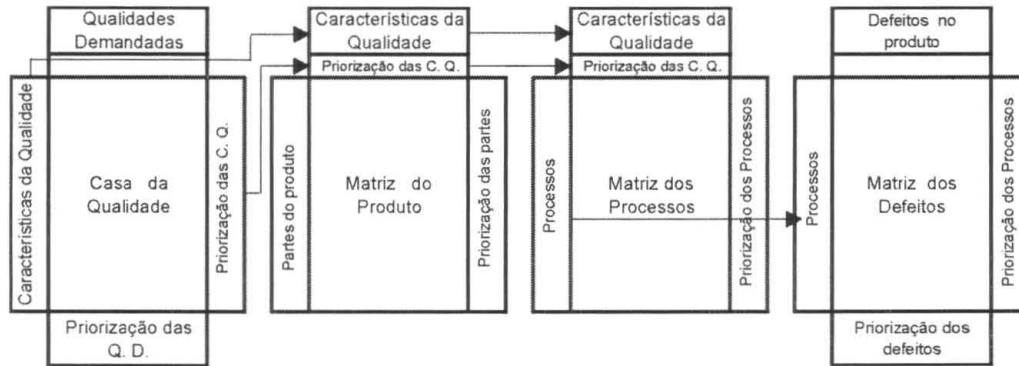


Figura A.1. Relacionamento das Matrizes do QFD

relacionamento) e 9 (relacionamento forte), ainda que outras escalas sejam sugeridas na literatura (Ação, 1996 e Fogliatto & Guimarães, 1999).

As três primeiras matrizes na Figura A.1 podem ser aplicadas diretamente no desenvolvimento de novos produtos ou serviços; a última matriz, em contrapartida, tem sua aplicação restrita à projetos de melhoria de produtos já existentes. Essas matrizes se relacionam da seguinte forma: Na primeira matriz (casa da qualidade), cruzam-se informações sobre QDs e CQs, usando-se a estratégia delineada no parágrafo anterior. Como resultado, obtêm-se pesos de importância para as CQs; CQs e seus pesos de importância alimentam as colunas das duas matrizes seguintes, do produto e de processo. Na matriz do produto, CQs são relacionadas com as partes do produto (PPs) passíveis de alteração em seu projeto; o objetivo é avaliar quais PPs permitem a medição das CQs no produto em estudo. Como resultado das operações nesta matriz, obtêm-se um conjunto de pesos de importância para as PPs. Na matriz de processo, CQs são relacionadas com o processo de obtenção do produto e suas etapas. Análogo à matriz do produto, o objetivo é avaliar a participação das etapas do processo na composição das CQs; o resultado final é um conjunto de pesos de importância para as etapas do processo. A última matriz, dos defeitos, opera de maneira relativamente independente das demais. O objetivo nesta matriz é relacionar defeitos observados no produto com as etapas dos processos onde eles podem ser gerados. As entradas nessa matriz são os defeitos ponderados por sua frequência histórica de ocorrência (colunas da matriz) e a

lista de etapas de processo utilizadas na matriz de processo (linhas da matriz). Como resultado final, priorizam-se as etapas do processo relativamente a seu potencial de promoção de defeitos (isto é, geram-se pesos de importância para as etapas).

Os pesos  $P_i^L$  e  $P_j^C$  nas matrizes do QFD podem ser modificados para refletir características relevantes do produto em estudo e seu processo de fabricação. Na casa da qualidade, por exemplo, os valores de  $P_j^C$ , que são os pesos de importância atribuídos pelos usuários do produto às QDs, podem ser modificados para refletir o quanto o atendimento aos QDs têm importância estratégica para o negócio da empresa. Assim, pode-se medir a importância estratégica  $E_j^C$  do  $j^{\text{ésimo}}$  QD utilizando uma escala com valores entre 0 (nenhuma importância) e 2,0 (grande importância), corrigindo-se o peso  $P_j^C$  através da expressão:

$$P_i^{rC} = P_j^C \times \sqrt{E_j^C} \tag{A2}$$

onde  $P_j^{rC}$  denota o peso corrigido. A escolha da escala para  $E_j^C$  e seu formato na equação (2) segue considerações de caráter prático. Quaisquer pesos nas matrizes da Figura A.1 podem ser modificados de maneira similar à modificação apresentada acima; sugestões de modificações podem ser encontrados em Ação (1996), entre outros.