

**UMA PROPOSTA DE APLICAÇÃO DA
METODOLOGIA DESDOBRAMENTO DA
FUNÇÃO QUALIDADE (QFD) QUE SINTETIZA
AS VERSÕES QFD-ESTENDIDO E QFD DAS
QUATRO ÊNFASES**

DEDALUS - Acervo - EESC



31100013410

Manoel Otelino da Cunha Peixoto

Dissertação apresentada à Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Engenharia de Produção

ORIENTADOR: Prof. Dr. Luiz Cesar Ribeiro Carpinetti



São Carlos

1998

Class.	TESE / EESC
Cutt.	4285 ✓
Tombo	T241/98

31100013410

st 0994174

**Ficha catalográfica preparada pela Seção de Tratamento
da Informação do Serviço de Biblioteca - EESC-USP**

P379p Peixoto, Manoel Otelino da Cunha
Uma proposta de aplicação da metodologia
desdobramento da função qualidade (QFD) que
sintetiza as versões QFD-estendido e QFD das
quatro ênfases / Manoel Otelino da Cunha
Peixoto. -- São Carlos, 1998.

Dissertação (Mestrado) -- Escola de Engenharia
de São Carlos-Universidade de São Paulo, 1998.

Área: Engenharia de Produção.

Orientador: Prof. Dr. Luiz Cesar Ribeiro
Carpinetti.

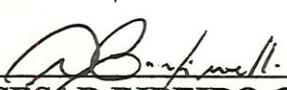
1. QFD. 2. Planejamento da qualidade.
3. Desenvolvimento de produto e processos.
- I. Título.

P379p

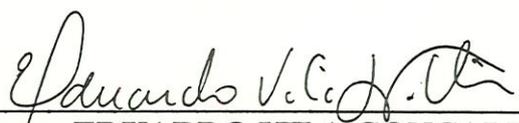
FOLHA DE APROVAÇÃO

Candidato: Bacharel **MANOEL OTELINO DA CUNHA PEIXOTO**

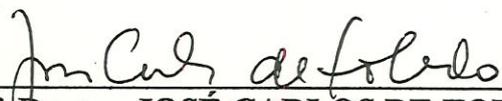
Dissertação defendida e aprovada em 10-08-1998
pela Comissão Julgadora:



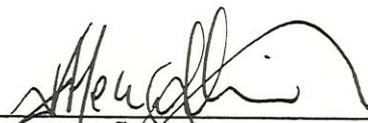
Prof. Doutor **LUIZ CESAR RIBEIRO CARPINETTI (Orientador)**
(Escola de Engenharia de São Carlos - Universidade de São Paulo)



Prof. Doutor **EDUARDO VILA GONÇALVES FILHO**
(Escola de Engenharia de São Carlos - Universidade de São Paulo)



Prof. Doutor **JOSÉ CARLOS DE TOLEDO**
(Universidade Federal de São Carlos - UFSCar)



Prof. Titular **JOÃO VITOR MOCCELLIN**
Coordenador da Área de Engenharia de Produção



JOSÉ CARLOS A. CINTRA
Presidente da Comissão de Pós-Graduação da EESC

À Betânia, que se sacrificou muito para
que eu pudesse realizar este trabalho

AGRADECIMENTOS

À Betânia, à Filipe e à Lucas, pelo tempo que esse trabalho roubou de nossa convivência e por suportarem meu mau humor nos momentos de maior pressão.

À meu pai e à minha mãe, pelo apoio sempre permanente.

À Professor Luiz Cesar Ribeiro Carpinetti, pela excelente orientação e pelo companheirismo.

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo — FAPESP, pela bolsa de mestrado concedida.

À Área de Engenharia de Produção, pela oportunidade de realizar este mestrado.

Ao pessoal da Fabrica Integrada Modelo, pelas horas de discussão sobre QFD.

À Fábio Muller Guerrini, pelo incentivo permanente.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS.....	i
LISTA DE TABELAS E QUADROS	iv
LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS.....	v
RESUMO.....	vi
ABSTRACT.....	vii
1 INTRODUÇÃO	1
1.1 JUSTIFICATIVA	1
1.2 OBJETIVOS.....	3
1.3 ESTRUTURA DO TEXTO	4
2 GESTÃO DA QUALIDADE EM DESENVOLVIMENTO DE PRODUTOS.....	6
2.1 CONCEITO DE QUALIDADE DO PRODUTO E OUTROS CONCEITOS IMPORTANTES.....	6
2.1.1 Cliente: Definição e Classificações.....	6
2.1.2 Produto : Definição e Classificações.....	7
2.1.3 Qualidade : Definições e Classificação	8
2.2 O PLANEJAMENTO, O CONTROLE E A MELHORIA DA QUALIDADE.....	13
2.3 DEFINIÇÃO E PRINCÍPIOS DO QFD.....	20
2.3.1 Definição	20
2.3.2 Princípios do QFD	22
2.4 O QFD NO PLANEJAMENTO DA QUALIDADE	23
2.5. O DESENVOLVIMENTO DE PRODUTOS	25
3 A CASA DA QUALIDADE E AS DIFERENTES VERSÕES DE QFD	32
3.1 INTRODUÇÃO	32
3.2 A CASA DA QUALIDADE.....	33
3.2.1 Os Elementos da Casa da Qualidade.....	35
3.2.2 Tabela das Características de Qualidade	39
3.3 AS DIFERENTES VERSÕES DE QFD.....	47
3.3.1 A Versão das Quatro Fases.....	48
3.3.2 A Versão do QFD-Estendido.....	51
3.3.3 O QFD das Quatro Ênfases.....	56
3.3.4 A Versão da Matriz das Matrizes.....	64
4 DESCRIÇÃO DA ABORDAGEM PROPOSTA.....	70
4.1 INTRODUÇÃO	70
4.2 A LÓGICA DO QFD-ESTENDIDO.....	72
4.3 A LÓGICA DO QFD DAS QUATRO ÊNFASES.....	79
4.4 A ABORDAGEM DE APLICAÇÃO PROPOSTA	84
4.4.1 A lógica da Abordagem de Aplicação Proposta	84
4.4.2 O Modelo Conceitual de Referência	86
5 DETALHAMENTO DO ABORDAGEM PROPOSTA	98

5.1	INTRODUÇÃO	98
5.2	CASA DA QUALIDADE OU MATRIZ DE PLANEJAMENTO DO PRODUTO	99
5.2.1	Peso Relativo dos Requisitos dos Clientes	99
5.2.2	Características de Qualidade.....	102
5.2.3	Fator de Dificuldade Técnica.....	105
5.2.4	Qualidade Projetada	115
5.3	SELEÇÃO DO CONCEITO DO PRODUTO	116
5.4	MATRIZ DE PROJETO DOS COMPONENTES	117
5.5	MATRIZ DE PROCESSO DO COMPONENTE	125
5.6	MATRIZ DE PRODUÇÃO DOS COMPONENTES.....	127
6	CONCLUSÃO	129
6.1	INTRODUÇÃO	129
6.2	DISCUSSÃO E CONCLUSÃO	130
6.3	SUGESTÃO DE TRABALHOS FUTUROS	138
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	141

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1 - A organização do texto	5
Figura 2.1 - A espiral do progresso na qualidade	13
Figura 2.2 - A definição de CHENG et al. (1995) para os três processos básicos de administração para a qualidade	14
Figura 2.3 - As etapas do planejamento da qualidade dentro do ciclo PDCA	17
Figura 2.4 - O ciclo de controle.....	18
Figura 2.5 - A metodologia de solução de problemas	19
Figura 2.6 - As inter-relações dos três processos básicos de administração para a qualidade	20
Figura 2.7- O processamento das informações	24
Figura 2.8 - Ilustração do processamento das informações no desenvolvimento de produto	24
Figura 2.9 - A seqüência de execução do trabalho humano.....	25
Figura 3.1 - As tabelas que formam a casa da qualidade.....	33
Figura 3.2 - Representação gráfica do cruzamento da tabela dos requisitos dos clientes com a tabela das características de qualidade	33
Figura 3.3 - A casa da qualidade e seus elementos ou áreas.....	34
Figura 3.4 - A tabela dos requisitos dos clientes	35
Figura 3.5 - A tabela das características de qualidade.....	40
Figura 3.6 - Ilustração da versão das quatro fases.....	49
Figura 3.7 - Modelo do QFD-Estendido, conforme CLAUSING & PUGH.....	52
Figura 3.8 - Modelo de execução do QFD-Estendido, conforme descrito por CLAUSING (1993)	54
Figura 3.9 - O desdobramento da qualidade	58
Figura 3.10 - O desdobramento da tecnologia	59
Figura 3.11 - O desdobramento do custo	60
Figura 3.12 - O desdobramento da confiabilidade	61
Figura 3.13 - A versão de QFD criada por Bob King.....	66
Figura 4.1 - Os elementos de decisão da casa da qualidade.....	71
Figura 4.2 - A matriz típica do QFD-Estendido.....	73
Figura 4.3 - Demonstração da existência de relação, conversão e extração em todas as matrizes do QFD-Estendido.....	74
Figura 4.4 - Demonstração do QFD-Estendido como um sistema	75

Figura 4.5 - Demonstração das extrações e das tomadas de decisão nas matrizes do QFD-Estendido	77
Figura 4.6 - A cadeia hierarquizada de decisões do QFD-Estendido	78
Figura 4.7 - Demonstração da prevalência de relações e conversões no desdobramento da qualidade, exceto na casa da qualidade	80
Figura 4.8 - Demonstração da predominância de relações e conversões no desdobramento da tecnologia.....	81
Figura 4.9 - Demonstração da predominância de relações e conversões no desdobramento do custo	82
Figura 4.10 - Demonstração da predominância de relações e conversões no desdobramento da confiabilidade	83
Figura 4.11 - Ilustração do fluxo de fabricação do produto.....	88
Figura 4.12 - Ilustração do fluxo de desenvolvimento de produto.....	89
Figura 4.13 - A casa da qualidade e suas interseções com os desdobramentos analíticos.....	91
Figura 4.14 - A MAPS na abordagem proposta e suas interseções com os desdobramentos analíticos.....	92
Figura 4.15 - A matriz de projeto dos componentes e suas interseções com os desdobramentos analíticos	92
Figura 4.16 - A matriz de processo dos componentes e suas interseções com os desdobramentos analíticos	93
Figura 4.17 - O desdobramento do produto para produtos com poucos níveis de agregação	94
Figura 4.18 - O desdobramento da qualidade e tecnologia na abordagem proposta	95
Figura 4.19 - O desdobramento do custo na abordagem proposta	96
Figura 4.20 - O desdobramento da confiabilidade na abordagem proposta.....	97
Figura 5.1 - A casa da qualidade e suas interseções com os desdobramentos analíticos (reprodução da Figura 4.13).....	100
Figura 5.2 - Ilustração das interseções das características de qualidade com os desdobramentos analíticos	104
Figura 5.3 - Ilustração da interseção do fator de dificuldade técnica com o desdobramento da qualidade e tecnologia	107
Figura 5.4 - Ilustração da interseção do fator de dificuldade técnica com o desdobramento da confiabilidade.....	109
Figura 5.5 - Ilustração da interseção do fator de dificuldade técnica com o desdobramento do custo	112

Figura 5.6 - A MAPS na abordagem proposta e suas interseções com os desdobramentos analíticos (reprodução da Figura 4.14).....	119
Figura 5.7 - A matriz de projeto dos componentes e suas interseções com os desdobramentos analíticos (reprodução da Figura 4.15).....	121
Figura 5.8 - A matriz de processo dos componentes e suas interseções com os desdobramentos analíticos (reprodução da Figura 4.16)	126

LISTA DE TABELAS E QUADROS

Tabela 2.1 - Categorias de clientes externos	7
Tabela 2.2 - Categorias de clientes internos	7
Tabela 2.3: Características e ausência de deficiências de produtos	11
Quadro 6.1 - Comparação entre a abordagem proposta e as versões que lhe deram origem (benefícios genéricos)	131
Quadro 6.2 - Comparação entre a abordagem proposta e as versões que lhe deram origem (eficiência como gestor do processo de desenvolvimento de produto)	134
Quadro 6.3 - Comparação entre a abordagem proposta e as versões que lhe deram origem (Eficácia como gestor do processo de desenvolvimento de produto)	138

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AHP	Analytical Hierarchy Process - Processo de Análise de Hierarquia
ASI	American Supplier Institute - Instituto dos Fornecedores dos Estados Unidos da América
ASQC	American Society of Quality Control - Sociedade Americana de Controle da Qualidade
DR	Dendograma Revisado
FMEA	Failure Mode and Effect Analysis - Análise do Modo e Efeito de Falhas
FTA	Fault Tree Analysis - Análise da Árvore de Falhas
JUSE	Union of Japanese Scientists and Engineers - União dos Cientistas e Engenheiros Japoneses
MAPS	Material and Process Selection - Seleção de Materiais e Processos
PDCA	Plan, Do, Check and Action - Plano, Execução, Verificação e Ação
PDPC	Process Decision Program Chart - Gráfico de Programa do Processo de Revisão
QD	Quality Deployment - Desdobramento da Qualidade
QFD	Quality Function Deployment - Desdobramento da Função Qualidade
QFDR	QFD no Sentido Restrito (tradução não literal de <i>Narrowly Defined QFD</i>)
R-FTA	Reverse Fault Tree Analysis - Reverso da Análise da Árvore de Falhas ou Árvore de Funções
SDCA	Standart, Do, Check and Action - Padrão, Execução, Verificação e Ação
Vs.	Versus

RESUMO

PEIXOTO, M.O.C. (1998). *Uma proposta de aplicação da metodologia desdobramento da função qualidade (QFD) que sintetiza as versões QFD-estendido e QFD das quatro ênfases*. São Carlos, 1998. 148p. Dissertação (Mestrado) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.

A abertura do mercado nacional e a conseqüente crescente competitividade forçam as empresas a buscarem vantagens competitivas, através de uma melhor adequação do produto às expectativas dos clientes ou segmento de mercado e também através de redução de custos, de prazos de entrega. Nesse contexto, a atividade de desenvolvimento de produtos e processos tem se tornado cada vez mais importante para a competitividade das empresas. Esta dissertação apresenta uma proposta de aplicação da metodologia Desdobramento da Função Qualidade (QFD) para o gerenciamento do processo de desenvolvimento de produto. Essa abordagem proposta sintetiza o QFD-Estendido e o QFD das Quatro Ênfases. A síntese dessas versões é obtida pela incorporação de matrizes propostas pelo QFD das Quatro Ênfases (desdobramentos analíticos) na execução das fases do QFD-Estendido (desdobramento do produto). O detalhamento da proposta apresenta os desdobramentos do produto e os desdobramentos analíticos, assim como pontos de interseção entre o primeiro e os últimos e a base teórica que justifica essas interseções. A descrição da proposta é precedida por uma revisão bibliográfica sobre planejamento da qualidade e sobre as quatro principais versões de QFD descritas na literatura internacional. Finalmente, a aplicabilidade e os principais benefícios da proposta são analisados.

Palavras-chave: QFD; planejamento da qualidade; desenvolvimento de produtos e processos.

ABSTRACT

PEIXOTO, M.O.C. (1998). *A proposal to the application of Quality Function Deployment (QFD) that merges the Enhanced QFD and the QFD by Akao*. São Carlos, 1998. 148p.
Dissertação (Mestrado) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.

The elimination of trade barriers and its consequent increase in competition in the domestic market has been led companies to enhance their competitive advantages through satisfying customer expectations regarding to quality, cost and delivery. In this context, product development has become even more important to promote the competitiveness of companies. This dissertation presents a proposal to the application of Quality Function Deployment (QFD) to the management of product and process development. The approach proposed brings together the Enhanced QFD and the QFD by Akao, by appending the tables and matrices of the QFD by Akao to the phases of the Enhanced QFD . The proposal is detailed by presenting the deployments as well as the interaction between the two models and the theoretical basis for justifying such an interactions. The description of the proposal is preceded by a bibliographical review on quality planning and the four different models of QFD described in the international literature. Finally, the applicability and main benefits of the proposal are analysed.

Keywords: QFD; quality planning, product and process development.

1 Introdução

1.1 Justificativa

O mercado brasileiro está passando por transformações que vem mudando radicalmente o perfil dos consumidores nacionais, tornando-os mais seletivos e exigentes, principalmente no que se refere a preço, qualidade e serviços.

A abertura do mercado aos competidores internacionais, iniciada em 1990, permitiu à população o acesso a produtos importados — via de regra mais baratos e melhores que os produtos nacionais então existentes. Em seguida, a estabilização da inflação em patamares inferiores a 2% ao mês, ocorrida após meados de 1994, permitiu aos consumidores brasileiros memorizarem preços e estabelecerem valores comparativos para os produtos. E por fim, após esta estabilização, as empresas internacionais incrementaram seus negócios com o Brasil, aumentando a oferta de produtos no mercado interno — muitas delas, inclusive, ou anunciaram, ou estão realizando, ou realizaram investimentos no país para fabricar seus produtos ou aumentar sua produção.

Em decorrência deste contexto, multiplicaram-se os lançamentos de produtos no mercado nacional. As empresas internacionais, acostumadas no exterior à renovação constante dos seus produtos, introduziram no Brasil uma política similar, muitas vezes utilizando seus produtos mundiais recentemente lançados em países mais adiantados. Como exemplo extremo, pode-se citar que o lançamento mundial do Palio, da FIAT Automóveis, ocorreu no Brasil. Essa situação vem provocando a rápida obsolescência dos produtos que precisam ser constantemente atualizados (ou substituídos por novos modelos) para se manterem competitivos. Como conseqüência, aumentaram consideravelmente os

desafios enfrentados pelas empresas nacionais na “luta” pela sobrevivência, porque estas precisam acompanhar esse ritmo vertiginoso de lançamentos.

Assim, em empresas que desenvolvem os produtos por elas fabricados, a atividade de desenvolvimento de produtos é um aspecto fundamental para a competitividade das empresas. Para SLACK (1993) todos os aspectos fundamentais da competitividade estão claramente dentro do campo da manufatura. Esse autor enumera cinco elementos básicos da competitividade: Fazer certo (vantagem em qualidade), fazer rápido (vantagem em velocidade), fazer pontualmente (vantagem em confiabilidade de entrega), mudar o que está sendo feito (vantagem em flexibilidade) e, finalmente, fazer barato (vantagem em custo). Deve-se salientar, porém, que para XAVIER (1997) a vantagem competitiva, hoje, é principalmente determinada pela flexibilidade da empresa, embora qualidade, preço e serviços também sejam importantes fontes de competitividade. Percebe-se então, que a competitividade é fortemente relacionada com o desenvolvimento do produto, embora não determinada exclusivamente por esse processo. A qualidade é determinada, em última instância pelo projeto do produto ou serviço, ou seja, durante o desenvolvimento do produto. O custo final do produto tem íntima ligação com seu projeto. E, para CLAUSING (1993), os serviços, modernamente estão sendo vistos como parte de um sistema integrado de atividades e objetivos, que são “englobados” pelo desenvolvimento de produtos.

O relacionamento da flexibilidade com o desenvolvimento de produtos não é menos evidente. XAVIER (1997) conceitua flexibilidade como a habilidade para adaptar-se rapidamente para mudanças no volume de demanda, no *mix* de produtos e no projeto do produto. Tal habilidade pode ser favorecida pela condução adequada do desenvolvimento do produto porque:

1. produtos que compartilham grande quantidade de componentes podem contribuir para a flexibilidade de *mix* de produtos, retardando para o momento da montagem a definição de volumes a serem produzidos por tipo de produto (evidentemente para os componentes compartilhados);
2. produtos que compartilham grande quantidade de componentes podem contribuir para a flexibilidade de volume, porque os componentes compartilháveis podem ser produzidos em maior volume já que serão utilizados em vários produtos;
3. projetos de processos que buscam favorecer o compartilhamento dos equipamentos de produção podem ajudar na flexibilidade de *mix* de produtos;
4. a rapidez e eficiência do processo de desenvolvimento determina a flexibilidade de projeto de produto, principalmente se este processo incluir o planejamento da eficaz transmissão

das informações para o pessoal de produção, facilitando a rápida absorção das mudanças de projeto do produto pela fábrica.

A velocidade, por sua vez, pode ser beneficiada pelo projeto de produtos mais fáceis de produzir e de montar (projeto para fabricação e projeto para montagem, respectivamente). Adicionalmente, deve-se considerar que, para ZIRGER & HARTLEY (1996) e SCHNIEDERJANS & HONG (1996), o tempo de desenvolvimento do produto é um fator chave para a competitividade dos produtos. Isso é explicado por ZIRGER & HARTLEY (1996), para quem a introdução de novos produtos antes que os competidores permite a obtenção da oportunidade de tornar o produto um padrão de mercado, de ser um pioneiro técnico, de ser hábil para rapidamente responder aos *feedbacks* dos clientes e de obter maiores margens de lucratividade. Tudo isso também exige o melhor gerenciamento do processo de desenvolvimento de produto.

O *quality function deployment* (QFD), ou desdobramento da função qualidade, é uma metodologia que auxilia na gestão do desenvolvimento de novos produtos, administrando o processo de transformação da informação em conhecimento tecnológico e organizando o trabalho humano envolvido nesse processo (CHENG *et al.*, 1995). Assim, o QFD pode aumentar a eficiência da empresa no projetar produtos e processos consonantes com os elementos básicos de competitividade escolhidos por ela como estratégia de mercado.

O QFD tem por principal objetivo auxiliar na definição de uma qualidade projetada para o novo produto capaz de atender plenamente (e melhor que a concorrência) as necessidades dos clientes, aumentando assim o valor agregado do produto. Nesse sentido, é importante ressaltar que, para CAMPOS (1992), agrega-se valor ao produto tornando-o desejado e cobiçado pelo mercado através do atendimento das necessidades dos clientes. O QFD, para garantir a obtenção dessa qualidade projetada, “coordena” o processo de tomada de decisões nas etapas subsequentes do processo de desenvolvimento, de modo a garantir a adequação destas com a qualidade projetada, com os custos definidos e com a confiabilidade de desempenho do produto desejada.

1.2 Objetivos

Este trabalho apresenta uma proposta de abordagem de aplicação da metodologia QFD (*Quality Function Deployment*) para o desenvolvimento de produto já existente, da

indústria de manufatura e que se utiliza de processos de produção em lotes ou em massa. Esse foco é justificado pela atual necessidade de melhorar continuamente os produtos para satisfazer as exigências de mercado, reavaliando suas funções e características técnicas, melhorando sua confiabilidade e diminuindo seus custos.

A utilização do QFD, de modo geral, garante a conexão entre as decisões tomadas durante o processo de desenvolvimento de produto, garante a qualidade do processo de tomada de decisões, viabiliza a ampliação, distribuição e nivelamento dos conhecimentos dominados pela equipe de desenvolvimento, e foca as atenções do desenvolvimento de produtos nas variáveis mais relevantes para a obtenção da verdadeira qualidade. Porém, a literatura apresenta vários modelos (ou versões) de QFD que, para propiciar esses benefícios, variam no modo de executar seus desdobramentos.

A abordagem de aplicação aqui proposta originou-se da percepção, durante o estudo e revisão dos principais modelos (ou versões) de QFD propostos pela literatura, que se poderia integrar elementos da versão QFD-Estendido com elementos da versão das Quatro Ênfases, com benefícios decorrentes. Assim, o objetivo principal deste trabalho é a proposição de uma abordagem de aplicação que sintetize o QFD-Estendido e o QFD das Quatro Ênfases, através da incorporação de matrizes do segundo nas fases do primeiro. Como objetivo decorrente, pode-se considerar o estudo e revisão da metodologia QFD, em suas principais versões descritas na literatura.

1.3 Estrutura do Texto

A estrutura do presente texto é ilustrada na Figura 1.1. O capítulo introdutório apresenta os objetivos do trabalho, precedidos de uma breve contextualização como justificativa a esses objetivos.

No capítulo dois faz-se uma breve revisão dos conceitos relacionados ao planejamento, controle e melhoria da qualidade, posicionando o QFD no contexto de gerenciamento da qualidade.

No capítulo 3 é apresentada uma extensa revisão sobre a metodologia QFD, enfocando a casa da qualidade e as diferentes versões da metodologia descritas na literatura.

No capítulo 4, após considerações sobre as diferentes versões de QFD, descreve-se a abordagem de aplicação proposta neste trabalho.

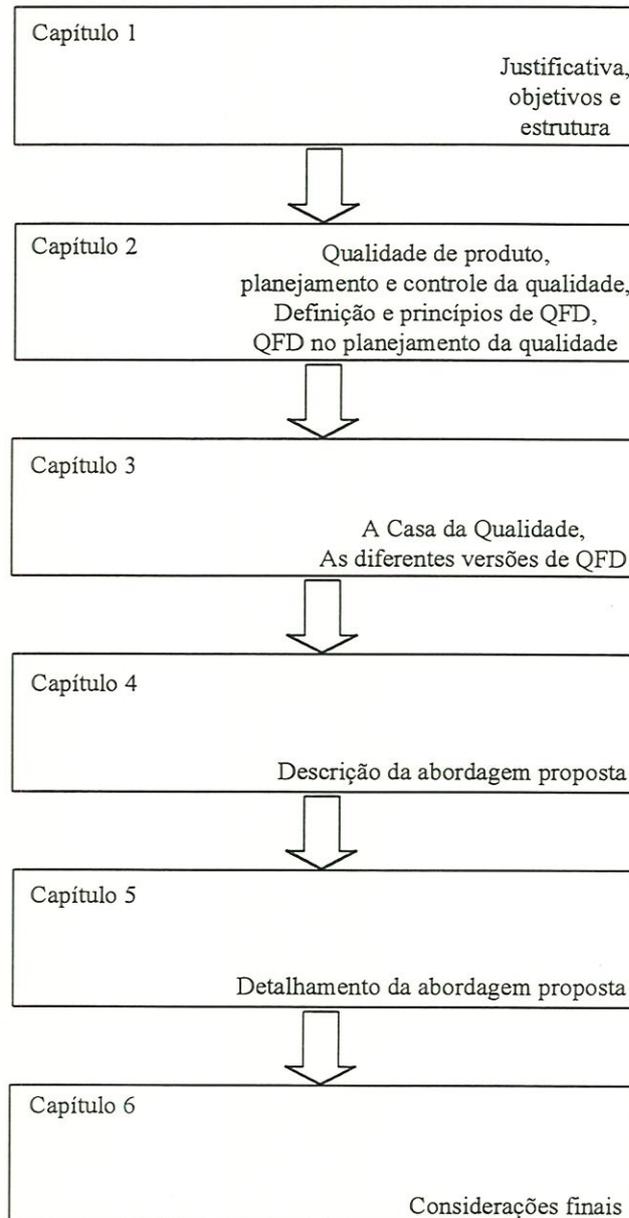


Figura 1.1 - A organização do texto.

No capítulo 5, detalha-se a abordagem proposta e apresenta-se o embasamento teórico dessa abordagem.

O capítulo seis finaliza o trabalho através de uma discussão final da abordagem proposta e apresentação de atividades futuras ao trabalho aqui apresentado.

2 Gestão da Qualidade em Desenvolvimento de Produtos

2.1 Conceito de Qualidade do Produto e Outros Conceitos Importantes

2.1.1 Cliente: Definição e Classificações

Segundo JURAN & GRYNA (1993) e JURAN & GRYNA (1991), um cliente é qualquer pessoa que sofra o impacto do produto ou processo. Portanto, podem ser classificados em:

- Clientes externos: são todas as pessoas que são afetadas pelos produtos, mas que não pertencem à companhia que o produz (JURAN & GRYNA, 1991). Incluem os consumidores finais (usuários), clientes intermediários da cadeia de suprimentos e outras pessoas que tem conexão com o produto, ainda que não sejam compradores (JURAN & GRYNA, 1993). Ver Tabela 2.1;
- Clientes internos: Dentro de uma empresa existem várias situações nas quais os departamentos ou as pessoas fornecem produtos uns aos outros. Os receptores são denominados clientes internos (JURAN & GRYNA, 1991). Aqui estão incluídos tanto os departamentos ou divisões às quais são fornecidos peças e componentes intermediários para processamento ou montagem, como também os departamentos e divisões não diretamente envolvidos com a produção (JURAN & GRYNA, 1993). Ver Tabela 2.2.

Tabela 2.1 - Categorias de clientes externos (adaptada de JURAN & GRZYNA, 1990)

Categoria de Clientes Externos	O que a companhia oferece a eles	O que eles oferecem às companhias
Cliente/ Usuário	Produtos com qualidade	Pedidos, respeito
Acionista	Faturamento, estabilidade	Apoio amplo
Meios de Comunicação	Acontecimentos	Boa imagem
Comunidades Locais	Empregos, impostos, etc	Mão de obra, serviços, etc
Órgãos do Governo	Respeito às regras	Proteção
Público em geral	Proteção ambiental, progresso, etc	Respeito e apoio

Tabela 2.2 - Categorias de clientes internos (adaptada de JURAN & GRZYNA 1990)

Departamentos Fornecedores	Principais Produtos	Alguns Clientes Internos
Finanças	Balancetes	Diretores, Gerentes
Recrutamento	Novos funcionários	Todos os departamentos
Emissão de Pedidos	Pedidos emitidos	Produção, Ferramentaria
Engenharia	Projeto produto	Produção, Ferramentaria, compras, etc
Compras	Materiais comprados	Produção, Ferramentarias, etc

2.1.2 Produto: Definição e Classificações

Para JURAN & GRZYNA (1991) e JURAN & GRZYNA (1993), produto é o resultado de qualquer processo. CHENG *et al.* (1995), por sua vez, definem produtos como quaisquer coisas que possam ser oferecidas a um mercado para satisfazer uma necessidade ou “desejo”. Incluem bens (produtos de consumo e produtos industriais) e serviços.

JURAN & GRZYNA (1993) identificam três categorias de produtos, a saber:

1. mercadorias;
2. software; e
3. serviços

A norma NBR ISO 9000-1 (1994), por sua vez, identifica quatro categorias genéricas de produto, conforme segue:

- materiais e equipamentos;

- informações;
- materiais processados;
- serviços.

Por fim, deve-se considerar o que são os produtos novos. Produtos novos, segundo ULRICH & EPPINGER (1995), são aqueles que podem ser classificados como:

1. Produtos “puxados” pelo mercado (*market-pull products*). São aqueles produtos desenvolvidos em resposta às oportunidades de mercado percebidas pela empresa.
2. Produtos “empurrados” pela tecnologia (*technology-push products*). São os produtos desenvolvidos especificamente para utilizar novas tecnologias “criadas” pela própria empresa. Para caracterizar esse tipo de produto, tais tecnologias não podem ter sido utilizadas em produtos anteriores.
3. Produtos de plataforma (*platform products*). São produtos desenvolvidos para utilizar (aproveitar) tecnologias que, embora recentes e criadas pela empresa, já foram incorporadas a um outro produto. A prévia utilização (em um produto anterior), e aprovação pelo mercado, da tecnologia é que difere esse tipo de produtos dos “produtos empurrados pela tecnologia”.
4. Produtos para indústria de processo (*process-intensive products*). São aqueles cuja rigidez do processo de fabricação impõe limites às propriedades do produto, não permitindo, mesmo na fase de concepção, que o projeto de produto seja separado do projeto de processo de produção.
5. Produtos Customizados (*customer-products*). São aqueles produtos que passam por pequenas modificações, em relação ao produto padrão, para atender à necessidades específicas do consumidor.

2.1.3 Qualidade: Definições e Classificação

Existe uma certa dificuldade de se definir o significado da palavra qualidade, justamente pelo fato de ser este um conceito extremamente abrangente. Porém, as definições dadas a seguir tentam dar um único sentido à qualidade (FAESARELLA *et al.*, 1996), o que é extremamente importante para o estudo do QFD.

CROSBY (1979) define qualidade como atendimento aos requisitos (*conformance to requirements*). Nesse caso, a palavra “requisitos” não deve ser entendida apenas como

especificações de projeto, mas também como requisitos de mercado que atendem as necessidades dos clientes.

Para DEMING (1990), qualidade do produto é a satisfação do cliente.

FEIGENBAUM (1991) define qualidade como o perfeito contentamento do usuário. Esse contentamento é obtido considerando a melhor relação entre o uso real e o preço de venda do produto. Nesse sentido, a qualidade é a maximização do valor do produto, entendendo valor como a relação entre a satisfação do cliente e preço de venda (FAESARELLA *et al.*, 1996).

GARVIN (1992), citando um relatório da *American Society of Quality Control (ASQC)*¹, define qualidade a partir de quatro pontos essenciais:

1. Não são os fornecedores do produto, mas aqueles para quem eles servem — os clientes, usuários e aqueles que os influenciam ou representam — que têm a última palavra quanto o grau de satisfação que um produto proporciona-lhes.
2. A satisfação relaciona-se com o que a concorrência oferece.
3. A satisfação, relacionada com o que a concorrência oferece, é conseguida durante a vida útil do produto, e não apenas na ocasião da compra.
4. É preciso um conjunto de atributos para proporcionar o máximo de satisfação àqueles a quem o produto atende.

Para melhor explicar o que é qualidade, GARVIN (1992) desagrega esse conceito em oito dimensões ou categorias:

1. Desempenho. O desempenho refere-se às características básicas de um produto.
2. Características. Características são os “adereços” dos produtos, aquelas características secundárias que suplementam o funcionamento básico do produto.
3. Confiabilidade. A confiabilidade reflete a probabilidade de mau funcionamento de um produto, bem como a probabilidade do produto falhar num determinado período.
4. Conformidade. A conformidade se refere ao grau com que o projeto e as características operacionais de um produto estão de acordo com padrões estabelecidos.
5. Durabilidade. A durabilidade se refere à medida da vida útil do produto.
6. Atendimento. O atendimento é a rapidez, eficiência e facilidade dos serviços associados ao produto;
7. Estética. A estética é a aparência de um produto.

¹ HAGAN, J.T. (1984). The management of quality: preparing for a competitive future. *Quality Progress*, Dezembro 1984, p.21.

8. Qualidade percebida. A qualidade percebida se refere às medidas indiretas que os clientes utilizam para avaliar a qualidade de um produto.

Para ISHIKAWA (1990), qualidade é a satisfação do consumidor. Porém, para esse autor (Ishikawa), no contexto da qualidade total, a qualidade pode ser considerada em sua forma geral (não restrita a qualidade de produto) na qual estão embutidos os aspectos da qualidade de gerenciamento. Assim, a obtenção da qualidade envolve as atividades de projeto, fabricação e venda dos produtos, todas gerando satisfação para o cliente.

ISHIKAWA (1990) considera que para se atingir a qualidade na forma geral, descrita acima, têm-se que considerar quatro aspectos da qualidade, a saber:

1. Qualidade (Q): características de qualidade em seu senso restrito.
2. Custo (C): características relacionadas a custo e preço de venda.
3. Distribuição (D): características relacionadas a quantidades e prazo de entregas.
4. Serviço (S): inclui os problemas surgidos após a distribuição do produto e características que exigem serviços pré-vendas e pós-vendas.

Para JURAN & GRYNA (1993), qualidade é a satisfação do cliente, ou seja, adequação ao uso. JURAN & GRYNA (1991) determinam, por sua vez, que a palavra qualidade tem dois significados principais:

1. A qualidade consiste nas características do produto que vão ao encontro das necessidades dos clientes e dessa forma proporcionam a satisfação em relação ao produto.
2. A qualidade é a ausência de falhas.

A norma NBR ISO 8402 (1994) define o termo qualidade como sendo *a totalidade das características de uma entidade que lhe confere a capacidade de satisfazer as necessidades explícitas e implícitas.*

Por fim, deve-se citar que TAGUCHI *et al.* (1990) “trabalham” com a não qualidade (ou falta da qualidade), representada pela função perda de qualidade. A perda de qualidade é definida como a perda (em valores monetários) que um produto causa à sociedade após sua venda. Essa perda é classificada em:

1. perdas causadas pela variabilidade da função básica do produto.
2. perdas causadas pelos efeitos colaterais nocivos do produto (meio ambiente, descarte, etc.).

Analisando todas as definições dadas acima, percebe-se que pode-se resumí-las em uma única frase: QUALIDADE É A SATISFAÇÃO DO CLIENTE. Torna-se importante, então, definir o que é satisfação do cliente. A satisfação do cliente, para JURAN & GRYNA (1993), é obtida através dos dois componentes enumerados a seguir (Tabela 2.3).

1. Características do produto. As características do produto, relacionadas na Tabela 2.3, referem-se à qualidade de projeto e tem maior efeito no aumento de vendas.
2. Ausência de deficiências. A ausência de deficiências refere-se à qualidade de conformidade e está estreitamente relacionada à redução de custos. Isto significa que, normalmente, o aumento da qualidade de conformidade resulta em diminuição de custo (redução de sucata, retrabalho, reclamações e outros resultados de deficiências).

Tabela 2.3: Características e ausência de deficiências de produtos (JURAN & GRYNA, 1993)

Indústrias de Manufatura	Indústrias de Serviço
Características / Atributos dos Produtos	
Desempenho	Exatidão
Confiabilidade	Em tempo
Durabilidade	Plenitude(estar completo)
Facilidade de Uso	Cortesia
Fácil Manutenção	Presteza no atendimento
Estética	Estética
Disponibilidade de Opções	
Reputação	Reputação
Isenção de Deficiências	
Produtos Livres de defeitos e problemas na entrega e durante o uso	Serviço isento de problemas em transações atuais e futuras
Venda, Faturamento e outros processos administrativos livres de deficiências	Venda, Faturamento e outros processos administrativos livres de deficiências

Em outra direção, KANO (1991)¹, *apud* CHENG *et al.* (1995), relaciona a satisfação do cliente com o desempenho do produto, classificando a qualidade em cinco tipos: qualidade linear; qualidade óbvia, compulsória ou obrigatória; qualidade atrativa ou excitante; qualidade indiferente; e qualidade reversa ou inversa.

A qualidade linear é aquela que traz satisfação diretamente proporcional ao desempenho do produto – quanto melhor for o desempenho do produto mais satisfeito se tornará o cliente, quanto pior for o desempenho do produto mais insatisfeito se tornará o cliente. Como exemplo desse tipo de qualidade, CLAUSING (1993) cita a relação quilômetros rodados por litro de combustível para um automóvel.

¹ KANO, N. (1991) *A Qualidade Atrativa e a Obrigatória*. Tokyo: OATS, 122 p. (Notas de Aula).

A qualidade óbvia, compulsória ou obrigatória é aquela cuja presença no produto não traz satisfação ao cliente, mas cuja ausência causa grande insatisfação ao cliente. Esta qualidade está relacionada com aquelas características do produto “vistas” pelo cliente como obrigatórias. Para esta qualidade, CLAUSING (1993) cita o fato da pintura de um carro manter sua aparência com o passar do tempo.

Qualidade atrativa ou excitante é aquela que traz grande satisfação ao cliente quando está presente no produto, mas que não traz insatisfação quando está ausente. Esse tipo de qualidade está relacionada às características que o cliente deseja no produto, mas que de fato não espera encontrá-las. Assim, a presença das características é uma “grata” surpresa, tornando o cliente muito satisfeito. CLAUSING (1993) cita como exemplo de característica atrativa “a suspensão programável de um carro”.

Qualidade indiferente é aquela que não traz satisfação nem insatisfação ao cliente.

Por fim, qualidade reversa ou inversa é aquela cuja presença no produto traz insatisfação ao cliente e cuja ausência traz satisfação ao cliente. Segundo CHENG *et al.* (1995), este tipo de qualidade ocorre, (...) *principalmente, em situações em que a incorporação do item, apesar de considerada satisfatória pelo fabricante, é percebida como insuficiente pelos clientes.*

É importante ressaltar que a avaliação em relação à classificação de Kano apresenta um fenômeno de obsolescência. As características do produto que hoje são qualidade atrativa se tornam, no futuro, qualidade linear; as características do produto que atualmente são qualidade linear se tornam, amanhã, qualidade óbvia (CHENG *et al.*, 1995).

A compreensão da possível existência das diversas qualidades (conforme a classificação de Kano) em um só produto é obtida pela afirmação de TOLEDO & ALMEIDA (1990): *A qualidade de um produto é representada pela característica, ou conjunto de características, que determinam a sua natureza. Pode-se pensar, assim, que um produto tem qualidades e não uma qualidade, uma vez que existe uma qualidade para cada característica. E a qualidade global do produto pode ser vista como uma resultante de todas as qualidades parciais.*

Por fim, é preciso compreender como as atividades de obtenção da qualidade se organizam dentro de uma instituição. Para JURAN & GRZYNA (1993), a qualidade do produto é decorrente da execução de todas as funções ao longo da espiral descrita na Figura 2.1. Cada uma dessas funções podem ser executadas por departamentos especializados (grandes empresas) ou por poucas pessoas (empresas pequenas), mas a seqüência demonstrada é relativamente invariável.

Para entender o funcionamento da espiral, deve-se perceber que as necessidades dos clientes finais (mercado) só podem ser perfeitamente atendidas se o resultado do trabalho de cada departamento (ou pessoas) que compõem as funções demonstradas atender as necessidades dos seus clientes internos (ser adequado ao uso). Assim, cria-se uma rede de atividades para obtenção da qualidade, que no seu conjunto são chamadas de Função Qualidade (JURAN & GRYNA, 1993 e JURAN & GRYNA 1991). Cabe aqui salientar que a figura 2.1, por ser uma espiral, torna explícito que o processo de obtenção da qualidade é constante e ininterrupto, caracterizando um processo de melhoria contínua. Outro aspecto a ser considerado é a evolução, ao longo da história, do conceito e da prática da obtenção da qualidade, conforme descrita por CHENG *et al.* (1995), ISHIKAWA (1990) e ISHIKAWA (1986).

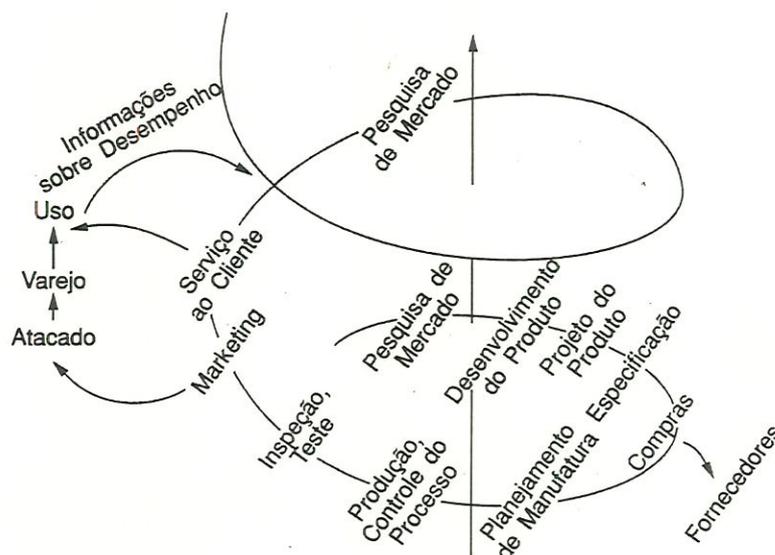


Figura 2.1 - A espiral do progresso na qualidade (JURAN, 1993)

2.2 O Planejamento, o Controle e a Melhoria da Qualidade

Para JURAN & GRYNA (1991) existem três processos básicos da administração para a qualidade: planejamento da qualidade, controle da qualidade e melhoria da qualidade.

Esses mesmos autores definem planejamento da qualidade, em seu sentido mais amplo, como o processo para o estabelecimento dos objetivos da qualidade e para o desenvolvimento dos meios (planos) para realizar esses objetivos. CHENG *et al.* (1995), no

mesmo sentido, definem o planejamento da qualidade como o processo de determinar novos padrões (novo produto e novos processos) capazes de atingir as metas de qualidade, de custo e de prazo de entrega (Figura 2.2). Na segunda definição deve-se observar que produto é o “resultado de qualquer processo”, o que abrange os produtos destinados aos clientes internos e externos.

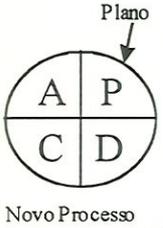
Ação Gerencial de Controle da Qualidade	Método	Conteúdo da Ação Gerencial
Planejamento da Qualidade ↓ Gestão do Desenvolvimento do Produto		Definir novos padrões (novo produto e novo processo) para atingir as metas de qualidade, custo e entrega.
Manutenção da Qualidade ↓ Gestão da Produção do Produto		Cumprir os padrões estabelecidos para o produto e o processo, verificando os resultados e atuando no processo para corrigir desvios (anomalias).
Melhoria da Qualidade ↓ Melhoria da Gestão da Produção do Produto		Alterar os padrões estabelecidos no planejamento da qualidade para atingir novas metas de qualidade, custo, entrega, moral e segurança.

Figura 2.2 - A definição de CHENG *et al.* (1995) para os três processos básicos de administração para a qualidade (CHENG *et al.*, 1995)

O planejamento da qualidade é executado em uma seqüência estruturada e coerente de etapas, conforme o roteiro abaixo. Esse roteiro é descrito por JURAN & GRYNA (1991), com exceção das etapas 10 e 12, que são propostas por CHENG *et al.* (1995):

1. Identificação dos clientes: o planejamento da qualidade busca, em última instância, a definição dos meios capazes de atender as necessidades dos clientes. Como existem diferentes tipos de clientes, com diferentes necessidades, é preciso identificar clara e

objetivamente quem são os clientes a serem atendidos (para quem o produto será destinado).

2. Percepção das necessidades dos clientes. O segundo passo é entender o que deve ser satisfeito pelo produto, ou seja, compreender quais são as necessidades dos clientes que o produto deve satisfazer. Porém, as necessidades expressas pelos clientes, via de regra, são diferentes das suas necessidades reais. É preciso, portanto, analisar e interpretar as necessidades obtidas diretamente dos clientes de modo a identificar as necessidades reais (CHENG *et al.*, 1995; JURAN & GRYNA, 1991 e ISHIKAWA, 1986). Por sua vez, AKAO (1996) alerta que, embora a conversão das necessidades expressas pelos clientes em necessidades reais seja feita pela “empresa”, durante esse processo os “planejadores da qualidade” devem manter-se na posição de clientes, ou seja, devem “pensar com a cabeça dos cliente”.
3. Tradução para a linguagem do fornecedor. As necessidades dos clientes são definidas em linguagem dos próprios clientes, dissociadas, até então, da linguagem de projeto. Nesse sentido, deve-se considerar que os clientes raciocinam sobre produto em termos de desejos e necessidades e que os engenheiros raciocinam sobre o produto em termos de funções (AKAO, 1996 e CHENG *et al.*, 1995). É preciso, portanto, traduzir a linguagem dos clientes para a linguagem dos engenheiros para que os últimos compreendam perfeitamente como utilizar a tecnologia disponível na empresa para atender aos primeiros.
4. Estabelecimento de unidades de medida. Para JURAN & GRYNA (1991) a utilização de medidas para as necessidades dos clientes facilitam a comunicação. Para os autores que “lidam” com a metodologia QFD, essas medidas, no que se refere às necessidades dos clientes, buscam quantificar a importância relativa das necessidades e o grau de atendimento dessas necessidades pelos produtos. São medidas que trazem em si, portanto, um alto grau de subjetividade.
5. Estabelecimento do processo de medição. Aqui define-se como a medição será efetivamente executada, ou seja, define-se quais serão os sensores (métodos) de medição utilizados.
6. Desenvolvimento do produto. Essa etapa se refere à definição das características do produto (conforme definição de JURAN & GRYNA (1991) e de JURAN & GRYNA (1993), apresentada na seção 2.1.2) que são necessárias para atender as necessidades dos clientes (JURAN & GRYNA, 1991). Aqui deve-se considerar que alguns produtos são complexos o bastante para exigir o desdobramento dessa etapa em diversos níveis de

agregação — sistema, sub-sistemas e partes (conforme a terminologia utilizada em CLAUSING, 1993).

7. Otimização do projeto do produto. Na forma que foi descrita por JURAN & GRYNA (1991), essa etapa do roteiro de planejamento da qualidade, pode ser interpretada como características essenciais do desenvolvimento do produto para otimização do projeto do produto. Porém, confrontando as fases do planejamento da qualidade propostas por CHENG *et al.* (1995) com o roteiro proposto por JURAN & GRYNA (1991), pode-se interpretar que a otimização do projeto do produto corresponde à fase de confecção e teste de protótipos. Os protótipos buscam, em última análise, o teste e a otimização do desempenho do produto em relação as suas características definidas na etapa de desenvolvimento do produto.
8. Desenvolvimento do processo. Para JURAN & GRYNA (1991) planejar o processo é fornecer às unidades produtivas os meios de produzir os produtos que possam atender as necessidades do cliente. Isso inclui o projeto do processo e a preparação da infraestrutura necessária para a produção. O projeto do processo abrange as atividades de: definição das instalações físicas necessárias para a produção; determinação dos procedimentos associados ao processo (o sistema nervoso e o cérebro do equipamento); e a definição das informações sobre a operação, controle e manutenção a serem transmitidas ao pessoal da produção.
9. Otimização e prova da aptidão do processo. A prova de aptidão do processo é feita através da produção do “lote piloto” (CHENG *et al.*, 1995 e JURAN & GRYNA, 1991). Como alternativa ao “lote piloto”, JURAN & GRYNA (1991) prescreve a “prova de laboratório” onde uma operação em pequena escala é conduzida somente para demonstrar a aptidão do processo. A otimização é executada através da revisão do projeto do produto e do processo para corrigir as deficiências apontadas pelas provas de aptidão (CHENG *et al.*, 1995).
10. Verificação da satisfação dos clientes. Aqui deve-se avaliar se os clientes aprovam o novo produto, confirmando a viabilidade dos padrões planejados para o produto e processo. Essa avaliação deve ser feita através de testes experimentais do produto com os clientes (CHENG *et al.*, 1995).
11. Transferência para operações. Essa transferência, para JURAN & GRYNA (1991), é a fase final do processo de planejamento da qualidade. Essa etapa envolve a transferência da responsabilidade da execução das operações para o pessoal de fábrica que deve iniciar sua preparação para a produção em massa. Nesse sentido, JURAN & GRYNA (1991)

falam em transferência de conhecimentos, incluindo procedimentos, advertências e lições aprendidas durante o treinamento.

12. Refletir sobre o processo. Aqui deve-se analisar as informações dos clientes em relação ao produto desenvolvido e auditar o sistema de desenvolvimento de novos produtos.

Para CHENG *et al.* (1995), na condução do planejamento da qualidade, deve-se adotar o ciclo PDCA (*Plan; Do; Check; Action*), proposto originalmente por Deming e modificado por Ishikawa (ISHIKAWA, 1990). Nesse caso, inserindo as 12 etapas propostas acima no ciclo PDCA, tem-se a Figura 2.3.

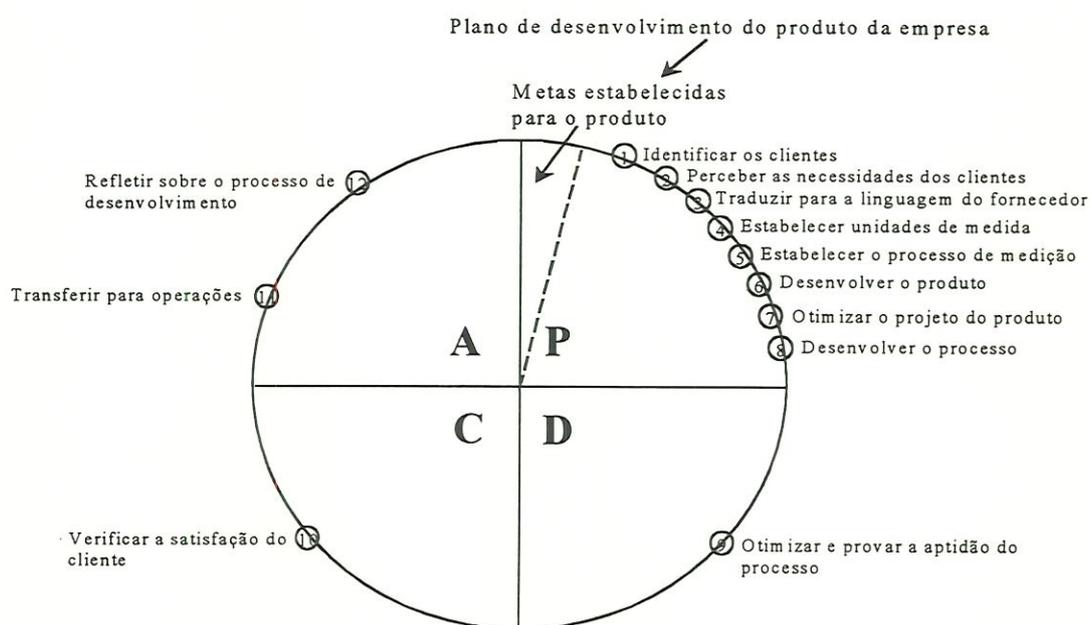


Figura 2.3 - As etapas do planejamento da qualidade dentro do ciclo PDCA (adaptada de CHENG *et al.*, 1995)

O segundo processo básico da administração para a qualidade é o controle da qualidade (JURAN & GRZYNA, 1991) ou manutenção da qualidade (CHENG *et al.*, 1995). O controle da qualidade, segundo JURAN & GRZYNA (1991), é o processo regulador por meio do qual mede-se o desempenho real da qualidade (no dia-a-dia da operação), comparando-o com os objetivos da qualidade e agindo sobre a diferença. De modo similar, CHENG *et al.* definem manutenção da qualidade como o processo que garante o cumprimento dos padrões estabelecidos através da constante verificação dos resultados e atuação sobre os desvios

encontrados (Figura 2.2). Para JURAN & GRZYNA (1991) o controle da qualidade é executado seguindo as seguintes etapas:

1. Selecionar o objeto do controle (o que será controlado);
 2. Escolher uma unidade de medida;
 3. Especificar o valor alvo para o desempenho operacional;
 4. Criar um sensor — um meio de avaliar o desempenho real em termos de unidade de medida;
 5. Avaliar o desempenho real;
 6. Interpretar a diferença entre o desempenho real e o objetivo;
- Tomar atitudes com relação à diferença.

JURAN & GRZYNA (1991) propõem, ainda, que o controle da qualidade se dá dentro de um sistema chamado ciclo de controle. O ciclo de controle (Figura 2.4) é executado de acordo com a seguinte seqüência de procedimentos:

1. Um sensor mede o desempenho real (valor) do objeto de controle;
2. Um avaliador compara o desempenho real com o objetivo;
3. Se o desempenho real diferir do padrão, acima da tolerância preestabelecida, o comparador aciona o atuador para restabelecer o *status quo*;
4. O atuador interfere no processo, restabelecendo o *status quo*.

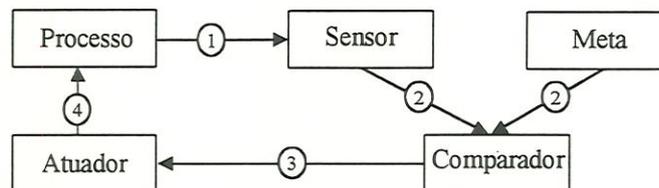


Figura 2.4 - O ciclo de controle (adaptada de JURAN & GRZYNA, 1991)

O último processo básico da administração para a qualidade é o aperfeiçoamento da qualidade (JURAN & GRZYNA, 1991) ou melhoria de qualidade (CHENG *et al.*, 1995). Segundo CHENG *et al.* (1995), a melhoria da qualidade é o processo de alteração dos padrões estabelecidos no planejamento da qualidade para atingir novas metas de qualidade, custo e prazos de entrega (Figura 2.2). Para esses mesmos autores — CHENG *et al.* (1995), na melhoria da qualidade, pode-se utilizar a metodologia de solução de problemas (*QC Story*) ou seguir os passos do planejamento da qualidade, já descritos. A metodologia *QC Story* segue os oito passos demonstrados na Figura 2.5.

Conforme demonstram CHENG *et al.* (1995), os três processos básicos para administração da qualidade são relacionados entre-si, constituindo um processo global de obtenção da qualidade bastante lógico (Figura 2.6). O processo global se inicia com o estabelecimento de metas que determinam o desenvolvimento de um novo produto, em substituição ao produto atual. O novo produto é, então, desenvolvido através da definição de novos padrões de produto e processos (planejamento da qualidade). Após definidos os novos padrões executa-se a produção em série (manutenção da qualidade) até que novas metas determinem a mudança desses padrões. Então, altera-se os padrões (melhoria da qualidade) e inicia-se a fabricação do produto modificado (nova manutenção da qualidade). Aqui cabe ressaltar que na manutenção da qualidade (Figura 2.6) o ciclo PDCA assume a forma de SDCA (*Standard, Do, Check, Action*). O “S” é a “normatização” dos padrões estabelecidos no planejamento do produto, o “D” é a execução do processo no dia a dia da empresa, o “C” é a constante verificação se as atividades rotineiras estão sendo executadas como determinam os padrões e o “A” são as ações corretivas sobre os desvios de execução.

Ciclo	Etapas do Planejamento
P	① Identificação do problema
	② Observação
	③ Análise
	④ Planejamento da ação
D	⑤ Ação
C	⑥ Verificação
A	⑦ Padronização
	⑧ Conclusão

Figura 2.5 - A metodologia de solução de problemas (CHENG *et al.*, 1995)

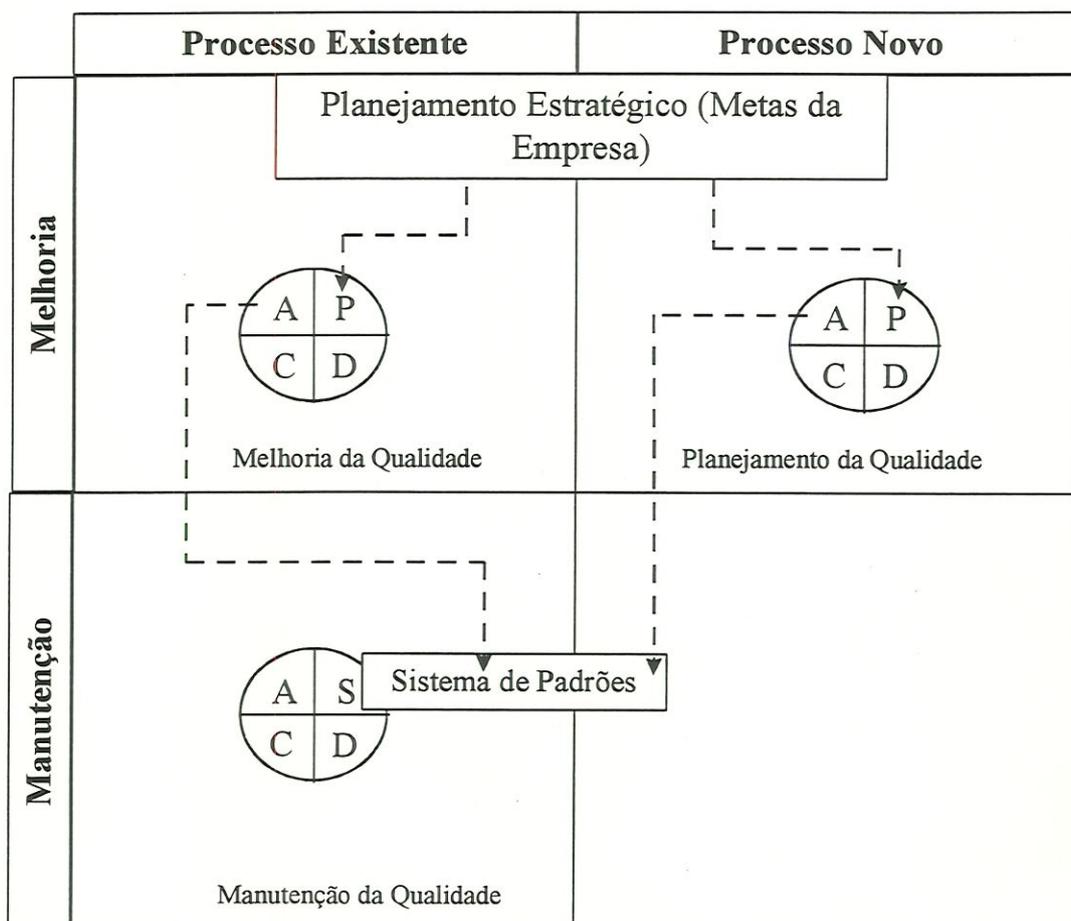


Figura 2.6 - As inter-relações dos três processos básicos de administração para a qualidade
(CHENG *et al.*, 1995)

2.3 Definição e Princípios do QFD

2.3.1 Definição

Segundo AKAO (1990), *QFD* é a conversão dos requisitos do consumidor em características de qualidade do produto e o desenvolvimento da qualidade de projeto para o produto acabado através de desdobramentos sistemáticos das relações entre os requisitos

do consumidor e as características do produto. Esses desdobramentos iniciam-se com cada mecanismo e se estendem para cada componente ou processo. A qualidade global do produto será formada através desta rede de relações.

As relações mencionadas por AKAO podem ser descritas como se segue:

- Extração: a extração é o processo de criar uma tabela a partir de outra, ou seja, de utilizar os elementos de uma tabela como referência para se obter os elementos de outra tabela (CHENG *et al.*, 1995). Segundo CHENG *et al.* (1995), uma matriz de QFD é sempre constituída do cruzamento de duas matrizes. Por exemplo, a casa da qualidade, a mais famosa matriz de QFD, é composta do cruzamento da tabela dos requisitos dos clientes com a tabela das características de qualidade.
- Relação: a relação é o processo de identificar a intensidade do relacionamento entre os dados das duas tabelas que compõem a matriz (CHENG *et al.*, 1995).
- Conversão: existem dois tipos de conversão. O primeiro, indicado por OHFUJI *et al.* (1997), significa a transformação (ou modificação) dos dados originais coletados em pesquisas de mercado para dados “trabalhados” e analisados que podem ser usados como requisitos dos clientes. É, portanto, um processo qualitativo. O segundo, descrito por CHENG *et al.* (1995) e por OHFUJI *et al.* (1997), se refere ao processo de transferir a importância relativa (peso) dos dados de uma tabela da matriz para os dados da outra tabela, em função da intensidade das relações existentes entre eles. É, portanto, um processo quantitativo.

É importante destacar que essa definição de QFD é particularmente interessante para este trabalho porque:

1. abrange todos as versões de QFD;
2. Akao é um dos principais criadores do QFD e o líder de um grupo empenhado no constante aperfeiçoamento desta metodologia (CHENG *et al.*, 1995).
3. Ela pode ser facilmente adaptada para definir QFD como uma metodologia que se aplica a todos os tipos de produtos e serviços, bastando para isso substituir os termos mecanismos e componentes por subsistema e elementos, ou quaisquer outros que especifiquem os diversos níveis de agregação do produto/serviço em questão.

2.3.2 Princípios do QFD

Para CHENG *et al* (1995), o QFD se fundamenta sobre três princípios básicos, cada um expressando um par de idéias: subdivisão e unificação; pluralização e visibilidade; e totalização e parcelamento. Porém, SIVALOGANATHAN & EVBUOMWAN (1997) citam um quarto princípio, o princípio do desdobramento. Estes princípios estão descritos abaixo:

- Princípio da Subdivisão e Unificação:

A subdivisão se refere aos desdobramentos dos objetos de análise da metodologia — qualidade e trabalho, buscando um nível de detalhamento cada vez maior. A unificação se refere à necessidade de reunir as idéias detalhadas encontradas em grupos hierarquizados.

- Princípio da Pluralização e Visibilidade

A pluralização diz respeito à diversidade de pontos de vista que sempre permeiam as atividades do QFD. Convém lembrar que um dos pontos fortes dessa metodologia é a análise das questões considerando as perspectivas das “diversas partes interessadas” — as áreas funcionais da empresa e os clientes.

A visibilidade, por sua vez, está presente através da utilização de métodos visuais (matrizes e tabelas) para explicitar todas as relações entre as diversas variáveis que envolvem o desenvolvimento do produto.

- Princípio da Totalização e do Parcelamento

É esse princípio que faz a equipe ter simultaneamente a visão do todo e do específico durante todo o trabalho do desenvolvimento do produto, buscando entender como cada parte influencia o todo e é por ele influenciada. É o conceito de engenharia simultânea aplicada ao QFD. Escrevem CHENG *et al.* (1995): (...) *em todo trabalho de QFD, é necessário ter a visão do todo, sem entretanto, perder de vista as partes mais importantes, pois há limites de recursos e tempo – o conceito da priorização. Uma vez identificadas as partes importantes, passa-se a ampliá-las de forma a conhecer profundamente seus detalhes, e assim sucessivamente. Entretanto, é bom lembrar que as somas das partes ótimas não constitui necessariamente um todo ótimo (...) portanto, é importante, quando possível, ponderar entre o ótimo do todo e o ótimo das partes.*

- Princípio do Desdobramento

Segundo SIVALOGANATHAN & EVBUOMWAN (1997), desdobrar significa assegurar a qualidade do produto através da qualidade dos subsistemas; assegurar a qualidade dos subsistemas através da qualidade das partes; assegurar a qualidade das partes através da qualidade dos elementos dos processos de fabricação.

2.4 O QFD NO PLANEJAMENTO DA QUALIDADE

O QFD é uma das metodologias disponíveis para, no planejamento da qualidade, sistematizar o processamento das informações e para planejar o trabalho humano, dois dos principais recursos necessários para a execução do roteiro descrito na seção 2.2.

Para CHENG *et al.* (1995), o processamento das informações no planejamento da qualidade corresponde à transformação das necessidades dos clientes em informações tecnológicas (Figura 2.7). Essa transformação ocorre quando executa-se as atividades de coleta, processamento e disponibilização das informações no decorrer do roteiro de planejamento da qualidade descrito na seção 2.2. Para exemplificar, a Figura 2.8 ilustrará o processamento das informações em um desenvolvimento de produto com quatro fases, conforme descrito por LOCKAMY III & KHURANA (1995). O QFD atua nesse processo sistematizando a forma de condução destas atividades, ou seja, definindo como as informações de mercado (necessidades dos clientes) serão coletadas e transformadas em características técnicas do produto, como as características do produto serão transmitidas e transformadas em características técnicas dos componentes, como essas características dos componentes serão transmitidas e transformadas em decisões de processo e, por fim, como essas decisões de processo serão transmitidas e transformadas em decisões de produção. As características do produto e as características dos componentes são informações tecnológicas referentes ao projeto do produto. As decisões de processos são informações tecnológicas referentes ao projeto de processo. As decisões de produção são informações tecnológicas referentes ao detalhamento da produção. É importante esclarecer que no QFD as informações são organizadas e tornadas disponíveis à medida que vai ocorrendo o processamento, ou seja, à medida que as tabelas e matrizes que compõem essa metodologia vão sendo completadas. Nesse sentido, deve-se observar que o QFD favorece o armazenamento e a transmissão de informações em formato conciso e utilizável por todos que conhecem a metodologia.

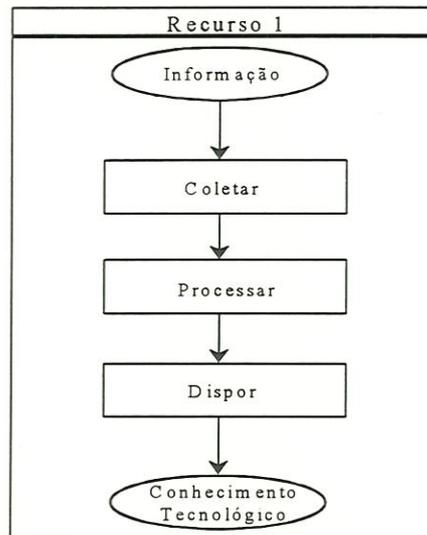


Figura 2.7- O processamento das informações (adaptada de CHENG *et al.*, 1995)

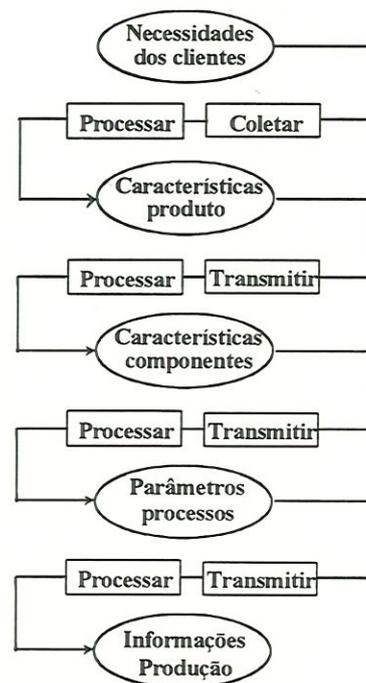


Figura 2.8 - Ilustração do processamento das informações no desenvolvimento de produto (adaptada de CHENG *et al.*, 1995)

O trabalho humano, ainda segundo CHENG *et al.* (1995), é executado para transformar o trabalho proposto em trabalho executado (Figura 2.9). Essa transformação

corresponde à execução da seguinte seqüência de atividades: desdobrar o trabalho (parcelar o trabalho), alocar o trabalho parcelado (definir quem fará cada parcela do trabalho), organizar o trabalho (definir como, onde e quando cada parcela do trabalho será executada) e executar o trabalho. O QFD padroniza o modo de executar as três primeiras atividades, ou seja, aquelas que se referem ao planejamento do trabalho. Desse modo, o QFD torna o processo de planejamento do trabalho um roteiro sistemático e repetitivo.

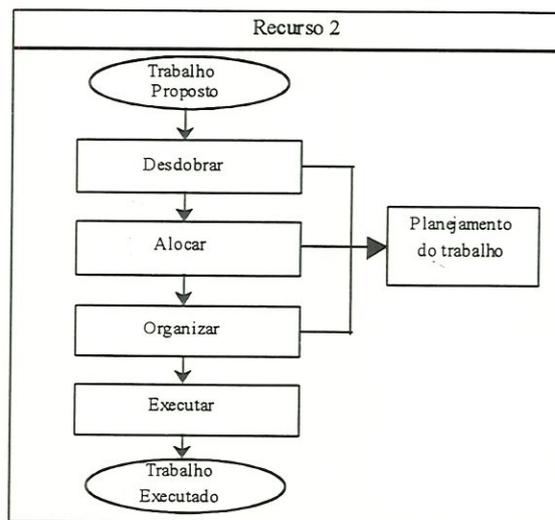


Figura 2.9 - A seqüência de execução do trabalho humano (adaptada de CHENG *et al.*, (1995))

2.5. O Desenvolvimento de Produtos

O desenvolvimento de novos produtos pode ser visto como uma seqüência interligada de tarefas de processamento de informações, onde os conhecimentos das necessidades do mercado e das oportunidades tecnológicas são transformadas em informações vantajosas para a produção. Cada estágio desse processo, desde o planejamento do produto ao início da produção, envolve o processamento dessas informações para materializar (fisicamente falando) o conceito do produto (HAUPTMAN & HIRJI, 1996). O sucesso do desenvolvimento do produto depende, portanto, de como essas informações tecnológicas e mercadológicas são trabalhadas e de como esse trabalho é ordenado.

CLAUSING (1993) descreve os seguintes problemas que ocorrem no método tradicional de desenvolvimento de produtos, aos quais ele chamou de “sorvedouros de dinheiro”:

1. Desenvolver tecnologia inadequada e/ou transferir inadequadamente boa tecnologia para o desenvolvimento de um produto específico;
2. Ignorar a “voz” do cliente;
3. Desenvolver conceitos revolucionários impossíveis de efetivamente ser convertidos em um produto real;
4. Projetar produtos teoricamente “revolucionários” que na prática se mostram piores que os produtos atuais;
5. Conseguir vender para a alta direção da empresa projetos de produtos que não tem qualidade real;
6. Construir e testar uma quantidade tão grande de protótipos a ponto de tornar essas atividades um fim em si mesmas;
7. Desenvolver produtos sem considerar prematuramente o processo de fabricação;
8. Não aceitar mudanças no próprio processo de desenvolvimento; mudanças essas que levariam a minimização do tempo de ciclo e maximização da qualidade do produto;
9. Depender da inspeção como método de verificar a qualidade, por não assegurar a qualidade no projeto;
10. Limitar as melhorias de produto e processos aos alvos previamente estabelecidos, perdendo, muitas vezes, oportunidade de ultrapassá-los.

Na direção contrária, ZIRGER & HARTLEY (1996) afirmam que um efetivo desenvolvimento de produtos envolve a minimização do consumo de recursos na execução dos processos necessários para colocar a disposição da empresa um *mix* adequado de produtos que, por sua vez, tenham desempenho, qualidade, preço e distribuição adequados para os clientes. Para obter esse eficiente processo de desenvolvimento de produtos, CLAUSING (1993) propõe a utilização da engenharia simultânea e a hierarquia de decisões.

A engenharia simultânea é definida de duas formas na literatura:

1. Segundo HULL *et al.* (1996) e HADDAD (1996), Engenharia Simultânea é considerar as questões referentes às fases posteriores do desenvolvimento de produto já nas fases iniciais deste processo. Segundo CLAUSING (1993), isso implica na utilização efetiva do método de solução antecipada de problemas e na utilização de equipe multifuncional. No método de resolução antecipada de problemas, busca-se detectar os possíveis problemas decorrentes de cada decisão e resolvê-los antes que eles efetivamente

aconteçam. Tal remoção é feita pela identificação e anulação da suas causas. A equipe multifuncional, por sua vez, permite que as diferentes visões, das diferentes áreas funcionais da empresa, sejam consideradas na tomada de decisões sobre o novo produto. Com isso, evita-se escolher caminhos que resolvem problemas isolados mas que comprometem a performance da empresa como um todo. Desse modo, ainda segundo CLAUSING (1993), o projeto do produto, a engenharia do processo, o desenvolvimento dos serviços de suporte aos clientes e todos os demais elementos de sucesso do produto são executados como um conjunto integrado de atividades e objetivos.

2. A Engenharia Simultânea é a execução em paralelo de algumas fases e tarefas do desenvolvimento de produtos. Desse modo, o desenvolvimento do produto se torna um processo composto de fases executadas paralelamente e de outras executadas sequencialmente (HAUPTMAN & HIRJI, 1996; KING & MAJCHRZACK, 1996; KRISHNAN, 1996; LIKER *et al.*, 1996; NUMATA & TAURA, 1996 e SCHNIEDERJANS & HONG, 1996). Esse paralelismo pode ocorrer tanto em atividades independentes (NUMATA & TAURA, 1996) quanto em atividades interdependentes (LIKER *et al.*, 1996 e KRISHNAN, 1996).

BLACKBURN *et al.* (1996) alertam que a divulgação, pela literatura corrente, das duas definições dadas acima gera uma certa confusão no entendimento do que é verdadeiramente a Engenharia Simultânea. Para esclarecer essa confusão, compatibilizando as duas definições, BLACKBURN *et al.* (1996) propõem a existência de dois tipos de simultaneidade no processo de desenvolvimento de produtos: a simultaneidade de atividades e a simultaneidade de informações.

BLACKBURN *et al.* (1996) propõem que existe uma hierarquia de atividades simultâneas (simultaneidade de atividades), descrita a seguir:

1. Sobreposição de tarefas dentro da mesma fase. Ocorre quando sobrepoem-se duas ou mais tarefas dentro de uma mesma fase;
2. Sobreposição de fases. Ocorre quando duas fases do processo são executadas simultaneamente;
3. Sobreposição de hardware/software. Pode ocorrer no desenvolvimento de produtos tipo *hardware* com *softwares* embutidos, como por exemplo modernas televisões ou carros. Compreende a execução paralela do desenvolvimento do *hardware* e do *software*;
4. Sobreposição de projetos. Ocorre quando componentes são propositadamente projetados para também ser utilizados em outros produtos. Ou seja, é quando se projeta um componente considerando as necessidades de vários produtos.

Ainda segundo BLACKBURN *et al* (1996), existem três tipos de informações simultâneas, a saber:

1. Envolvimento de funções *downstream* em atividades e decisões *upstream*. É a utilização de verdadeiras equipes multifuncionais, com representantes das funções *upstream* e *downstream*, desde as primeiras etapas do processo de desenvolvimento de produtos;
2. Transferência de informações preliminares. É a transferência de decisões preliminares das atividades *upstream* para as atividades *downstream*. BLACKBURN *et al* (1996) não deixam explícito se essas equipes poderiam ser multifuncionais ou se, obrigatoriamente, elas devem ser compostas apenas pelas funções que compõem as respectivas fases. Porém, o autor desse trabalho entende que tanto equipes multifuncionais quanto monofuncionais podem caracterizar esse tipo de simultaneidade de informações, desde que haja efetiva transferência de decisões preliminares;
3. Ampla informação trocada em duas vias. Esse tipo de simultaneidade de informações difere-se das outras duas por ter um fluxo de informações nas duas direções: de atividades *upstream* para atividades *downstream* e de atividades *downstream* para atividades *upstream*. Percebe-se que a ocorrência desse tipo só tem sentido se houver a existência de atividades simultâneas.

CLAUSING (1993), por sua vez, propõe uma hierarquia (ou graus) de engenharia simultânea, enumerada a seguir:

1. Ampla transferência de tecnologia (isso é, alta taxa e amplo escopo de informação transmitidas);
2. Sobreposição com transferência de informações preliminares;
3. Sobreposição com ajustamento mútuo;
4. Sobreposição com envolvimento de funções *downstream* em atividades e decisões *upstream*.

Analisando-se os dois conceitos de engenharia simultânea difundidos na literatura conclui-se que ambos são diferentes graus de aplicação dessa “filosofia”. Assim, considerando que os níveis mais avançados de engenharia simultânea implicam em sobreposição de atividades, é preciso entender como se administra a troca da informação entre as diversas atividades superpostas. É conveniente destacar que, para KRISHNAN (1996), existe um risco inerente à sobreposição de atividades, pois caso sejam necessárias mudanças na fase *upstream*, após o início de uma fase *downstream*, pode-se gerar retrabalho, aumentando o custo e/ou o tempo de desenvolvimento. Desse modo, torna-se obrigatório um cuidado especial para gerenciar tais modificações.

A literatura consultada propõe as seguintes alternativas para administrar a troca de informações entre fases sobrepostas: a evolução das informações *upstream* e da sensibilidade das fase *downstream* (KRISHNAM, 1996); e a abordagem baseada em informações por intervalos (LIKER *et al.*, 1996). Ambas serão descritas a seguir.

Os conceitos de evolução das informações *upstream* e de sensibilidade das fase *downstream*, descritos por KRISHNAM (1996), ajudam determinar o melhor momento para transmitir as informações no desenvolvimento de produto. A evolução das informações se refere ao tempo necessário para que as decisões das fases *upstream* estejam prontas para serem transmitidas para a fase *downstream*. Existem dois tipos de evolução: rápido e lento. A evolução é rápida quando a necessidade de iterações internas¹ é pequena. Nesse caso, pode-se chegar rapidamente às informações que serão congeladas definitivamente (mesmo que não otimizadas), sem que os níveis das várias dimensões da qualidade (desempenho, estética e confiabilidade) fiquem muito abaixo do seu potencial. Por outro lado, a evolução é lenta quando é preciso executar grande quantidade de iterações internas, não sendo possível chegar rapidamente às informações finais. O segundo conceito, — sensibilidade da fase *downstream* — mede a duração do retrabalho que é requerido na fase *downstream* para acomodar as mudanças ocorridas nas fases anteriores. Quando pequenas mudanças nas fases *upstream* exigem muito retrabalho na fase *downstream*, a sensibilidade da última é grande. Porém, a sensibilidade mais baixa ocorre quando mesmo mudanças cruciais nas fases *upstream* não exigem muito retrabalho na fase *downstream*. Combinando as posições extremas desses dois conceitos, KRISHNAM (1996) propõe quatro “atitudes gerenciais” para a efetivação da simultaneidade de atividades. A primeira combinação é de casos de evolução lenta com baixa sensibilidade. Nessa situação, a simultaneidade de atividades é viabilizada pela “alimentação” da fase *dowstream* com informações preliminares (que serão consideradas congelamento provisório, podendo ocorrer ou não interações externas entre a fase *upstream* e a fase *downstream*). A segunda combinação é de casos de evolução lenta com alta sensibilidade. Nessa situação, não é aconselhável sobreposição de atividades. O terceiro caso combina rápida evolução com baixa sensibilidade. Aqui torna-se possível sobrepor as atividades “alimentando” a fase *dowstream* com informações preliminares (que serão consideradas congelamento provisório) ou utilizar informações não otimizadas como congelamento definitivo. Por fim, tem-se a combinação de rápida evolução com alta sensibilidade. Nesse

¹ Adaptando a definição de CLAUSING, 1993, tem-se que iterações internas são aquelas executadas por necessidades da própria fase *upstream*, contrária, portanto, as iterações externas que são necessárias para adequar a fase *upstream* a limitações ou oportunidades da fase *downstream*

caso, deve-se utilizar as informações não otimizadas como congelamento definitivo. O congelamento provisório é aquele no qual as decisões transmitidas podem ainda ser significativamente modificadas na fase *upstream*. O congelamento definitivo é aquele no qual as informações transmitidas não serão significativamente modificadas na fase *upstream*.

A segunda alternativa para administrar a troca de informações entre fases sobrepostas é a abordagem baseada em informações por intervalos, descrita por LIKER *et al.* (1996). Nesta abordagem transmite-se as informações através de intervalos, nos quais são explicitamente delimitados os valores máximos e mínimos para cada decisão. É preciso deixar claro que tais intervalos não representam limites de tolerância, mas um conjunto de valores nominais inicialmente aceitáveis. De posse dos intervalos aceitáveis para as fases anteriores, cada fase do processo de desenvolvimento busca projetar suas próprias alternativas de decisões. As piores alternativas para cada fase vão sendo descartadas em negociações levadas a cabo por equipes multifuncionais, com representantes de todas as funções participantes do desenvolvimento do produto. Assim, gradativa e continuamente, vai-se diminuindo os intervalos, na busca de convergência para a alternativa mais aceitável para todos. Quanto a sobreposição de atividades, pode-se perceber que essa é totalmente viável, visto que cada fase busca atender todo o conjunto de alternativas existente para as fases *upstream*. Assim, dentro dos intervalos (que, naturalmente, são plenamente viáveis), a fase *upstream* pode mudar continuamente os valores que nada afeta a fase *downstream*.

A segunda solução proposta por CLAUSING (1993) para um eficiente desenvolvimento de produto é a hierarquia de decisões. Hierarquizar as decisões consiste em detectar antecipadamente seus graus de criticalidade e utilizar-se do método adequado para orientá-las. Nesse sentido as decisões podem ser individuais, coletivas ou críticas. As decisões individuais são aquelas que podem ser tomadas com base no conhecimento e experiência acumulados por indivíduos. As decisões coletivas são aquelas que requerem o somatório do conhecimento e experiência acumulados por toda a equipe e que, portanto, devem se sistematizadas por um método que facilite a convergência de opiniões e conhecimentos. As decisões críticas são aquelas que demandam mais que a experiência acumulada da equipe multifuncional; exigem experimentação e utilização de métodos de engenharia (CLAUSING, 1993).

Considerando o objetivo desse trabalho, vale a pena relacionar a metodologia QFD com a aplicação de engenharia simultânea e com a hierarquia de decisões. Segundo a percepção do autor dessa dissertação, o QFD:

1. permite a percepção do aspecto global e do aspecto “pontual” do processo de desenvolvimento, tornando explícitas as inter-relações entre todas as variáveis deste e, por isso, facilitando a aplicação da engenharia simultânea e da resolução antecipada de problemas;
2. potencializa o trabalho em equipe multifuncional, porque: (a) informações relevantes são encontradas e usadas; (b) seu formato visual foca a discussão da equipe nos objetivos da sessão de trabalho; (c) o tamanho dos diagramas e matrizes permite que o observador perceba, num correr de olhos, as informações relevantes e suas conexões lógicas; (d) os diferentes tipos de decisões são conectadas; (e) utiliza-se de decisões consensuais, o que obriga a negociação entre os vários membros da equipe; (f) os membros da equipe desenvolvem uma compreensão comum sobre as decisões, suas razões e suas implicações; (g) devido as decisões serem consensuais, os membros da equipe tornam-se comprometidos com iniciativas de implementá-las;
3. facilita a compatibilização das decisões tomadas pelas equipes específicas de cada fase do processo de desenvolvimento de produtos. Essa compatibilização se dá em dois níveis: garantindo que as decisões tomadas nas fases *downstream* sejam compatíveis com as decisões tomadas nas fases *upstream* e coordenando as decisões das várias equipes específicas dentro de uma mesma fase;
4. facilita o “rastreamento” das informações a serem alteradas e as negociações de valores que atendam as duas fases;
5. direciona a tomada de decisões individuais e organiza as decisões críticas, conectando-as com as decisões coletivas;
6. na utilização da abordagem baseada em informações por intervalos, facilita a conversão para a alternativa mais aceitável. Isso porque facilita o processo de negociação entre as diversas funções, já que torna explícitas as inter-conexões (relações) das decisões tomadas nas diversas fases. Convém, aqui, citar pesquisa de LIKER *et al.* (1996) que comprovou ser a metodologia QFD associada ao uso da abordagem baseada em informações por intervalos.

3 A Casa da Qualidade e as Diferentes Versões de QFD

3.1 Introdução

Nas quatro versões de QFD identificadas, a casa da qualidade (ou matriz da qualidade) não só está presente, como inicia os desdobramentos. Mais importante ainda, essa matriz é a ferramenta básica de projeto do QFD (HAUSER & CLAUSING, 1988). Alguns autores, inclusive, descrevem apenas a casa da qualidade em seus trabalhos, muitas vezes (mas não obrigatoriamente) aplicada e adaptada a situações específicas. Entre esses autores pode-se citar AGOSTINHO & CASTRO (1997), BARNAD (1996), BERGQUIST & ABEYSEKERA (1996), GEIGER (1995), GHAHRAMANI (1996), GOPALAKRISHNAN *et al.* (1992), GLUSLKOVSKY *et al.* (1995); HYBERT (1996), JACQUES *et al.* (1994), OHFUJI *et al.* (1997), RADHARAMANAM & GODOY (1996), RAJALA & SAVOLAINEN (1996), SABINO *et al.* (1997), SANTOS (1995); SEOW & MOODY (1996), SOMERTON & MLINAR (1996) e YEUNG & LAU (1997).

Na literatura, a descrição detalhada da casa da qualidade é freqüentemente utilizada como base para a descrição do QFD, porque todas as matrizes dessa metodologia apresentam grande similaridade. Seguindo essa tendência, na primeira parte desse capítulo vai-se descrever a casa da qualidade para que sua compreensão alicerce a revisão das principais versões de QFD. Essas versões, que serão brevemente descritas na segunda parte do capítulo, surgiram da evolução do trabalho original de Yoji Akao e são tema da literatura especializada, tanto nacional, quanto internacional.

3.2 A Casa da Qualidade

A casa da qualidade é obtida pelo cruzamento da tabela dos requisitos do cliente (ou da qualidade exigida) com a tabela das características de qualidade (AKAO, 1990), como ilustrado na Figura 3.1. O resultado obtido deste cruzamento é, portanto, conforme a Figura 3.2. O triângulo “A” e a aba “C” compõem a tabela dos requisitos dos clientes. O triângulo “B” e a aba “D” compõem a tabela das características de qualidade. O quadrado “Q”, interseção das duas tabelas, é denominado “matriz de relações”.

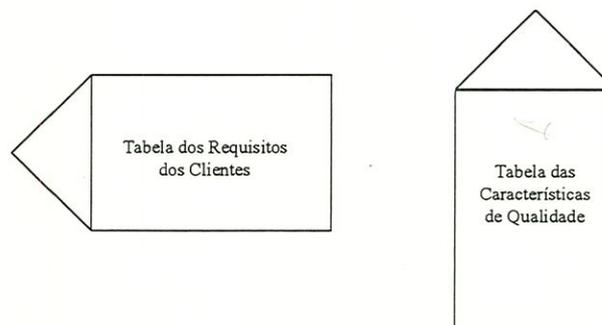


Figura 3.1 - As tabelas que formam a casa da qualidade

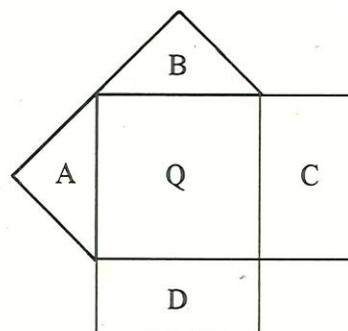


Figura 3.2 - Representação gráfica do cruzamento da tabela dos requisitos dos clientes com a tabela das características de qualidade (adaptada de CHENG *et al.*, 1995)

A casa da qualidade pode ser definida como a matriz que tem a finalidade de executar o projeto da qualidade, sistematizando as qualidades verdadeiras exigidas pelos

clientes por meio de expressões lingüísticas, convertendo-as em características substitutas e mostrando a correlação entre essas características substitutas (características de qualidade) e aquelas qualidades verdadeiras (AKAO, 1996). Pela definição dada acima, percebe-se que a casa da qualidade (Figura 3.3) funciona como um sistema. A entrada desse sistema é a voz do cliente, na forma de expressões lingüísticas. O processo pode ser claramente visto como o conjunto das três atividades relacionadas a seguir: a sistematização das qualidades verdadeiras exigidas pelos clientes; a transformação das qualidades exigidas pelos clientes em características de qualidade (características técnicas ou características substitutas); e a identificação das relações entre as qualidades verdadeiras e as características de qualidade. A saída do sistema consiste nas especificações do produto, ou seja, no conjunto de características técnicas do produto com suas respectivas qualidades projetadas (valores de especificações). Dessa forma, pode-se entender que a tabela dos requisitos dos clientes (horizontal) é a entrada da casa da qualidade e a tabela das características de qualidade (vertical) é a saída do sistema.

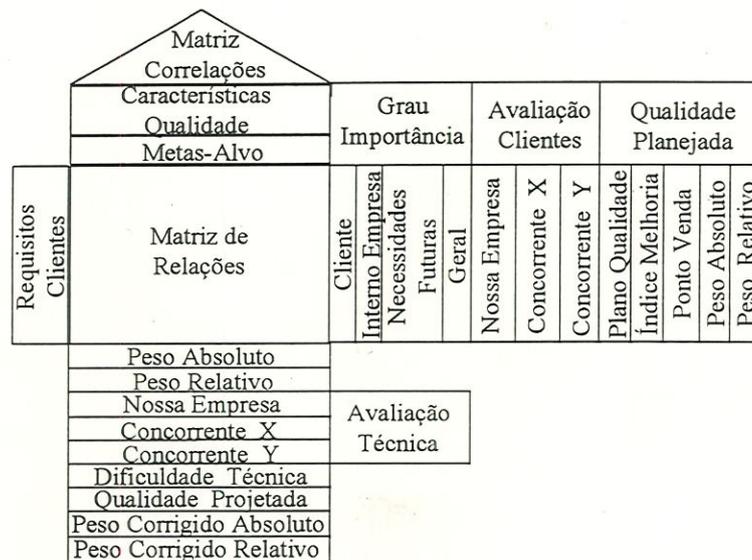


Figura 3.3 - A casa da qualidade e seus elementos ou áreas

3.2.1 Os Elementos da Casa da Qualidade

Essa tabela (Figura 3.4) é a parte da casa da qualidade pela qual a voz do cliente é introduzida no desenvolvimento de produto. Também é a tabela onde planeja-se como o produto irá atender às solicitações dessa voz.

Peso Ab. Imp. = grau imp.

		Grau Importância			Avaliação Clientes			Qualidade Planejada				
Requisitos Clientes	Cliente	Interno Empresa	Necessidades Futuras	Geral	Nossa Empresa	Concorrente X	Concorrente Y	Plano Qualidade	Índice Melhoria	Ponto Venda	Peso Absoluto	Peso Relativo

meta
XYZ

Figura 3.4 - A tabela dos requisitos dos clientes

A tabela dos requisitos dos clientes é constituída pelos elementos (ou áreas) descritos a seguir:

A. **Requisitos dos clientes.** Os requisitos dos clientes são as expressões lingüísticas dos clientes convertidas (qualitativamente) em necessidades reais (AKAO, 1996; AKAO, 1990, CHENG *et al.* (1995) e OHFUJI *et al.* (1997). Devem ser obtidos, segundo AKAO (1996) e OHFUJI *et al.* (1997), em pesquisas de mercado e em publicações técnicas. CLAUSING (1993) acrescenta as observações diretas e as normas governamentais às fontes citadas anteriormente. Porém, LOCKAMY III & KHURANA (1995), bem como AKAO (1990), alertam que nem sempre os requisitos são obtidos diretamente dos clientes, podendo ser gerados dentro da própria empresa, através da experiência mercadológica dos seus colaboradores.

Os requisitos devem ser organizados em níveis hierárquicos, através da técnica de diagrama de afinidades, e dispostos em uma tabela, em formato de diagrama em árvore. A elaboração do diagrama de afinidades e do diagrama em árvore é detalhada em MOURA (1994).

B. **Identificação do grau de importância - Cliente.** Consiste na identificação do grau de importância que os clientes dão a cada requisito. Normalmente é obtido diretamente com os clientes, que atribuem uma “nota” a cada requisito. Essa nota obedece uma escala

numérica pré-determinada, que segundo AKAO (1996), pode ser relativa ou absoluta. A escala é relativa quando o cliente indica a importância de cada requisito em comparação aos demais (este requisito é mais importante que aquele). A escala é absoluta quando o cliente analisa a influência de cada requisito em sua decisão de compra do produto, sem compará-lo com os demais.

A pesquisa com escala relativa é mais fácil para o cliente quando há poucos requisitos a serem comparados, mas torna-se complicada quando o número de requisitos é maior. Nesse caso, é melhor optar por uma escala absoluta.

Ainda segundo AKAO (1996), quando o número de clientes é pequeno, e estatisticamente não permite a pesquisa por enquete, a equipe de QFD deve usar o *Analytical Hierarchy Process* (AHP) para determinar, ela própria, a importância dos requisitos dos clientes. Essa técnica sistematiza a comparação entre os requisitos, estabelecendo um meio eficaz para determinar a importância relativa destes. O AHP é descrito, de forma sucinta, em OHFUJI *et al* (1997). BARBAROSOGLU & YAZGAÇ (1997), por sua vez, descrevem uma aplicação prática dessa metodologia.

- C. **Identificação do grau de importância - Interno da Empresa.** Traduz em escala numérica o enquadramento dos requisitos dos clientes em um dos cinco tipos de qualidade descritos pela classificação de KANO (ver seção 2.1.3). Esse enquadramento é necessário porque os requisitos dos clientes expressam as qualidades verdadeiras e, portanto, obedecem uma hierarquia. A qualidade excitante só satisfaz os clientes se estes já estiverem satisfeitos com a qualidade linear, e a satisfação com a qualidade linear depende da satisfação com a qualidade óbvia.

Por causa dessa hierarquia, a empresa deve saber a classificação de cada requisito. E, durante o planejamento do produto, considerar que: (1) a comparação entre produtos se dá fundamentalmente na avaliação das qualidades lineares. (2) As qualidades óbvias só são percebidas quando ausentes. (3) As qualidades excitantes seduzem os clientes, permitindo ao produto “escapar” da comparação racional, ou pelo menos diminuindo o poder dessa comparação.

Por fim, deve se citar que CLAUSING (1993) e AKAO (1996) sugerem um método simples para fazer essa classificação dos requisitos dos clientes.

- D. **Identificação do grau de importância - Necessidades Futuras.** Corresponde à antevisão da importância dos requisitos quando o produto for lançado no mercado

(AKAO, 1996). Com o decorrer do tempo as pessoas mudam suas necessidades e valores. No lançamento do produto, se este tiver longo período de desenvolvimento, os requisitos podem não ter mais o grau de importância levantado nas pesquisas de mercado. Para prevenir esse tipo de obsolescência, a empresa deve estimar a importância que os clientes darão, no futuro, a cada requisito.

E. **Identificação do grau de importância - Geral.** É o valor final do grau de importância de cada requisito, definido em função da análise dos três itens anteriores. É importante ressaltar que seu cálculo não deve ser feito através de média aritmética ou ponderada, mas através de uma análise qualitativa. Por fim, deve-se esclarecer que somente o grau de importância geral será considerado para efeito cálculo dos pesos relativo e absoluto.

F. **Avaliação competitiva do cliente (Nossa Empresa, Concorrente X e Concorrente Y).** A Avaliação competitiva do Cliente é uma pesquisa de mercado quantitativa que busca identificar como os clientes percebem o desempenho do produto atual da empresa, em comparação com os principais concorrentes. A utilização do produto atual da empresa se justifica pelo alto grau de conhecimento que a equipe deve ter sobre aquele produto. A equipe deve saber exatamente qual é o seu desempenho e quais são suas características que determinam esse desempenho. A partir desse conhecimento, e da avaliação do cliente para o produto atual da empresa, a equipe pode estabelecer uma referência de características versus satisfação do cliente. Esta servirá de base para a análise das “notas” dos produtos concorrentes e para a projeção da qualidade do produto em desenvolvimento.

Para AKAO (1990), assim como a importância dos requisitos (item B), essa pesquisa pode usar uma escala relativa ou absoluta. Aqui a escala relativa é mais fácil para o cliente, principalmente quando há uma clara diferença de importância ou de desempenho. Mas quando as importâncias (ou desempenhos) são percebidas como iguais há uma dificuldade de se determinar a “nota” adequada (os dois são iguais, mas são bons ou ruins?). Mais importante ainda, a avaliação relativa não torna explícitos os requisitos que são prioridades para a melhoria. Isso porque esse tipo de avaliação demonstra apenas como o cliente percebe a atual competitividade do produto, em face a seus concorrentes, mas não permite a clara identificação do nível de satisfação do cliente com o desempenho do produto. E nem sempre o cliente está satisfeito com o desempenho do produto que ele considera o melhor do mercado. WHITELEY (1992) cita o caso dos produtos da

Motorola cuja qualidade, em certa época, não satisfazia seus clientes apesar de serem considerados por eles os melhores produtos do mercado. Assim, a avaliação absoluta é mais adequada.

- G. **Plano de qualidade dos requisitos.** É o planejamento do desempenho do produto em desenvolvimento, para cada requisito dos clientes. Segundo AKAO (1996) é no plano de qualidade que a estratégia da empresa é inserida no planejamento do produto. Para AKAO (1990), o plano de qualidade deve ser definido após a análise dos três itens enumerados a seguir: avaliação competitiva do cliente, argumento de vendas e importância do requisito. Obviamente, nesse caso, o argumento de vendas deve ser determinado antes do plano de qualidade. Para outros autores, como CHENG *et al.* (1995), CLAUSIG (1993), OHFUJI *et al.* (1997), o plano de qualidade deve ser determinado na ordem indicada na casa da qualidade, ou seja, logo após completada a avaliação competitiva do cliente. Nesse caso, utiliza-se o grau de importância dos requisitos e a própria avaliação dos clientes como orientação para a tomada de decisão. É conveniente informar que AKAO (1996) e, principalmente, CHENG *et al.* (1995) dão algumas orientações práticas de como fixar o plano de qualidade.
- H. **Índice de melhoria.** Para AKAO (1996), o grau de melhoria é a forma de inserir na importância final dos requisitos (peso absoluto e relativo) a intenção da empresa, ou seja, o plano estratégico da empresa. Esse índice é determinado pela divisão do desempenho desejado para o produto em desenvolvimento (que na Figura 3.4 corresponde ao “Plano de Qualidade”) pelas “notas” obtidas para o desempenho efetivo do produto atual (que na Figura 3.4 corresponde ao “Nossa Empresa”). Reflete quantas vezes o produto precisa melhorar seu desempenho, em relação ao produto atual, para alcançar a situação planejada.
- I. **Argumento de vendas ou pontos de vendas.** Os argumentos de vendas são os benefícios-chave que o produto fornecerá aos clientes visando o atendimento de suas necessidades (CHENG *et al.*, 1995) e, por isso, significam o grau de consonância dos requisitos dos clientes com a política da empresa para o mercado alvo (AKAO, 1996). Porém, AKAO (1990) apresenta, tanto um caso no qual os argumentos de vendas foram definidos antes do plano de qualidade, quanto um caso no qual essa definição ocorreu depois de determinado o plano de qualidade. Porém se os argumentos de vendas

significam o grau de consonância dos requisitos com a política da empresa, e se o atendimento a esses requisitos deve “obedecer” a política da empresa, os primeiros devem ser determinados antes do segundo. Aliás, nesse caso os argumentos não são uma decisão, mas apenas a identificação da consonância de fato existente entre cada requisito dos clientes e a política da empresa.

Alguns autores porém, definem os argumentos de vendas após o plano de qualidade. Nesse caso, eles não representam a política da empresa. Pode-se, então, interpretar que os argumentos de vendas especiais (peso 1,5) são as qualidades excitantes e os argumentos de vendas comuns (peso 1,2) são as qualidades lineares mais “valorizados” pelos clientes, cujo desempenho planejado deverá “sobrepular” enormemente o desempenho dos concorrentes. Nesse caso, deve-se lembrar que nem todos “requisitos excitantes” serão atendidos pelo produto. Dessa forma, nem todos eles serão considerados argumentos de venda. É preciso escolher os requisitos excitantes que serão atendidos e considerá-los benefícios-chave, classificando-os como argumentos de venda especiais.

- J. **Peso absoluto dos requisitos.** Esse peso é determinado pela multiplicação do “grau de importância” pela “taxa de melhoria” e pelo “argumento de vendas”. Representa a prioridade de atendimento de cada requisito sob a lógica de que os esforços de melhoria devem ser concentrados em três pontos: nos requisitos mais importantes, nos requisitos que estão em consonância com a estratégia da empresa e nos requisitos que a empresa precisa melhorar bastante.
- K. **Peso relativo dos requisitos.** Esse peso é determinado pela conversão do peso absoluto em percentagem, através da divisão do peso absoluto de cada requisito pelo resultado da soma de todos os pesos absolutos. Os pesos relativos tem por objetivo facilitar a rápida percepção da importância relativa dos requisitos.

3.2.2 Tabela das Características de Qualidade

A tabela das características de qualidade (Figura 3.5) é também chamada de Tabela das Características do produto. Sua função é traduzir a “voz dos clientes” para “voz dos

engenheiros”, ou seja, transformar os requisitos dos clientes em características de projeto que sejam capazes de compor um *hardware* e estabelecer a qualidade projetada (AKAO, 1996).

Já AKAO (1990) define a tabela das características de qualidade como um arranjo sistemático, baseado em um diagrama de árvore lógico, das características de qualidade que constituem um produto ou serviço.



Figura 3.5 - A tabela das características de qualidade

A tabela das características de qualidade é constituída pelos elementos (ou áreas) descritos abaixo.

A. **Características de qualidade.** Segundo CHENG *et al.* (1995), a voz dos clientes deve ser transformada em características de qualidade. As características de qualidade são características técnicas, ou características substitutas, para o produto final (AKAO, 1996). A análise dessas duas afirmações leva a percepção que as características de qualidade são os requisitos dos clientes (ou qualidades verdadeiras) transformadas em características de projeto (características substitutas). Tais características de projeto, segundo CLAUSING (1993), têm que ser mensuráveis por definição.

Porém, CHENG *et al.* (1995) explicam que as características técnicas do produto podem ser divididas em elementos da qualidade e características de qualidade. Os elementos da qualidade são definidos como itens não quantificáveis, capazes de avaliar a qualidade do produto (itens intermediários entre a qualidade exigida e as características de qualidade). Já as características de qualidade são definidas como itens que devem ser medidos no produto para verificar se a qualidade exigida está sendo cumprida. AKAO (1990), por

sua vez, diz que os elementos da qualidade são as características de projeto que devem ser medidas, enquanto as características de qualidade são os aspectos individuais mensuráveis dos elementos da qualidade.

Pode-se utilizar dois métodos para fazer a identificação das características de qualidade. O primeiro é desdobrar de modo independente e o segundo é extrair as características (OHFUJI *et al.*, 1997). No desdobramento pelo método independente pode-se utilizar o “brainstorming”. Nesse caso, as características de qualidade e os elementos da qualidade seriam identificados simultaneamente. Deve-se, então, separar as “idéias” objetivamente mensuráveis daquelas não objetivamente mensuráveis. As mensuráveis são características de qualidade e as não mensuráveis são os elementos de qualidade. Na extração (segundo método), deve-se utilizar tabelas de extração, conforme proposto por AKAO (1996) e CHENG *et al.* (1995).

Extraídas as características de qualidade, deve-se organizá-las em formato de diagrama em árvore. Para isso, deve-se utilizar a técnica do diagrama de afinidades (AKAO, 1996; AKAO, 1990; CHENG *et al.* (1995); CLAUSING, 1993, OHFUJI *et al.*, 1997, entre outros).

- B. **Metas-alvo.** As metas-alvo tem dois objetivos. O primeiro é determinar se as características de qualidade são mensuráveis. O segundo é indicar qual tipo de raciocínio leva à fixação do valor ideal para cada característica de qualidade. Existem características de qualidade cujos valores de desempenho podem ser raciocinados na base do “quanto maior, melhor” (potência de um carro esportivo, por exemplo). Para outras deve-se pensar em termos de “quanto menor, melhor” (por exemplo, peso de uma televisão portátil). E existe um terceiro tipo de características que nem o maior, nem o menor são melhores. Para estas, o melhor é atingir um valor específico, um valor nominal ou um valor alvo (como exemplo tem-se a voltagem de um aparelho elétrico). É importante ressaltar que, nesse momento, não se está ainda buscando definir o valor ideal, mas apenas descobrir como raciocinar para se determinar esse valor ideal.

Caso não seja possível definir a meta-alvo para uma determinada característica, essa característica não é quantificável. E, por definição, ainda é considerada um elemento de qualidade. Deve-se, então, retomar o desdobramento desse elemento de qualidade para transformá-lo em uma verdadeira característica de qualidade.

Se a característica de qualidade for mensurável, deve-se definir a unidade de medida a ser utilizada para tal. CLAUSING (1993) destaca que é preciso encontrar unidades de

medidas de variáveis contínuas, mesmo que isso represente um desafio para a equipe de QFD. Isso porque medidas que verificam apenas a presença ou ausência de um atributo não permitem melhorias contínuas.

- C. **Matriz de correlações.** A matriz de correlações é o teto da casa da qualidade. Esta matriz cruza as características de qualidade entre si, sempre duas a duas, permitindo identificar como elas se relacionam. Estas relações podem ser de apoio mútuo — quando o desempenho favorável de uma característica ajuda o desempenho favorável da outra característica, ou de conflito — quando o desempenho favorável de uma característica prejudica o desempenho favorável da outra característica.

A maioria dos autores estudados entendem que este relacionamento pode variar apenas de intensidade (se é forte ou fraco) e de sentido (se é de apoio ou conflito), porém JACQUES *et al.* (1994) adicionam a direção (qual característica influencia e qual característica sofre a influência) a essas análises.

Para considerar também a direção das correlações pode-se utilizar o procedimento de elaboração da matriz de priorização pelo método de causa e efeito, conforme descritos por MOURA (1994).

Por fim, convém destacar que a matriz de correlações também pode ser usada para identificar as correlações entre os requisitos dos clientes, como demonstrado por GEIGER (1995) e por KHOO & HO (1996).

- D. **Matriz de relações.** Esta matriz é a interseção da tabela dos requisitos dos clientes com a tabela das características de qualidade, não sendo, portanto, um dos elementos da segunda. Ainda assim, é preciso explicá-la nesse momento, porque sua compreensão é imprescindível para o entendimento dos demais elementos da tabela das características de qualidade.

A matriz de relações é composta de células formadas pela interseção de cada requisito dos clientes com cada característica de qualidade. Sua função é permitir a identificação de como e (quanto) cada característica da qualidade influencia no atendimento de cada requisito dos clientes. Tais relações, que devem ser indicadas na parte superior das células, tanto podem ser positivas, quanto negativas. No entanto, autores como CLAUSING (1993), CHENG *et al* (1995), ABREU (1997), entre outros, só consideram

as relações positivas. JACQUES *et al* (1994) e HAUSER & CLAUSING (1988), no entanto, afirmam que as relações negativas também devem ser indicadas na matriz.

Para a maioria dos autores, a intensidade das relações deve ser indicada em quatro níveis: forte, média, fraca e inexistente. Porém, HAUSER & CLAUSING (1988) consideram apenas três níveis — forte, médio e inexistente. Já KHOO & HO (1996) prescrevem uma escala de cinco níveis: forte, moderado, fraco, muito fraco e inexistente.

Tanto CLAUSING (1993), quanto CHENG *et al* (1995), são enfáticos ao afirmar que a matriz de relações deve ser preenchida com a participação de todos os membros da equipe de QFD, que devem obter consenso sobre a intensidade das relações. HAUSER & CLAUSING (1988), porém, prescrevem que as relações podem ser identificadas não só pelo consenso da equipe, baseado na experiência dos seus membros, como também por respostas de clientes, por análise de dados estatísticos e por experimentos controlados. AKAO (1990), por sua vez, propõe que as relações devem ser identificadas (ou checadas posteriormente) por estatísticas e dados reais, obtidos em testes técnicos.

Cada nível de intensidade das relações corresponde a um valor. Estes são utilizados para distribuir os pesos dos requisitos dos clientes para as características de qualidade. Segundo AKAO (1996) e AKAO (1990), existem dois métodos para fazer essa distribuição. O primeiro método é a distribuição independente de pontos, que é o mais utilizado pelos autores consultados e descrito por quase todos eles. O segundo método é a distribuição proporcional de pontos, descrito por AKAO (1996) e AKAO (1990), onde aliás, pode-se encontrar algumas comparações que ajudam escolher o mais adequado para cada aplicação de QFD. Porém, independentemente do método utilizado, deve-se anotar na parte inferior de cada célula da matriz o valor a ela atribuído pela distribuição dos pesos dos requisitos.

Por fim identificadas as relações e preenchida a matriz, é preciso verificar sua consistência. Para tal, OHFUJI *et al.* (1997) e CHENG *et al* (1995) listam uma série de recomendações.

- E. **Peso absoluto.** O peso absoluto é o resultado da soma vertical dos valores anotados na parte inferior das células de cada característica de qualidade (coluna). Indica a importância de cada característica de qualidade no atendimento do conjunto de requisitos dos clientes

- F. **Peso relativo.** É a transformação do peso absoluto das características de qualidade em percentual. Calcula-se dividindo o peso absoluto de cada característica de qualidade pelo resultado da soma dos pesos absolutos de todas as características de qualidade. É importante porque facilita a visualização do peso de cada característica de qualidade.
- G. **Avaliação competitiva técnica:** Aqui o desempenho dos produtos é avaliado sob a ótica da engenharia, com o objetivo de orientar, à luz da avaliação competitiva dos clientes, quais são os valores ideais para as características técnicas do produto em desenvolvimento. Por isso, a avaliação competitiva técnica consiste em medir, em cada produto que foi submetido à avaliação competitiva dos clientes, o valor real de cada característica de qualidade.
- Para permitir a comparação do desempenho dos protótipos com os produtos já existentes, segundo CLAUSING (1993), os testes e procedimentos utilizados nesse momento devem ser os mesmos que serão usados nos testes do produto em desenvolvimento. Por este mesmo motivo, as unidades de medidas devem ser aquelas definidas nas metas-alvo, que também servirão para medir o produto em desenvolvimento.
- Após testar os produtos, determinando comparativamente o nível de desempenho técnico de cada um deles, a equipe de QFD deve verificar se a avaliação competitiva técnica está coerente com a avaliação competitiva dos clientes. As avaliações são coerentes entre-si quando o desempenho técnico “explica” as notas atribuídas pelos clientes para o desempenho relativo de cada produto.
- H. **Fator de dificuldade técnica.** De modo geral, este fator é uma nota que expressa a dificuldade tecnológica que a empresa terá para obter o valor determinado para a qualidade projetada das características de qualidade, com a confiabilidade projetada e com o custo objetivado (AKAO, 1996 e AKAO, 1990). Por isso, ele determina quais são as características que provavelmente exigirão maior comprometimento de esforços e recursos na obtenção da sua qualidade projetada (CLAUSING, 1993).
- O fator de dificuldade técnica é usado na matriz da qualidade para corrigir o peso das características de qualidade. Entretanto, essa correção do peso de cada característica de qualidade pode ser feita de duas maneiras: ou se atribui maior importância àquelas características que implicam em uma menor dificuldade técnica, ou se atribui maior importância àquelas características que, para a obtenção da sua qualidade projetada, implicam em uma maior dificuldade técnica.

No primeiro caso, a escala do fator é inversamente proporcional à dificuldade de se obter os valores projetados para a característica de qualidade. Desse modo, ao se fazer a multiplicação dos pesos relativos das características de qualidade pelos fatores de dificuldade técnica, obtém-se um peso corrigido menor para aquelas características com menores probabilidades de serem alcançadas. Esse tipo de escala é aplicável a situações onde: (1) o ciclo de vida do produto (não a vida útil do produto) é breve, em função de melhoria contínua que determine lançamentos sucessivos de versões melhoradas do produto, com curto espaço de tempo entre as versões; e concomitantemente (2) trabalhem com desenvolvimento de tecnologia durante o desenvolvimento do produto para solucionar gargalos de engenharia.

O raciocínio que determina a utilização da escala inversamente proporcional é a priorização das características técnicas que, concomitantemente, são importantes sob o ponto de vista do atendimento do cliente e que não comprometem demasiadamente o tempo de desenvolvimento e os recursos disponíveis (não exigem o desenvolvimento de uma tecnologia muito diferente da atualmente utilizada). As características com baixo peso corrigido (as pouco importantes para o atendimento dos requisitos dos clientes ou muito difíceis de ser obtidas) são descartadas no atual processo de desenvolvimento do produto.

O segundo caso se refere à dois tipos de empresas: (1) aquelas que desenvolvem produtos com longos ciclos de vida, os quais ficam muito tempo “disputando” o mercado com os novos produtos lançados pelos concorrentes. Quando isso acontece, é necessário que o produto incorpore imediatamente todas as características de qualidade prioritárias para o atendimento dos principais requisitos dos clientes. Torna-se, então, importante que se despenda maiores recursos para a obtenção imediata de tecnologia que viabilize essa incorporação. Isso é conseguido utilizando, conforme prescrevem AKAO (1996) e AKAO (1990), uma escala do fator de dificuldade técnica diretamente proporcional à dificuldade de se obter a qualidade projetada, onde o número maior significa a maior dificuldade técnica e o número menor significa a menor dificuldade de sucesso. (2) Empresas que, mesmo tendo produtos de curto ciclo de vida, trabalhem com desenvolvimento de tecnologia paralelo ao desenvolvimento de produtos, conforme proposto por CLAUSING (1993). Essas empresas devem sempre ter o cuidado de fixar valores de qualidade projetada para as características de qualidade possíveis de ser obtidos com a tecnologia já disponível na empresa. Dessa forma, não há motivo para “descartar” características de qualidade de grande dificuldade técnica. Por isso, a escala

desse fator deve ser diretamente proporcional à dificuldade de se obter os valores projetados, fazendo com o peso técnico corrigido reflita a necessidade de recursos como no item 1.

- I. **Qualidade projetada.** Projetar a qualidade é projetar os valores das características de qualidade do produto em desenvolvimento. No QFD, tais valores são denominados valores-meta ou valores objetivo. Os valores-meta devem ser capazes de atender satisfatoriamente as necessidades dos clientes, melhorando a posição competitiva do produto no mercado. Isso significa que esses valores devem refletir o planejamento estratégico para o produto que, por sua vez, é representado pelo índice de melhoria dos requisitos dos clientes. AKAO (1996) lembra a seus leitores que a qualidade planejada deve orientar a definição dos valores da qualidade projetada. Assim, pode-se concluir que a qualidade projetada é extraída da qualidade planejada. Porém, autores como CLAUSING (1993) e CHENG *et al* (1995) sugerem que a qualidade projetada seja fixada apenas considerando a avaliação competitiva técnica.

Porém, nenhum dos autores estudados ensinam explicitamente como o processo de determinar a qualidade projetada, a partir da casa da qualidade, pode ser apoiada por ferramentas computacionais e cálculos de engenharia. Deduz-se, porém, que tais ferramentas devem ser utilizadas para determinar uma *range* de valores possíveis, que posteriormente serão avaliados pela equipe multifuncional para escolher aqueles valores melhor “suportados” por todas as funções da empresa.

- J. **Peso corrigido absoluto.** Este peso é o resultado da multiplicação do peso absoluto de cada característica de qualidade pelo fator de dificuldade técnica (E X I) (AKAO, 1996). Na verdade, dependendo do sentido da dificuldade técnica, o peso corrigido absoluto pode ter dois significados distintos e mutuamente excludentes. O primeiro significado, caso o fator de dificuldade técnica tenha escala inversamente proporcional à dificuldade de incorporação da característica técnica ao produto, determina quais são as características que devem ser incorporadas prioritariamente ao produto e quais deverão ser descartadas. O descarte é devido, ou a pouca importância dessas características de qualidade para o atendimento aos requisitos dos clientes, ou porque estas características são tecnicamente de difícil incorporação ao produto. O segundo significado, caso o fator de dificuldade técnica tenha escala diretamente proporcional à dificuldade de incorporação da característica técnica ao produto, determina as características de

qualidade para as quais devem ser alocados maiores recursos para sua incorporação ao produto, considerando que os maiores pesos corrigidos serão obtidos pelas características de qualidade importantes para o atendimento ao cliente e tecnicamente difíceis de serem obtidas.

- K. **Peso corrigido relativo.** É a conversão do peso corrigido absoluto em percentual (AKAO, 1996). Este peso é calculado de modo semelhante ao peso relativo das características de qualidade.

Após descrita a casa da qualidade, deve-se considerar a sua análise. CHENG *et al* (1995) prescrevem que essa análise deve objetivar a garantia da consistência da matriz. Porém, CLAUSING (1993) e ABREU (1997) determinam uma análise que visa identificar as características de qualidade priorizadas no desenvolvimento do novo produto.

3.3 AS DIFERENTES VERSÕES DE QFD

A evolução do QFD, a partir do trabalho original de Yoji Akao, levou ao surgimento de diferentes versões dessa metodologia. Tais versões são descritas na literatura nacional e internacional. Porém, dentre essas versões, quatro se destacam, conforme enumeradas abaixo:

1. O QFD das Quatro Fases, criado por Macabe e divulgado nos EUA por Don Clausing e pela American Supplier Institute (ASI);
2. O QFD-Estendido, criado por Don Clausing a partir da versão das Quatro Fases;
3. O QFD das Quatro Ênfases, criado principalmente pelos Professores Akao e Mizuno, a partir da *Union of Japanese Scientists and Engineers* (JUSE) (CHENG *et al.*, 1995 e AKAO, 1996); e
4. A versão da Matriz das Matrizes, criado por Bob King e divulgado pela Goal/QPC, que é uma extensão da versão das quatro ênfases (KING, 1989).

Deve-se, porém, relatar que existe uma linha de pesquisa que extrapola o estudo das versões do QFD. Nessa linha, que se aplica a todas as versões, está-se pesquisando a aplicação de estatística e matemática para simplificar e racionalizar o processo de desdobramento, diminuindo o tempo consumido para sua execução (KHOO & HO, 1996).

Entre os autores que exploram o uso de matemática aplicada ao QFD pode-se citar: KHOO & HO (1996), RAJALA & SAVOLAINEN (1996) e YEUNG & LAU (1997).

3.3.1 - A Versão das Quatro Fases

Segundo CHENG *et al.* (1995) esta versão foi desenvolvida por Macabe, que a ensinou para Clausing, que por sua vez a ensinou ao “pessoal” da American Supplier Institute (ASI). Na literatura essa versão é descrita ABREU (1997), CHRISTENSEN *et al.* (1996), HAUSER & CLAUSING (1988), KIENITZ (1995), KOO & HO (1996), SIVALOGANATHAN & EVBUOMWAN (1997) e SULLIVAN (1986).

A versão das Quatro Fases (Figura 3.6), como o próprio nome indica, é composta de quatro fases, conforme segue:

1. Planejamento do produto;
2. Planejamento de componentes ou desdobramento de componentes;
3. Planejamento de processos;
4. Planejamento de produção.

Segundo KIENITZ (1995), cada uma dessas fases se caracteriza por uma matriz que norteia as análises. Esta matriz deve ser complementada por atividades de suporte tais como FTA, FMEA, Engenharia e Análise de Valor, estudos de confiabilidade, listas de processos requeridos, listas de parâmetros de controle, etc.

A primeira fase é a confecção da casa da qualidade ou matriz da qualidade, que já foi descrita na seção 3.1.

A segunda fase refere-se a elaboração da matriz de projeto, que é composta do cruzamento da tabela das características de qualidade (entrada) com a tabela de características dos componentes (saída). A tabela das características dos componentes contém as características que cada componente deve ter para atender as características de qualidade. Nesta tabela também se estabelece os valores (especificações) para as características dos componentes do novo produto.

A terceira fase consiste da elaboração e análise da matriz de engenharia do processo produtivo, resultante do cruzamento da tabela de características dos componentes (entrada) com a tabela decisões de processo (saída). As decisões de processo são os parâmetros de cada processo. Como resultado dessa fase deve-se obter a parte menos detalhada do planejamento

dos processos, que inclui a determinação das operações a serem executadas, a definição da seqüência dessas operações e a definição dos parâmetros de controle desses processos.

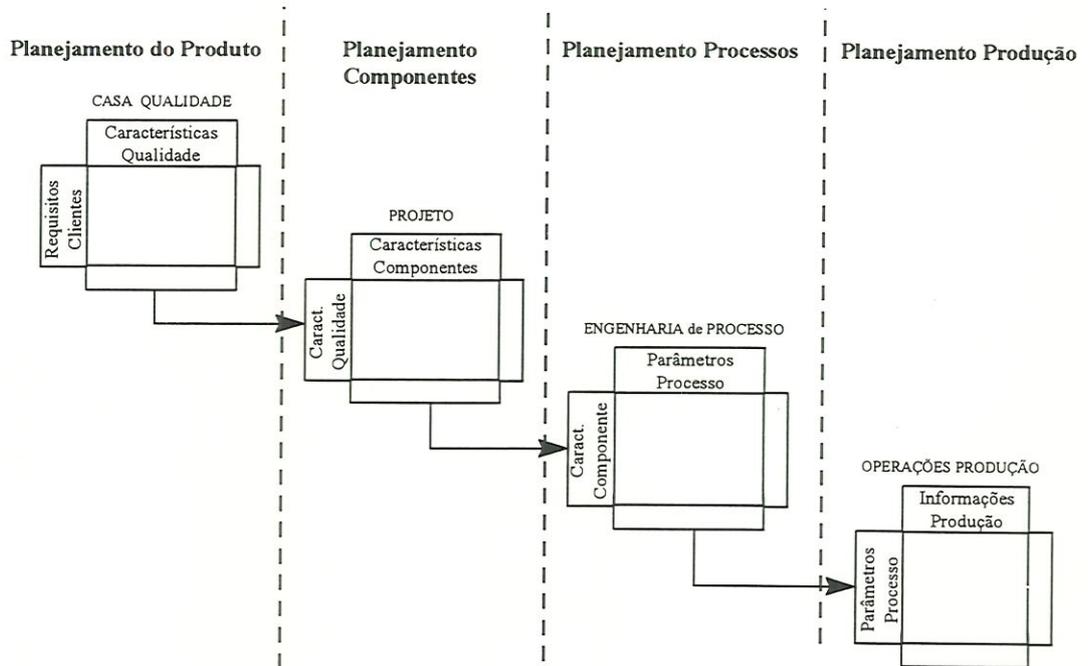


Figura 3.6 - Ilustração da versão das quatro fases

Na quarta fase se dá a elaboração e análise da matriz do planejamento operacional da produção, constituída pelo cruzamento da tabela de decisões de processo (entrada) com a tabela de decisões operacionais (saída). Segundo KIENITZ (1995), esta fase se ocupa da transferência das informações geradas durante o projeto para o “chão de fábrica”. Essa transferência, porém, é melhor entendida a partir do estudo de MUSETTI (1995). Através do trabalho deste autor, pode-se entender que a matriz de planejamento operacional da produção é utilizada para detalhar as operações necessárias para executar os processos projetados na matriz anterior. Esse detalhamento inclui atividades como especificar os dados organizacionais, determinar as sub-operações, determinar o ferramental, determinar máquinas e equipamentos, determinar as condições de trabalho e calcular os tempos de fabricação. A quarta matriz dessa versão, então, tem por produto os documentos de transmissão de informações, que serão gerados de acordo com o nível de detalhamento necessário ao produto e à empresa.

É importante frisar que a matriz de projeto e a matriz de engenharia do processo produtivo são essencialmente semelhantes à casa da qualidade, embora alguns de seus

elementos possam ser suprimidos pela equipe de QFD, no momento da adaptação do QFD às necessidades do produto e da empresa. (CLAUSING, 1993). Aliás, o QFD das Quatro Fases sempre deve ser inteiramente adaptado às condições do produto e da empresa, antes de se iniciar os desdobramentos (ABREU, 1997 e LOCKAMY III & KHURANA, 1995).

ABREU (1997) descreve a seguinte seqüência temporal e lógica de aplicação do QFD das Quatro Fases:

1. Identificação e compreensão das necessidades dos clientes, aqui incluídos não só os consumidores ou usuários finais, como todos os outros tipos de clientes;
2. Obtenção, junto ao cliente, da importância de cada requisito e da avaliação do desempenho do produto atual da empresa e dos principais produtos concorrentes;
3. Extração das características técnicas do produto (características de qualidade) que atendem aos requisitos dos clientes. Aqui também está incluída a avaliação técnica do desempenho de cada característica de qualidade, tanto para o produto atual da empresa, quanto para os principais produtos concorrentes;
4. Extração das características técnicas dos componentes que atendem as características técnicas do produto. Aqui deve-se determinar, também, os valores das especificações dessas características técnicas;
5. Identificação dos parâmetros do processo que devem ser controlados para a obtenção de componentes com as características técnicas (e seus respectivos valores) determinados no passo anterior;
6. Definição das informações que devem ser passadas ao pessoal de fábrica, de forma a garantir a manutenção da qualidade projetada no decorrer da produção em série;
7. Acompanhamento da produção inicial e definição das instruções de uso ao cliente final.

A seguir, vai-se relacionar as sete etapas temporais de aplicação do QFD das Quatro Fases com as quatro fases que compõem essa metodologia:

- Planejamento do produto: corresponde a execução das três primeiras etapas temporais;
- Planejamento de componentes ou desdobramento de componentes: corresponde à quarta etapa temporal;
- Planejamento de processos: corresponde à quinta etapa temporal;
- Planejamento de produção: corresponde à sexta etapa temporal.
- A sétima etapa temporal não corresponde diretamente a nenhuma fase do QFD das Quatro Fases, mas é consequência de todo o processo de QFD.



3.3.2. A Versão do QFD-Estendido

Segundo KIENITZ (1995) e CLAUSING (1993), essa versão (que também é descrita por CLAUSING & PUGH, 1991) foi criada por Don Clausing a partir da versão das Quatro Fases, sendo uma extensão da versão anterior, em dois sentidos:

1. Inclusão da tomada de decisões sobre os diversos conceitos de produto possíveis durante o desenvolvimento do produto, através da utilização do processo de seleção de conceitos de Pugh (CLAUSING, 1993);
2. Desdobramento do produto em diversos níveis de agregação (sistema total, sistema, subsistema e componentes).

Dessa forma, segundo KIENITZ (1995), o QFD-Estendido é a execução da versão das Quatro fases, acrescida da aplicação do processo de seleção de conceitos de Pugh e dos desdobramentos através dos diversos níveis de agregação do produto.

O processo de seleção de conceitos de Pugh, aqui descrito de uma forma muito sucinta, é uma matriz cujas colunas são formadas pelas descrições dos diversos conceitos possíveis (um em cada coluna) e cujas linhas são formadas pelos critérios de seleção. Um dos conceitos é eleito como “padrão” e os demais são comparados a ele, critério por critério. Essa comparação é feita através de um sistema que utiliza os sinais + (mais) e - (menos) para indicar sua posição relativa ao padrão. Aquele que obtiver uma maior quantidade de + (mais) e uma menor quantidade de - (menos) é escolhido como melhor conceito e utilizado no novo produto. Este processo tem como função, dentro dessa versão, abrir para o QFD-Estendido a possibilidade de sua utilização no desenvolvimento de produtos que utilizam tecnologia dinâmica, o que segundo CLAUSING (1993) não é possível com a versão das Quatro Fases. O conceito de tecnologia dinâmica é encontrado em CLAUSING (1993) e KIENITZ (1995).

O desdobramento do produto em diversos níveis de agregação foi feito através da inclusão de novas matrizes nas fases pertinentes. Assim, segundo CLAUSING & PUGH (1991), a estrutura do QFD-Estendido assumiu a seguinte forma:

1. O QFD-Estendido mantém quatro fases: planejamento do produto ou especificações, projeto, planejamento de processos e planejamento de produção (Figura 3.7);
2. A fase de projeto desdobrou-se em três matrizes: matriz do projeto do sistema, matriz de projeto do subsistema e matriz de projeto das partes. Além disso passou-se a incluir um processo de seleção de conceitos de Pugh antes de cada matriz;

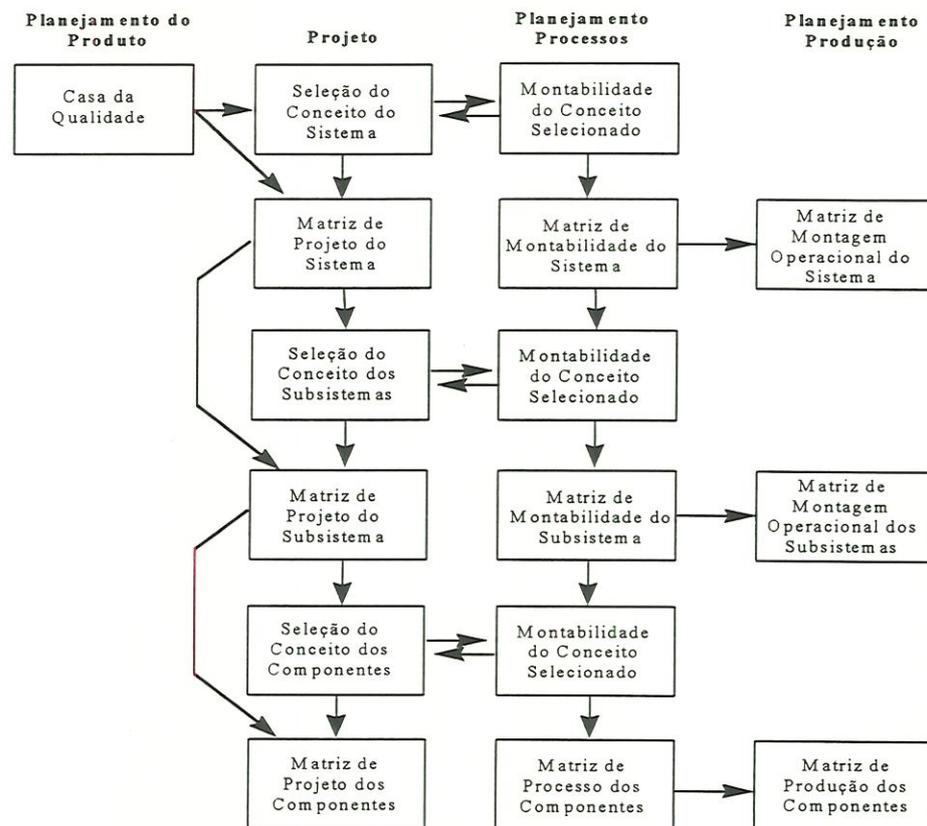


Figura 3.7 - Modelo do QFD-Estendido, conforme CLAUSING & PUGH (KIENITZ, 1995)

3. A fase de engenharia do processo produtivo desdobrou-se em três matrizes: matriz de montabilidade do sistema, matriz de montabilidade do subsistema e matriz do processo das partes. Além disso passou-se a incluir a verificação da montabilidade de cada nível do conceito selecionado:
4. A fase de planejamento de operação da produção foi desdobrada em três matrizes: matriz de montagem operacional do sistema, matriz de montagem operacional dos subsistemas e matriz de produção das partes.

Pela Figura 3.7 percebe-se que no QFD-Estendido o desdobramento do produto é feito em duas dimensões. Horizontalmente desdobra-se o produto de acordo com as fases do processo de desenvolvimento do produto. Verticalmente desdobra-se o produto em vários níveis de agregação. Porém, CLAUSING (1993) ao inserir o QFD-Estendido em sua

metodologia de desenvolvimento de produtos¹ quebrou a estrutura demonstrada na Figura 3.7, descrevendo o QFD-Estendido conforme segue (Ver Figura 3.8):

1. Matriz de especificação do sistema total. Aqui foi utilizada a casa da qualidade;
2. Seleção do conceito do sistema total. A seleção é feita utilizando-se o processo de seleção de conceitos de Pugh;
3. Matriz de projeto do sistema. Essa matriz têm as características de qualidade como entrada e a tabela de requisitos do subsistema como saída (assim como no QFD das Quatro Fases, no QFD-Estendido a entrada da matriz é sempre posicionada em suas linhas, da esquerda para a direita, e a saída da matriz é sempre posicionada em suas colunas, de cima para baixo). CLAUSING (1993) diz textualmente que a matriz de projeto do sistema ajuda a completar as decisões sobre o sistema total (ou produto), dando a ele um nível de detalhamento maior nas suas características de qualidade que aquele obtido na casa da qualidade. Embora CLAUSING (1993) não escreva textualmente, pode-se perceber que tal complemento é necessário para incluir (identificar) as características técnicas do produto que só podem ser definidas após a escolha do conceito de produto;
4. Matriz de projeto do subsistema. Essa matriz têm os requisitos do subsistema como entrada e as características do subsistema como saída. Durante a confecção dessa matriz são necessários alguns procedimentos complementares como a elaboração da análise do modo e efeito da falha (FMEA.), a elaboração da análise árvore de falhas (FTA) e a elaboração da árvore de funções (R-FTA). Entre esses procedimentos complementares, foi também incluída a seleção do conceito do subsistema.
5. Matriz de projeto das partes ou componentes. Essa matriz têm como entrada as características do subsistema definidos na fase anterior. A saída compõe-se das características dos componentes ou partes, que são suas especificações. Durante a elaboração dessa matriz também são necessários alguns procedimentos complementares, como a elaboração da árvore de funções (R-FTA) dos componentes. Entre esses procedimentos complementares, foi também incluída a seleção do conceito dos componentes.

¹ CLAUSING (1993) descreve o QFD-Estendido inserido em uma metodologia de desenvolvimento de produtos que, segundo ele, é capaz de garantir a qualidade total no desenvolvimento de produtos. No seu livro, a partir do quarto capítulo, as matrizes dessa versão de QFD vão sendo inseridas nas fases do processo de desenvolvimento à medida que são necessárias.

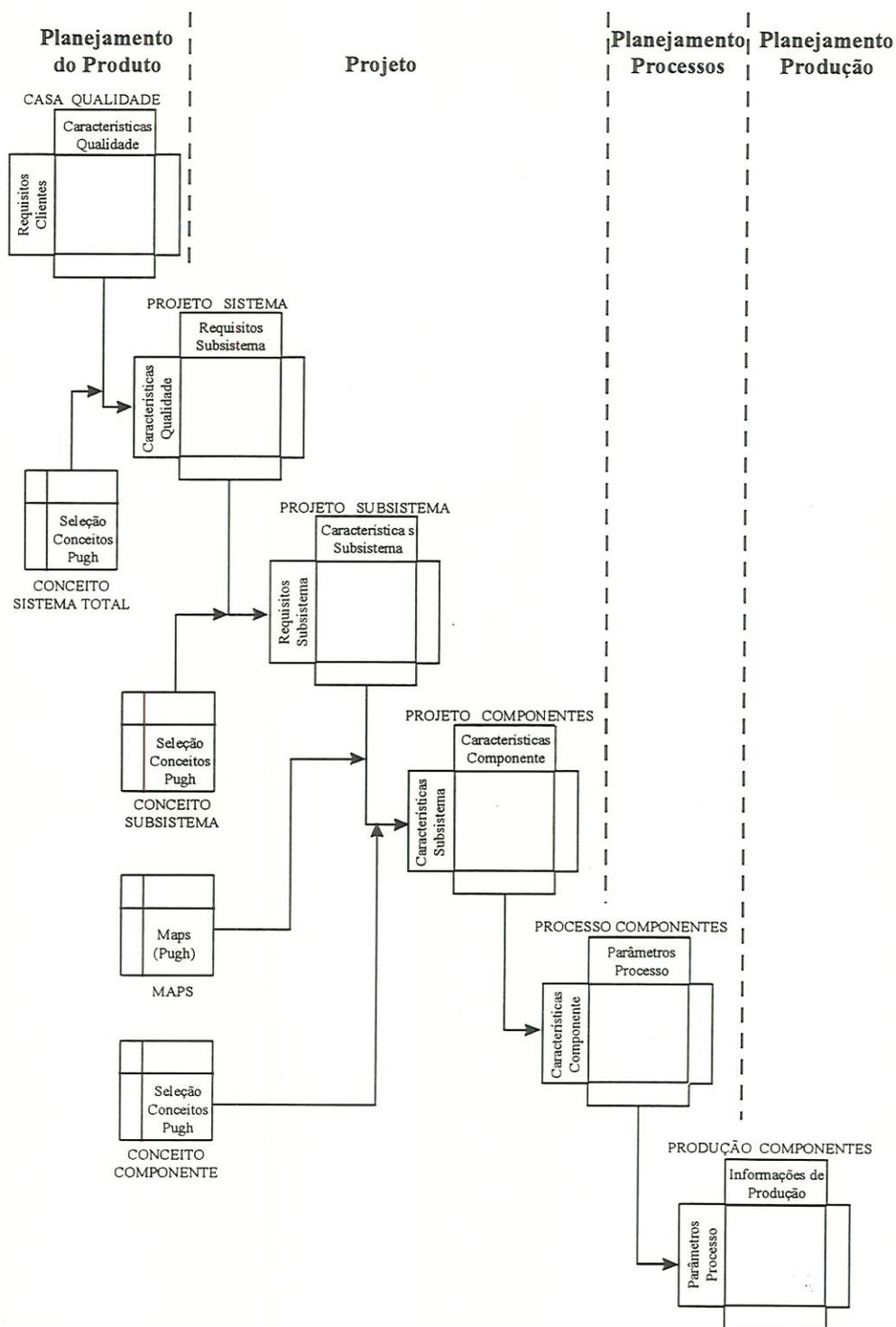


Figura 3.8 - Modelo de execução do QFD-Estendido, conforme descrito por CLAUSING (1993)

6. Matriz do processo dos componentes ou partes. Essa matriz tem as características dos componentes (definidas na matriz anterior) como entrada. Sua saída compõe-se das decisões de engenharia do processo. Essas decisões são os itens de verificação do processo, ou seja, seus parâmetros. É importante destacar que SUZAKI (1993) divide os pontos de controle do processo em itens de controle e itens de verificação. Os itens de controle são as especificações da qualidade assegurada, ou seja, são os resultados do processo (presentes no produto) que devem ser controlados pelo operador no controle da qualidade. Os itens de verificação são os parâmetros do processo que devem ser controlados para garantir que o processo dê ao produto a qualidade de conformação desejada. Assim como na versão das quatro fases, o resultado final dessa matriz é o planejamento não detalhado dos processos, incluindo aqui a determinação das operações a serem executadas, a definição da seqüência dessas operações e a definição dos parâmetros de controle desses processos.
7. Matriz de produção dos componentes ou partes. De forma semelhante à versão das quatro fases, nessa matriz faz-se o detalhamento das operações de produção, definindo-se as informações que serão transmitidas ao pessoal de produção e orientando a elaboração dos documentos de transmissão de padrões. Assim, sua entrada é composta dos processos, com seus respectivos parâmetros, e sua saída é composta do conjunto de informações que será transmitida ao pessoal de operação. CLAUSING (1993), de modo complementar à MUSETTI (1995), descreve que a matriz de produção dos componentes deve conter pelo menos as seguintes informações: o conjunto de controle das máquinas (itens de verificação), providências para a manutenção do equipamento e treinamento dos operadores, determinação do fluxo de materiais, e o conjunto de pontos de checagem de qualidade (itens de controle).

Uma variação da versão do QFD-Estendido, segundo o entendimento do autor desta dissertação, é o processo dos Sete Estágios, criado por Akashi Fukuhaha e descrito por DAY (1993). Nesse processo, subdivide-se a casa da qualidade em três estágios de elaboração: a tabela dos requisitos dos clientes, a tabela das características de qualidade e a análise da matriz para priorização de requisitos e características. O quarto estágio corresponde a comparação dos possíveis conceitos e a síntese do melhor conceito. O quinto estágio corresponde ao desenvolvimento da matriz de planejamento dos componentes ou partes. O sexto estágio é elaborar e analisar a matriz de planejamento do processo e o sétimo estágio é a confecção da matriz de planejamento da produção.

Para justificar o enquadramento do processo dos Sete Estágios como uma variação do QFD-Estendido, deve-se ater as seguintes considerações:

1. Como já dito, os três primeiros estágios correspondem à etapas de confecção da casa da qualidade, o que permite enquadrá-los como a fase de planejamento do produto da versão do QFD-Estendido.
2. No QFD-Estendido, a fase de Projeto desdobrou-se em matriz do projeto do sistema, matriz de projeto do subsistema e matriz de projeto das partes. Além disso passou-se a incluir um processo de seleção de conceitos de Pugh antes de cada matriz. O desdobramento do produto em tantos níveis de agregação somente é necessário para desenvolver produtos com grandes quantidades de mecanismos e componentes. Para produtos menos complexos, mesmo quando utilizam tecnologia dinâmica, pode-se reduzir esses níveis de agregação “pulando” do produto para os componentes. Nesse caso, tem-se apenas a seleção do conceito do produto e a matriz de projeto dos componentes ou partes. Esta é a exata “configuração” do processo sete estágios para essa fase. Apenas deve-se ressaltar que DAY (1993) não determina a utilização do processo de seleção de conceitos de Pugh para se efetuar a escolha do melhor conceito, preferindo incluir essa metodologia entre o rol de processos possíveis.
3. Os estágios 6 e 7 correspondem às fases de engenharia do processo produtivo e planejamento de operação da produção, conforme descritas em CLAUSING (1993).

3.3.3 O QFD das Quatro Ênfases

Esta é a versão original do QFD, criada na Union of Japanese Scientists and Engineers (JUSE), pela junção e desenvolvimento da tabela de itens de garantia da qualidade, criada em 1966 na Bridgestone Tire, da matriz da qualidade, criada na Mitsubishi Heavy Industries em 1972, e do conceito de desdobramento da função qualidade no sentido restrito, criado por Shigeru Mizuno (AKAO, 1996). É o modelo utilizado pelas empresas do Japão (CHENG *et al.*, 1995). É descrito por AKAO (1996), AKAO (1990), CHENG *et al.* (1995), FERREIRA & RIBEIRO (1995), RIBEIRO *et al.* (1997) e SILVEIRA & SELIG (1995).

O modelo das Quatro Ênfases é composto, segundo CHENG *et al.* (1995) e AKAO (1996), de dois tipos de desdobramento: o desdobramento da função qualidade no sentido restrito (QFD_r) e o desdobramento da qualidade (QD).

O QFDr é o desdobramento do trabalho. Segundo CHENG *et al.* (1995), o objetivo do QFDr é especificar, com precisão, que funções ou trabalho humano são necessários para obter a qualidade do produto e da empresa que satisfaçam as necessidades dos clientes. Portanto, QFDr pode ser conceituado como: um processo sistemático de desdobramento do trabalho da ação gerencial de planejamento da qualidade (gestão do Desenvolvimento do Produto) em procedimentos gerenciais e técnicos para serem cumpridos pelas áreas funcionais da empresa (...). A lógica do QFDr é “se o trabalho humano for claramente estabelecido e este for bem executado, conseqüentemente tem-se a qualidade do produto e da empresa.”

O QD é o desdobramento do Produto. A partir dos requisitos dos clientes, busca-se identificar as características de qualidade do produto, os mecanismos que compõem o produto, os componentes desses mecanismos, os processos capazes de gerar esses componentes e os parâmetros de controle que garantem o ajuste dos processos de fabricação.

Na versão das Quatro Ênfases o trabalho é iniciado pelo seu próprio planejamento. Essa é uma diferença entre essa versão e as outras três: o próprio QFD sistematiza o planejamento do trabalho de desenvolvimento. O planejamento é dividido em duas partes: o planejamento dos desdobramentos e o planejamento do trabalho. O primeiro se refere a uma execução antecipada de parte do QD e o segundo se refere à execução do QFDr.

O planejamento dos desdobramentos é feito através da definição do modelo conceitual. O modelo conceitual é a definição das matrizes e tabelas que constituirão os desdobramentos, através da elaboração gráfica do “caminho” que o desenvolvimento deve percorrer. Nesse sentido, CHENG *et al.* (1995) são bastante explícitos ao dizer que o modelo conceitual é um conjunto de tabelas e matrizes seqüenciadas de forma a permitir a visibilidade das relações existentes entre os componentes, mecanismos, processos, matérias primas, etc. com a qualidade projetada para o produto.

É importante frisar que a versão das Quatro Ênfases, através da elaboração do modelo conceitual, já prevê em si própria a flexibilidade necessária para a adaptação do QFD à realidade de cada produto ou empresa. As Figuras 3.9 à 3.12 ilustram modelos conceituais completos das quatro ênfases a que se refere o nome dessa versão.

O planejamento do trabalho é feito através do QFDr. O QFDr é a definição das fases, processos e atividades do desenvolvimento do produto, através de desdobramentos sucessivos, utilizando o diagrama em árvore. Desdobramento, aqui, quer dizer detalhamento, ou seja, sair de um nível mais abstrato (primeiro nível de detalhamento) e atingir um nível mais específico (segundo nível). Em seguida, sair do segundo nível e atingir um terceiro nível;

e assim sucessivamente. Para CHENG *et al.* (1995) o resultado final do QFDr são dois documentos: o padrão gerencial do desenvolvimento do produto e o plano de atividades do desenvolvimento do produto.

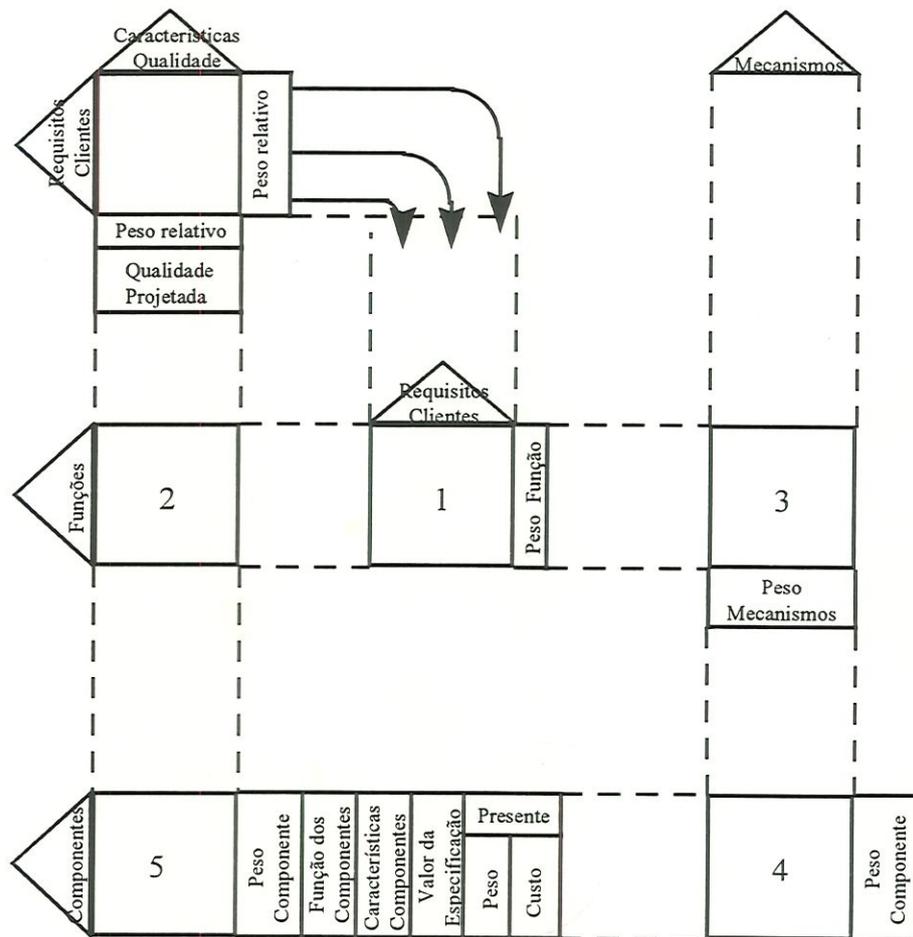


Figura 3.9 - O desdobramento da qualidade (adaptada de AKAO, 1996; AKAO, 1990 e CHENG *et al.*, 1995)

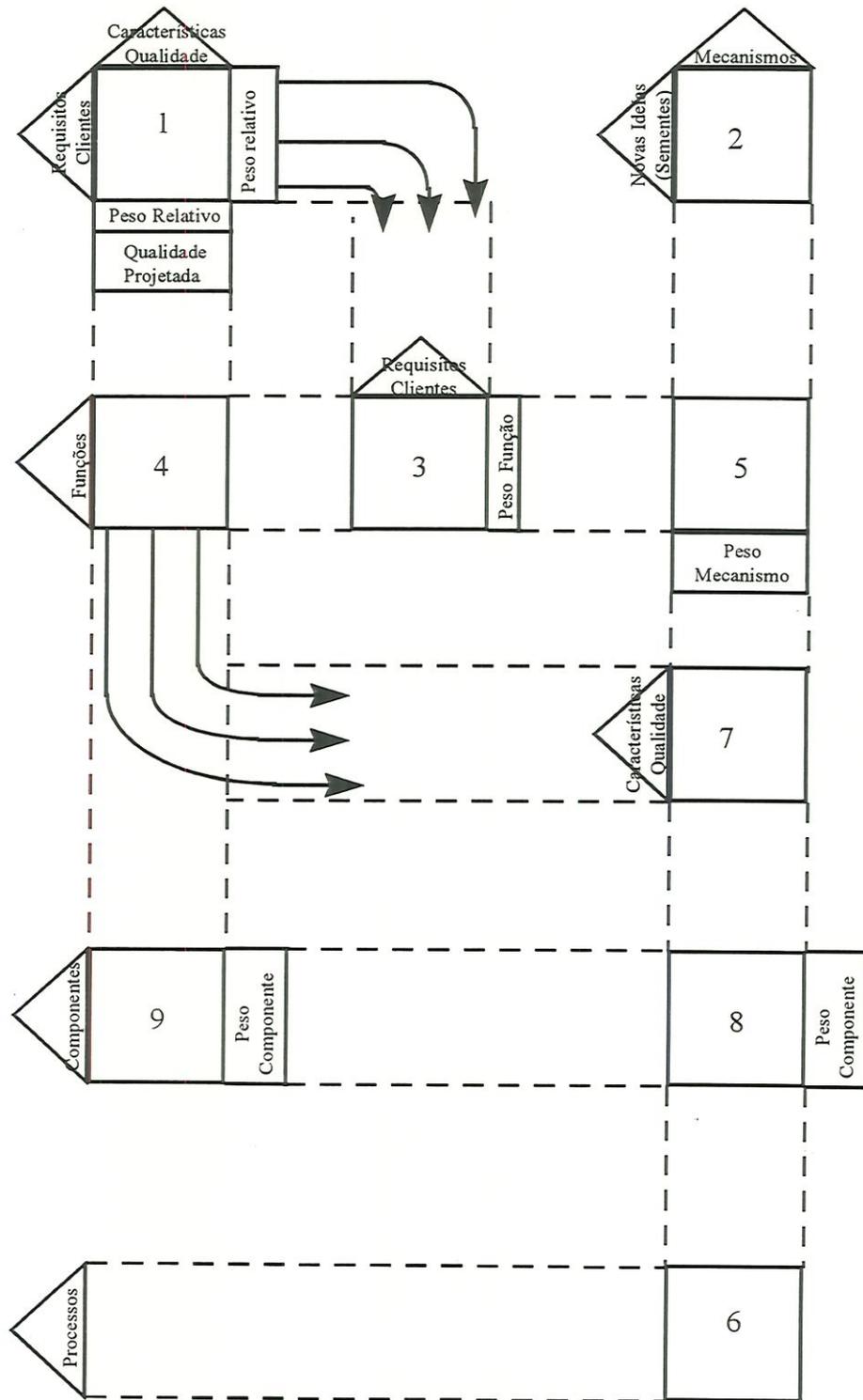


Figura 3.10 - O desdobramento da tecnologia (adaptada de AKAO, 1996; AKAO, 1990 e CHENG *et al.*, 1995)

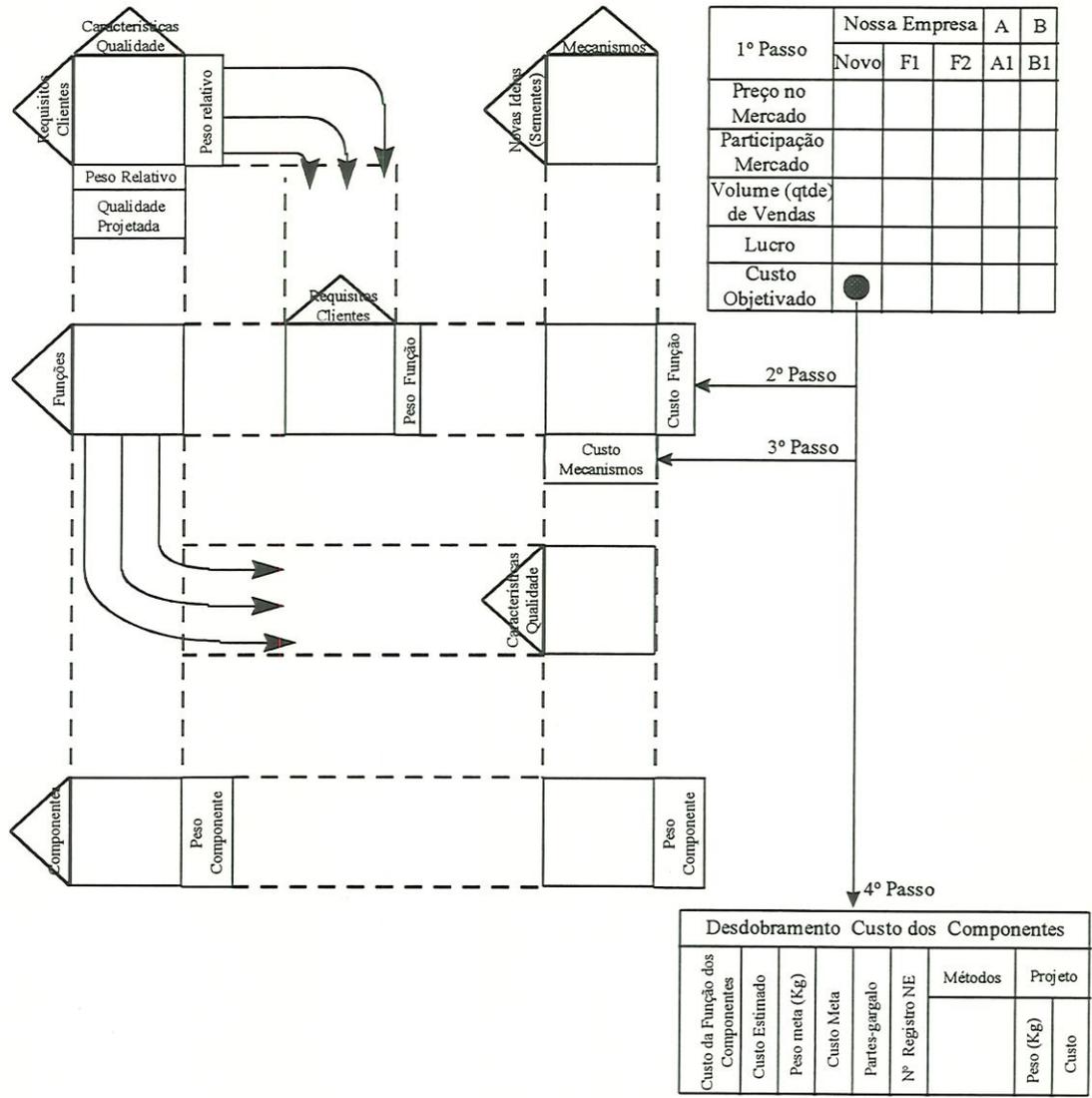


Figura 3.11 - O desdobramento do custo (adaptada de AKAO, 1996; AKAO, 1990 e CHENG et al., 1995)

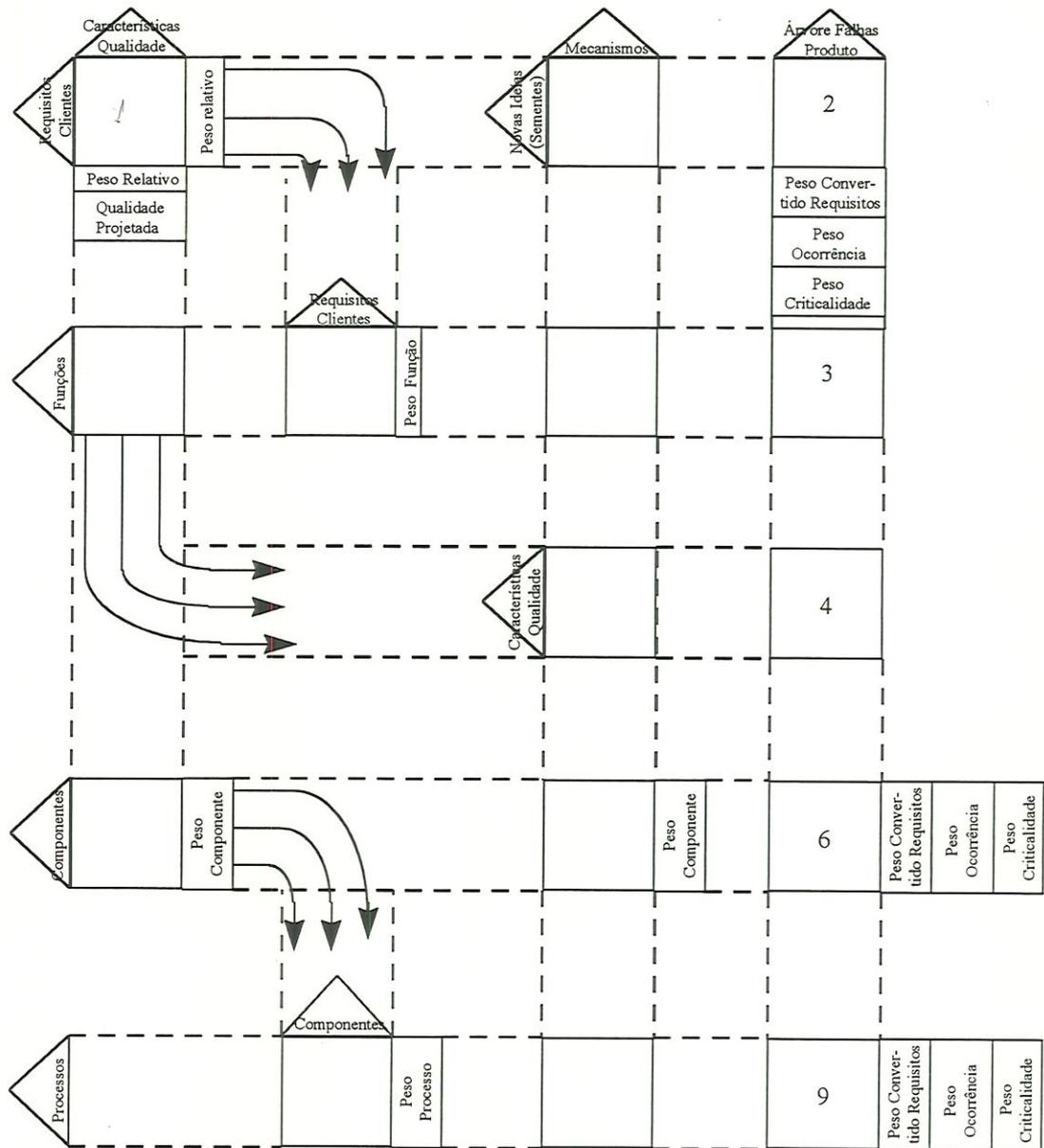


Figura 3.12 - O desdobramento da confiabilidade (adaptada de AKAO, 1996; AKAO, 1990 e CHENG *et al.*, 1995)

O padrão gerencial do desenvolvimento do produto é o documento que desdobra as atividades deste processo à nível de áreas funcionais, de modo a ordenar a participação destas na obtenção da qualidade do produto.

O plano de atividades do desenvolvimento do produto é o documento que detalha, para os níveis de operação, as atividades a serem executadas neste processo. Este documento compreende “o que” será executado (as atividades), “porque” será executado (o produto da

atividade), “como” será executado (métodos e técnicas empregadas), quando” será executado (cronograma de atividades), “quem” executará (a pessoa ou departamento) e “onde” será executado.

Após planejado o trabalho de desenvolvimento deve-se iniciar a execução dos desdobramentos, que são a essência do QD, conforme o modelo conceitual proposto. No QD, o desenvolvimento do produto é analisado sob as quatro ênfases relacionadas a seguir. (ver Figuras 3.9 a 3.12).

- O desdobramento da qualidade;
- O desdobramento da tecnologia;
- O desdobramento de custos e;
- O desdobramento da confiabilidade.

No desdobramento da qualidade (Figura 3.9) busca-se compreender as relações entre as diversas variáveis do desenvolvimento do produto para facilitar a definição das especificações dos mecanismos e componentes, bem como determinar os parâmetros dos processos.

O desdobramento da qualidade inicia-se pela elaboração da casa da qualidade (AKAO, 1996; AKAO, 1990 e CHENG *et al.*, 1995), idêntica a descrita na versão das Quatro Fases. Em seguida são elaboradas as seguintes matrizes :

1. Requisitos dos clientes versus desdobramento da função (AKAO, 1996 e AKAO, 1990);
2. Desdobramento da função vs. características de qualidade (AKAO, 1996; AKAO, 1990 e CHENG *et al.*, 1995);
3. Desdobramento da função vs. desdobramento dos mecanismos (CHENG *et al.*, 1995);
4. Desdobramentos dos componentes versus desdobramentos dos mecanismos (CHENG *et al.*, 1995);
5. Desdobramento dos componentes versus características de qualidade (AKAO, 1996 e AKAO, 1990).

No desdobramento da tecnologia (Figura 3.10) tem-se praticamente as mesmas matrizes, mas sua análise é diferenciada. Aqui busca-se identificar e remover os gargalos de engenharia. CHENG *et al.* (1995) definem gargalo de engenharia como um problema que não se consegue resolver com a competência tecnológica da empresa para melhoria da qualidade.

As matrizes que compõem o desdobramento da tecnologia são:

1. Casa da qualidade (AKAO, 1996; AKAO, 1990 e CHENG *et al.*, 1995);
2. Novas idéias (sementes) versus mecanismos (AKAO, 1996 e AKAO, 1990);

3. Desdobramento da função versus requisitos dos clientes (AKAO, 1996; AKAO, 1990 e CHENG *et al.*, 1995);
4. Desdobramento da função versus características de qualidade (AKAO, 1996; AKAO, 1990 e CHENG *et al.*, 1995);
5. Desdobramento da função versus desdobramento dos mecanismos (AKAO, 1996; AKAO, 1990 e CHENG *et al.*, 1995);
6. Desdobramento dos processos versus desdobramento dos mecanismos (CHENG *et al.*, 1995);
7. Características de qualidade versus desdobramento dos mecanismos (AKAO, 1996; AKAO, 1990 e CHENG *et al.*, 1995);
8. Desdobramento dos mecanismos versus desdobramento dos componentes (AKAO, 1996; AKAO, 1990 e CHENG *et al.*, 1995);
9. Desdobramento dos componentes versus características de qualidade (AKAO, 1996 e AKAO, 1990).

O desdobramento do custo (Figura 3.11) consiste na definição de um custo objetivo para o produto e o rateio desse custo para as diversas variáveis. Esse desdobramento do custo utiliza o princípio da engenharia de valor, pois considera o ponto de vista do cliente na distribuição do potencial de custo às funções, aos mecanismos e componentes (AKAO, 1996; AKAO, 1990 e CHENG *et al.*, 1995).

O desdobramento da confiabilidade (Figura 3.12) tem por objetivo analisar o produto atual, identificando suas falhas e quais são as variáveis que mais influenciam para que elas ocorram. A idéia é aumentar a confiabilidade do novo produto eliminando as possíveis causas das suas falhas.

No desdobramento da confiabilidade utiliza-se FMEA (análise do efeito e modo da falha), como atividade complementar, para melhor compreensão das causas e efeitos das falhas de componentes e processos críticos. Os passos e matrizes que compõem este desdobramento, adaptados de AKAO (1996), AKAO (1990) e CHENG *et al.* (1995), são:

1. Elaborar a árvore de falhas de produto, dando-lhe um formato de tabela (AKAO, 1996; AKAO, 1990 e CHENG *et al.*, 1995)
2. FTA do produto versus requisitos dos clientes (AKAO, 1996; AKAO, 1990 e CHENG *et al.*, 1995);
3. FTA do produto versus funções (AKAO, 1996 e AKAO, 1990);
4. FTA do produto versus características de qualidade (AKAO, 1996 e AKAO, 1990);
5. Fixação de metas de confiabilidade para o produto (AKAO, 1996);

6. FTA do produto versus componentes (AKAO, 1996 e CHENG *et al.*, 1995);
7. Fazer FMEA para os componentes críticos (AKAO, 1996 e CHENG *et al.*, 1995);
8. Fixação de metas de confiabilidade para os componentes (AKAO, 1996);
9. FTA do produto versus processos (AKAO, 1996);
10. Fazer FMEA para os processos críticos (AKAO, 1996).

Por fim, a versão das Quatro Ênfases define os documentos que transmitem para a produção os padrões estabelecidos no desenvolvimento do produto. São eles:

1. Tabela de garantia de qualidade;
2. Fluxograma de processo;
3. Tabela de análise de processos críticos;
4. Padrão técnico de processo.

3.3.4 A Versão da Matriz das Matrizes

Esta versão foi criada por KING e, segundo CHENG *et al.* (1995), divulgada nos EUA pela Goal/QPC. Na literatura é descrita por KING (1989) e por MALLON & MULLIGAN (1993).

A versão da Matriz das Matrizes é uma extensão da versão das Quatro Ênfases, tendo, segundo o próprio KING (1989), as seguintes diferenças desta:

1. Inclui o processo de seleção de conceitos de Pugh;
2. O arranjo das matrizes. Algumas matrizes foram ligeiramente modificadas, embora esta versão abranja todas as matrizes da versão das Quatro Ênfases.
3. Foi modificada a disposição do “modelo conceitual” que adquiriu a forma de uma matriz de matrizes, daí o nome desta versão.

Convém ressaltar, porém, que DAY (1993) considera a matriz de matrizes um sumário da versão das quatro ênfases, portanto não diferenciando o trabalho de King do trabalho de AKAO.

Essa versão de QFD (Figura 3.13) se caracteriza por uma grande matriz cujas colunas são marcadas por letras de A a G e as linhas são marcadas por números — 1 a 4. As matrizes do QFD ficam localizadas nas interseções das colunas com as linhas. Tem-se assim a matriz a1, a matriz a2, a matriz b1, e assim por diante.

Pode-se dizer que os quatro grandes desdobramentos da versão das Quatro Ênfases estão presentes nas quatro primeiras colunas da Matriz das Matrizes. A quinta coluna é a primeira extensão desta versão de QFD: a matriz do processo de seleção de conceitos de Pugh. O detalhe é que esta versão de QFD já define antecipadamente quais serão os critérios de escolha: na linha 1 serão os requisitos dos clientes, Na linha 2 serão as funções, na linha 3 serão as características de qualidade, na linha 4 serão listados a categoria dos outros critérios, ou seja, requisitos dos clientes, funções e características de qualidade. A Coluna F refere-se à ilustração de análises complementares que devem ser feitas; e a coluna G refere-se à ilustração da documentação que será utilizada na transmissão dos padrões ao pessoal da produção. Deve-se, porém, ressaltar que a coluna G é a exceção em termos de quantidade de linhas, sendo composta de seis matrizes (de G1 a G6).

É importante notar que, apesar de KING (1989) nada dizer sobre isso, a Matriz das Matrizes é um modelo conceitual completo que pode ser adaptado para cada empresa. A seguir serão citadas todas as matrizes que fazem parte da Matriz de Matrizes:

- A1 - Esta matriz é a casa da qualidade sem a matriz de correlações e sem a avaliação da dificuldade técnica. O desdobramento das características de qualidade deve parar no terceiro nível de detalhamento;
- A2 - Cruzamento da tabela das características de qualidade com as funções. Compara as funções do produto com as características de qualidade;
- A3 - Cruzamento da tabela das características de qualidade consigo mesma. É, na verdade, a matriz de correlações da casa da qualidade transformada numa matriz retangular;
- A4 - Cruzamento das características de qualidade com os componentes ou partes. Examina as relações entre as características de qualidade e os componentes. KING (1989) recomenda que sejam apenas analisadas as 3 ou 4 características chave;
- B1 - Cruzamento das funções com os requisitos dos clientes. Identifica as relações entre os elementos das duas tabelas e determina o valor de cada função sob a ótica dos clientes;
- B2 - É a tabela de desdobramento do custo. Idêntica a tabela de custo objetivado do desdobramento do custo, da versão das Quatro Ênfases;
- B3 - Tabela de detalhamento das características de qualidade. Nesta tabela somente são relacionadas as características críticas. Deve-se avançar no desdobramento das características críticas, identificando seu quarto nível de detalhamento. O objetivo dessa tabela é permitir uma redução de esforços da equipe no desdobramento das

características de qualidade, permitindo que na casa da qualidade o desdobramento pare no terceiro nível. Aqui, deve-se anotar as características de qualidade, seus desdobramentos para o próximo nível e os valores corrente e alvo, bem como avaliar a dificuldade técnica de avançar do valor corrente para o valor alvo;

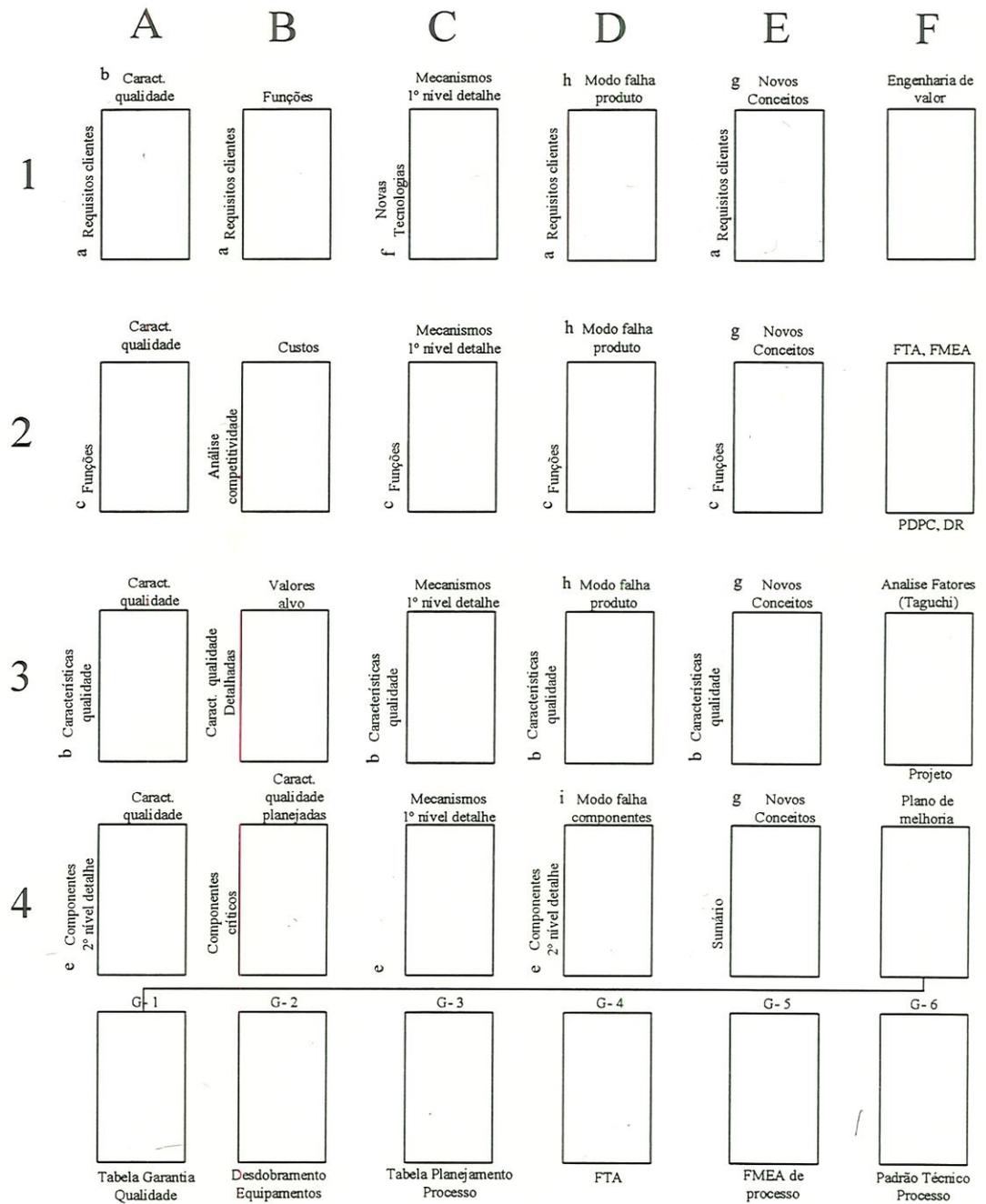


Figura 3.13 - A versão de QFD criada por Bob King (adaptada de KING, 1989)

- B4 - Tabela do plano de qualidade. Fixa o plano de qualidade para os componentes críticos. Nesse plano deve ter o nome dos componentes, suas funções, suas características de qualidade, o valor-alvo das suas especificações, a capacidade do processo, o peso atual e o custo atual. É o desmembramento da tabela dos componentes da versão das Quatro Ênfases, correspondendo à parte final;
- C1 - Cruzamento dos mecanismos com as novas tecnologias. Identifica as relações entre os elementos das duas tabelas, mostrando os mecanismos podem utilizar as novas tecnologias. Equivale à matriz mecanismos vs. novas idéias da versão das Quatro Ênfases;
- C2 - Cruzamento dos mecanismos com as funções. Identifica as relações entre os elementos das duas tabelas e determina o valor relativo de cada mecanismo;
- C3 - Cruzamento dos mecanismos com as características de qualidade (do quarto nível de detalhamento). Mostra como os mecanismos se relacionam com as características de qualidade e determinam o valor destas;
- C4 - Cruzamento dos mecanismos versus componentes ou Partes. Mostra como os mecanismos se relacionam com as partes;
- D1 - Cruzamento da árvore de falhas de produto (FTA) com os requisitos dos clientes. Mostra com que intensidade as falhas de produto afetam o atendimento aos requisitos dos clientes;
- D2 - Cruzamento da árvore de falhas de produto (FTA) com as funções. Mostra como as falhas de produto afetam o desempenho das funções do produto;
- D3- Cruzamento da árvore de falhas de produto (FTA) com as características de qualidade. Mostra quais falhas afetam o desempenho das características de qualidade;
- D4 - Cruzamento da árvore de falhas de componentes com os próprios componentes (ou partes). Antes de explicar o objetivo da matriz deve-se diferenciar as falhas de componentes das falhas de produto. Nas primeiras, descreve-se como os clientes percebem as falhas de produto. Por exemplo, o aparelho não liga. Estas falhas são analisadas, através de FTA, de cima para baixo. Portanto são desdobradas a partir do produto completo, em direção aos sistemas e componentes. As falhas de componentes são as descrições das falhas pela visão da engenharia, estando ligadas aos componentes. Por exemplo, a ignição não está sendo alimentada pela corrente elétrica. Estas falhas são analisadas através de FMEA, de baixo para cima, buscando identificar suas causas e efeitos.

Esclarecida a diferença entre as falhas de produto e as falhas de componentes, deve-se explicar o objetivo da matriz D4. Essa matriz permite identificar as falhas de componente relacionadas a mais de um componente.

- E1 - Matriz do processo de seleção de conceitos de Pugh tendo os requisitos dos clientes como critérios de escolha. Permite selecionar o melhor conceito sob a ótica dos requisitos dos clientes;
- E2 - Matriz do processo de seleção de conceitos de Pugh tendo as funções como critérios de escolha. Permite selecionar o conceito que melhor atende as funções do produto;
- E3 - Matriz do processo de seleção de conceitos de Pugh tendo as características de qualidade como critérios de escolha. Permite selecionar o conceito que melhor atende as características de qualidade do produto;
- E4 - Matriz do processo de seleção de conceitos de Pugh tendo o desempenho nas avaliações anteriores como critério de seleção. Sintetiza as seleções anteriores, permitindo uma decisão final. Aqui os critérios de escolha são: desempenho na seleção por requisitos dos clientes, desempenho na seleção por funções e desempenho na seleção por características de qualidade;
- F1 - Engenharia de valor. Representa graficamente a necessidade de se fazer esta análise técnica;
- F2 - Análise de Árvore de Falhas (FTA), Análise do Modo e Efeito da Falha (FMEA), Gráfico de Programa do Processo de Revisão (PDPC), Dendograma Revisado (DR). Essa matriz corresponde a ilustração da necessidade de utilizar essas técnicas. As duas primeiras técnicas são utilizadas para analisar profundamente as falhas do produto, de modo a melhorar sua confiabilidade. As duas últimas técnicas são utilizadas para estudar e remover gargalos de engenharia.
- F3 - Análise de fatores. Representa graficamente a necessidade de se utilizar o método de Taguchi;
- F4 - Tabela do plano de melhorias. Esta é uma tabela preliminar que inicia a transmissão de padrões para o pessoal de produção. Lista os componentes, seus custos estimados, suas metas de peso e custo, o peso e custo estimados via protótipo e o número do dendograma revisado. Informa, também, as mudanças chave do novo projeto e a criticidade de cada componente para o funcionamento, para montagem e para confiabilidade. É equivalente ao desdobramento do custo dos componentes de AKAO.

- G1 - Tabela de garantia de qualidade. Representação gráfica desse documento de transmissão de padrões;
- G2 - Desdobramento do equipamento. É uma matriz que indica o melhor equipamento para produzir o componente em termos de qualidade e custo. Compara diversos fornecedores (internos e externos) em termos de custo e qualidade;
- G3 - Planejamento do processo ou fluxograma de processo. Representação gráfica desse documento de transmissão de padrões;
- G4 - Análise da árvore de falhas do processo. Representação gráfica da necessidade de se executar essa análise;
- G5 - Análise do modo e efeito das falhas do processo ou tabela de análise de processos críticos. Representação gráfica desse documento de transmissão de padrões para o pessoal de produção;
- G6 - *QC Process Chart* ou padrão técnico de processo (PTP). Representação gráfica desse documento de transmissão de padrões para o pessoal de produção.

Segundo KING (1989), deve-se entender a Matriz das matrizes da seguinte forma:

1. A análise dos requisitos dos clientes é feita nas matrizes A1, B1, D1 e E1;
2. A análise das funções é feita utilizando as matrizes A2, C2, D2, E2;
3. A determinação das características de qualidade compreende as matrizes A1, A2, A3, A4, B3, B4, C3, D3, E3;
4. A identificação dos componentes ou partes críticas compreende as matrizes A4, B4, C4, E4;
5. A determinação de valores projetados para o produto em desenvolvimento envolve as matrizes C1, B2, B3, B4;
6. A determinação dos custos alvo envolve as matrizes B1, C2, C3, C4;
7. A determinação das metas de confiabilidade envolve as matrizes D1, D2, D3, D4;
8. A seleção de novos conceitos é feita nas matrizes E1, E2, E3, E4;
9. A determinação de novos processos envolve as matrizes D4, F1, F2, F3
10. O detalhamento dos processos de fabricação (transmissão das informações) envolve as matrizes G1, G2, G3, G4, G5, G6.

4 Descrição da Abordagem Proposta

4.1 Introdução

Para melhor entender a abordagem proposta, primeiro deve-se compreender a lógica das versões QFD-Estendido e QFD das Quatro Ênfases. Nesta dissertação, denomina-se por lógica da versão o raciocínio que conduz a construção das matrizes e a execução dos desdobramentos em cada modelo conceitual. Esse raciocínio é percebido pela prioridade dada, em cada versão, aos diferentes tipos de relações de QFD (no sentido amplo).

Dependendo das relações priorizadas, a metodologia QFD oferece dois, ou mais, dos quatro benefícios genéricos enumerados abaixo:

1. Obter a conexão entre as decisões tomadas durante o processo de desenvolvimento de produto. Essa conexão é obtida pela extração sistemática dos elementos de decisão de uma tabela a partir das decisões já tomadas na outra tabela da matriz. Nesta dissertação, denomina-se por elementos de decisão os componentes da matriz que constituem-se de alternativas de projeto. Na Figura 4.1 tais elementos são indicados, tomando a casa da qualidade como ilustração.
2. Ampliar, distribuir e nivelar o conhecimento dos membros da equipe de QFD, através da exploração das relações entre os elementos de duas tabelas. A exigência de decisões consensuais gera debates, nos quais cada indivíduo é obrigado a convencer seus pares da validade de seus argumentos. Desse modo, a exigência de consenso “obriga” cada indivíduo a abrir-se e expor seus conhecimentos sem restrições. Isso permite as três coisas enumeradas a seguir. Primeiro, o conhecimento, antes mantido em sigilo, é compartilhado com toda a equipe, podendo tornar-se de domínio geral. Esse processo corresponde à distribuição. Segundo, cada pessoa tem a oportunidade de compreender e discutir os argumentos dos seus colegas de equipe, ampliando e amadurecendo seu próprio conhecimento. Este processo corresponde ao nivelamento. Terceiro, um grupo de trabalho tem oportunidade de identificar questões que não seriam percebidas por

nenhum dos seus membros, se estes estivessem trabalhando individualmente. Este processo corresponde à ampliação.

3. Construção de uma ampla massa crítica de conhecimento sobre o produto e seus processos de fabricação para possibilitar uma melhor tomada de decisões. Essa massa crítica é obtida pela exploração das relações entre as várias tabelas de QFD, de modo a identificar como cada decisão afeta as demais decisões.
4. Determinação das prioridades a partir da conversão de pesos.

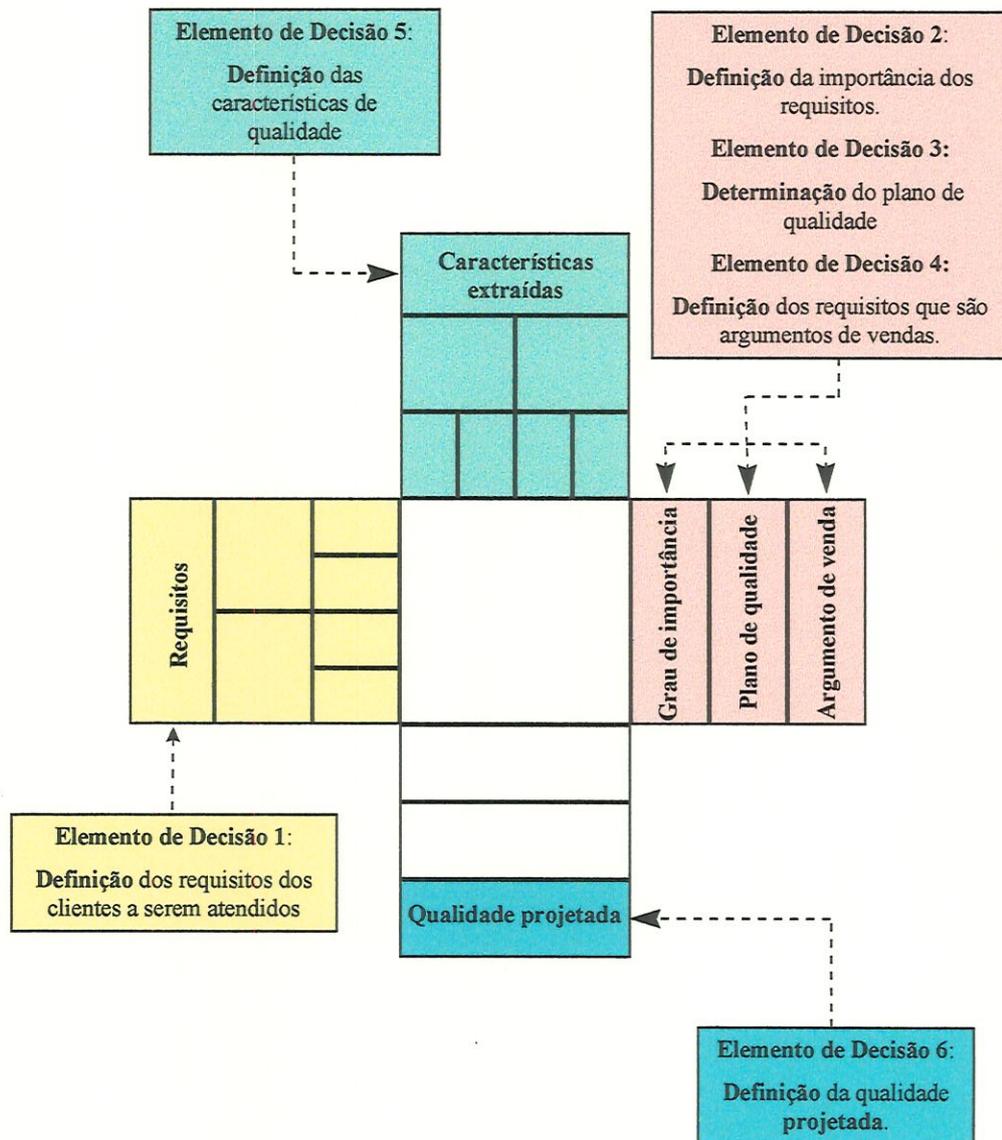


Figura 4.1 - Os elementos de decisão da casa da qualidade

Conforme será demonstrado a seguir, o QFD-Estendido busca sistematizar o processo de tomada de decisões para construir uma “cadeia hierarquizada de decisões”, onde as decisões da matriz anterior, delimitam, orientam e motivam as decisões tomadas na matriz em análise. Assim, tem por benefícios principais os itens 1 e 2, indicados acima. Por sua vez, o QFD das Quatro Ênfases busca construir uma massa crítica de conhecimento, sobre o produto e seus processos de fabricação, que permita uma melhor tomada de decisões. Nessa versão, pressupõe-se que essa massa de conhecimento naturalmente gerará a conexão das decisões. Assim, tem por benefícios principais os itens 2, 3 e 4.

4.2 A lógica do QFD-Estendido

O QFD-Estendido pode ser caracterizado pela existência de cinco pontos, enumerados a seguir:

1. Em todas as matrizes dessa versão existe uma tabela de entrada de dados (a tabela horizontal), a transformação dos dados através de “extração”, de “relação”, e de “conversão”, e a saída dos dados através da tabela vertical. É importante lembrar que a matriz de QFD é sempre fruto do cruzamento de duas tabelas, uma disposta horizontalmente e a outra disposta verticalmente. A Figura 4.2 mostra graficamente a entrada, a saída e as relações de QFD existentes em uma matriz típica do QFD-Estendido. A Figura 4.3 mostra que existem as três relações de QFD em todas as matrizes dessa versão, exceto na matriz de produção dos componentes, onde só existe a extração.
2. A saída dos dados de uma matriz é sempre a entrada dos dados da matriz seguinte. Essa regra é garantida pela utilização da tabela vertical (saída) da matriz anterior como a tabela horizontal (entrada) da matriz em elaboração, como pode ser visualizado nas Figuras 4.3 e 4.4. Os desdobramentos, então, assumem a lógica de sistema. As informações entram no sistema na primeira fase, como requisitos do cliente; são processadas durante as quatro fases e saem em forma de informações para a produção, na última fase. A Figura 4.4 mostra graficamente o fluxo de “processamento” das informações no QFD-Estendido.

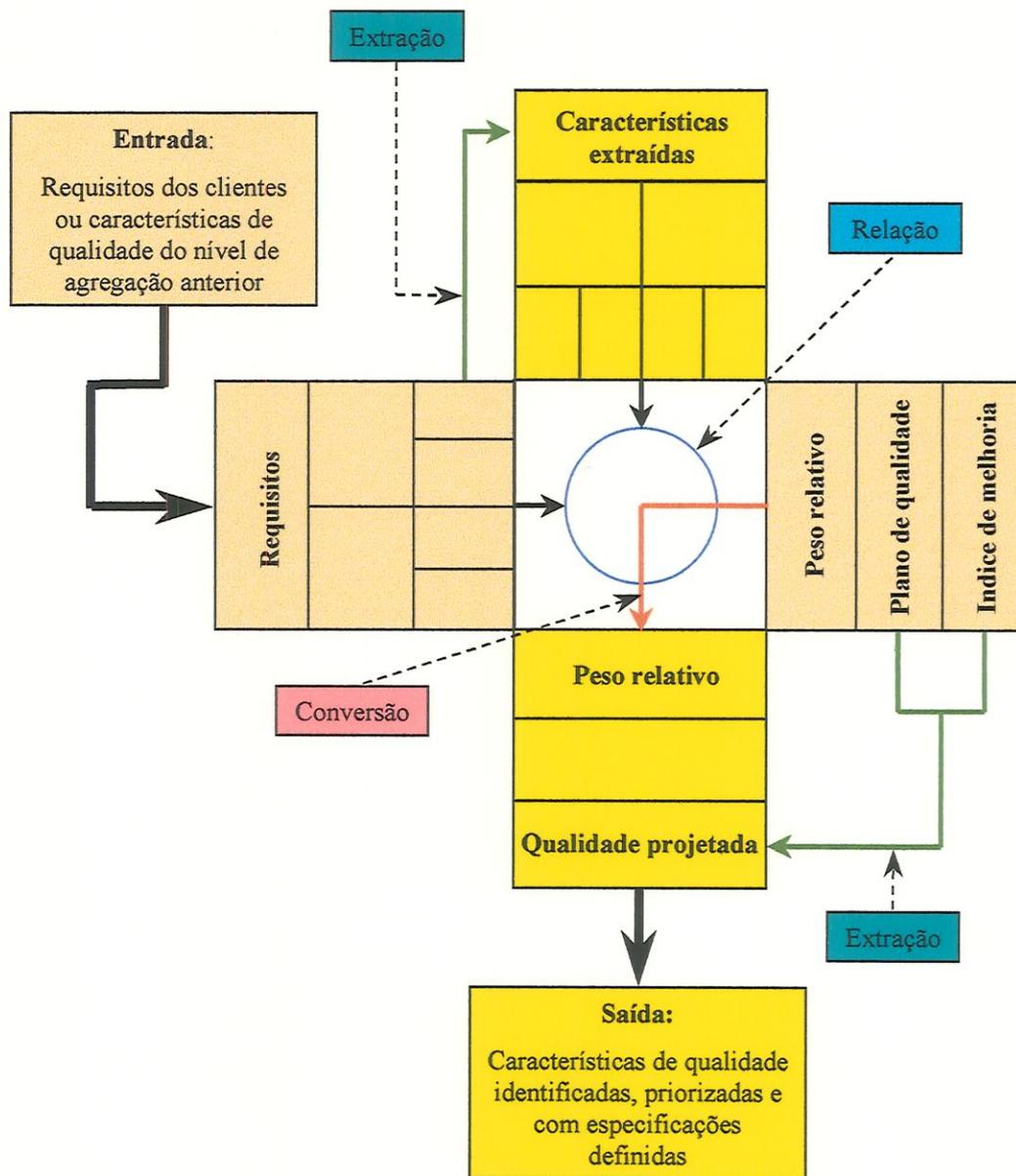


Figura 4.2 - A matriz típica do QFD-Estendido

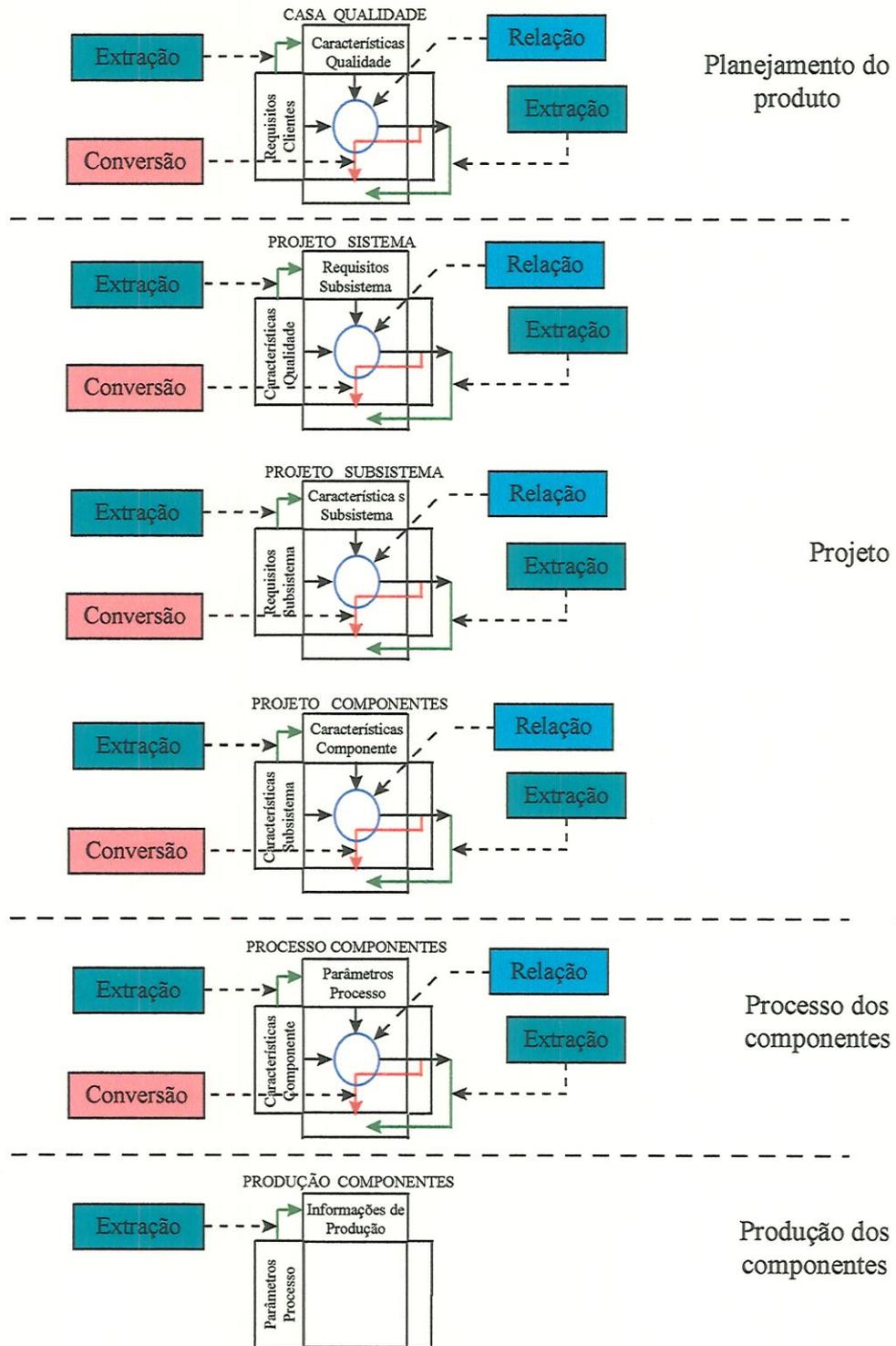


Figura 4.3 - Demonstração da existência de relação, conversão e extração em todas as matrizes do QFD-Estendido

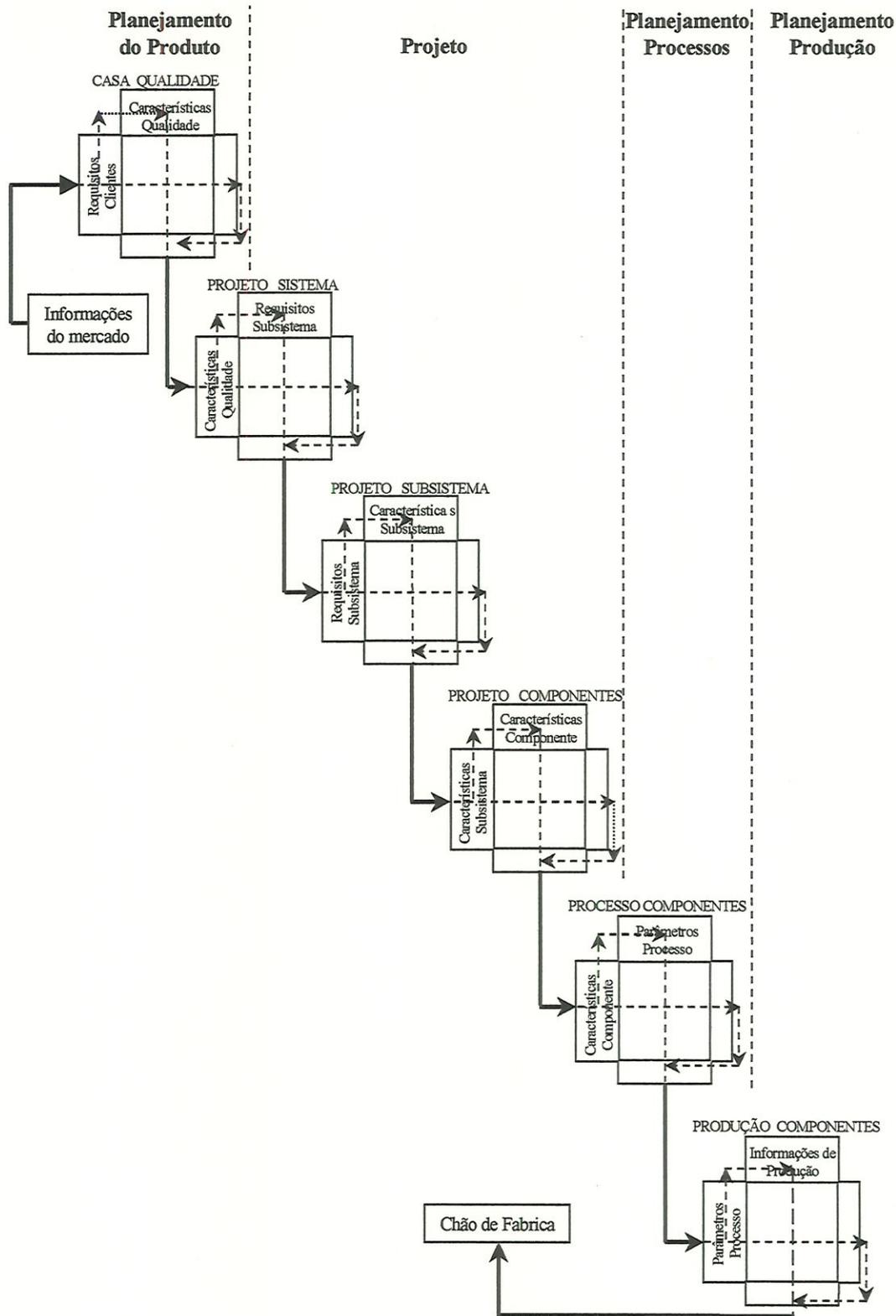


Figura 4.4 - Demonstração do QFD-Estendido como um sistema

3. Há tomada de decisões em todas as matrizes dessa versão. A Figura 4.1 mostra os pontos da casa da qualidade em que são tomadas decisões (elementos de decisão), enquanto a Figura 4.5 mostra as tomadas de decisão nas demais matrizes do QFD-Estendido. Na matriz de projeto do sistema essas decisões correspondem à extração dos requisitos dos subsistemas e à extração da qualidade projetada desses requisitos. Na matriz de projeto do subsistema as decisões correspondem à extração das características e da qualidade projetada do subsistema. Na matriz projeto dos componentes as decisões correspondem à extração das características e da qualidade projetada dos componentes. Na matriz de processo dos componentes as decisões correspondem à extração dos parâmetros de processo e à extração da qualidade projetada para esses parâmetros. Na matriz de produção dos componentes a tomada de decisões corresponde à extração das informações que deverão ser transmitidas ao pessoal de produção.

Aqui, faz-se necessário um esclarecimento. A qualidade projetada deve ser definida por extração (ver Figura 4.5), porque esta deve visar o atendimento da qualidade planejada. Por exemplo, os valores meta para as características de qualidade do produto (qualidade projetada) devem ser fixados de modo a refletir o planejamento estratégico da empresa, representado pelo índice de melhoria (qualidade planejada).

4. Em função das três condições acima, nessa versão, torna-se explícita a existência de uma cadeia hierarquizada de decisões, onde as decisões da matriz anterior delimitam, orientam e motivam as decisões tomadas na matriz em análise. A cadeia hierarquizada de decisões, na verdade, corresponde ao princípio de desdobramento (ver seção 2.3.2). Assim, o QFD-Estendido garante a obediência a esse princípio, sistematizando a cadeia hierárquica de decisões como um “caminho” que pode ser visualmente percebido e que não admite “desvios”.

A cadeia hierarquizada de decisões é demonstrada na Figura 4.6, onde cada linha representa um nível hierárquico das decisões tomadas no decorrer do desenvolvimento de produto. A subordinação desses níveis ocorre de baixo para cima. As decisões da segunda linha devem se subordinar as decisões da primeira linha, as decisões da terceira linha devem se subordinar as decisões da segunda linha, e assim por diante.

O fluxo da tomada de decisões (representado pelas duas primeiras colunas) obedece o sentido da hierarquia descrita acima, de modo que as decisões de níveis superiores antecedem as decisões de níveis inferiores. Mais importante que isso, as decisões de níveis superiores orientam e limitam as decisões de níveis inferiores. Por exemplo, o conjunto de requisitos dos clientes a serem satisfeitos determinarão a escolha de características de qualidade capazes de satisfazê-los. E o nível de satisfação planejado

para cada requisito determinará o valor da qualidade projetada das características relacionadas a ele.

Por outro lado, o objetivo das decisões (coluna da direita) de nível hierárquico superior somente é alcançado quando os objetivos de nível inferior forem alcançados. Assim, o fluxo da consecução dos objetivos ocorre de baixo para cima, em sentido contrário à hierarquia das decisões.

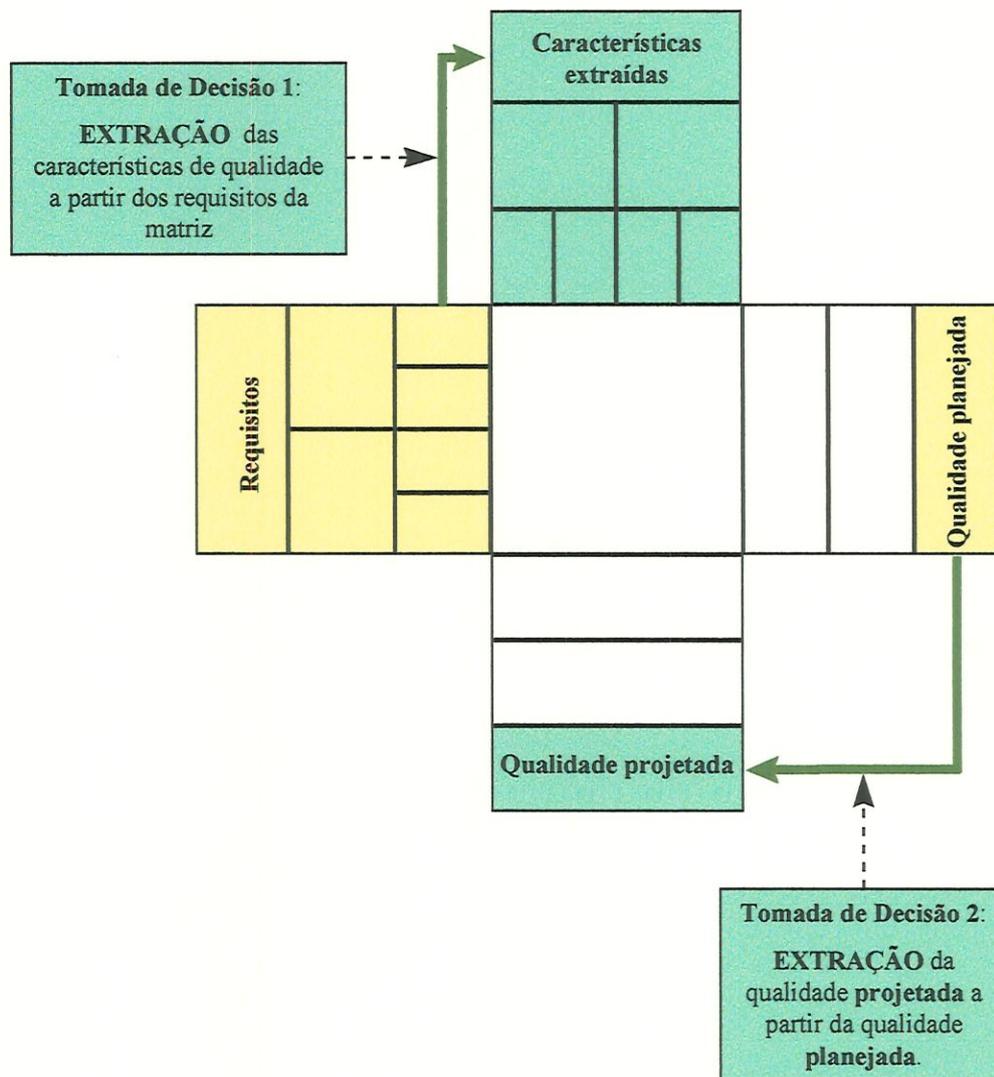


Figura 4.5 - Demonstração das extrações e das tomadas de decisão nas matrizes do QFD-Extendido

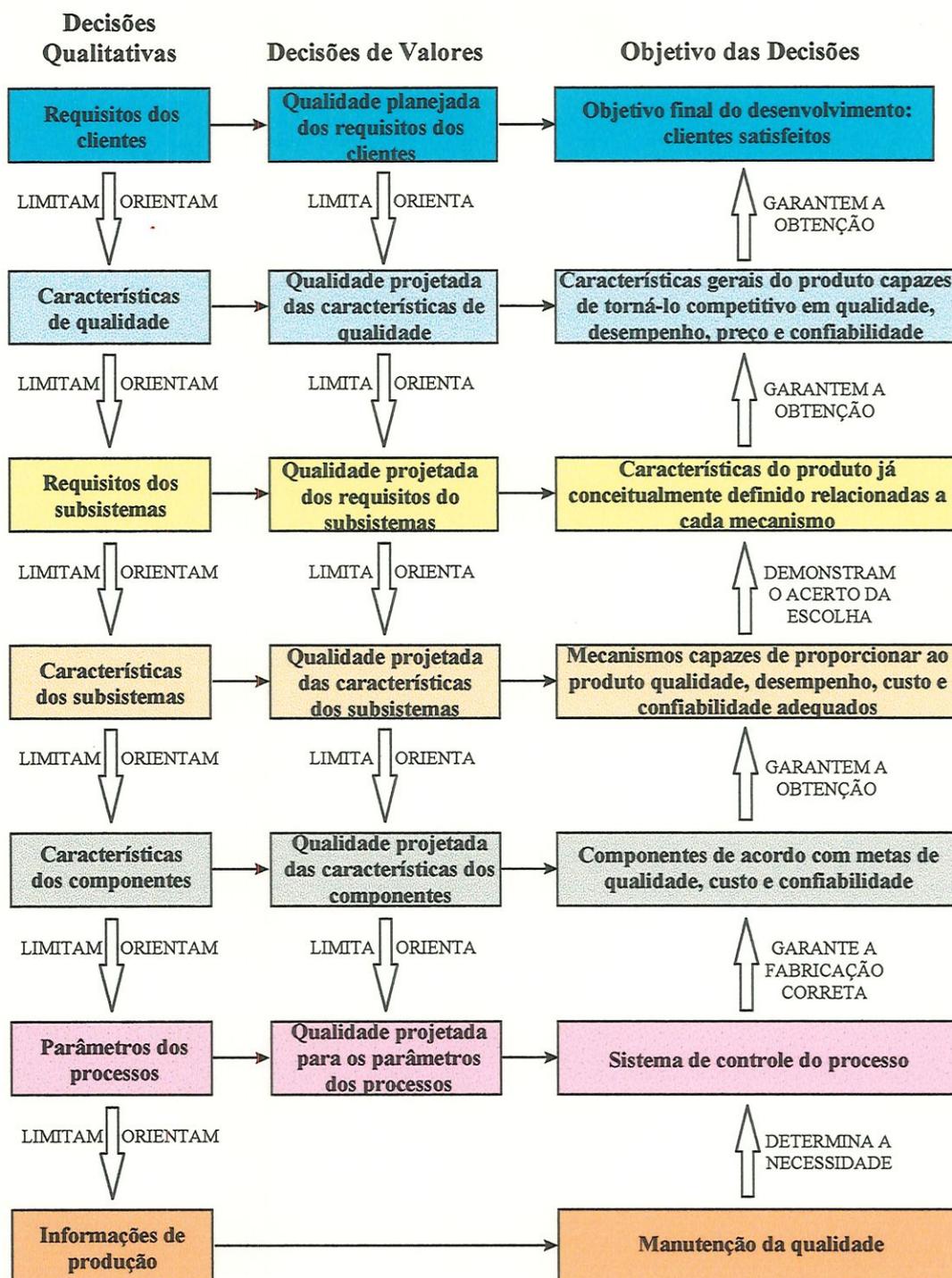


Figura 4.6 - A cadeia hierarquizada de decisões do QFD-Estendido

5. No QFD-Estendido todas as matrizes cruzam “características” com “requisitos”. Isso facilita a extração da qualidade projetada. Para melhor entender essa afirmação, a seguir vai-se descrever o processo de extração em questão: (A) identificar todas as relações

existentes entre a característica em análise e os requisitos. (B) compreender, através da intensidade das relações, como a característica pode influenciar o atendimento dos requisitos. (C) confrontar a avaliação competitiva dos clientes de cada requisito com a avaliação competitiva técnica da característica em análise. Esse confronto, quando “orientado” pela conhecimento adquirido no item B, permite compreender a relação existente entre a avaliação competitiva do cliente e a avaliação competitiva técnica. (D) confrontar o desempenho atual da característica de qualidade com o índice de melhoria dos requisitos relacionados com ela. Esse confronto, quando “orientado” pelo conhecimento acumulado nos itens anteriores, permite identificar quanto o valor-meta da característica de qualidade deve ser melhorado para possibilitar a obtenção dos índices de melhoria dos requisitos.

Pode-se dizer, então, que a lógica do QFD-Estendido é a coordenação das decisões através de extrações sucessivas, tornando explícito o caminho capaz de garantir a obediência ao princípio de desdobramento.

4.3 A lógica do QFD das Quatro Ênfases

A lógica da versão das Quatro Ênfases pode ser caracterizada pelos cinco pontos enumerados a seguir:

1. A extração das características técnicas dos componentes a partir das características técnicas do produto não é facilmente percebida, visto que aquelas são normalmente identificadas a partir das funções dos componentes.
2. A extração dos valores-meta das características dos componentes a partir da qualidade projetada do produto foi encontrada em poucos exemplos dentro da literatura estudada.
3. Exceto na casa da qualidade (ou matriz da qualidade), não há identificação direta das relações (no sentido restrito) existentes entre as características extraídas e seus requisitos. Isso dificulta a extração dos valores-meta das características extraídas.
4. Na maioria dos exemplos encontrados na bibliografia estudada, as matrizes são utilizadas determinar prioridades e/ou para ajudar a compreensão das relações entre as variáveis. A casa da qualidade é exceção a essa regra, já que nessa matriz foi encontrada extração em todos os exemplos. As Figuras 4.7 à 4.10 mostram as relações existentes em cada matriz da versão das quatro ênfases, comprovando as afirmações acima.

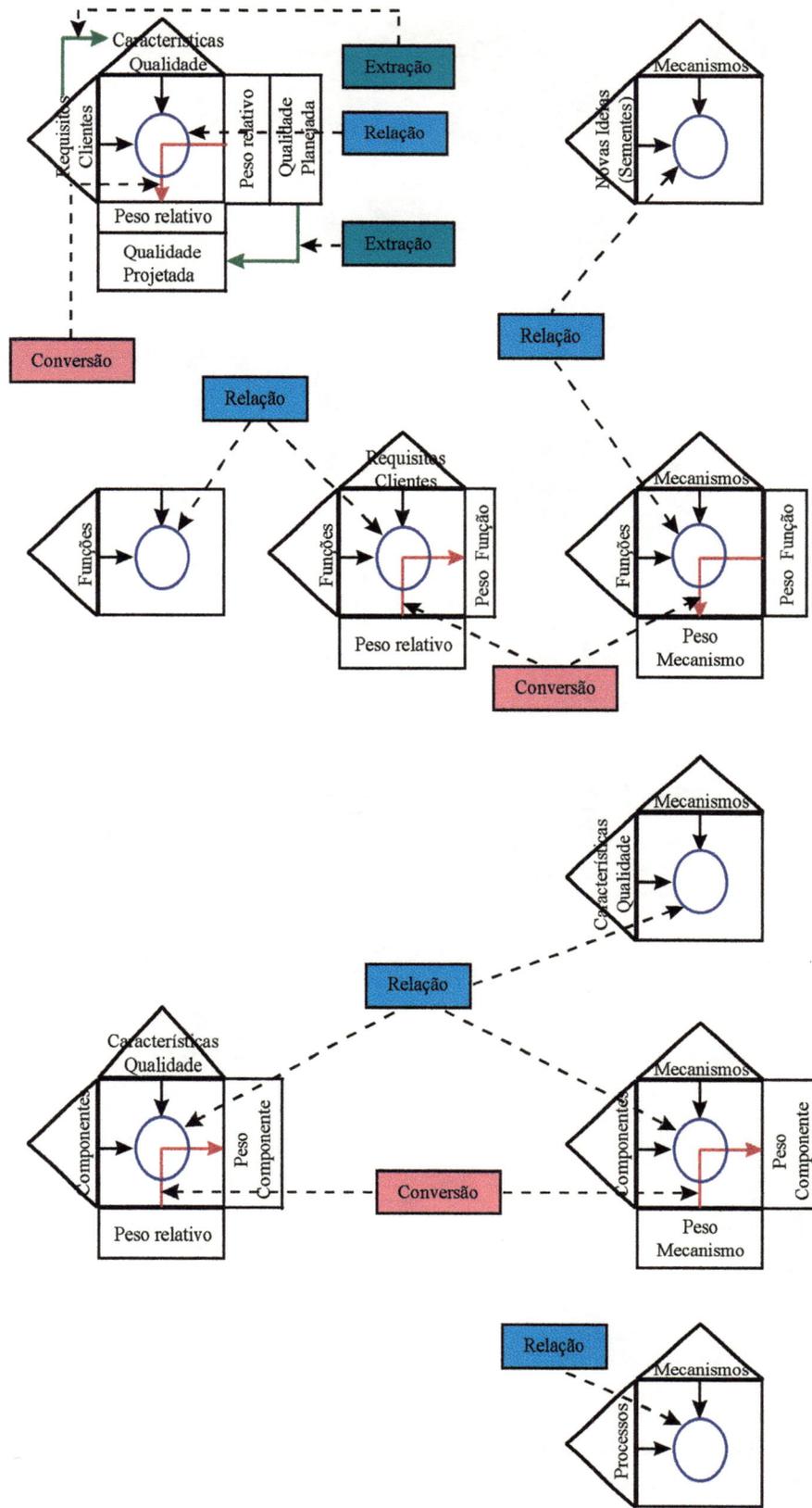


Figura 4.8 - Demonstração da predominância de relações e conversões no desdobramento da tecnologia

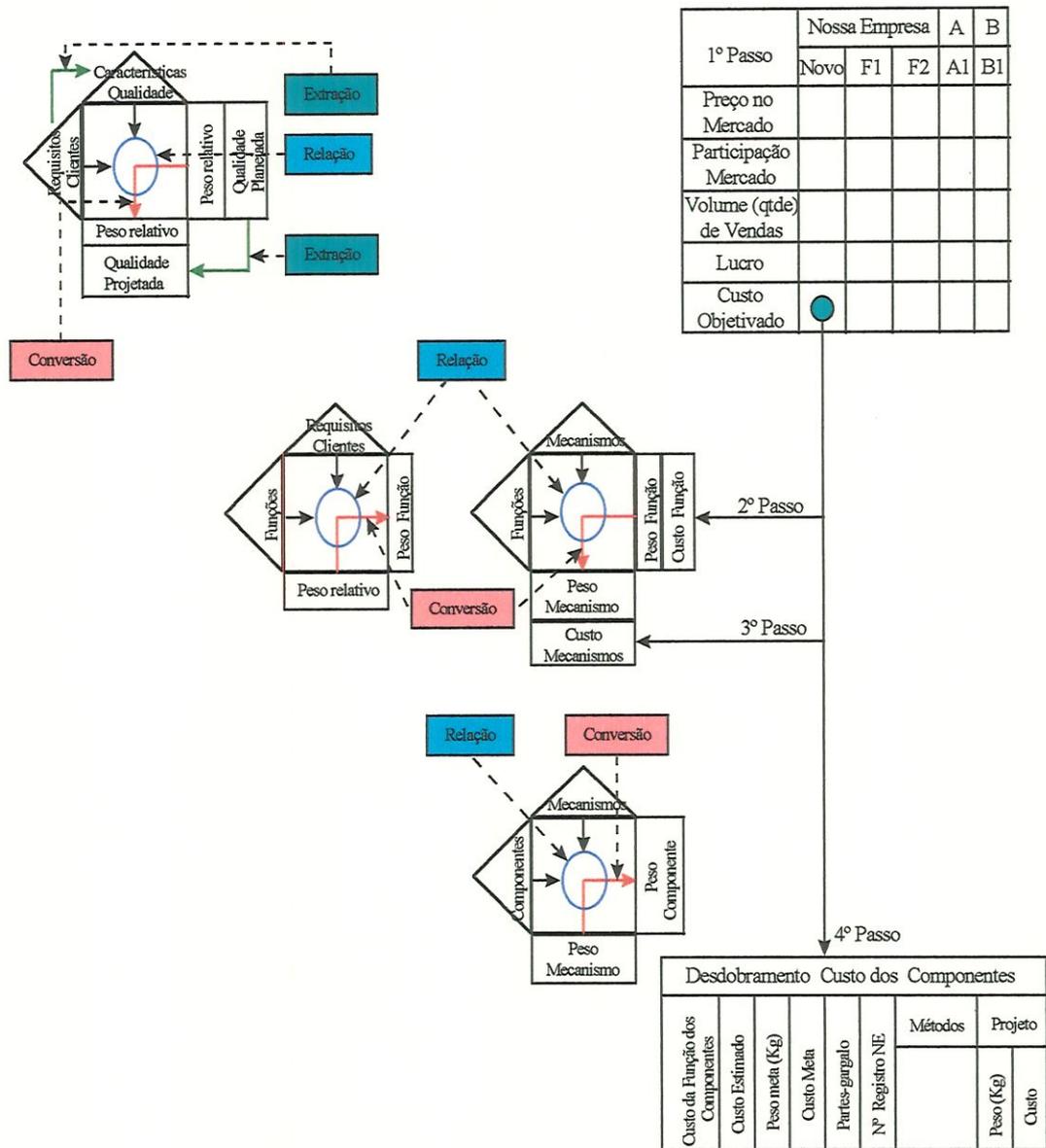


Figura 4.9 - Demonstração da predominância de relações e conversões no desdobramento do custo

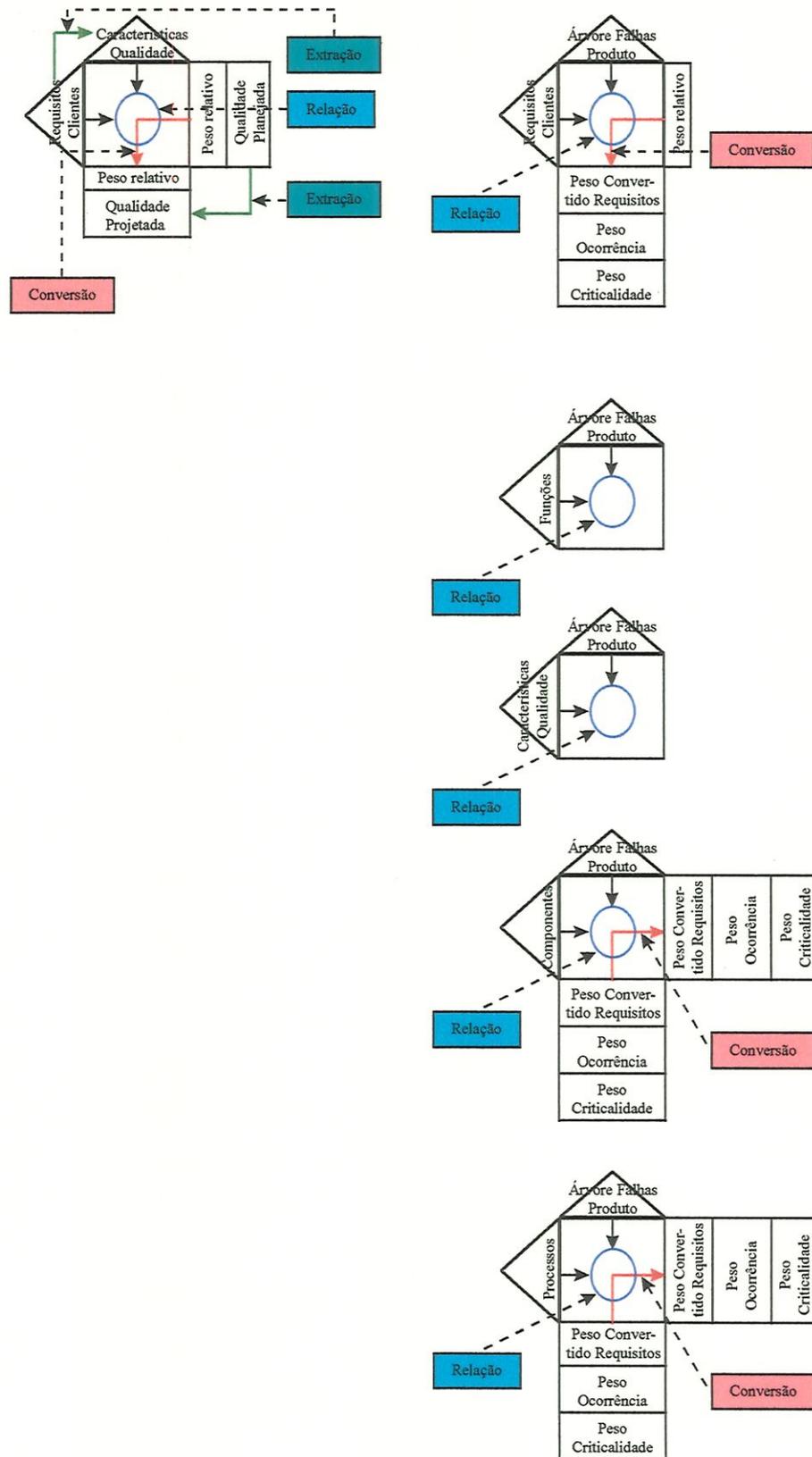


Figura 4.10 - Demonstração da predominância de relações e conversões no desdobramento da confiabilidade

Em função desses cinco pontos, conclui-se que a versão das Quatro Ênfases busca construir uma massa crítica de conhecimento sobre o produto e seus processos de fabricação, tanto para possibilitar uma melhor tomada de decisões, quanto para garantir o princípio de desdobramento. Em outras palavras, a versão das Quatro Ênfases, através da “exploração” das relações (no sentido restrito) e da conversão de pesos, faz aflorar o conhecimento necessário para que a equipe de QFD consiga conectar as decisões e, desse modo, obter a cadeia hierarquizada de decisões. Porém, já que essa cadeia não é visualmente explícita, a conexão entre as decisões depende muito da capacidade de coordenação e de integração da equipe de QFD.

Pode-se dizer, então, que a lógica da versão das Quatro Ênfases é a identificação das relações de todas as variáveis, em diferentes fases, dando à equipe de desenvolvimento uma visão geral de como cada decisão afeta as demais.

4.4 A Abordagem de Aplicação Proposta

4.4.1 A lógica da Abordagem de Aplicação Proposta

A abordagem de aplicação proposta é uma síntese da lógica do QFD-Estendido e da lógica do QFD das Quatro Ênfases. Por isso, torna-se interessante reafirmar a complementaridade dessas duas versões, conforme abaixo:

1. A versão QFD-Estendido privilegia a extração. Em todas suas matrizes, uma das tabelas sempre orienta a definição das variáveis da outra tabela. Isso torna explícita a hierarquia de decisões capaz de garantir o princípio de desdobramento e facilita a coordenação do processo decisório. Dessa forma, sua força é a condução da tomada de decisões.
2. A versão das Quatro Ênfases privilegia a identificação das relações, no sentido restrito, e a conversão. A maioria das suas matrizes tem como função identificar como cada variável afeta as demais, através das relações, e/ou estabelecer a importância de cada variável, através do cálculo de pesos. Dessa forma, sua força vem da possibilidade de cruzar quaisquer tabelas que forem necessárias para identificar as relações desejadas ou para definir prioridades sob múltiplos pontos de vista.

A síntese dessas versões pode ser obtida pela incorporação de matrizes propostas pelo QFD das Quatro Ênfases na execução das fases do QFD-Estendido. Assim, na

abordagem proposta, os desdobramentos ocorrem em quatro ênfases, conforme citadas abaixo:

1. Desdobramento do produto: Corresponde ao QFD-Estendido em sua estrutura linear, como descrito por CLAUSING (1993). Permite planejar o desenvolvimento de produto através do encadeamento da tomada de decisões, fazendo com que as decisões tomadas nas fases *upstream* orientem e limitem as decisões tomadas nas fases *downstream*. Em outras palavras, essa ênfase sistematiza e garante a obtenção da cadeia hierarquizada de decisões.
2. Desdobramento da qualidade e da tecnologia: Essa ênfase tem por objetivos: (a) sistematizar o processo de engenharia simultânea do desdobramento do produto, permitindo a análise das relações existentes entre as decisões tomadas em determinado momento e as decisões futuras, e (b) identificar e remover prematuramente gargalos de engenharia (conforme o conceito descrito por AKAO, 1996; AKAO, 1990 e CHENG *et al.*, 1995). Cabe aqui discutir a utilização do desdobramento da qualidade e tecnologia em conjunto, ao invés de um desdobramento da qualidade e um desdobramento da tecnologia. Analisando o desdobramento da qualidade e o desdobramento da tecnologia propostos por AKAO (1996), por AKAO (1990) e por CHENG *et al* (1995) percebe-se que todas as matrizes do primeiro estão contidas no segundo, embora a recíproca não seja verdadeira (ver seção 3.3.3). Portanto, basta executar o desdobramento da tecnologia (mais precisamente da qualidade e tecnologia) para se obter as análises necessárias para o desdobramento da qualidade e para o desdobramento da tecnologia. É preciso, porém, buscar duas análises diferenciadas nas matrizes: o desdobramento das qualidades técnicas do produto (referente ao desdobramento da qualidade) e a identificação dos possíveis gargalos de engenharia (referente ao desdobramento da tecnologia). Aliás, há vários exemplos dessa análise conjunta em AKAO (1996) e em AKAO (1990). Desse modo, acredita-se que a separação do desdobramento da qualidade e tecnologia é didática e visa demonstrar as duas análises separadas para melhor compreensão, bem como demonstrar a possibilidade de se executar apenas o desdobramento da qualidade.
3. Desdobramento do custo: Visa a identificação e remoção prematura de gargalos de custos, sob a ótica de análise de valor. Também permite identificar uma qualidade projetada para as características técnicas do produto que viabilize, sem muitas dificuldades, a obtenção dos custos objetivados.

4. Desdobramento da confiabilidade: O desdobramento da confiabilidade tem por objetivo entender como melhorar a confiabilidade do produto pela definição das suas características (e seus respectivos valores).

É importante ressaltar, porém, que existe uma “hierarquia” entre as quatro ênfases. O desdobramento do produto é o “fio condutor” da abordagem proposta. As demais ênfases constituem-se em desdobramentos de “apoio”, cujas matrizes complementam as análises obtidas nas matrizes do desdobramento do produto. Por isso são chamados de desdobramentos analíticos. Mais ainda, as matrizes dos desdobramentos analíticos somente são elaboradas quando “solicitadas” para facilitar a elaboração das matrizes do desdobramento do produto. Em função disso, os desdobramentos analíticos, que correspondem à adaptações dos desdobramentos da versão das Quatro Ênfases, tem uma seqüência de execução diferente daquela descrita em AKAO (1996), AKAO (1990) e CHENG *et al.* (1995).

4.4.2 O Modelo Conceitual de Referência

O modelo conceitual é uma representação gráfica do “caminho” lógico que os desdobramentos devem seguir para cumprir sua missão de gerenciar o desenvolvimento do produto. Ele indica quais tabelas devem ser construídas, quais matrizes devem ser elaboradas, quais relações devem ser identificadas. Dessa forma, o modelo conceitual varia de produto para produto, de empresa para empresa, sempre mostrando os desdobramentos necessários para o desenvolvimento do produto específico. A construção do modelo conceitual deve seguir a lógica utilizada no planejamento de sistemas. Primeiro, deve-se definir quais serão as necessidades dos clientes que o sistema deve satisfazer. Em seguida, define-se quais serão as saídas do sistema ou, em outras palavras, define-se quais serão os produtos gerados (incluindo as características técnicas dos produtos). Definido o produto, identifica-se quais serão os insumos necessários (e disponíveis) para o sistema e os processos capazes de transformar tais insumos nos produtos desejados. O processo, no modelo conceitual, equívale ao fluxo de produção visto de forma invertida. Para melhor entender essa última afirmativa, deve-se considerar os seguintes fluxos:

1. Na operação, a produção é executada conforme um sistema de padrões de produto e de processos já definido anteriormente. Esse sistema de padrões nada mais é que o conjunto de informações transmitidas para o “chão de fábrica”. Então o primeiro passo do fluxo

de produção pode ser entendido como a consulta ao sistema de padrões. O segundo passo consiste da execução de processos para transformar as matérias-primas em componentes. O terceiro passo é a montagem de componentes em conjuntos, em alguns casos gerando mecanismos e em outros casos gerando o produto final. O quarto passo é a montagem dos mecanismos, quando existentes, em produtos finais. E, o último passo pode ser interpretado como a satisfação das necessidades dos clientes quando esses usam o produto. A Figura 4.11 mostra graficamente o fluxo de produção para uma indústria, com destaque para a fase de fabricação.

2. No desenvolvimento do produto, primeiro deve-se identificar as necessidades dos clientes que serão satisfeitas pelo produto. Em seguida, define-se quais serão as características técnicas do produto capazes de satisfazer as necessidades escolhidas. O produto é, então, desdobrado em mecanismos (quando necessários) e/ou componentes. O passo seguinte é identificar os processos e as matérias primas ideais para fabricar o produto. E, por fim, monta-se os documentos que transmitirão todas essas informações ao “chão de fábrica”. A Figura 4.12 mostra o fluxo de desenvolvimento para o mesmo produto ilustrado na Figura 4.11, com destaque para o projeto do produto e dos processos.

O modelo conceitual é, portanto, a definição do segundo fluxo descrito acima de forma mais detalhada, onde são definidas as tabelas, as matrizes e as relações de QFD (no sentido amplo) a serem construídas.

Um modelo conceitual de referência, nesta dissertação, corresponde ao modelo normalmente apresentado na literatura. Seu objetivo é servir de referência aos aplicadores do QFD, no momento da elaboração do modelo conceitual para um produto específico, em uma empresa específica. O modelo conceitual de referência para a abordagem proposta é apresentado nas próximas páginas e detalhado no capítulo seguinte. Cabe aqui esclarecer que esse modelo conceitual de referência aplica-se ao desenvolvimento de produto já existente, da indústria de manufatura e que se utilize de processo de produção em lote ou em massa.

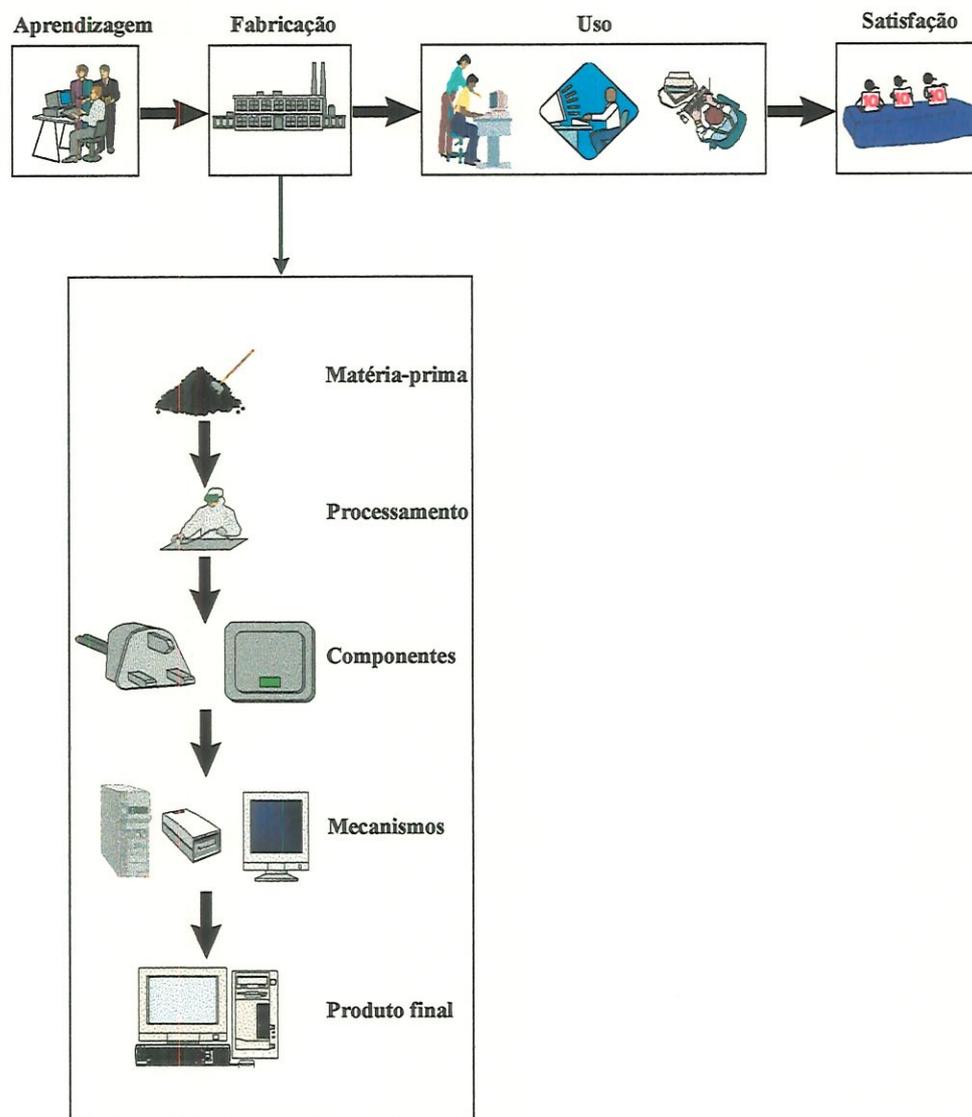


Figura 4.11 - Ilustração do fluxo de fabricação do produto

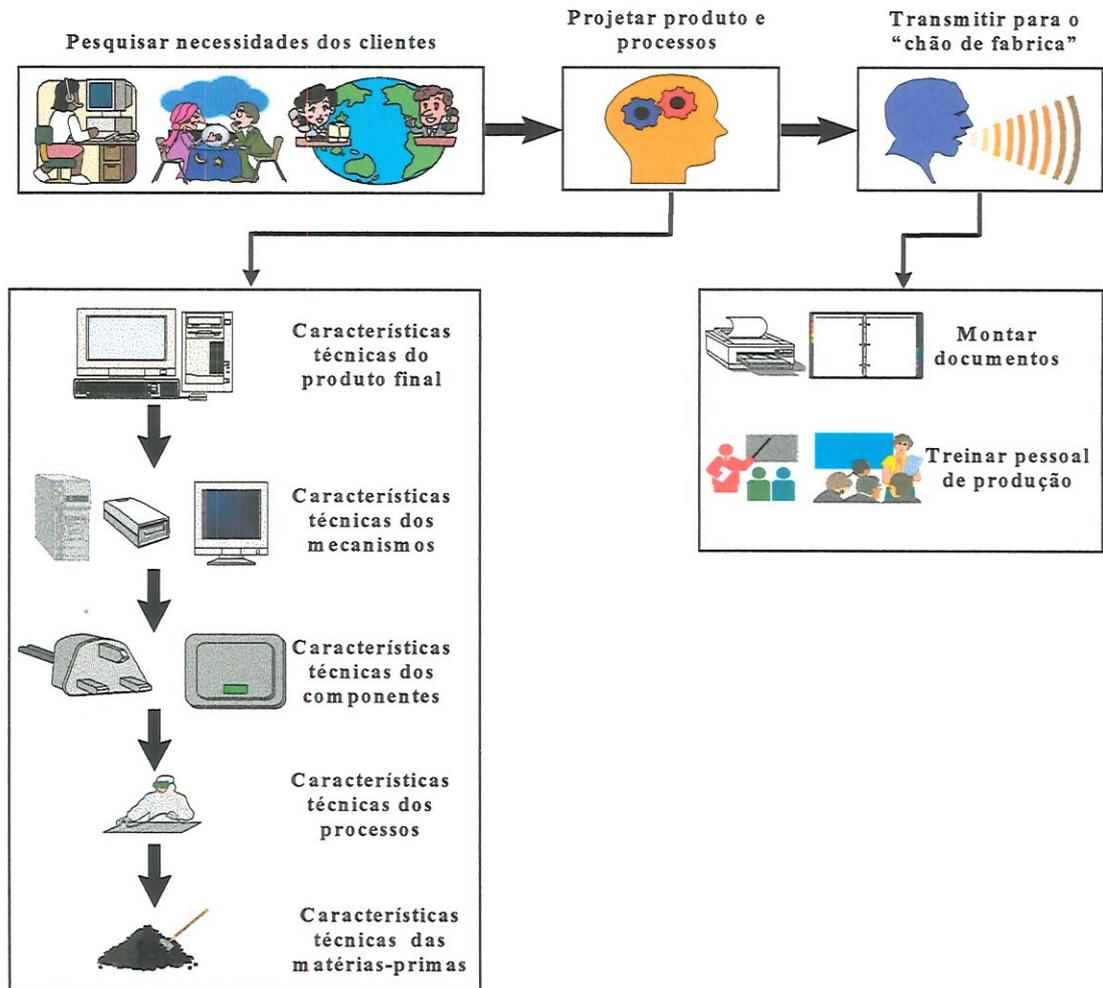


Figura 4.12 - Ilustração do fluxo de desenvolvimento de produto

As Figuras 4.13 a 4.16 mostram os pontos de interseção do desdobramento do produto com os desdobramentos analíticos. Cabe lembrar que o desdobramento do produto “solicita” a elaboração dos demais desdobramentos à medida que a análise dos últimos ajudam na elaboração das matrizes do primeiro. Um detalhe a ser observado é o “enxugamento” do desdobramento do produto em relação àquele apresentado em CLAUSING (1993). Tal “enxugamento” decorre das matrizes “projeto do sistema”, “projeto do mecanismo” e “projeto dos componentes” serem desdobramentos da fase de projeto (ver seção 3.3.2), necessários somente para o desenvolvimento de produtos cuja estrutura (árvore de produto) apresente vários níveis de agregação. Porém, a maioria dos produtos, mesmo quando utilizam tecnologia dinâmica, podem ser planejados satisfatoriamente “pulando” do produto final para os componentes. Assim, nesta dissertação, a fase de projeto será constituída apenas pela matriz “projeto dos componentes”, levando o desdobramento do produto à seguinte configuração:

1. casa da qualidade (*total system matrix*);
2. Seleção do conceito do produto (*total system concept selection*);
3. Matriz de projeto dos componentes ou partes (*piece part design matrix*);
4. Matriz do processo dos componentes ou partes (*piece-part process matrix*);
5. Matriz de produção dos componentes ou partes (*operations planning matrix*).

Deve-se ressaltar que essa “configuração” corresponde ao processo de sete estágios (ver seção 3.3.2), porque a casa da qualidade corresponde aos três primeiros estágios descritos por DAY (1993): elaboração da tabela dos requisitos dos clientes, elaboração da tabela de características de qualidade e análise da matriz para priorização de requisitos e características, respectivamente.

Outro detalhe a ser observado nas Figuras 4.13 à 4.16 é a numeração dos passos dos desdobramentos analíticos. Essa numeração determina a ordem de execução de cada passo dentro sua respectiva ênfase. É também preciso informar que esse conjunto de figuras será repetido no capítulo 5, para ilustrar o detalhamento da abordagem proposta.

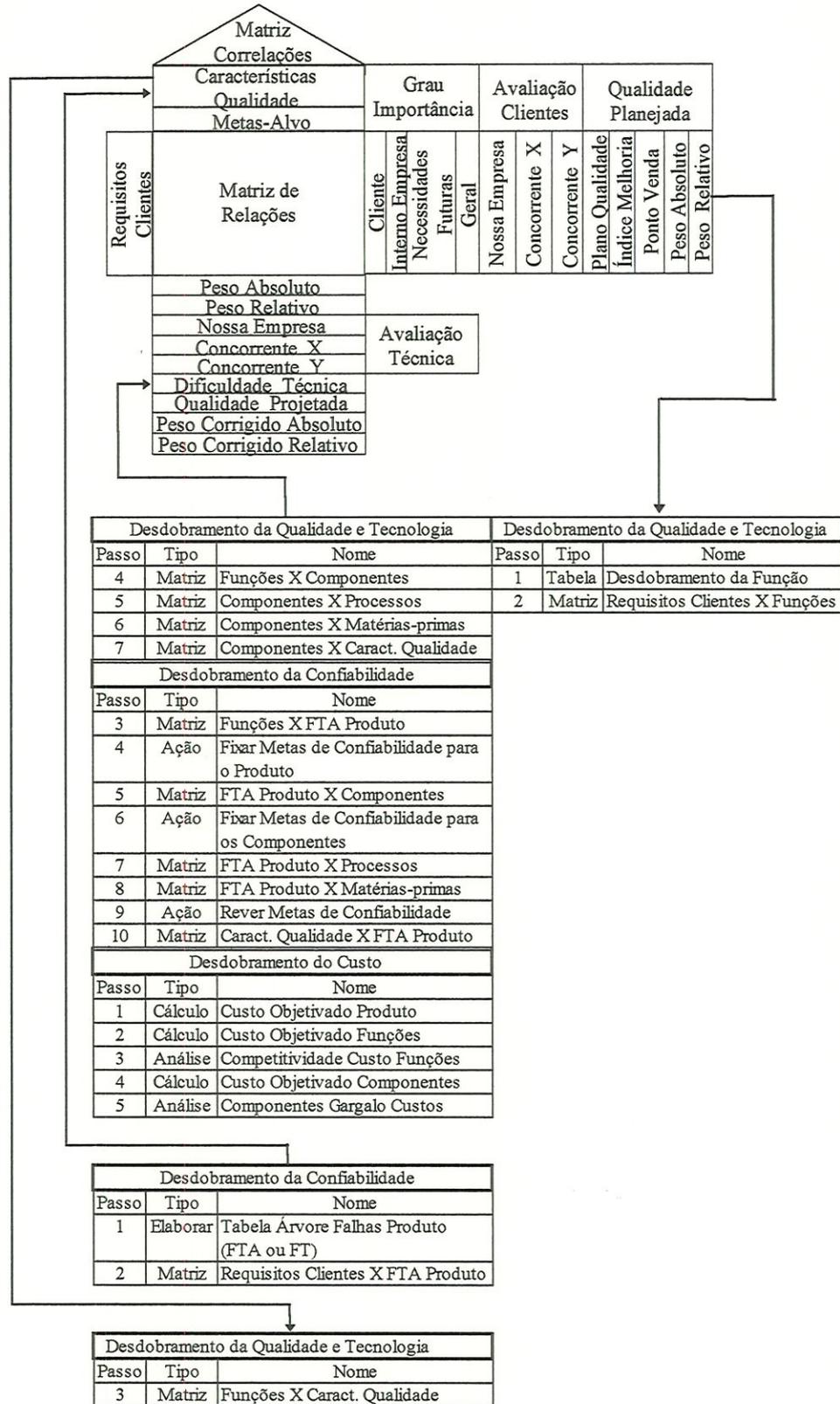


Figura 4.13 - A casa da qualidade e suas interseções com os desdobramentos analíticos



Figura 4. 14 - A MAPS na abordagem proposta e suas interseções com os desdobramentos analíticos

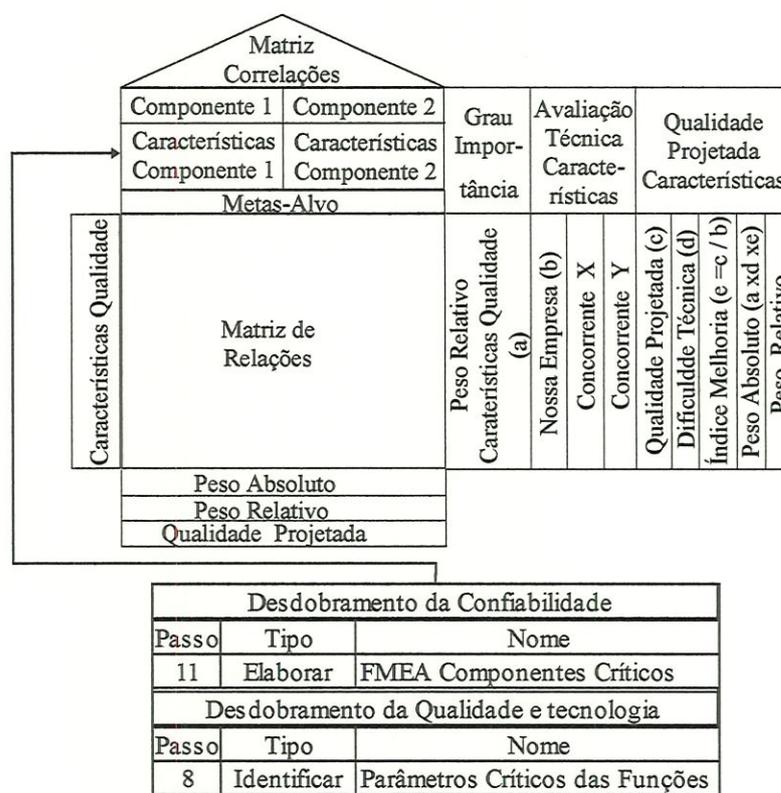


Figura 4.15 - A matriz de projeto dos componentes e suas interseções com os desdobramentos analíticos

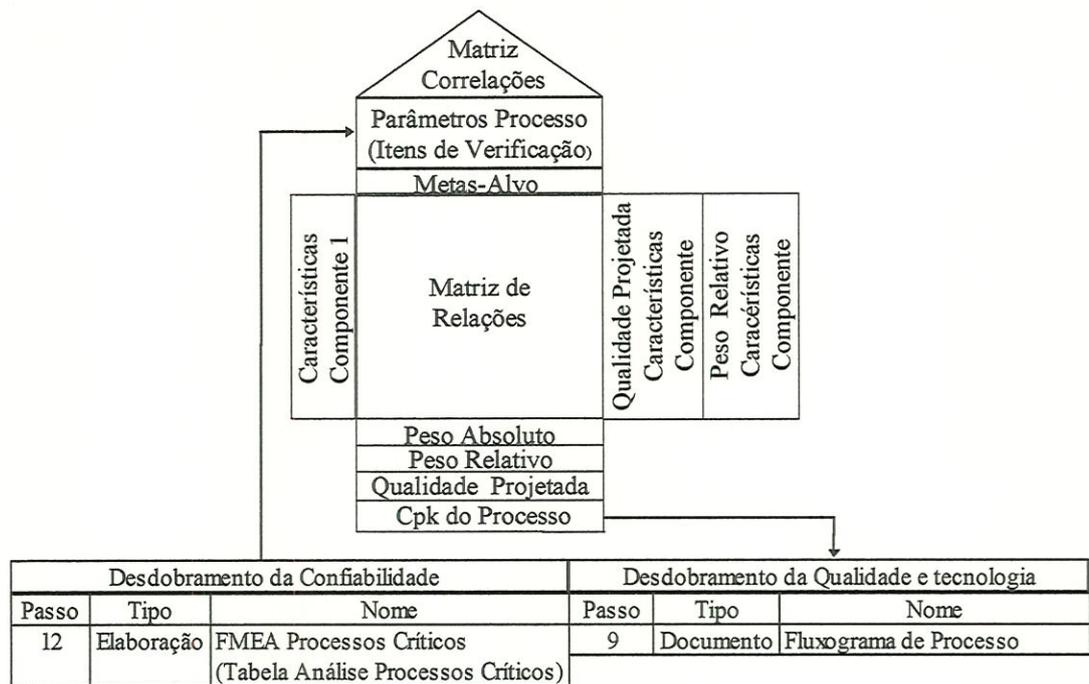


Figura 416. - A matriz dos componentes e suas interseções com os desdobramentos analíticos

As Figuras 4.17 a 4.20 permitem uma visão geral das tabelas e matrizes que formam as quatro ênfases, com destaque para as relações de QFD. Nos desdobramentos analíticos cada matriz contém um número. Esse número indica o posicionamento daquele passo na sua respectiva ênfase e é o mesmo número indicado para aquele passo nas Figuras 4.13 à 4.16. Porém, alguns passos não estão ilustrados no conjunto de figuras abaixo. Isso ocorre porque esses passos referem-se à elaboração das tabelas que compõem as matrizes. Por exemplo, no desdobramento da qualidade e tecnologia não está indicado o passo 1 (um), que constitui-se da elaboração da tabela de funções. Essa tabela está implícita no passo 3 — a matriz requisitos vs. funções. A não indicação desses passos foi motivada pela opção de dar maior destaque às matrizes.

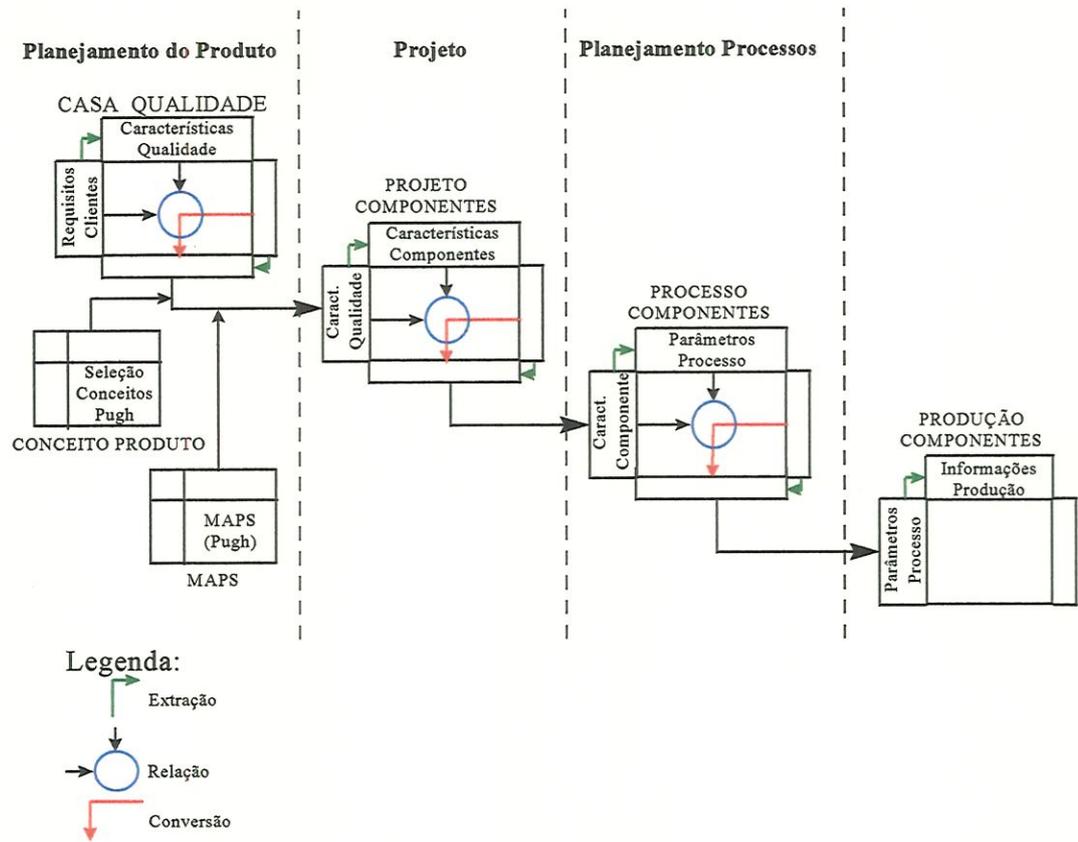


Figura 4.17 - O desdobramento do produto para produtos com poucos níveis de agregação

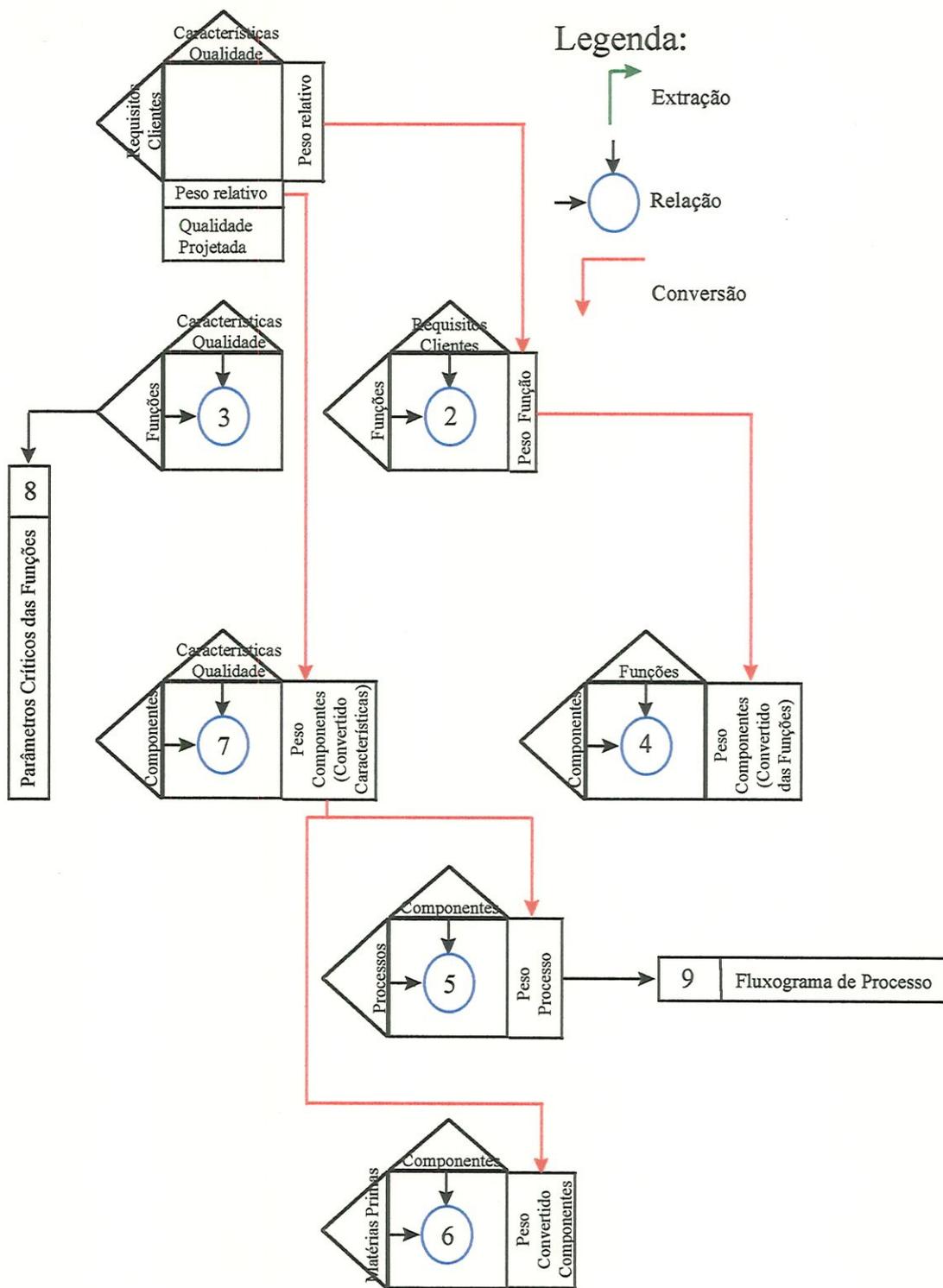


Figura 4.18 - O desdobramento da qualidade e tecnologia na abordagem proposta

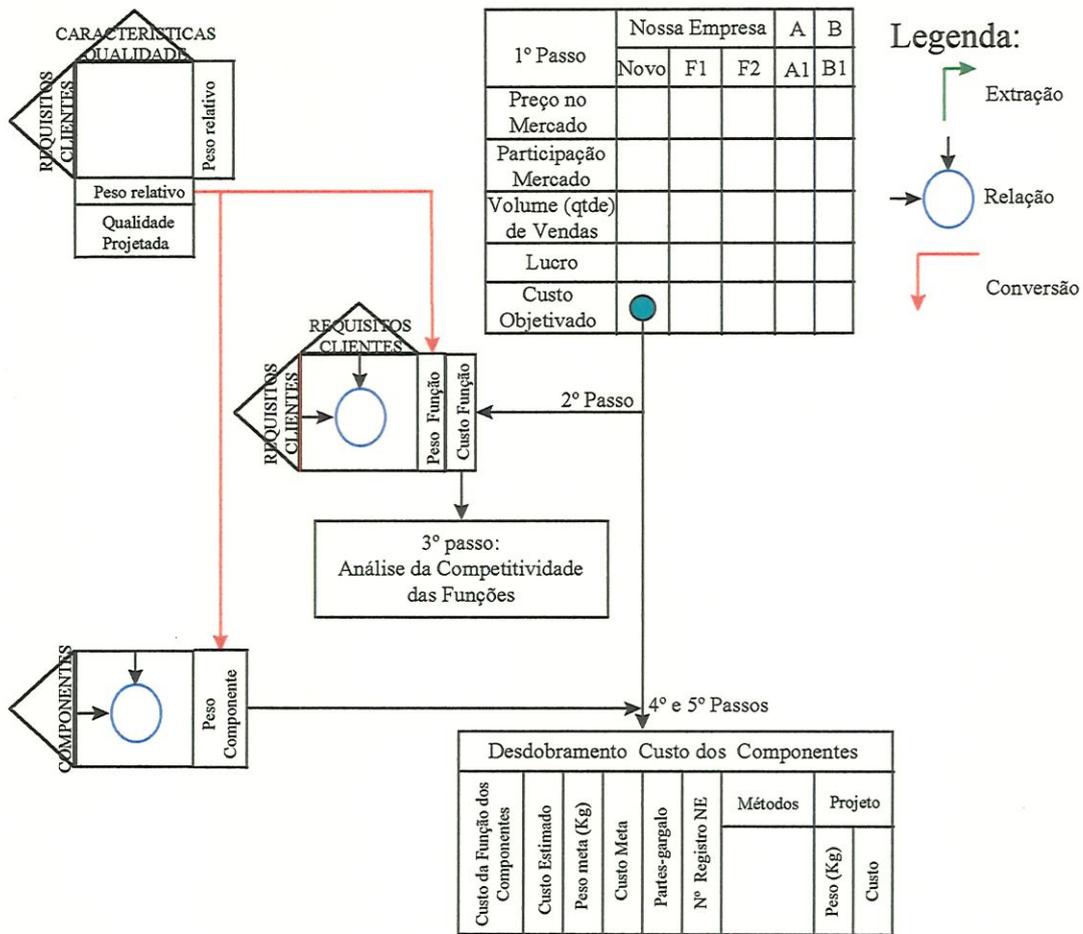


Figura 4.19 - O desdobramento do custo na abordagem proposta

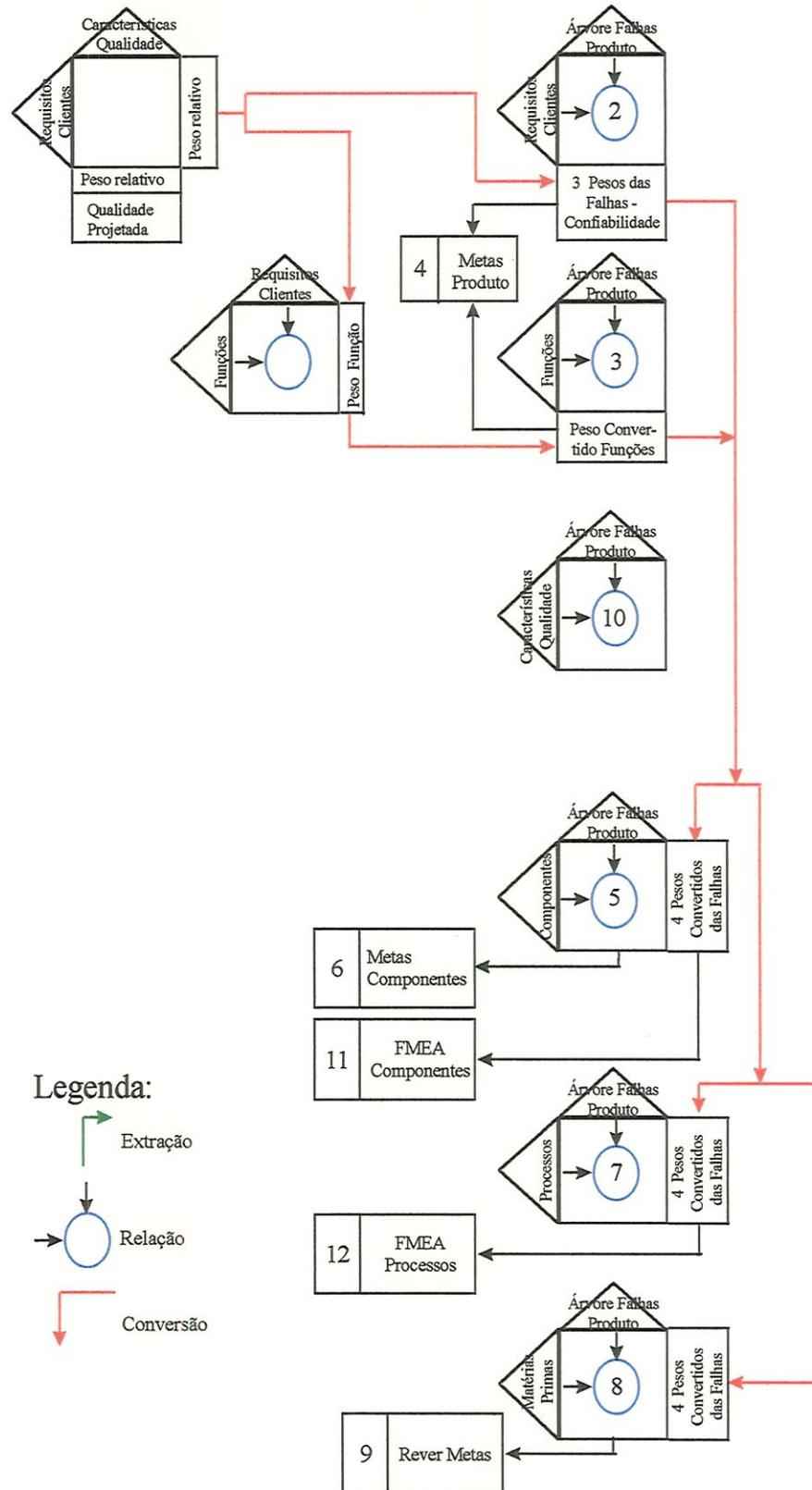


Figura 4.20 - O desdobramento da confiabilidade na abordagem proposta

5 Detalhamento da Abordagem Proposta

5.1 Introdução

Como informado no capítulo anterior, a abordagem proposta incorpora matrizes do QFD das Quatro Ênfases no QFD-Estendido, gerando quatro ênfases: desdobramento do produto, desdobramento da qualidade e tecnologia, desdobramento do custo, e desdobramento da confiabilidade. No decorrer de todo esse capítulo, as três últimas ênfases serão chamadas de desdobramentos analíticos.

A execução da abordagem proposta é “conduzida” pelo desdobramento do produto. Os desdobramentos analíticos somente serão executados quando forem “solicitados” pelo desdobramento do produto, já que os primeiros tem o objetivo de facilitar a elaboração das matrizes do segundo. Isso faz com que os desdobramentos analíticos fiquem entrelaçados com as matrizes do desdobramento do produto, gerando pontos de interseção entre eles. Os pontos de interseção, na abordagem proposta, são os elementos das matrizes do desdobramento do produto que “exigem” a elaboração das matrizes dos desdobramentos analíticos.

A seguir serão descritos os desdobramentos da abordagem proposta, do seguinte modo:

1. Descrição do desdobramento do produto, exceto para a casa da qualidade, que já foi descrita na seção 3.2.
2. Durante a descrição dos elementos de cada matriz do desdobramento do produto haverá, quando for o caso, a indicação dos pontos de interseção entre o desdobramento do produto e os desdobramentos analíticos.
3. Após a indicação de cada ponto de interseção, as informações proporcionadas pelos desdobramentos analíticos serão descritas. Também serão descritas, quando for o caso, o embasamento teórico dessas análises. A descrição do embasamento teórico das

interseções, com certeza, tornam o texto mais “difícil”, mais “árido”. Nesse caso, a alternativa seria um texto mais simples, porém menos explicativo. Nessa dissertação, escolheu-se a primeira alternativa, ou seja, um texto mais árido, porém mais completo. Essa escolha foi motivada necessidade de fornecer a sustentação teórica dessa abordagem.

5.2 Casa da Qualidade ou Matriz de Planejamento do Produto (*Total System Matrix*)

Como a casa da qualidade já foi descrita na seção 3.2, a seguir serão descritos apenas os elementos (ou áreas) desta matriz que “solicitam” a execução dos desdobramentos analíticos (Figura 5.1).

5.2.1 Peso Relativo dos Requisitos dos Clientes.

Após calculados os pesos relativos dos requisitos dos clientes (ou seja, terminada a execução de toda a tabela dos requisitos dos clientes) deve-se elaborar o desdobramento das funções e a matriz requisitos dos clientes vs. funções, que correspondem aos passos 1 e 2 do desdobramento da qualidade (ver figura 5.1).

Os requisitos dos clientes correspondem às qualidades exigidas. Portanto, é possível classificá-los em qualidades óbvias, qualidades atrativas e qualidades lineares. Por outro lado, é conhecido que um produto precisa atender todos os requisitos de qualidade óbvia para ter sucesso no mercado. Também é conhecido que esses requisitos dificilmente são identificados em pesquisas com clientes, devido à sua própria natureza (ver seção 2.1.3). Porém, tem-se que discutir a necessidade de se incluir, ou não, tais requisitos na casa da qualidade. Nesse sentido, OHFUJI *et al* (1997) afirmam que o QFD pode ser utilizado, ou como um meio de transmissão dos propósitos do projeto à produção, ou como o cerne do sistema de qualidade. Para o segundo objetivo, é necessário que a casa da qualidade tenha abrangência total, evitando-se falhas e omissões, a fim de garantir a qualidade do produto. Nesse caso, é imprescindível a identificação de todos os requisitos de qualidade óbvia. Se o objetivo do QFD for a primeira opção, a questão da qualidade atrativa se tornará mais importante que a

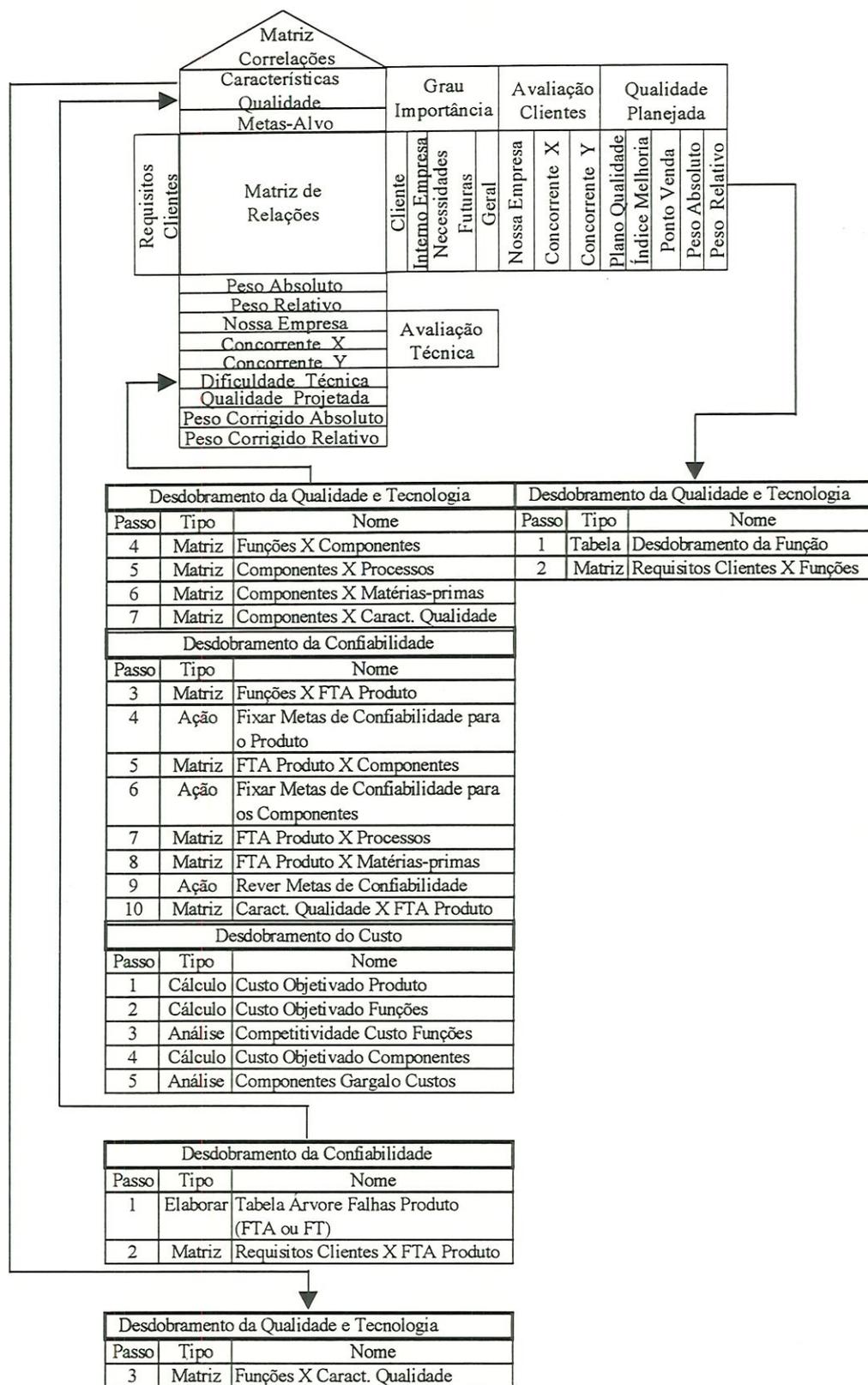


Figura 5.1 - A casa da qualidade e suas interseções com os desdobramentos analíticos (reprodução da Figura 4.13)



qualidade óbvia. No primeiro caso, quando a casa da qualidade for elaborada para o desenvolvimento de produtos novos, será dada maior ênfase nas qualidades atrativas. Nesta dissertação entende-se que o QFD deve ser utilizado com as duas finalidades. Assim, é importante existir um processo capaz de verificar a falta de algum requisito de qualidade óbvia na tabela de requisitos dos clientes. AKAO (1990) prescreve que tal verificação seja feita através das matrizes “requisitos dos clientes vs. funções” e “funções vs. características de qualidade”. CHENG *et al* (1995), por outro lado, sugerem que esta mesma análise seja feita apenas pela matriz “funções vs. características de qualidade”.

Na abordagem proposta adaptou-se a proposta de AKAO (1990), dividindo-a em duas etapas. Na primeira etapa, desdobra-se as funções do produto e elabora-se a matriz “requisitos dos clientes vs. funções”, respectivamente passos 1 e 2 do desdobramento da qualidade e tecnologia (Figura 5.1). Esses procedimentos serão capazes de identificar, prematuramente, os requisitos de qualidade óbvia que estão faltando na tabela dos requisitos dos clientes, que acabou de ser elaborada. Porém, cabem aqui dois pontos de discussão. O primeiro se refere ao momento propício para fazer essa verificação. Segundo ZIRGER & HARTLEY (1996) e SCHNIEDERJANS & HONG (1996), um dos pontos cruciais da competitividade, hoje, é a rapidez do desenvolvimento de produtos. Para ser rápido, o desenvolvimento de produtos precisa ser eficiente e evitar retrabalhos. Assim, optou-se executar a verificação da ausência de requisitos o mais próximo possível da elaboração da tabela de requisitos dos clientes, de modo a evitar o trabalho de refazer toda a casa da qualidade. Por outro lado, optou-se por elaborar as matrizes dos desdobramentos analíticos apenas quando houvesse possibilidade de construí-la inteira, sem faltar qualquer de seus elementos. Assim, a matriz “requisitos dos clientes vs. funções” não foi posicionada logo após a “organização” dos requisitos dos clientes.

O segundo ponto de discussão se refere à eficácia dos procedimentos propostos. CLAUSING (1993), ao descrever o QFD-Estendido, propõe que os requisitos dos mecanismos sejam revistos à luz da árvore de funções para garantir que todos foram incluídos na matriz de projeto do sistema. O desdobramento da função (passo um do desdobramento da qualidade e tecnologia, Figura 5.1) permite, durante sua execução, uma análise profunda das funções a serem desempenhadas pelo produto. Assim, esse passo representa uma antecipação da análise das funções prescrita por CLAUSING (1993), aqui usada para auxiliar a identificação de requisitos dos clientes. Complementando a análise das funções, executa-se o cruzamento das funções com os requisitos dos clientes já identificados. Isso porque os debates necessários para a identificação das relações existentes entre os requisitos dos clientes e as

funções permitirão identificar os requisitos ausentes. Além disso, CHENG *et al* (1995) afirmam que o desdobramento da função deve ser elaborada com o apoio da engenharia de produto, que conhece as funções óbvias que o produto deve desempenhar. Assim, prescreve-se que a relação dos requisitos dos clientes com as funções devem, também, ser identificadas com o auxílio da engenharia de produto.

Por outro lado, a matriz “requisitos dos clientes vs. funções” faz a tradução dos primeiros (linguagem dos clientes) para os segundos (linguagem de engenharia). Essa tradução ocorre durante os debates necessários para preenchimento da matriz de relações, onde os engenheiros buscam entender como atender os requisitos dos clientes através das funções do produto. Deve-se ressaltar que a tradução da linguagem do cliente para a linguagem do fornecedor é um dos passos pelo roteiro de planejamento da qualidade proposto por JURAN & GRAYNA (1991).

Por fim, deve-se considerar que a análise da árvore de funções ajudará na extração das características de qualidade (próximo passo da elaboração da casa da qualidade).

5.2.2 Características de Qualidade

Na extração das características de qualidade há uma diferença básica entre a abordagem proposta e o QFD-Estendido, este último como proposto por CLAUSING (1993) e por CLAUSING & PUGH (1991). No QFD-Estendido, segundo CLAUSING (1993), as características técnicas do produto são completadas nas matrizes dos sistemas, após executada a análise de funções. A análise de funções inclui a análise da árvore de falhas (FTA), a análise do modo e efeito de falhas (FMEA) e a árvore de funções (R-FTA). Assim, nas matrizes dos sistemas podem ser identificadas as características técnicas do produto que não foram incluídas na casa da qualidade, seja porque dependem da definição do conceito do produto, seja porque foram esquecidas durante a elaboração dessa matriz (casa da qualidade). Na abordagem proposta, porém, não se utiliza os níveis intermediários de agregação do produto (sistema e subsistema).

Uma solução possível é obtida em SIVALOGANATHAN & EVBUOMWAN (1997) que, ao descreverem a versão das quatro fases, determinam a utilização da análise de funções para “apoiar” a extração das características dos componentes. Porém, nesta

dissertação decidiu-se adaptar a análise de funções prescrita por CLAUSING (1993) de forma diferente da abordagem de SIVALOGANATHAN & EVBUOMWAN (1997).

Na abordagem proposta, a casa da qualidade deverá conter todas as características técnicas do produto, para que essas possam efetivamente orientar a extração das características dos componentes. Desse modo, as características dos sistemas e subsistemas devem ser “embutidas” nas características de qualidade do produto. A decisão acima torna obrigatório que a extração das características de qualidade seja feita em duas etapas. A primeira etapa, executada nesse momento, consiste na extração das características técnicas do produto que não dependem de prévia definição do conceito do produto. Para “apoiar” essa extração deve-se utilizar o conhecimento adquirido com a elaboração da árvore de funções e elaborar a árvore de falhas do produto, ambas ligadas a um maior nível de abstração do produto (ver Figura 5.2).

A segunda etapa consiste da extração das características técnicas do produto que dependem de prévia definição do conceito do produto. Essa segunda etapa, portanto, somente será executada após a definição do conceito de produto e será indicada no momento da sua execução.

A seguir vai-se detalhar o papel de cada componente da análise de funções no “apoio” à extração das características de qualidade que não dependem de prévia definição do conceito do produto.

A árvore de funções (passo 1 do desdobramento da qualidade e tecnologia, Figura 5.2) permite entender qual é o “papel” do produto na visão técnica da engenharia (que é a visão da empresa). A matriz “requisitos dos clientes vs. funções” (passo 2 do desdobramento da qualidade e tecnologia, Figura 5.2) ajuda a compreender como as funções devem ser usadas para satisfazer os clientes. Ou, em outras palavras, permite entender quais são as funções prioritárias para os clientes. Deve-se ressaltar que, para AKAO (1996) e OHFUJI *et al* (1997), as características de qualidade são características substitutas das qualidades verdadeiras (requisitos dos clientes). Desse modo, a análise das funções, e de suas relações com as qualidades verdadeiras (passo 2, desdobramento da qualidade e tecnologia), facilitará a identificação das qualidades substitutas tecnicamente ligadas ao perfeito funcionamento do produto.

Deve-se ressaltar que os passos 1 e 2 do desdobramento da qualidade e tecnologia já foram executados na seção 5.2.1. Desse modo, nesse momento, pode-se utilizar o conhecimento já obtido com a execução desses dois passos para “apoiar” a extração das características de qualidade.

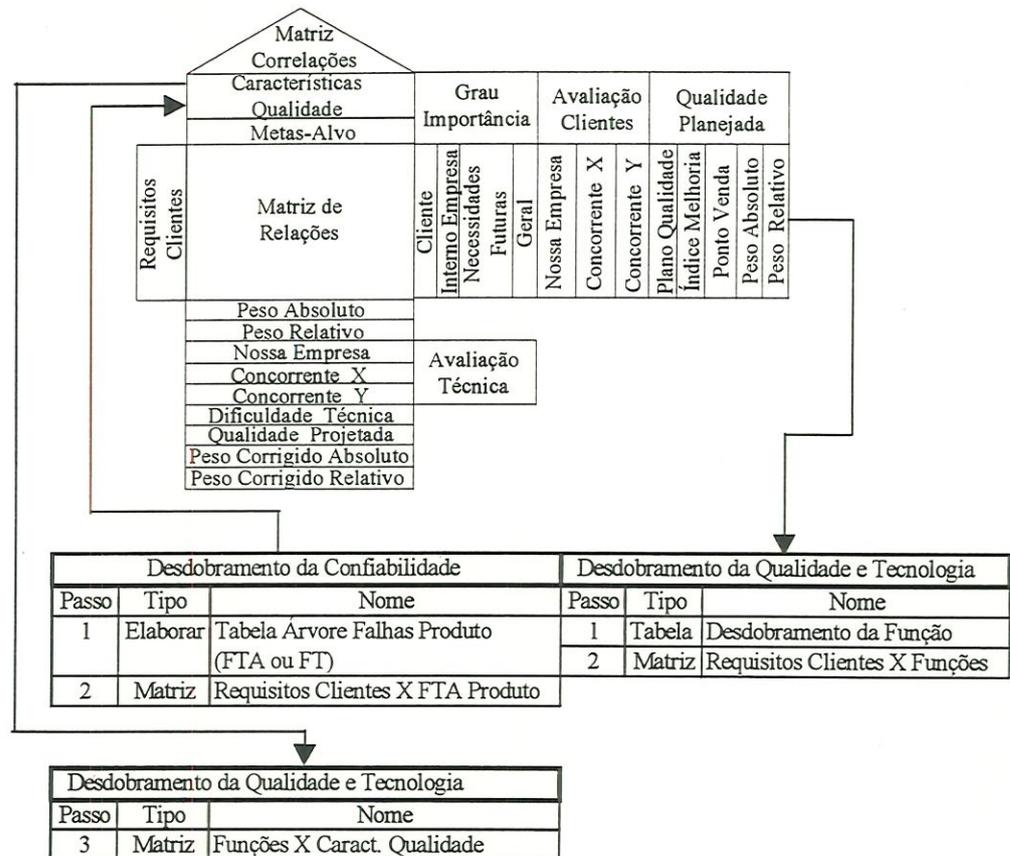


Figura 5.2 - Ilustração das interseções das características de qualidade com os desdobramentos analíticos

A elaboração da árvore de falhas de produto (passo 1 do desdobramento da confiabilidade, Figura 5.2) permite compreender como os clientes percebem as falhas de produto, e a identificar as causas dessas falhas. A matriz “requisitos dos clientes vs. falhas de produto” (passo 2 do desdobramento da confiabilidade, Figura 5.2) permite identificar como essas falhas comprometem a satisfação dos clientes, significando o aprofundamento da análise das falhas. Com o conhecimento adquirido nesses dois passos torna-se possível a conversão das qualidades negativas (falhas) em qualidades positivas (características de qualidade). Inclusive, tal conversão é proposta por AKAO (1990). Porém, na abordagem proposta está-se claramente “amarrando” essa conversão à extração das características de qualidade e, conseqüentemente, determinando explicitamente o momento de sua execução. Por outro lado, pode-se comparar a abordagem proposta com a análise de falhas prescrita por CLAUSING (1993). Na primeira, a utilização da matriz “requisitos dos clientes vs. falhas de produto”

sistematiza a análise de falhas a partir da perspectiva da satisfação dos clientes. Essa perspectiva não é totalmente explícita na análise da árvore de falhas proposta por CLAUSING (1993). Além disso, caso haja requisitos dos clientes não relacionados a nenhuma falha, essa matriz evidencia a deficiência na confecção da árvore de falhas.

Para finalizar a comparação da análise de funções proposta por CLAUSING (1993) com a utilização de FMEA, FTA e R-FTA na abordagem proposta, deve-se ressaltar que, nessa última, a FMEA somente será elaborada durante a confecção da matriz de componentes. Isso porque a FMEA é executada para a análise de componentes críticos e, portanto, deve ser precedida pela definição do conceito de produto.

Após extraídas as características de qualidade deve-se elaborar a matriz “funções vs. características de qualidade” (passo 3 do desdobramento da qualidade e tecnologia, Figura 5.2). Essa matriz completa a verificação de possíveis ausências de requisitos dos clientes, porque, segundo CHENG *et al.* (1995), a detecção de funções não relacionadas à características de qualidade significa a falta de requisitos dos clientes. Neste mesmo sentido, AKAO (1990) inclui essa matriz nos procedimentos destinados a detectar a falta, na respectiva tabela, de requisitos dos clientes de qualidade óbvia. Por outro lado, a existência de funções sem as correspondentes características de qualidade torna evidente que não foram extraídas características técnicas do produto destinadas a garantir o desempenho de tais funções. Nesse sentido, a matriz “funções vs. características de qualidade” complementa a análise de funções prescrita por CLAUSING (1993).

5.2.3 Fator de Dificuldade Técnica

Como já descrito, esse fator é uma nota que expressa o quanto é difícil para a empresa obter a qualidade projetada para as características de qualidade, em associação com a confiabilidade projetada e com o custo objetivado (AKAO, 1996 e AKAO, 1990). Por isso, ele determina a necessidade proporcional de comprometimento de esforços e recursos na obtenção dos valores-meta (CLAUSING, 1993).

Neste modelo de referência, o fator de dificuldade técnica é usado para corrigir o peso das características de qualidade, atribuindo maior importância àquelas características que a obtenção de sua qualidade projetada implique em uma maior dificuldade técnica. Para isso, utiliza-se uma escala do fator proporcional à dificuldade de se obter os valores-meta,

onde o valor baixo da escala significa a menor dificuldade técnica e o valor alto da escala significa a maior dificuldade de sucesso (AKAO, 1996; CLAUSING, 1993). Esta alternativa foi escolhida por considerar-se a maioria das empresas no Brasil “trabalham” com desenvolvimento de tecnologia paralelo ao desenvolvimento de produtos, conforme proposto por CLAUSING (1993), ou ainda, desenvolvem produtos com longos ciclos de vida (ver fator de dificuldade técnica na seção 3.2.2).

Para fixar o fator de dificuldade técnica, normalmente a equipe de QFD deve utilizar sua experiência e conhecimento dos processos de desenvolvimento de produtos e de produção atualmente existentes na empresa. Na abordagem proposta, a determinação do fator de dificuldade técnica deve ser sistematizada pelos desdobramentos analíticos, conforme descritos abaixo. Essa sistematização deverá possibilitar a criação de consenso e melhorar o nível de compreensão de todos os membros da equipe sobre a questão. Dessa forma, na abordagem proposta, a definição do fator de dificuldade técnica é precedida da execução das seguintes matrizes:

- **desdobramento da qualidade e tecnologia** (passos 2 a 7, Figura 5.3): Essas matrizes correspondem a uma adaptação do desdobramento da tecnologia, descrito em AKAO (1996), AKAO (1990) e CHENG *et al.* (1995), para empresas que não consideram o nível de mecanismos no desenvolvimento do seus produtos. Convém ressaltar que as duas primeiras matrizes (passos 1, 2 e 3) já foram elaboradas nos itens 5.1.1 e 5.1.2, respectivamente. Por isso, nesse estágio, o conhecimento adquirido com sua elaboração já está consolidado.

O desdobramento da tecnologia proposto por AKAO (1996), por AKAO (1990) e por CHENG *et al.* (1995) tem por objetivo detectar gargalos de engenharia a partir de valores-meta já definidos. Porém, na abordagem proposta o desdobramento da qualidade e tecnologia busca prevenir a ocorrência de gargalos de engenharia. Essa prevenção ocorre pela fixação de valores-meta condizentes com as tecnologias de processo, de produto e de gestão dominadas pela empresa. Isso significa que, antes de fixar os valores para a qualidade projetada, a equipe de QFD deve entender prematuramente como cada decisão tomada nesse momento (valores-meta e tolerâncias) irá influenciar a capacidade da empresa produzir efetivamente o produto com as tecnologias que ela dispõe. Tal compreensão é obtida no decorrer da elaboração do conjunto de matrizes relacionadas a seguir.

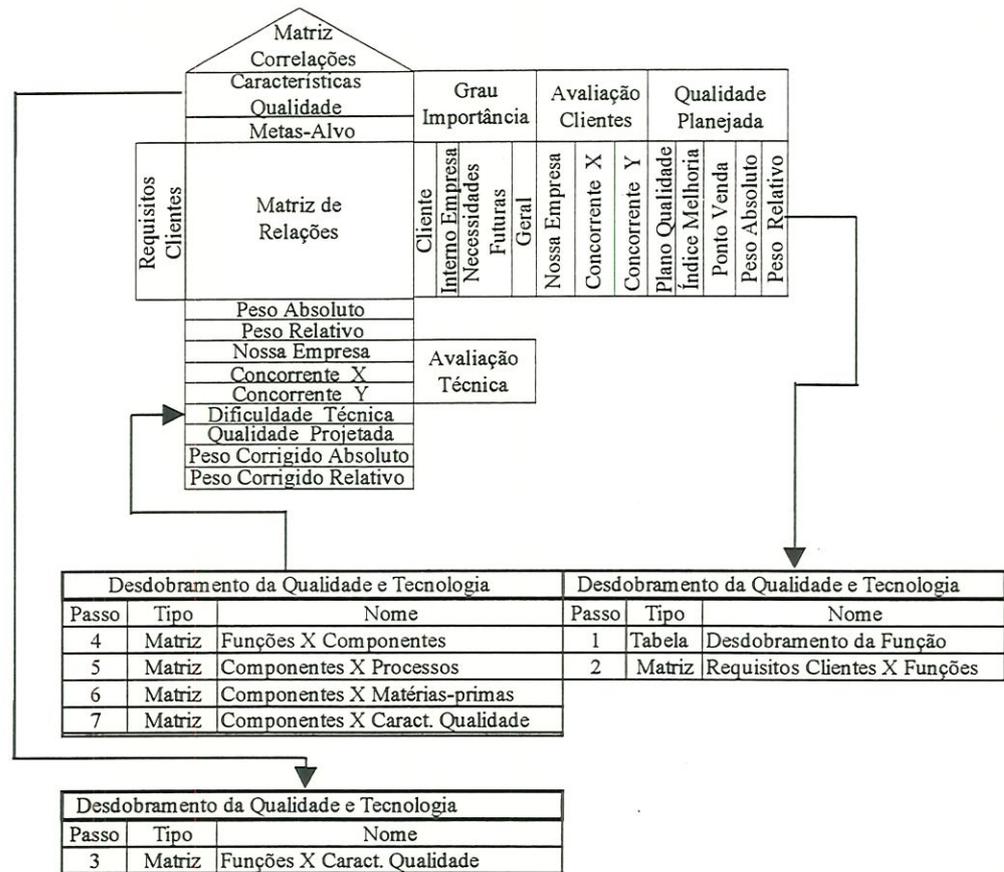


Figura 5.3 - Ilustração da interseção do fator de dificuldade técnica com o desdobramento da qualidade e tecnologia

1. Funções vs. componentes (passo 4, Figura 5.3). Essa matriz tem por objetivo relacionar as funções do produto com os componentes. Como os últimos são a “materialização” das tecnologias da empresa, a matriz “funções vs. componentes” permite identificar como utilizar as tecnologias de produto e processo disponíveis para obter componentes capazes de desempenhar apropriadamente as funções do produto.

Segundo AKAO (1996) e AKAO (1990) a “materialização” dos requisitos dos clientes em tecnologias, de produto e processo, necessárias para atendê-los é feita através do seguinte caminho: “requisitos dos clientes vs. funções”; “características da qualidade vs. funções” e “funções vs. mecanismos”. Na abordagem proposta, a última matriz foi transformada em “funções vs. componentes” já que o modelo conceitual de referência não considera os mecanismos. Como as duas primeiras matrizes já foram elaboradas, nesse momento deve-se construir apenas a última.

2. Componentes vs. processos (passo 5, Figura 5.3). Essa matriz é uma adaptação da matriz “processos vs. mecanismos”, proposta por CHENG *et al* (1995). Analisando as relações (no sentido restrito) existentes entre os componentes e os processos pode-se, tanto identificar os processos disponíveis para fabricar os componentes, quanto compreender as limitações desses processos em relação a melhoria na atual qualidade projetada.
 3. Componentes vs. matérias-primas (passo 6, Figura 5.3). Essa matriz busca identificar as matérias-primas disponíveis para a elaboração dos componentes e compreender como essas matérias primas limitam a melhoria na atual qualidade projetada.
 4. Componentes vs. características de qualidade (passo 7, Figura 5.3). Essa matriz permite identificar claramente a influência de cada componente na obtenção das características de qualidade. Então, já conhecidas as limitações de melhoria dos componentes, pode-se identificar o quanto será difícil melhorar a qualidade projetada de cada característica de qualidade.
- **desdobramento da confiabilidade** (passos 2 a 10, Figura 5.4). Esses passos correspondem à identificação dos gargalos de confiabilidade, conforme uma adaptação da proposta de AKAO (1996), AKAO (1990) e CHENG *et al.* (1990) à realidade de empresas que não utilizam o nível de agregação de mecanismos
- Aqui, o desdobramento da confiabilidade busca identificar o quanto será difícil melhorar a confiabilidade atual do produto e, mais ainda, permite estabelecer metas de confiabilidade atingíveis com as tecnologias de produto e de processo atualmente disponíveis na empresa. Assim, nesse momento, o desdobramento da confiabilidade compreende os seguintes passos:
1. Matriz de requisitos dos clientes vs. FTA do produto (passo 2, Figura 5.4). A elaboração dessa matriz precedeu a extração das características de qualidade (seção 5.1.2). No entanto, o conhecimento adquirido com sua elaboração irá ajudar na detecção da dificuldade técnica de melhorar a confiabilidade do produto. Deve-se ressaltar que, além disso, a compreensão dos pesos das falhas é muito importante. Então, na matriz “requisitos dos clientes vs. FTA do produto”, os pesos das falhas são calculados sob três pontos de vista: conversão de pesos dos requisitos dos clientes, taxa de ocorrência e criticalidade. A criticalidade, para AKAO (1996), é dada pela seguinte equação $C_E = F_1 \times F_2 \times F_3 \times F_4 \times F_5$, onde:

F_1 = grandeza da influência provocada pela falha.

F_2 = abrangência da influência exercida sobre o sistema.

F_3 = frequência de ocorrência da falha.

F_4 = dificuldade de prevenção da falha.

F_5 = fator de projeto novo ou não.

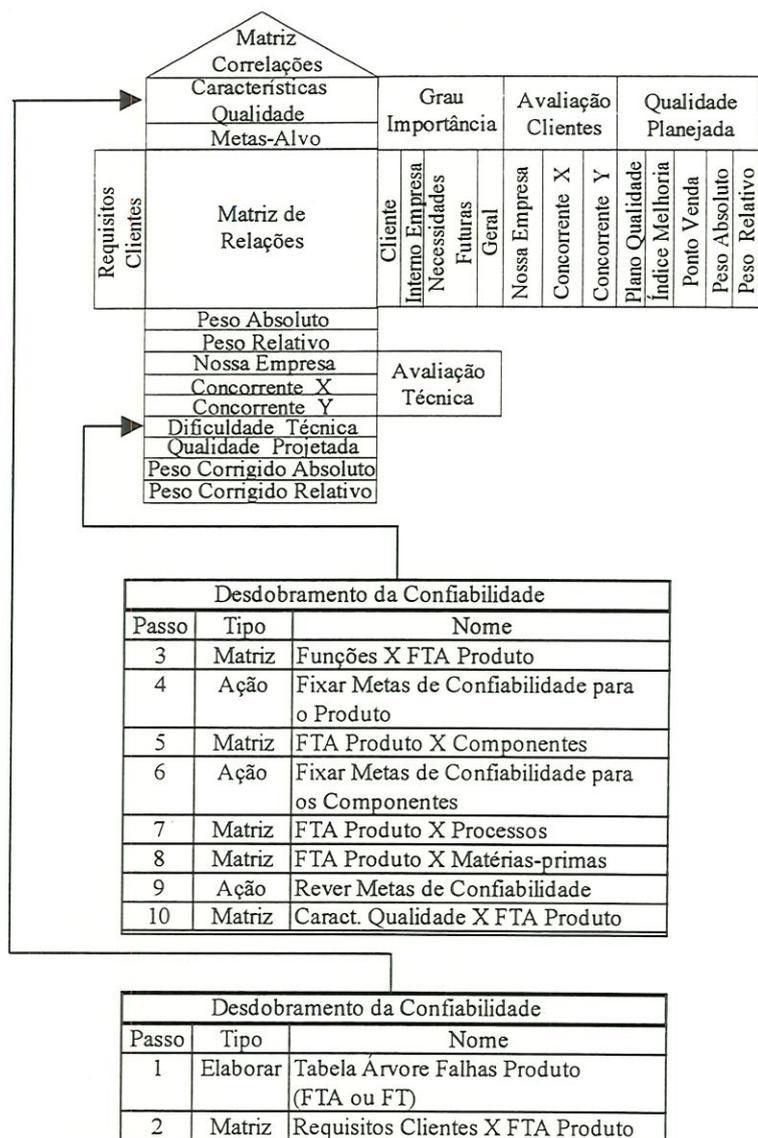


Figura 5.4 - Ilustração da interseção do fator de dificuldade técnica com o desdobramento da confiabilidade

2. Matriz de funções vs. FTA do produto (passo 3, Figura 5.4). Com a elaboração dessa matriz a equipe de QFD poderá compreender quanto e como cada falha compromete o funcionamento perfeito do produto, esse último entendido como o desempenho de suas funções do modo planejado. Assim, a conversão de pesos das funções permite priorizar as falhas pelo ponto de vista da engenharia.
 3. Fixar metas de confiabilidade para o produto (passo 4, Figura 5.4). A partir do conhecimento acumulado até o presente momento pode-se fixar metas de confiabilidade para o produto. Tais metas devem ser fixadas analisando os pesos das falhas calculados nas duas matrizes anteriores. AKAO (1996) cita como metas de confiabilidade: itens para confirmação de confiabilidade, taxa de falhas e tempo médio de falhas.
 4. Matriz FTA do produto vs. componentes (passo 5, Figura 5.4). O cruzamento das falhas de produto com os componentes permite identificar quanto e como cada componente contribui para a falha de produto.
 5. Alocar as metas de confiabilidade para os componentes (passo 6, Figura 5.4). Determinadas as relações de cada componente com cada falha de produto, deve-se distribuir as metas de cada falha para os componentes. Em outras palavras, deve-se alocar um percentual das falhas de produto para os componentes, de modo a determinar quanto cada componente pode contribuir para as falhas de produto. Essa distribuição é necessária porque, segundo CHENG *et al* (1995), existem falhas que só são percebidas pelos clientes quando dois (ou mais) sistemas falham concomitantemente. Nesse caso, pode-se alocar metas de confiabilidade menos “arrojadas” para os componentes, de modo que, estatisticamente, o conjunto atinja as metas de confiabilidade do produto. Por outro lado, existem falhas que são percebidas pelos clientes quando apenas um sistema falha, e que podem ser causadas por falhas em diversos sistemas. Nesse caso, deve-se fixar metas mais “arrojadas” para os componentes, quando comparadas com as metas do produto, de modo que o conjunto atinja as últimas.
- Alocadas as metas de confiabilidade aos componentes e conhecidas as limitações tecnológicas para melhorar cada componente, pode-se identificar a dificuldade tecnológica (produto e processo) para produzir componentes capazes de atingir as metas de confiabilidade alocadas a eles.

6. FTA do produto vs. processos (passo 7, Figura 5.4). O cruzamento das falhas de produto com os processos permite identificar como e quanto cada processo contribui para gerar falhas de produto. Essa identificação tem dois objetivos, descritos a seguir. Primeiro, consolidar a identificação de como cada tecnologia de processo disponível na empresa dificulta alcançar as metas de confiabilidade. Segundo, permite identificar como melhorar cada processo para obter as metas de confiabilidade de cada componente.
 7. FTA do produto vs. matérias-primas (passo 8, Figura 5.4). O objetivo dessa matriz é completar o conhecimento sobre os limites impostos pela tecnologia para a melhoria da confiabilidade do produto. O cruzamento das falhas de produto com as matérias-primas permite identificar como as últimas contribuem para a ocorrência das primeiras e, conseqüentemente, como as características técnicas das matérias-primas dificultam atingir as metas de confiabilidade.
 8. Revisão das metas de confiabilidade (passo 9, Figura 5.4). Nos passos anteriores determinou-se quanto será difícil atingir as metas de confiabilidade com as tecnologias de produto e processo existentes na empresa. Caso a dificuldade seja muito grande, deve-se rever tais metas colocando-as em um patamar atingível.
 9. Matriz características de qualidade vs. FTA do produto (passo 10, Figura 5.4). As relações das características de qualidade com as falhas de produto permitem determinar quanto as primeiras precisam ser melhoradas para que as metas de confiabilidade sejam alcançadas. Por outro lado, nesse momento, as dificuldades para melhorar as características de qualidade já são conhecidas. Como resultado, nessa matriz consegue-se integrar o desdobramento da confiabilidade e o desdobramento da tecnologia, para traduzir as respectivas dificuldades técnicas em um único fator.
- **desdobramento do custo** (Figura 5.5): No desdobramento do custo, descrito por AKAO (1996), AKAO (1990) e CHENG *et al* (1995), busca-se identificar componentes gargalos de custo, para os quais devem ser executados planos de redução de custos. Na abordagem proposta, além da identificação dos gargalos de custos, busca-se identificar quais serão os valores-meta das características de qualidade que viabilizarão, sem muitas dificuldades, os custos objetivados. Esses dois objetivos são concretizados pelo conjunto de procedimentos descritos a seguir:

1. Estabelecer o custo objetivado do produto (passo 1, Figura 5.5). Em um ambiente com alto nível de concorrência e moeda estável o custo do produto é fixado pelo mercado, de acordo com a seguinte equação: $\text{Custo Objetivado do Produto} = \text{Preço de venda (definido pelo mercado)} - \text{Lucro (desejado)}$. Mas, na prática, essa mesma equação permite o cálculo de diferentes custos objetivados para um mesmo produto em desenvolvimento, porque:

- preço de mercado não é um valor preciso, mas uma faixa de preços. No mercado, dentro dessa faixa, existe uma variedade de preços muito grande, dependendo de fatores como: imagem da marca, metas de vendas do produto, etc.
- o lucro unitário desejado pode depender de vários fatores, como: volume de vendas previsto, participação de mercado desejada, imagem do produto desejada.

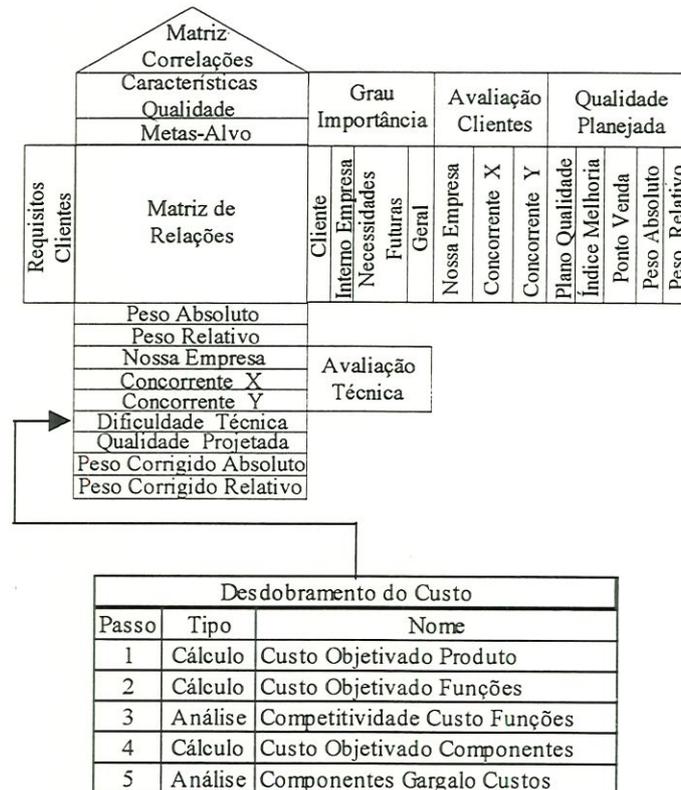


Figura 5.5 - Ilustração da interseção do fator de dificuldade técnica com o desdobramento do custo

Considerando essas questões, CHENG *et al.* (1995) sugerem que sejam utilizados os seguintes parâmetros para a fixação do custo objetivado:

1. *preço que o mercado oferece para o novo produto;*
 2. *preço de mercado para os produtos similares fabricados pela empresa (que na Figura 4.5 correspondem ao F1 e F2) e pelos concorrentes (A e B);*
 3. *volume de vendas pretendido para o novo produto e dos produtos similares;*
 4. *participação de mercado desejada para o novo produto e dos produtos similares;*
 5. *lucro desejado.*
2. Estabelecer o custo da função (passo 2, Figura 5.5). O cliente mede a relação custo/benefício de um produto considerando os requisitos que este atende. Na linguagem da engenharia, os requisitos são substituídos pelas funções. É preciso, portanto, estudar o custo de cada função do produto, porque assim está se estudando o custo da satisfação dos clientes. Nesse sentido, deve-se questionar se esse custo está adequado para se obter uma vantagem competitiva para o produto.

O primeiro passo é fixar o custo objetivado para cada função do produto em desenvolvimento. CHENG *et al.* (1995) sugerem que o custos objetivados das funções devem ser fixados proporcionalmente ao peso relativo destas (peso relativo da função X custo objetivado do produto, passo 1). Assim, destina-se um maior volume de recursos às funções mais importantes do ponto de vista dos clientes.

Em seguida, o custo objetivado de cada função pode ser comparado ao custo real ou orçado, caso a empresa tenha como apurar os dois últimos. A distância entre o objetivo e o orçado, se for muito grande, indica que, atualmente, do ponto de vista do cliente, está se consumindo muitos recursos em funções não prioritárias. Esta diferença pode, também, funcionar como um indicador de prioridades: as maiores diferenças deverão receber mais atenção na redução de custos.

3. Analisar a competitividade das funções (passo 3, Figura 5.5). Segundo CLAUSING (1993), a avaliação da competitividade de um produto deve ser feita comparando o custo de suas funções. Isso porque produtos diferentes podem ter componentes diferentes desempenhando a mesma função, o que inviabilizaria a comparação pura dos componentes. Além disso, o cliente “compra” o desempenho de funções e não componentes. Dessa forma, o produto necessita ser competitivo em sua funções para ter sucesso no mercado. Assim, fazendo-se uma avaliação da competitividade das

funções do produto obtém-se a oportunidade de melhorar o desempenho competitivo deste. Obviamente, a redução do custo objetivado das funções não competitivas precisa refletir-se na redução do custo dos componentes. Isso implica que o custo objetivado de cada função precisa ser distribuído aos componentes com os valores revisados. Essa distribuição é feita no passo seguinte.

4. Alocar o custo objetivado das funções para os componentes (passo 4, Figura 5.5). CHENG *et al* (1995) prescrevem que os custos dos componentes sejam calculados distribuindo o custo total do produto pelos pesos relativos dos componentes. AKAO (1996), além dessa forma, oferece uma alternativa baseada na distribuição proporcional de pontos, essa última sendo descrita por AKAO (1996) e AKAO (1990). Na distribuição proporcional divide-se o custo de cada função para os componentes a ela relacionados, proporcionalmente a intensidade dessas relações.

Na abordagem proposta, obrigatoriamente, os custos revisados das funções devem ser distribuídos (alocados) aos componentes pelo segundo método descrito acima (que aqui será chamado de distribuição proporcional de custos). Isso porque a revisão anula a proporcionalidade dos custos das funções em relação aos seus respectivos pesos (ver procedimento 2 - “estabelecer o custo da função”), já que as alterações serão diferenciadas, de acordo com a competitividade de cada função. O método prescrito acima vai, então, distribuir o custo de cada função, uma a uma, aos respectivos componentes, respeitando assim, a não proporcionalidade dos novos custos das funções em relação ao seu peso.

Em tempo, a distribuição proporcional do custo é feita através dos seguintes passos:

- (1) montar uma matriz de custo dos componentes cujas linhas sejam as funções e cujas colunas correspondam aos componentes, anotando na extrema direita das linhas o custo da respectiva função.
- (2) anotar os valores das relações nas respectivas células da matriz de relações.
- (3) somar os valores correspondentes as relações da primeira função com todos os componentes (horizontalmente).
- (4) dividir o custo da função pelo valor encontrado no passo 3.
- (5) multiplicar o valor da relação do primeira função com o primeiro componente pelo valor encontrado no passo 5.
- (6) repetir o procedimento 5 para os demais componentes.
- (7) repetir os passos 3 a 6 para as demais funções.
- (8) somar os custos distribuídos para os componentes (verticalmente).

5. Análise dos componentes gargalos de custo (passo 5, Figura 5.5). Os componentes gargalos de custos são identificados comparando o custo objetivado com o custo real (ou orçado) do produto atualmente existente. Aqueles componentes que tiverem grandes diferenças provavelmente representam gargalos de custos. A equipe deve, então, avaliar quais componentes tem possibilidades reais de terem seus custos reduzidos, mantendo as tecnologias de produto e processo atualmente disponíveis na empresa. Essa análise é prescrita por AKAO (1996), que alerta para a existência de custos impossíveis de ser reduzidos, ainda que seus respectivos componentes sejam gargalos de custo. Assim, é preciso identificar tais componentes prematuramente, para se evitar perda de recursos em estudos de redução de custos estéreis. Em seguida, para aqueles componentes que serão alvo de planos de redução de custos, a partir da análise dos processos de fabricação alternativos, deve-se determinar a dificuldade tecnológica (de produto e de processo) de redução significativa de custos. O conhecimento dessa dificuldade possibilita determinar valores-meta para as características de qualidade que viabilizarão uma redução significativa de custo

5.2.4 Qualidade Projetada

A definição da qualidade projetada, na abordagem proposta, é auxiliada por todo o conhecimento adquirido até o presente momento. Porém, o processo de determinar a qualidade projetada é auxiliada pela revisão de alguns pontos específicos da casa da qualidade. Tal revisão, que tem por objetivo ordenar e reavaliar os pontos da matriz diretamente ligados ao processo de determinar a qualidade projetada, deve seguir os seguintes procedimentos:

1. identificar todas as relações existentes entre a característica de qualidade em análise e os requisitos dos clientes.
2. compreender, através da intensidade das relações, como a característica de qualidade pode influenciar o atendimento dos requisitos.
3. confrontar a avaliação competitiva dos clientes de cada requisito com a avaliação competitiva técnica da característica de qualidade em análise. Esse confronto, quando “orientado” pela conhecimento adquirido no item 2, permite compreender a relação existente entre a avaliação competitiva do cliente e a avaliação competitiva técnica.

4. confrontar o desempenho atual da característica de qualidade com o índice de melhoria dos requisitos relacionados com ela. Esse confronto, quando “orientado” pelo conhecimento acumulado nos itens anteriores, permite identificar quanto o valor-meta da característica de qualidade deve ser melhorado para possibilitar a obtenção dos índices de melhoria dos requisitos.
5. extrair a qualidade projetada.
6. determinar a qualidade projetada que atende as metas de confiabilidade.
7. determinar a qualidade projetada que atende as metas de custo.
8. determinar a qualidade projetada “ideal”, através de “negociação” (*trade-off*) entre as três qualidades projetadas dos itens 4, 5, 6.
9. Analisar a matriz de correlações para identificar a necessidade de alterar a qualidade projetada ideal”, principalmente em função das correlações negativas.
10. Analisar o fator de dificuldade técnica e o peso relativo de cada característica de qualidade para verificar a necessidade de aumentar ou diminuir o valor-meta definido no item anterior.
11. Determinar o valor final da qualidade projetada.

5.3 Seleção do Conceito do Produto (Sistema Total)

O Conceito do Produto deve ser selecionado utilizando-se o Processo de Seleção de Conceitos de Pugh, conforme descrito em CLAUSING (1993), inclusive na abordagem ora proposta. Isso porque, como não haverá remoção de gargalos de engenharia, não há interseções entre essa etapa do desdobramento do produto e os desdobramentos analíticos. Porém, é importante notar que os conceitos passíveis de serem escolhidos são apenas aqueles cujas tecnologias de produção são dominadas pela empresa, visto que não haverá remoção de gargalo de engenharia durante o processo de desenvolvimento do produto. Aqui está embutido, portanto, o conceito de reutilização (no original em inglês, *reusability*) conforme definido por CLAUSING (1993). Nesse caso, os conceitos possíveis são: o conceito utilizado no atual produto da empresa, ou o conceito utilizado em outro produto da empresa, ou ainda, um novo conceito já dominado pela empresa mas ainda não utilizado em nenhum de seus produtos (nova tecnologia).

Após escolhido o conceito do produto, deve-se retornar à casa da qualidade e extrair as características técnicas do produto que dependem da prévia definição desse conceito. Tal extração é apoiada pelo conhecimento adquirido através dos desdobramentos analíticos já efetuados até o presente momento. Evidentemente, toda a tabela das características de qualidade e a matriz de relações devem ser completadas e revistas (ver seção 3.2.2), em função das novas características de qualidade incluídas. Assim, após essas atividades, tem-se uma casa da qualidade completa e revisada, capaz de garantir a extração das características dos componentes importantes. Na verdade, essa nova casa da qualidade, completa e revista, substitui o conjunto de matrizes de projeto do sistema do QFD-Estendido de CLAUSING (1993), conforme descrito na seção 3.3.2.

5.4 Matriz de Projeto dos Componentes

Na matriz de projeto dos componentes desdobra-se o produto em componentes. Os requisitos dessa matriz (linhas) são as características de qualidade (do produto) decididas na matriz anterior. As colunas dessa matriz são preenchidas com as características dos componentes. Na matriz de projeto dos componentes, segundo CLAUSING (1993), devem constar todos os componentes a serem desenvolvidos, embora não conste os componentes a serem reutilizados (*reusability*). A identificação dos componentes que terão que ser desenvolvidos é auxiliada pelos desdobramentos analíticos, da forma que se segue:

- **desdobramento da qualidade e tecnologia.** A elaboração das matrizes “componentes vs. processos” (passo 5, Figura 5.3), “componentes vs. matérias-primas” (passo 6, Figura 5.3) e “características de qualidade vs. componentes” (passo 7, Figura 5.3) amplia, distribui e nivela o conhecimento da equipe de QFD sobre as limitações tecnológicas dos componentes atualmente existentes (sejam os componentes do produto atual ou de outros produtos da companhia). Essa massa crítica de conhecimento, acumulada e nivelada por toda a equipe, facilita a definição de quais componentes terão que se desenvolverem e quais componentes poderão ser reaproveitados.
- **desdobramento da confiabilidade.** A execução dos passos 5 a 10 (Figura 5.4) gera uma massa crítica de conhecimento suficiente para identificar quais componentes que, se não forem melhorados significativamente, comprometerão o cumprimento das metas de confiabilidade do produto. De modo geral, pode-se dizer que os componentes que

apresentam elevados pesos convertidos das falhas devem ser melhorados em sua confiabilidade, o que implica em seu desenvolvimento (se não puderem ser “aproveitados” de outro produto no sentido de *reusability*, conforme descrita por CLAUSING, 1993).

- **desdobramento do custo.** O conhecimento acumulado durante a execução dos passos 1 a 5 (Figura 5.5) determina os componentes que devem ser reprojetados ou substituídos (*reusability*), buscando uma redução de custo. AKAO (1996), porém, alerta que nem todos componentes gargalos de custo (que é uma análise de valor) terão real possibilidade de ter seu custo de produção reduzido. Esses componentes deverão ser identificados prematuramente para que não sejam desperdiçados recursos em planos de redução de custos estéreis.

A opção por um novo conceito de produto (fase 2 do desdobramento do produto) também implica em desenvolvimento obrigatório dos componentes que terão sua tecnologia modificada.

Após definidos os componentes que serão desenvolvidos deve-se fazer a seleção de materiais e processos, ou seja, efetuar a *Material and Process Selection* (MAPS), conforme nomenclatura utilizada por CLAUSING (1993). Segundo CLAUSING (1993), a escolha antecipada dos materiais e processos tem sido um fator de sucesso no desenvolvimento de produtos, visto que assim libera-se tempo para o projeto detalhado. CLAUSING (1993), inclusive, posiciona a seleção de materiais e processos como último passo da fase matriz de projeto dos mecanismos. Porém, no presente trabalho, o produto não será desdobrado em mecanismos, porque a estrutura (árvore) da maioria dos produtos não exige o esforço de elaboração da matriz correspondente. Considerando a importância de selecionar os materiais e processos prematuramente, optou-se por incluir a MAPS como primeira atividade da matriz de projeto dos componentes. Isso significa que a equipe de QFD deve escolher, nesse momento, todos materiais e processos necessários para a confecção dos componentes, utilizando qualquer uma das diversas ferramentas disponíveis para esse fim. CLAUSING (1993) cita especificamente duas ferramentas: A Metodologia Boothroyd-Dewhurst (descrita em BOOTHROYD, 1992) e o Processo de Seleção de Conceitos de Pugh. Segundo ele, CLAUSING (1993), para a maioria dos propósitos a segunda ferramenta é o método mais corrente.

Na abordagem ora proposta, a MAPS (Figura 5.6) pode ser auxiliada pela análise dos desdobramentos analíticos relacionados a seguir.

- **desdobramento da confiabilidade.** A elaboração da matriz “FTA do produto vs. processos” (passo 7, Figura 5.6) permite que a equipe de QFD identifique como cada processo contribui para a ocorrência de falhas de produto. Permite, também, a compreender como e quanto cada processo pode ser melhorado, mantendo-se a tecnologia existente na empresa. Assim, essa matriz ajuda na escolha de processos com melhores perspectivas em termos de confiabilidade.

Com o mesmo raciocínio, a matriz “FTA do produto vs. matérias-primas” (passo 8, Figura 5.6) ajuda a escolher os materiais com melhores perspectivas em termos de confiabilidade.

Convém destacar que essas duas matrizes já foram elaboradas anteriormente. Desse modo, nesse momento, deve-se utilizar o conhecimento já obtido com a elaboração dessas matrizes para “apoiar” a MAPS.

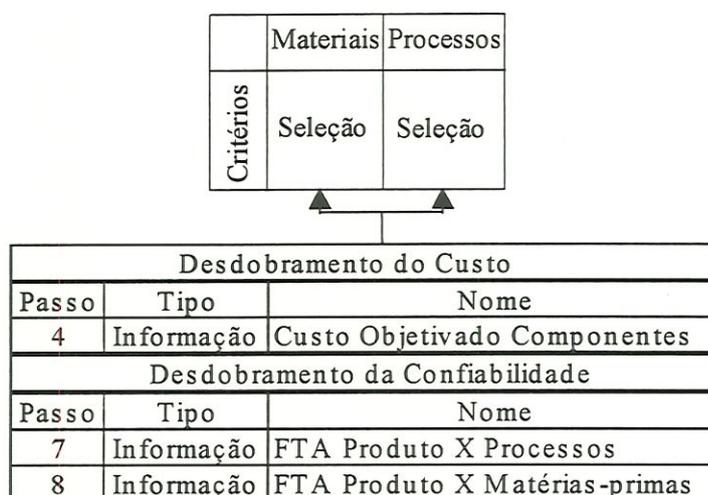


Figura 5.6 - A MAPS na abordagem proposta e suas interseções com os desdobramentos analíticos (reprodução da Figura 4.14)

- **desdobramento do custo.** A idéia é identificar materiais e processos que possam, pelo menos em princípio, atender os custos objetivados para o produto. Isso implica no prévio conhecimento dos custos objetivados para os componentes (passo 4, Figura 5.6) para orientar a seleção de materiais e processos que não exijam grandes esforços para redução de custos, em etapas posteriores do desenvolvimento do produto.

Convém ressaltar que a partir desse ponto todas as matrizes terão seus elementos sucintamente descritos. Isso porque essas matrizes são pouco exploradas na literatura

estudada, apesar de CLAUSING (1993) e BROCKA & BROCKA (1994) afirmarem que as demais matrizes do QFD das quatro fases são essencialmente iguais à casa da qualidade (o que vale também para o QFD-estendido). CLAUSING (1993) e SIVALOGANATHAN & EVBUOMWAN (1997), por exemplo, descrevem essas matrizes num modelo reduzido, o que contraria a afirmação anterior. No entanto, deve-se ressaltar que os dois últimos autores afirmam que estudos de casos e outras literaturas mostram a estrutura reduzida, como usada por eles. Porém, nesse trabalho, optou-se por utilizar um modelo de matrizes mais parecido com a casa da qualidade. Tal opção visa aumentar a visibilidade das variáveis, inclusive para facilitar a extração. A busca de maior visibilidade dos dados é inspirada em AKAO (1996) e AKAO (1990) que, para permitir a visão geral dos dados, fazem as diversas matrizes conectadas entre-si.

Após a execução da MAPS, deve-se elaborar a matriz de projeto dos componentes (Figura 5.7), propriamente dita. Essa matriz, no presente trabalho, é composta dos elementos (ou áreas) descritas a seguir.

- A. Características de qualidade. Esse elemento é elaborado pela transcrição das características de qualidade da matriz anterior (casa da qualidade).
- B. Grau de importância. O grau de importância das características de qualidade, nessa matriz, corresponde ao peso relativo (não corrigido) das características de qualidade, conforme convertidos na casa da qualidade (matriz anterior). Isso implica que deve-se apenas copiar esses valores da matriz anterior.
- C. Avaliação técnica das características de qualidade. Nessa matriz, a avaliação competitiva técnica substitui a avaliação competitiva dos clientes, visto que está-se analisando características técnicas do produto.
- D. Qualidade projetada. Aqui devem ser transcritos os valores-meta das características de qualidade.
- E. Dificuldade técnica. Aqui devem ser copiados os fatores de dificuldade técnica das características de qualidade, definidos na matriz anterior. Convém voltar a frisar que os elementos descritos até esse ponto são transcritos da matriz anterior, não apresentando novidades. Essa transcrição visa proporcionar melhor visibilidade aos dados das características de qualidade, para facilitar a execução as extrações, a identificação da relações e o processamento das conversões qualitativas.

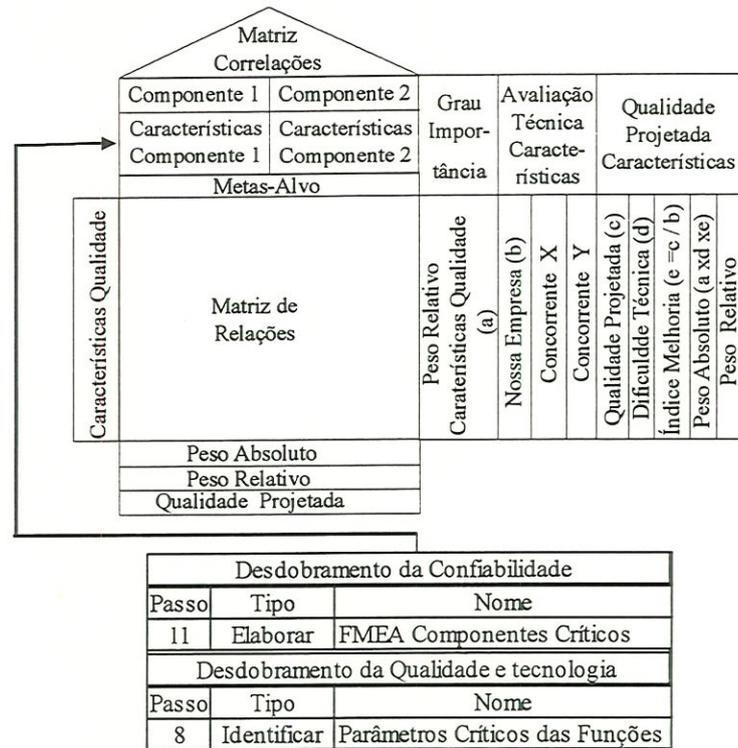


Figura 5.7 - A matriz de projeto dos componentes e suas interseções com os desdobramentos analíticos (reprodução da Figura 4.15)

- F. Índice de melhoria. O índice de melhoria nessa matriz corresponde ao resultado da divisão da qualidade projetada pelo avaliação competitiva técnica — “Nossa Empresa”. Deve-se calcular esse índice porque as características de qualidade que terão seus valores muito próximos dos valores atuais não exigirão alterações radicais nas especificações dos componentes (características dos componentes, somadas às suas respectivas qualidades projetadas).

Inicialmente pode parecer que o índice de melhoria dá o mesmo tipo de análise da dificuldade técnica. Porém, analisando mais profundamente pode-se perceber que são dois índices diferentes. O índice de melhoria direciona a preocupação da equipe para aquelas características de qualidade que determinarão grandes mudanças nas especificações dos componentes. Já a dificuldade técnica direciona a atenção da equipe para aquelas características de qualidade difíceis de ser obtidas com as atuais tecnologias de produto e de processos. É bom lembrar que essa dificuldade nem sempre depende do “salto” dado na qualidade projetada. Por exemplo, podem existir características de qualidade cujos valores-meta estão próximos do limite da tecnologia de processo da

empresa. E, nesse caso, mesmo um pequeno índice de melhoria trará grandes dificuldades técnicas.

- G. Peso absoluto das características de qualidade. Calculado do mesmo modo que na casa da qualidade. Pode-se perceber que a Figura 5.7 apresenta, também, a fórmula de cálculo.
- H. Peso relativo das características de qualidade. Calculado da mesma forma que o peso relativo dos requisitos dos clientes.
- I. Componente. Aqui é escrito o nome dos componentes que serão desenvolvidos.
- J. Características do componente. Aqui é feita a extração das características dos componentes. Na abordagem ora proposta, essa extração se dá de quatro formas:

- análise das características críticas para a confiabilidade. Essa análise consiste na elaboração de FMEA para os componentes críticos (passo 11 do desdobramento da confiabilidade, Figura 5.7). Porém, antes de explicar como utilizar essa ferramenta de análise para ajudar na extração das características dos componentes, deve-se discutir dois pontos. O primeiro se refere à identificação dos componentes críticos. Na abordagem proposta, um componente será considerado crítico quando tiver pelo menos um valor significativo entre os pesos convertidos das falhas de produto. O segundo ponto se refere à diferenciação entre falhas de produto e falhas de componentes. Nas falhas de produto (analisadas através da FTA) descreve-se como os clientes percebem as falhas de funcionamento do produto. Por exemplo, o aparelho não liga. As falhas de componentes (modos de falhas, analisados pela FMEA) são as descrições das falhas conforme a percepção do engenheiro, estando por isso ligadas aos componentes. Por exemplo, a ignição não está sendo alimentada pela corrente elétrica.

A elaboração da FMEA para os componentes críticos permite compreender profundamente as falhas de componentes. Essa compreensão, por sua vez, permite a conversão dessas falhas (qualidades negativas) em características dos componentes (qualidades positivas).

A FMEA também permite identificar as relações existentes entre as falhas de componentes e as falhas de produto. A partir dessas relações é possível extrair as metas das segundas a partir das metas das primeiras. Deve-se ressaltar, porém, a diferença entre a extração citada acima e a distribuição (alocação) das metas de confiabilidade do produto para os componentes (passo 6 do desdobramento da confiabilidade). No passo 6, distribui-se as metas de confiabilidade do produto para

os componentes objetivando determinar quanto cada componente pode contribuir (no máximo) para a ocorrência de cada falha de produto. Aqui, no passo 11, identifica-se quanto e como cada componente pode falhar para ficar dentro da sua “cota” de falhas de produto, determinada no passo 6.

Por fim, convém ressaltar que a análise da FMEA complementa a análise das funções prescrita por CLAUSING (1993). Porém, como a FMEA identifica falhas de componentes, optou-se por elaborá-la apenas nesse momento. Isso porque acredita-se que as características técnicas extraídas dessa ferramenta são muito detalhadas para serem consideradas características técnicas do produto.

- identificação dos parâmetros críticos das funções (passo 8 do desdobramento da qualidade e tecnologia, Figura 5.7) Segundo CLAUSING (1993), os parâmetros críticos das funções são os fatores que, fixados corretamente, garantem o correto desempenho das funções. Ainda segundo CLAUSING (1993), tais fatores devem ser incluídos nas características dos mecanismos. Como na abordagem proposta não se desdobra o produto em mecanismos, optou-se por incluir a identificação dos parâmetros críticos das funções como um “apoio” para a extração das características dos componentes. Cabe lembrar que os componentes, em última instância, são responsáveis pelo desempenho das funções do produto. Também são os componentes que “materializam” a tecnologia de produto. Nesse raciocínio, os parâmetros críticos das funções consistem-se na compreensão objetiva de como “materializar” as funções do produto em equipamentos (na abordagem proposta, componentes).

Segundo CLAUSING (1993), os parâmetros críticos das funções são obtidos pelo detalhamento da árvore de funções até o seu nível hierárquico mais baixo. Por fim, deve-se esclarecer que esse passo não existe nos desdobramentos propostos por AKAO (1996), AKAO (1990) e CHENG *et al.* (1995), mas é sugerido em CLAUSING (1993).

- extração, via *brainstorming* ou via tabelas de extração, de outras características dos componentes a partir da experiência da equipe na produção desses componentes;
 - extração, via *brainstorming* ou via tabelas de extração, de outras características dos componentes a partir do conhecimento da equipe de engenharia do produto.
- K. Matriz de correlações. Acredita-se que as correlações entre as características dos componentes devam ser analisadas, do mesmo modo que as correlações entre as características de qualidade são analisadas. Isso porque existe possibilidade de existir

correlações negativas que exijam “negociação” na definição de seus valores-meta e correlações positivas que exijam definição conjunta dos seus valores meta (como por exemplo: “altura”, “profundidade” e “largura” são positivamente correlacionadas com “volume” e exigem a fixação conjunta de seus valores-meta.);

- L. Metas-alvo. As metas alvo das características dos componentes devem ser fixadas seguindo os mesmos procedimentos prescritos na casa da qualidade;
- M. Matriz de relações. Deve-se buscar entender como (e quanto) as características dos componentes influenciam na obtenção das características técnicas do produto. Aqui, é preciso lembrar que a totalidade das características dos componentes têm que resultar no produto planejado, ou seja, em um produto com as características técnicas definidas na casa da qualidade;
- N. Peso absoluto das características dos componentes. Idêntico ao peso absoluto calculado na tabela de saída da casa da qualidade.
- O. Peso relativo. Calculado do mesmo modo que na tabela de saída da casa da qualidade.
- P. Qualidade projetada. A qualidade projetada dos componentes deve-se ser extraída da qualidade projetada para as características de qualidade. Isso porque a definição dos valores das características dos componentes visa atender aos valores projetados para as características técnicas do produto, dentro da cadeia hierarquizada de decisões (Figura 4.6). A cadeia hierarquizada de decisões é, na verdade, a representação (a forma explícita) do conceito de desdobramento utilizado no QFD.

Nesse ponto deve-se discutir a não inclusão da dificuldade técnica e dos pesos corrigidos no modelo de referência. Tal opção foi motivada pela crença de que a dificuldade técnica de se elaborar os componentes já está embutida na dificuldade técnica das características de qualidade. Porém, se a equipe de QFD perceber como necessária a inclusão da dificuldade técnica e da correção dos pesos na matriz de projeto dos componentes, pode fazê-lo sem prejuízo para a abordagem proposta. Nesse caso, se a dificuldade técnica for utilizada para rever os valores-meta das características dos componentes, é preciso retornar à casa da qualidade e rever os valores-meta das características de qualidade. A dificuldade técnica pode também ser usada apenas para orientar a dotação de recursos para o desenvolvimento das características dos componentes. Quanto aos pesos corrigidos, todos os pontos discutidos acima também se aplicam a eles. A decisão tomada para o “tratamento” da dificuldade técnica se estende, automaticamente, aos pesos corrigidos.

5.5 Matriz de Processo do Componente

A matriz de processo do componente (Figura 5.8) tem como entrada (ou requisitos) as características dos componentes e como saída (colunas) as decisões de engenharia de processos. Tais decisões correspondem aos parâmetros que são controlados para garantir a qualidade de execução do processo.

Os elementos (ou áreas) da matriz de processos dos componentes são descritos abaixo:

- A. Características do componente. As características dos componentes devem ser transcritas para essa matriz, para que sirva de orientação na extração dos parâmetros de processo;
- B. Qualidade projetada das características dos componentes. Também compreende a transcrição dos valores-meta já definidos para aumentar a visibilidade dos dados na matriz;
- C. Peso das características dos componentes. Os pesos das características dos componentes devem ser transcritos da matriz anterior, nunca calculados em função de índices de melhoria. Nessa matriz está-se buscando definir os parâmetros do processo que precisam ser controlados durante a fabricação, de modo a garantir a “correção” dos valores-meta dos componentes mais importantes. Assim, a atual habilidade de se produzir valores próximos aos valores projetados não diminui a necessidade de controlar a fabricação, não diminuindo, portanto, a importância de tais características dos componentes para a definição dos controle dos parâmetros de processo.
- D. Parâmetros do Processo. A definição dos parâmetros de processo corresponde a definição de quais itens deverão ser controlados para garantir o ajuste de cada processo. Tais itens devem ser extraídos das características dos componentes. Porém, o pleno conhecimento das causas e efeitos das falhas de cada processo ajuda compreender como controlá-lo, como melhorá-lo e, ainda, suas limitações em função da sua atual tecnologia. Assim, na abordagem proposta, a extração dos parâmetros de processo deve ser precedida da elaboração de FMEA para os processos críticos (passo 12 do desdobramento da confiabilidade). Isso porque o conhecimento obtido durante sua elaboração facilita a conversão das falhas do processo (qualidades negativas) em parâmetros de processo (qualidades positivas). Tais parâmetros, quando diretamente verificados no processo equívalem aos itens de verificação, conforme definição de SUZAKI (1993).

Na abordagem proposta, os processos serão considerados críticos quando tiverem pelo menos um peso convertido das falhas de produto com valor significativo. Por fim,

convém esclarecer que CHENG *et al* (1995) propõem substituir o FMEA de processo pela “Tabela de Análise de Processos críticos”, que segundo eles exerce papel semelhante ao primeiro. Para CHENG *et al* (1995), essa tabela deve ser fazer parte do rol de documentos de transmissão de informações para o pessoal da produção.

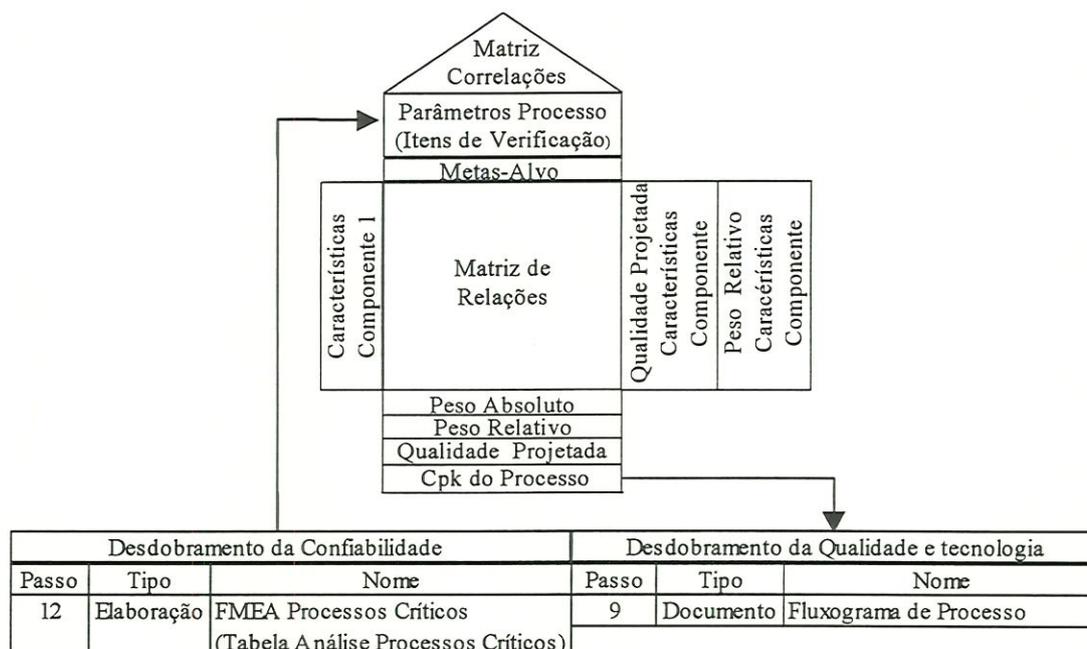


Figura 5.8 - A matriz de processo dos componentes e suas interseções com os desdobramentos analíticos (reprodução da Figura 4.16)

- E. Metas-alvo. Aqui deve-se verificar se todos os parâmetros são realmente mensuráveis e o tipo de raciocínio que deve orientar a fixação dos valores nominais dos parâmetros de processo;
- F. Matriz de relações. Na matriz de relações verifica-se a possibilidade de utilizar cada parâmetro definido para obter cada característica do componente;
- G. Peso absoluto. É a identificação da importância de cada parâmetro de processo em função da sua possível utilização como controle do processo na obtenção das características dos componentes;
- H. Peso relativo. É a transformação do peso absoluto em percentual para aumentar a visibilidade das importâncias relativas;
- I. Qualidade projetada. Aqui define-se valores nominais e tolerâncias para os parâmetros de processo. Estes terão que ser capazes de garantir a fabricação de componentes com a qualidade projetada para suas características;

- J. CPK do processo. Sempre que possível deve-se confrontar a capacidade atual do processo com a capacidade necessária para se obter os valores-meta dos componentes dentro dos limites de tolerância. Essa análise permitirá a identificação de processos que precisam ser reprojatados para fabricar o novo produto.

Após finalizada a elaboração de todas as matrizes de processo dos componentes, deve-se elaborar o “fluxograma de processo” (passo 9 do desdobramento da qualidade e tecnologia, Figura 5.4). Esse documento é o instrumento básico do planejamento do processo, pois é utilizado para definir a seqüência de operações (fluxo do processo), para definir os equipamentos que serão utilizados nos processos, para identificar os ajustes necessários nesses equipamentos, para determinar os tempos esperados de operação em cada etapa do processo e para definir as etapas do processo que serão automatizadas. É também nesse documento que ocorre a definição de como os parâmetros de processo serão controlados, se através de itens de controle (medidos nos componentes), ou se através de itens de verificação (medidos diretamente no processo). Os itens de controle, conforme definidos por SUZAKI (1993), são aquelas características técnicas dos componentes que serão periodicamente conferidas (medidas) para controlar o ajuste dos processos. Caso a escolha recaia sobre os itens de controle, a definição de quais serão as características dos componentes que serão verificadas é facilitada pela matriz de processo dos componentes.

Pode-se perceber que, na abordagem proposta, antecipou-se algumas atividades da quarta matriz da versão das Quatro Fases para a terceira matriz (a terceira e quarta matrizes são idênticas nas versões QFD-Estendido e Quatro Fases). Essas atividades correspondem à determinação de máquinas e equipamentos, ao cálculo de tempos de operação e à definição das etapas a serem automatizadas. Essa antecipação tem como justificativa o agrupamento, na matriz de planejamento do processo, de todas as atividades do planejamento de processo que correspondam a um nível de detalhamento não muito grande.

5.6 Matriz de Produção dos Componentes

Nessa matriz, na abordagem proposta, vai-se executar o detalhamento dos processos de fabricação, com o nível de profundidade necessário para transmitir as informações ao

peçoal de produção. MUSETTI (1995) aborda alguns fatores que devem ser considerados no momento de definir esse nível de detalhamento. Porém, se o detalhamento não for necessário pode-se suprimir a matriz de produção dos componentes. O detalhamento não será necessário quando as informações definidas na matriz anterior forem suficientes para o pessoal de produção executar seu trabalho de rotina.

A entrada da matriz de produção dos componentes é composta dos processos, com seus respectivos parâmetros. A saída consiste no detalhamento dos processos. CLAUSING (1993) informa que essa matriz deve conter pelo menos as seguintes informações: providências para a manutenção do equipamento e treinamento dos operadores, determinação do fluxo de materiais, e o conjunto de pontos de checagem de qualidade (itens de controle ou itens de verificação, conforme a decisão tomada na matriz anterior). Através do estudo de MUSETTI (1995), adiciona-se as seguintes informações à relação acima: determinar os dados organizacionais, determinar o ferramental, determinar as sub-operações e determinar as condições de trabalho.

Porém, deve-se alertar que a saída dessa fase é maior que a saída da matriz em si. A saída da fase constitui-se no conjunto de documentos utilizados para transmitir todas as informações necessárias para a produção do produto. E, nesses documentos devem constar as informações de especificação do produto, as informações sobre os pontos de controle dos processos (itens de controle mais itens de verificação), o fluxo de produção (operações e sub-operações), os equipamentos, etc. Esse conjunto de documentos envolve, então, as decisões tomadas nas outras fases do processo de desenvolvimento que, aqui, serão sintetizadas.

AKAO (1996) e AKAO (1990) determinam que as informações sejam transmitidas através dos seguintes documentos: tabela de garantia de qualidade e padrão técnico de processo. CHENG *et al* (1995), além desses documentos, determinam a utilização do fluxograma de processo e da tabela de análise dos processos críticos. MUSETTI (1995), por sua vez, prescreve a utilização do plano de processo.

6 Conclusão

6.1 Introdução

Este trabalho apresentou uma abordagem de aplicação de QFD que sintetiza duas versões dessa metodologia, o QFD das Quatro Ênfases e o QFD-Estendido. Essa síntese foi obtida pela incorporação de matrizes da primeira nas fases da segunda. Na abordagem proposta, o desenvolvimento do produto é “conduzido” pelo QFD-Estendido, aqui chamado de desdobramento do produto. Ainda nessa abordagem, a versão das Quatro Ênfases constitui-se de procedimentos que objetivam facilitar a elaboração das matrizes do desdobramento do produto. Assim, as quatro ênfases “originais” foram adaptadas para dar esse suporte, sendo aqui chamadas de desdobramentos analíticos. Mais ainda, os desdobramentos analíticos só são executados quando “solicitados” pelo desdobramento do produto, gerando pontos de interseção entre o último e os primeiros. Os pontos de interseção são os elementos das matrizes do desdobramento do produto que devem ser precedidos ou seguidos pela execução dos passos dos desdobramentos analíticos. Desse modo, o cerne da abordagem proposta está na determinação de tais pontos de interseção e na identificação da contribuição que os desdobramentos analíticos podem oferecer para a elaboração de cada elemento das matrizes do desdobramento do produto.

Nessa dissertação argumentou-se que o estudo do QFD é justificado pela influência exercida pelo desenvolvimento de produto na competitividade de algumas empresas. Em seguida, definiu-se que o principal objetivo desse trabalho é a proposição de uma abordagem de aplicação que sintetize o QFD-Estendido e o QFD das Quatro Ênfases. Para fundamentar a abordagem proposta, apresentou-se uma revisão bibliográfica sobre o planejamento da qualidade e descreveu-se brevemente as principais versões dessa metodologia. Por fim, apresentou-se a abordagem proposta, primeiro numa visão geral e em seguida detalhou-se as

interseções existentes entre o desdobramento de produto e os desdobramentos analíticos.

A abordagem proposta não foi aplicada em um desenvolvimento de produto, em função do tempo que uma aplicação como essa demandaria e também em função da dificuldade em encontrar empresas dispostas a participarem de um trabalho como esse. A não aplicação da abordagem proposta faz com que as conclusões sobre a validade de sua aplicação sejam baseadas em suposições sobre o impacto dessa abordagem na atividade de desenvolvimento de produto. Como o QFD muitas vezes apresenta problemas exatamente na sua execução prática, esta dissertação deve ser vista com as restrições cabíveis a um trabalho teórico.

Ainda assim, acredita-se na validade deste trabalho, já que uma aplicação prática deve ser precedida de uma proposta teórica. Essa proposta deve ser viável teoricamente, ou seja, não deve ter “furos” na sua lógica. A proposição de uma abordagem como essa, para não ter “furos” em sua lógica, demanda um razoável conhecimento sobre QFD e muito cuidado na sua elaboração.

Assim, na próxima seção apresenta-se uma discussão final sobre os benefícios potenciais da abordagem proposta. E, finalmente, na última seção apresenta-se algumas propostas de trabalhos futuros.

6.2 Discussão e Conclusão

A análise dos potenciais benefícios da abordagem proposta será conduzida pela comparação desta com as versões QFD-Estendido e QFD das Quatro Ênfases, nos aspectos listados a seguir:

- Benefícios genéricos: conforme descritos na seção 4.1;
- eficiência: no que se refere à garantia da qualidade das decisões, à coordenação das decisões, consumo de recursos e resolução antecipada de problemas;
- eficácia: no que se refere redução no tempo de ciclo de desenvolvimento, redução do custo do processo de desenvolvimento e melhoria na qualidade do produto.

O primeiro aspecto dessa comparação será constituído dos benefícios genéricos obtidos com a utilização de QFD. Tais benefícios são descritos na seção 4.1 e enumerados abaixo:

1. a garantia da conexão entre as decisões tomadas durante o processo de desenvolvimento de produto.
2. a ampliação, distribuição e nivelamento do conhecimento dos membros da equipe de QFD sobre o produto a ser desenvolvido, sobre os processos de produção e sobre as relações existentes entre ambos.
3. construção de um amplo corpo de conhecimento sobre o produto e seus processos de fabricação capaz de garantir a qualidade da tomada de decisões
4. determinação das prioridades a partir da conversão de pesos.

Como mostrado no Quadro 6.1, a abordagem proposta tem o potencial de proporcionar os quatro benefícios genéricos, o que significa uma melhoria em relação às duas versões que lhe deram origem. Para proporcionar os três últimos benefícios, a abordagem proposta sistematiza (ou mesmo provoca), em função dos desdobramentos analíticos, a análise das relações existentes entre as diversas variáveis do desenvolvimento de produto. Assim, ela demonstra, de modo similar à versão das Quatro Ênfases, um grande potencial para garantir a qualidade das decisões, através da ampliação e distribuição do conhecimento acumulado pela equipe de QFD. Para proporcionar o primeiro benefício, a abordagem proposta torna explícita a cadeia hierarquizada de decisões, de modo similar ao QFD-Estendido, demonstrando um grande potencial para evitar desvios de foco e decisões que não obedeçam ao princípio de desdobramento.

Quadro 6.1 - Comparação entre a abordagem proposta e as versões que lhe deram origem (benefícios genéricos)

	Benefícios Genéricos			
	Conexão das Decisões	Ampliação, Distribuição e Nivelamento do Conhecimento	Construção de Amplo conhecimento sobre as Relações entre as variáveis	Determinação de Prioridades
QFD-Estendido	Mais Fácil	Menos Ampla	Menor Abrangência	Sob Uma Única Ótica
Quatro Ênfases	Mais Difícil	Mais Ampla	Maior Abrangência	Sob Várias Óticas
Abordagem Proposta	Mais Fácil	Mais Ampla	Maior Abrangência	Sob Várias Óticas

O segundo aspecto a ser comparado é a eficiência da metodologia QFD como instrumento de gestão do desenvolvimento de produto. Nesta dissertação, a eficiência do QFD será analisada considerando o seu potencial para coordenar e garantir a qualidade das decisões, para facilitar a resolução antecipada de decisões e, também, em função do consumo (esperado) de recursos na execução dos desdobramentos.

A qualidade das decisões no desenvolvimento de produto pode ser melhorada pela prévia (antecipada) compreensão dos dois aspectos relacionados abaixo:

1. como cada alternativa de projeto afeta as etapas subsequentes do processo.
2. Como cada alternativa de projeto contribui para a concretização das decisões tomadas em etapas anteriores do processo.

O QFD, enquanto metodologia de gestão, contribui de duas formas para tal compreensão. Primeiro, o QFD permite identificar as relações existentes entre as diversas variáveis do processo de desenvolvimento de produto. Segundo, o QFD busca “garantir” a conexão entre as diversas decisões tomadas no decorrer desse processo. É, portanto, considerando esses dois aspectos que a Abordagem Proposta será comparada às versões que lhe deram origem.

O QFD-Estendido é bastante eficaz na conexão das decisões, já que torna explícita a cadeia hierarquizada de decisões (ver seção 4.2). Por outro lado, essa versão não possibilita a criação de matrizes adicionais a essa cadeia para aumentar a visibilidade (e compreensão) das relações existentes entre as diversas variáveis do desenvolvimento.

A versão das Quatro Ênfases, por sua vez, tem seu ponto forte justamente na identificação das relações existentes entre as diversas variáveis do desenvolvimento. Isso porque essa versão permite que se crie quantas matrizes forem necessárias para dar visibilidade à essas relações. Portanto, a versão das Quatro Ênfases permite que a equipe de QFD obtenha uma visão geral de como cada decisão afeta às demais decisões (ver seção 4.3).

A abordagem proposta mantém a estrutura do QFD-Estendido (no desdobramento do produto) e a estrutura da versão das Quatro Ênfases (nos desdobramentos analíticos). Dessa forma, a abordagem proposta tanto facilita a conexão das decisões, quanto permite à equipe de QFD ter a visão geral das conseqüências de cada decisão.

A coordenação das decisões é facilitada no QFD-Estendido pela existência da cadeia hierarquizada de decisões. Essa cadeia torna explícito e “visual” o “caminho” que deverá ser seguido pelo processo decisório para garantir a obediência ao princípio do desdobramento (ver seção 4.2). A versão das Quatro Ênfases, através da “exploração” das relações entre as diversas variáveis do desenvolvimento do produto, faz aflorar uma massa crítica de

conhecimento sobre o produto e seus processos de fabricação que ajuda a coordenação das decisões (ver seção 4.3). A abordagem proposta garante a conexão das decisões apropriando-se dos pontos fortes das duas versões que lhe deram origem: mantém a cadeia hierarquizada de decisões, através do desdobramento do produto, e provoca os debates sobre as relações entre as diversas variáveis do produto, através dos desdobramentos analíticos (ver seção 4.4).

A análise do consumo de recursos pela metodologia QFD pode ater-se à questão do tempo consumido para elaborar e analisar as matrizes. Isso porque o consumo dos demais recursos pode ser considerado proporcional a esse tempo. Nessa dissertação, por não haver uma comparação empírica dos tempos gastos para elaborar cada versão de QFD, vai-se considerar que esse tempo é diretamente proporcional à quantidade de matrizes a serem elaboradas.

Nesse raciocínio, a abordagem proposta pode ser considerada maior consumidora de recursos que as versões QFD-Estendido e QFD das Quatro Ênfases. E a versão das Quatro Ênfases pode ser considerada, mantendo-se o mesmo raciocínio, maior consumidora de recursos que o QFD-Estendido.

Porém, em contraposição ao raciocínio acima, pode-se argumentar que o preenchimento de tabelas e matrizes com símbolos e cálculos de pesos é apenas um ato rotineiro, que não consome tempo significativo em relação ao tempo de debates para a tomada de decisão. E que esses debates são, na verdade, a operacionalização do processo de aprendizado e difusão do conhecimento. Portanto, no QFD, a maior parcela de tempo é despendida no aprendizado e na difusão de conhecimento; fatores que consomem (ou deveriam consumir) a maior parte do tempo de um processo de desenvolvimento de produto. Assim, nesse raciocínio, pode-se considerar que um maior número de matrizes, até certo ponto, por sistematizar tais debates, permite economizar o tempo que seria desperdiçado por desvio de foco e não sistematização do trabalho. Seguindo esse raciocínio, então, o consumo de recursos se torna menor na abordagem proposta.

O uso de QFD para gerir o processo de desenvolvimento de produto facilita a resolução antecipada de problemas. Isso porque a metodologia QFD permite identificar, de forma estruturada e concisa, as relações existentes entre as diversas variáveis do desenvolvimento de produto. Conhecidas essas relações, pode-se perceber como cada decisão irá afetar as etapas posteriores do processo e, conseqüentemente, identificar os problemas que podem ocorrer futuramente em decorrência dessa decisão. Identificados tais problemas potenciais, a equipe de desenvolvimento pode-se removê-los prematuramente pela remoção de suas causas. Nesse raciocínio, a versão das Quatro Ênfases tem grande potencial para facilitar

o uso da resolução antecipada de problemas, exatamente porque permite a identificação das relações existentes entre todas as variáveis (ver seção 4.2). A Abordagem Proposta aumenta esse potencial por prescrever a identificação dessas relações ainda na fase de concepção do produto, mais precisamente durante a elaboração da casa da qualidade (ver capítulo 5). Por sua vez, o QFD-Estendido tem menor potencial para facilitar a resolução antecipada de problemas, já que não permite a identificação das relações em matrizes que não fazem parte da cadeia hierarquizada de decisões.

Para finalizar essa discussão, no Quadro 6.2 apresenta-se um resumo comparativo da eficiência potencial da Abordagem Proposta em relação às versões QFD-Estendido e Quatro Ênfases. No entanto, é preciso informar que, nesse quadro, a avaliação do consumo de recursos baseou-se na premissa de que a maior quantidade de matrizes leva ao maior consumo de tempo de execução dos desdobramentos.

Quadro 6.2 - Comparação entre a abordagem proposta e as versões que lhe deram origem (eficiência como gestor do processo de desenvolvimento de produto)

Eficiência do QFD como elemento de gestão do desenvolvimento de produto				
	Garantia da Qualidade das Decisões	Coordenação das Decisões	Consumo de Recursos	Resolução antecipada de Problemas
QFD-Estendido	Menor	Maior	Menor	Facilita Menos
Quatro Ênfases	Maior	Menor	Maior	Facilita Mais
Abordagem Proposta	Ainda Maior	Ainda Maior	Ainda Maior	Facilita Ainda Mais

Pode-se, ainda, comparar a abordagem proposta com as duas versões que lhe deram origem considerando a obtenção de resultados pelo processo de desenvolvimento como todo (eficácia da metodologia). Para tal, pode-se considerar as questões relativas ao tempo de ciclo do desenvolvimento do produto (*time to market*), ao custo do processo de desenvolvimento como todo e à qualidade do produto desenvolvido. Mas, antes de comparar a abordagem proposta com o QFD-Estendido e com o QFD das Quatro Ênfases, deve-se discutir como o QFD pode auxiliar na redução do tempo de ciclo do desenvolvimento de produto. Isso será feito nos parágrafos que se seguem.

No desenvolvimento de produto pode-se desperdiçar muito tempo com as modificações do produto em estágios finais desse processo, ou mesmo após o lançamento do

produto no mercado. Essas modificações tardias ocorrem porque as equipes que participam de cada estágio (ou fase) do desenvolvimento do produto são excessivamente especializadas. A excessiva especialização não permite que cada decisão seja questionada por pessoas de outras especialidades funcionais. Desse modo, normalmente, os erros são descobertos somente quando as outras especialidades funcionais precisam usar tais decisões como ponto de partida para suas respectivas fases. Ocorre, então, o desperdício de todo o tempo compreendido entre o instante que se cometeu o erro e o instante em que se descobriu o erro. Se esse *gap* for grande, também é grande o desperdício, aumentado o custo e o tempo de ciclo do desenvolvimento de produto.

Segundo a literatura consultada, o QFD diminui o tempo de ciclo de desenvolvimento de produto agindo diretamente no desperdício de tempo ocasionado pelas modificações tardias de projeto. Para tal, o QFD busca diminuir a incidência de erros no desenvolvimento de produtos utilizando equipes multifuncionais, decisões consensuais, resolução antecipada de problemas e garantindo a clara conexão entre decisões. Porém, os benefícios advindos do QFD são em grande parte dependentes de fatores relacionados à cultura organizacional, tais como trabalho em equipe, quebra de barreiras interdepartamentais, consolidação de equipes multifuncionais, delegação de autoridade e responsabilidade para a tomada de decisões (*empowerment*), entre outros. Por isso, a efetiva diminuição dos erros, pela utilização do QFD, não é automática, mas antes depende dos fatores culturais relacionados acima. Consequentemente, a diminuição do tempo de ciclo de desenvolvimento também não é automática ou infalível.

Entendidas essas questões, pode-se comparar a Abordagem Proposta com as versões que lhe deram origem, no que se refere ao potencial para contribuir na diminuição do tempo de ciclo de desenvolvimento de produto. A versão das Quatro Ênfases tem um enorme potencial para diminuir o tempo de ciclo do desenvolvimento, por permitir a plena compreensão das relações existentes entre as diversas variáveis do desenvolvimento de produto. A compreensão dessas relações permite identificar as conseqüências futuras de cada decisão, no momento da decisão. A identificação de tais conseqüências pode proporcionar uma melhor qualidade de decisões e a plena utilização da resolução antecipada de problemas. Desse modo, pode-se diminuir o tempo de ciclo de

desenvolvimento através da diminuição de retrabalhos gerados pelas modificações tardias de projeto.

No QFD-Estendido, por sua vez, o potencial para a diminuição do tempo de ciclo ocorre em função da cadeia hierarquizada de decisões, que garante a conexão de cada decisão tomada com as decisões anteriores, evitando retrabalhos em funções da não obediência ao princípio de desdobramento.

A abordagem proposta aumenta ainda mais o potencial do QFD para proporcionar uma redução do tempo de ciclo de desenvolvimento de produto, porque mantém a vantagem das duas versões que lhe deram origem. Em relação a versão das Quatro Ênfases, a abordagem proposta antecipa a identificação das relações existentes entre as variáveis do produto. Na abordagem proposta, tais relações são identificadas ainda na concepção do produto, fase onde as mudanças de projeto tem pequeno reflexo no tempo de desenvolvimento. Em relação ao QFD-Estendido, a abordagem proposta mantém a cadeia hierarquizada de decisões.

O segundo fator de análise, em relação à eficácia do QFD, é o custo do processo de desenvolvimento de produto. Esse custo tem relação direta com o tempo de ciclo de desenvolvimento, com a quantidade de re-trabalhos e com a quantidade de modificações tardias de projeto. Quanto maiores forem esses fatores, maior será o custo do desenvolvimento. Assim, pode-se considerar as conclusões para o potencial de redução do tempo de ciclo como válidas também para o potencial de redução de custo do processo de desenvolvimento.

Por fim, deve-se analisar o potencial da abordagem proposta para melhorar a qualidade do produto. Essa análise, feita a seguir, considerará separadamente cada característica da metodologia QFD que leva à melhoria da qualidade do produto.

1. O QFD, de modo geral, permite a melhoria da qualidade do produto por estruturar de forma eficaz tanto a identificação dos requisitos do cliente, quanto o planejamento da resposta a esses requisitos. Como o QFD-Estendido, o QFD das Quatro Ênfases e a Abordagem Proposta fazem essa estruturação de forma similar não há, nesse sentido, qualquer diferença entre elas.
2. O QFD “amarra” as decisões de projeto do produto (aqui incluindo sistemas, mecanismos e componentes), e de projeto de processo, à satisfação dos requisitos dos clientes. Tal amarração é feita pela obediência ao princípio de desdobramento. O QFD-Estendido, em comparação com a versão das Quatro Ênfases, tem maior potencial para coordenar (“amarrar”) as decisões, já que torna explícita e “visual” a cadeia

hierarquizada de decisões. Nesse sentido, a Abordagem Proposta mantém o potencial da primeira versão, já que mantém a cadeia hierarquizada de decisões.

3. O QFD conduz a análise das melhorias utilizando a lógica de causa e efeito. Assim, essa metodologia permite identificar facilmente quais pontos do atual projeto precisam ser melhorados, e quanto estes pontos precisam ser melhorados, para melhorar a qualidade do produto. Nesse sentido, a versão das Quatro Ênfases apresenta maior potencial que o QFD-Estendido porque torna explícitas as relações entre as diversas variáveis que afetam a qualidade do produto. A Abordagem Proposta, por sua vez, mantém esse potencial através dos desdobramentos analíticos.
4. O QFD permite que as decisões tomadas durante o processo de desenvolvimento sejam compatíveis com as metas de qualidade, de custo, e de confiabilidade do novo produto. Além disso, o QFD garante a compatibilidade dessas decisões com as reais possibilidades tecnológicas da empresa. Essa compatibilização é facilitada pela compreensão prematura das conseqüências de cada decisão no restante do processo de desenvolvimento. Nesse sentido, a versão das Quatro Ênfases apresenta maior potencial que a versão QFD-Estendido, porque também considera as questões de custo, tecnologia e confiabilidade. A Abordagem Proposta aumenta esse potencial por considerar tais questões ainda durante fase de concepção do produto, mais precisamente na casa da qualidade.
5. O QFD utiliza equipes multifuncionais. A equipe multifuncional permite a pluralização de pontos de vista e, portanto, a escolha de alternativas de projeto que atendem todas as fases do ciclo de vida do produto. A equipe multifuncional também potencializa a geração de melhores alternativas de projeto e de maior criatividade. Desse modo, a equipe multifuncional tem o potencial de projetar um produto de melhor qualidade. Como o QFD-Estendido, o QFD das Quatro Ênfases e a Abordagem Proposta utilizam equipes multifuncionais não há, nesse sentido, qualquer diferença entre elas.

Para sumarizar a argumentação acima pode-se dizer que, em relação à melhoria da qualidade do produto, o QFD das Quatro Ênfases apresenta maior potencial que o QFD-Estendido já que melhor aplica a lógica de causa e efeito e melhor compatibiliza as decisões de qualidade com as metas de custo e confiabilidade do novo produto, além de considerar as limitações de melhoria da tecnologia existente na empresa. O QFD-Estendido, por sua vez, melhor “trabalha” a conexão das decisões com os requisitos dos clientes. E a abordagem proposta apropria-se dos pontos fortes das duas versões, portanto apresentando maior potencial de melhoria na qualidade do produto.

Para fechar essa seção, apresenta-se o Quadro 6.3 que sumariza a comparação das versões de QFD com a Abordagem Proposta, considerando a eficácia dessa metodologia como gestora do desenvolvimento de produto.

Quadro 6.3 - Comparação entre a abordagem proposta e as versões que lhe deram origem (Eficácia como gestor do processo de desenvolvimento de produto)

	Eficácia do QFD (resultado no desenvolvimento)		
	Redução no Tempo de Ciclo do Desenvolvimento	Redução no Custo do processo de Desenvolvimento	Melhoria na Qualidade do Produto
QFD-Estendido	Menor	Menor	Menor Potencial
Quatro Ênfases	Maior	Maior	Maior Potencial
Abordagem Proposta	Ainda Maior	Ainda Maior	Potencial Ainda Maior

Como conclusão de todas as comparações acima pode-se afirmar que a abordagem proposta mantém as vantagens das duas versões que lhe deram origem. Por isso, acredita-se que a abordagem proposta tem o potencial de melhorar o desempenho do QFD como metodologia de gestão do desenvolvimento de produto. Nesse sentido, pode-se observar que a abordagem proposta proporciona todos os benefícios genéricos da metodologia QFD, aumenta a eficiência dessa metodologia em três dos quatro itens analisados, e melhora o resultado do desenvolvimento de produto em todos os itens analisados.

Porém, vale lembrar que os resultados apresentados acima são baseados em expectativas (ou suposições) do autor dessa dissertação, já que não foi feita uma pesquisa empírica para comprovar tais suposições.

6.3 Sugestão de Trabalhos Futuros

A aplicação prática da abordagem proposta se impõe, por tudo que foi discutido na seção introdução, como uma possibilidade de trabalho futuro. Além disso, a proposta teórica deve ser aprofundada em seu detalhamento. Nesse sentido, os trabalhos teóricos podem iniciar-se pelo detalhamento do desdobramento da confiabilidade e do desdobramento do custo.

O desdobramento da confiabilidade tem alguns aspectos que podem ser melhor delineados para sua perfeita adequação à abordagem proposta. Primeiro, deve-se estabelecer o padrão adequado de FTA, contemplando sua dupla função, a saber:

1. A elaboração da FTA deve ser capaz de prover a equipe de QFD de conhecimento suficiente para ajudá-la na extração das características de qualidade. Esse conhecimento envolve a perfeita compreensão das falhas de produto, de suas causas, de seus efeitos e de sua criticalidade. Também envolve a capacidade de converter as falhas de produto (qualidade negativa) em características de qualidade (qualidades positivas).
2. A FTA deve ser um instrumento de determinação de metas de confiabilidade para o produto em desenvolvimento. Aqui é preciso estabelecer qual é o melhor grau de detalhamento da FTA para cruzá-la com requisitos dos clientes e com as funções, de modo a determinar metas de confiabilidade compatíveis com as exigências do mercado.

Segundo, deve-se aprofundar o estudo sobre o modo de alocar as metas de falhas de produto para os componentes, estabelecendo procedimentos para esse processo.

Terceiro, deve-se estabelecer um modo adequado de relacionar as falhas de componentes (analisadas via FMEA) com as falhas de produto (analisadas via FTA). Aqui está incluído o estabelecimento de procedimentos para extrair as metas das falhas de componentes a partir das falhas de produto.

Quanto ao desdobramento do custo é preciso estabelecer procedimentos para os planos de redução de custos capazes de congregar a qualidade efetivamente projetada e o custo objetivado.

Outras possibilidades de pesquisas, não tão diretamente relacionadas a este trabalho, constituem-se do estudo de abordagens de aplicação de QFD em produtos modulares e em linhas de produto. O domínio dessas duas abordagens são importantes porque tanto o produto modular quanto a linha de produtos apresentam-se como soluções para aumentar a flexibilidade da manufatura, para aumentar o *mix* de produtos e para diminuir o custo de produção.

Os produtos modulares, segundo CORRÊA & GIANESE (1993), são aqueles produtos projetados para compartilhar componentes. Isso obriga a equipe de QFD a projetar tais componentes “pensando” em vários produtos ao mesmo tempo. Desse modo, essas características devem ter uma qualidade projetada que represente o melhor valor para o conjunto de produtos, ou seja, o valor mais aceitável por todos os produtos. Percebe-se que duas soluções apresentam-se para esse caso. A primeira é não aplicar diretamente o conceito de desdobramento na determinação dos valores-meta das características dos componentes

compartilhados. A segunda solução é conciliar a qualidade projetada das características de qualidade dos produtos que utilizarão os componentes compartilhados, possivelmente no momento da elaboração da casa da qualidade. É preciso, porém, investigar essas duas alternativas de soluções, bem como outras possíveis soluções, para aplicar a metodologia QFD em produtos modulares.

A linha de produtos enfrenta problema similares aos produtos modulares, já que pressupõe um compartilhamento de alguns componentes. Porém, AKAO (1990) sugere que vários produtos de uma empresa sejam agrupados em uma linha e que, então, seja elaborada uma única casa da qualidade para cada linha. Porém, percebe-se que uma única casa da qualidade para uma linha completa de produtos ocasionará dificuldades na determinação da qualidades planejada e da qualidade projetada. Percebe-se aqui duas alternativas. A primeira é utilizar um dos produtos como referência, por exemplo o mais vendido, e fixar a qualidade projetada ideal para ele. Para os demais produtos, pode-se utilizar essa qualidade projetada como uma referência sobre as tecnologias de produto e processo a serem utilizadas em toda a linha. A segunda opção é criar uma qualidade projetada para cada produto, após ter-se analisado uma matriz única. Porém, essas soluções devem ser investigadas para se determinar a melhor para tais aplicações.

Referencias Bibliográficas

- ABREU, F.S. (1997). QFD - desdobramento da função qualidade - estruturando a função qualidade. *Revista de Administração de Empresas*, v.37, n.2, p.47-55.
- AGOSTINHO, M.C.E.; CASTRO, G.T. (1997). QFD no planejamento das competências: o caso da indústria cervejeira. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 17., Gramado, 1997. *Anais*. Porto Alegre, UFRGS, PPGE. /CD-ROM/
- AKAO, Y. (1996). *Introdução ao desdobramento da qualidade*. Trad. por Zelinda Tomie Fujikawa e Seiichiro Takahashi. Belo Horizonte, Escola de Engenharia da UFMG, Fundação Cristiano Ottoni.
- AKAO, Y., ed. (1990). *Quality function deployment: integrating customer requirements into product design*. Trad. por Glenn H. Mazur. Cambridge, Productivity Press.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (1994). *NBR ISO 9000-1 - Normas de gestão da qualidade e garantia da qualidade: diretrizes para seleção de uso*. Rio de Janeiro.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (1994). *NBR ISO 8402 - Gestão da qualidade e garantia da qualidade: terminologia*. Rio de Janeiro.

- BARBAROSOGLU, B.; YAZGAÇ, T. (1997). An application of the analytic hierarchy process to the supplier selection problem. *Production and Inventory Management Journal*, First Quarter, p.14-21.
- BARNAD, B. (1996). Three simple activities that integrate the customer into P&IC decision-making. In: APICS INTERNATIONAL CONFERENCE AND EXHIBITION, 39., New Orleans, 1996. *Proceedings*. Falls Church, APICS. p.261-266.
- BERGQUIST, K.; ABEYSEKERA, J. (1996). Quality function deployment (QFD) - a means for developing usable products. *International Journal of Industrial Ergonomics*, v.18, n.4, p.269-275, Oct.
- BLACKBURN, J.D.; HOEDEMAKER, G.; WASSENHOVE, L.N.V. (1996). Concurrent software engineering: prospects and pitfalls. *IEEE Transactions on Engineering Management*, v.43, n.2, p.179-188, May.
- BOOTHROYD, G. (1992). Simplifying the process. *Manufacturing Breakthrough*, n.1, p.85-89.
- BROCKA, B.; BROCKA, M.S. (1994). *Gerenciamento da qualidade*. Trad. por Valdênio Ortiz de Souza. São Paulo, Makron Books.
- CAMPOS, V.F. (1992). *TQC: controle da qualidade total (no estilo japonês)*. Belo Horizonte, Fundação Cristiano Ottoni, Escola de Engenharia da UFMG.
- CHENG, L.C. et al. (1995). *QFD: planejamento da qualidade*. Belo Horizonte, UFMG, Escola de Engenharia, Fundação Cristiano Ottoni.
- CHRISTENSEN, L.C.; CHRISTENSEN, T.R.; JIN, Y. (1996). Process models in enterprise engineering - tools for enhancing process description. In: CONGRESS HELD IN CONJUNCTION WITH A/E/C SYSTEMS'96, 3., Califórnia, 1996. *Computing in Civil Engineering*. New York, ASCE. p. 634-641.

- CLAUSING, D. (1993). *Total quality development: a step-by-step guide to world-class concurrent engineering*. New York, ASME (ASME press series on international advances in design productivity).
- CLAUSING, D.; PUGH, S. (1991). Enhanced quality function deployment. In: DESIGN AND PRODUCTIVITY INTERNATIONAL CONFERENCE, Honolulu, 1991. *Proceedings*. s.n.t. p.15-25.
- CORREA, H.L.; GIANESI, I.G. (1993). *Just in time, MRPII e OPT: um enfoque estratégico*. 2.ed. São Paulo, Atlas. Cap 3, p.56-103: JIT (Just in Time).
- CROSBY, P.B. (1979). *Quality is free*. New York, McGraw-Hill.
- DAY, R.G. (1993). *Quality function deployment: linking a company with its customers*. Milwaukee, ASQC Quality Press.
- DEMING, E.W. (1990). *Qualidade: a revolução da administração*. Trad. por Clave Comunicações e Recursos Humanos. Rio de Janeiro, Marques-Saraiva.
- FAESARELLA, I.S.; SACOMANO, J.B.; CARPINETTI, L.C.R. (1996). *Gestão da qualidade: ferramentas e conceitos*. São Carlos, USP, Escola de Engenharia de São Carlos, Seção de Publicações da EESC.
- FEIGENBAUM, A.V. (1991). *Total quality control*. New York, McGraw-Hill.
- FERREIRA, A.M.; RIBEIRO, J.C.D. (1995). O uso do QFD no gerenciamento de projetos: um estudo de caso no setor de serviços. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 15., São Carlos, 1995. *Anais*. São Carlos, UFSCar. v.1, p.507-512.
- GARVIN, D.A (1992). *Gerenciando a qualidade: a visão estratégica e competitiva*. Trad. por João Ferreira Bezerra de Souza. Rio de Janeiro, Qualitymark.

- GEIGER, M. (1995). Design for manufacturing with generative production processes and a neural test environment. *Computers in Industry*, v.28, n.1, p.29-33.
- GHAHRAMANI, B. (1996). Benchmarking the application of quality function deployment in rapid prototyping. *Journal of Materials Processing Technology*, v.61, n.1-2, p.201-206, Aug.
- GLUSLKOVSKY, E. A. et al. (1995). Avoid a flop: use QFD with questionnaires. *Quality Progress*, v.28, n.6, p.57-64, June.
- GOPALAKRISHNAN, K.N.; MCINTYRE, B.E.; SPRAQGUE, J.C. (1992). Implementing internal quality improvement with the house of quality. *Quality Progress*, v.25, n.9, p.57-60, Sept.
- HADDAD, C.J. (1996). Operationalizing the concept of concurrent engineering: a case study from the U. S. auto industry. *IEEE Transactions on Engineering Management*, v.43, n.2, p.124-132, May.
- HAUPTMAN, O.; HIRJI, K. K. (1996). The influence of process concurrency on project outcomes in product development: an empirical study of cross-functional teams. *IEEE Transactions on Engineering Management*, v.43, n.2, p.153-164, May.
- HAUSER, J.R.; CLAUSING, D. (1988). The house of quality. *Harvard Business Review*, n.3, p.63-73, May/June.
- HULL, F.M.; COLLINS, P.D.; LIKER, J.K. (1996). Composite forms of organization as a strategy for concurrent engineering effectiveness. *IEEE Transactions on Engineering Management*, v.43, n.2, p.133-142, May.
- HYBERT, P. (1996). Five ways to improve the contracting process. *Quality Progress*, v.29, n.2, p.65-70, Feb.
- ISHIKAWA, K. (1986). *TQC, total quality control: estratégia e administração da qualidade*. Trad. por Mário Mishmura. São Paulo, IMC Internacional Sistemas Educativos.

- ISHIKAWA, K. (1990). *Introduction to quality control*. s.l., 3A Corporation
- JACQUES, G.E. et al. (1994). Application of quality function deployment in rehabilitation engineering. *IEEE Transactions On Rehabilitation Engineering*, v.2, n.3, p.158-164, Sept.
- JURAN, J.M.; GRZYNA, F.M. (1993). *Quality planning and analysis: from product development through use*. 3.ed. New York, McGraw-Hill.
- JURAN, J.M.; GRZYNA, F.M. (1991). *Controle de qualidade handbook*. São Paulo, McGraw-Hill. v.2.
- JURAN, J.M.; GRZYNA, F.M. (1990). *Juran planejando para a qualidade*. São Paulo, Pioneira.
- KHOO, L.P.; HO, N.C. (1996). Framework of fuzzy quality deployment system. *International Journal of Production Research*, v.43, n.2, p.299-311.
- KIENITZ, O.H. (1995). *Proposta de implantação da metodologia do quality function deployment na Mercedes-Benz do Brasil S. A.* São Carlos. 170p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de São Carlos.
- KING, B (1989). *Better designs in the half the time: implementing QFD quality function deployment in América*. 3.ed. Methuen, Goal/QPC.
- KING, N.; MAJCHRZAK, A. (1996). Concurrent engineering tools: are the human issues being ignored ?. *IEEE Transactions on Engineering Management*, v.43, n.2, p.189-201, May.
- KRISHNAN, V. (1996). Managing the simultaneous execution of coupled phases in concurrent product development. *IEEE Transactions on Engineering Management*, v.43, n.2, p.210-217, May.

- LIKER, J.K. et al (1996). Involving suppliers in product development in the united states and japan: evidence for set-based concurrent engineering. *IEEE Transactions on Engineering Management*, v.43, n.2, p. 165-178, May.
- LOCKAMY III, A.; KHURANA, A. (1995). Quality function deployment: a case study. *Production and Inventory Management Journal*, v.36, n.2, p.56- 60.
- MALLON, J.C.; MULLIGAN, D.E. (1993). Quality function deployment - a system for meeting customer's needs. *Journal of Construction Engineering and Management*, v.119, n.3, p.516-531, Sept.
- MOURA, E.C. (1994). *As sete ferramentas gerenciais da qualidade: implementando a melhoria contínua com maior eficácia*. São Paulo, Makron Books do Brasil.
- MUSETTI, M.A. (1995). *Proposta de uma metodologia de sistematização para a área de planejamento do processo em pequenas e médias empresas do ramo metal-mecânico, visando a implantação de um sistema de planejamento do processo assistido por computador (CAPP)*. São Carlos. 172p. Dissertação (Mestrado) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.
- NUMATA, J.; TAURA, T. (1996). A case study: a network system for knowledge amplification in the product development process. *IEEE Transactions on Engineering Management*, v. 43, n. 2, p. 356-367, May.
- OHFUJI, T.; ONO, M.; AKAO, Y (1997). *Métodos de desdobramento da qualidade*. Trad. por Zelinda Tomie Fujikawa. Belo Horizonte, Escola de Engenharia da UFMG, Fundação Cristiano Ottoni.
- RADHARAMANAN, R.; GODOY, L.P. (1996). Quality function deployment as applied to health care system. *Computers & Industrial Engineering*, v.31, n.1-2, p.443-446, Oct.
- RAJALA, M.; SAVOLAINEN, T. (1996). A framework for customer oriented business process modeling. *Computer Integrated Manufacturing Systems*, v.9, n.3, p.127-135.

- RIBEIRO, J.L.D. et al (1997). Identificação de processos críticos e implantação de CEP. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 17., Gramado, 1997. *Anais*. Porto Alegre, UFRGS, PPGEP. /CD-ROM/
- SABINO, N. et al (1997). Uma aplicação para o desdobramento do benchmark da qualidade (QBD) - estudo de caso. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 17., Gramado, 1997. *Anais*. Porto Alegre, UFRGS, PPGEP. /CD-ROM/
- SANTOS, N.E.S. (1995). A utilização da casa da qualidade como ferramenta de gestão ambiental. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 15., São Carlos, 1995. *Anais*. São Carlos, UFSCar. v.3, p.1893-1897.
- SCHNIEDERJANS, M.J.; HONG, S. (1996). Multiobjective concurrent engineering: a goal programming approach. *IEEE Transactions on Engineering Management*, v.43, n.2, p.202-209, May.
- SEOW, C.; MOODY, T. (1996). QFD as a tool for better curriculum design. In: ANNUAL QUALITY CONGRESS, 50., Chicago, 1996. *Transactions*. Milwaukee, ASQC. p.21-28.
- SILVEIRA, G.G.; SELIG, P.M. (1995). A utilização do QFD como suporte à implementação do TQC: uma aplicação prática do setor hoteleiro. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 15., São Carlos, 1997. *Anais*. São Carlos, UFSCar. v.1, p.388-392.
- SIVALOGANATHAN, S.; EVBUOWAN, N.F.O. (1997). Quality function deployment - the technique: state of the art and future directions. *Concurrent Engineering: research and applications*, v.5, n.2, p.171-181, June.
- SLACK, N. (1993). *Vantagem competitiva em manufatura: atingindo competitividade nas operações industriais*. Trad. por Sônia Maria Corrêa. São Paulo, Atlas.

- SOMERTON, D.G.; MLINAR, S.E. (1996). What's key ? tool approaches for determining key characteristics. In: ANNUAL QUALITY CONGRESS, 50., Chicago, 1996. *Transactions*. Milwaukee, ASQC. p.364-369.
- SULLIVAN, L.P (1986). Quality function deployment. *Quality Progress*, v.19, n.6, p.39-50, June.
- SUZAKI, K. (1993). *The new shop floor management: empowering people for continuous improvement*. New York, Free Press.
- TAGUCHI, G.; ELSAYED, E.; HSIANG, T. (1990). *Tacguchi - engenharia da qualidade em sistemas de produção*. New York, McGraw-Hill.
- TOLEDO, J.C.; ALMEIDA, H.S. (1990). A qualidade total do produto. *Produção*, v.2, n.1, p.21-37.
- ULRICH, K.T.; EPPINGER, S.D. (1995). *Product design and development*. New York, McGraw-Hill.
- WHITELEY, R.C. (1992). *A empresa totalmente voltada para o cliente: do planejamento à ação*. Trad. por Ivo Kozłowski. Rio de Janeiro, Campus.
- XAVIER, G.G. (1997). Investigating flexibility and information technology as key elements for competitive advantage. *Produção*, v.7, n.2, p.159-176, nov.
- YEUG, V.W.S.; LAU, K.H. (1997). Injection moulding, "C-MOLD" CAE package, process parameter design and quality function deployment: a case study of intelligent materials processing. *Journal of Materials Processing Technology*, v. 63, n.1-3, p.481-487, Jan.
- ZIRGER, B.J.; HARTLEY, J.L. (1996). The effect of acceleration techniques on product development time. *IEEE Transactions on Engineering Management*, v.43, n.2, p.143-152, May.