

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ENGENHARIA DE ITAJUBÁ

Eduardo Dias Felix da Silva

**UM MODELO SINTÉTICO PARA APLICAÇÃO
DO QFD NO DESENVOLVIMENTO DA NOVA
PISTOLA IMBEL .40” SOMENTE DUPLA-AÇÃO**

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção como requisito parcial à obtenção do título de *Mestre em Engenharia de Produção*

Orientador: João Batista Turrioni, Dr

Itajubá, Novembro de 2002

SILVA, Eduardo Dias Felix. *Um modelo sintético para aplicação do QFD no desenvolvimento da nova pistola IMBEL .40” somente dupla-ação*

. Itajubá: UNIFEI, 2002. 134p. (Dissertação de mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Escola Federal de Engenharia de Itajubá).

Palavras-Chaves: QFD – Pistola – Polícia – PDP - IMBEL

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ENGENHARIA DE ITAJUBÁ

Eduardo Dias Felix da Silva

**UM MODELO SINTÉTICO PARA APLICAÇÃO
DO QFD NO DESENVOLVIMENTO DA NOVA
PISTOLA IMBEL .40” SOMENTE DUPLA-AÇÃO**

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção como requisito parcial à obtenção do título de *Mestre em Engenharia de Produção*

Banca Examinadora:

Prof. Dr. João Batista Turrioni

Prof. Dr. Carlos Eduardo Sanches da Silva

Prof. Dr. Dário Henrique Alliprandini

Itajubá, Novembro de 2002

*Dedico este trabalho a meus pais,
Paulo e Leila e meu avô Paulo.*

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por ter me dado saúde, força, coragem e vontade de vencer todos os obstáculos que se prostraram em meu caminho.

Agradeço a minha família pelo carinho, incentivo e compreensão em virtude do tempo em que não pude estar com eles.

Meus agradecimentos ao Professor João Batista Turrioni, tanto pela orientação prestada antes e durante a realização deste trabalho e de outros, quanto pelo amigo que se tornou.

Agradeço ao Coronel Júlio César Guimarães pela disponibilização do tema da pesquisa, pelo tempo cedido e paciência para realização do trabalho

Agradeço ao Coronel R1 José Carlos de Mello Desouzart, gerente do Departamento de Garantia da Qualidade da IMBEL/FI pelo incentivo e compreensão em virtude do tempo em que não pude estar presente nas atividades de meu departamento.

Agradeço ao Coronel R1 Alte Saturno Evangelista Zylberberg, superintendente da IMBEL/FI pela possibilidade de desenvolvimento deste trabalho no âmbito da empresa.

Meus agradecimentos ao Coronel de Polícia Giraldi, pela disposição, paciência, dedicação, pelos dados fundamentais no levantamento das necessidades do cliente e principalmente pela vontade de ajudar o desenvolvimento da pesquisa e do produto que atendessem a “sua” polícia.

Agradeço a minha equipe de trabalho da IMBEL, pelo tempo despendido com este trabalho, por sua competência e dedicação e principalmente por tornar agradável o convívio no âmbito da empresa em seu cotidiano.

Agradeço ao Coronel R1 Gouvêa, ao Coronel R1 Lopes e ao Major Moacyr todos do Instituto Militar de Engenharia, pelo despertar de minha vocação para área de qualidade, pelo incentivo e crédito depositado.

Agradeço ao aluno de graduação da UNIFEI Carlos Eduardo Franco de Paiva pelo auxílio no desenvolvimento da pesquisa e condução dos trabalhos da equipe multifuncional.

A todas as pessoas que de forma direta e indireta colaboraram para a realização deste Trabalho, meus agradecimentos.

SUMÁRIO

Dedicatória	iii
Agradecimentos	iv
Sumário	v
Resumo	vi
Abstract	vii
Lista de Figuras	viii
Lista de Tabelas	ix
Lista de Quadros	x
1. INTRODUÇÃO	1
1.1. Motivação e Relevância	1
1.2. Objetivo	2
1.3. Modelo de Pesquisa	2
1.4. Escopo do Trabalho	6
1.5. Estrutura do Trabalho	6
2. PROCESSO DE DESENVOLVIMENTO DE PRODUTO	8
2.1. Resumo	8
2.2. Introdução	8
2.3. Processo de Desenvolvimento de Produto - PDP	9
3. QFD – DESDOBRAMENTO DA FUNÇÃO QUALIDADE	30
3.1. Resumo	30
3.2. Introdução	30
3.3. Vantagens e Benefícios	33
3.4. Origem do QFD	34
3.5. Aplicações do QFD	35
3.6. As etapas do QFD	39
3.7. Outras Abordagens do QFD	61
4. PLANEJAMENTO DA PESQUISA	63
4.1. Resumo	63
4.2. Condução da Pesquisa	63
4.3. Informações sobre a IMBEL	68
4.4. As Etapas do QFD	74
5. CONCLUSÃO	104
5.1. Resumo	104
5.2. Conclusões	104
5.3. Sugestões para trabalhos futuros	106
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	107
ANEXOS	

RESUMO

Este trabalho de dissertação apresenta um modelo sintético de aplicação do Desdobramento de Função de Qualidade (QFD) realizado na Indústria de Material Bélico do Brasil (IMBEL) uma empresa que atua no mercado de armamentos leves. Este trabalho apresenta um modelo para auxiliar a empresa em questão, na implementação de um sistema de gestão de desenvolvimento de novos produtos e no planejamento de uma nova pistola para atendimento às necessidades da Polícia Militar de São Paulo.

O trabalho apresenta uma breve visão da tendência atual do mercado de armamentos leves, bem como uma breve revisão bibliográfica sobre o processo de desenvolvimento de produtos (PDP) e sobre o QFD, através de sua origem, aplicação, vantagens e benefícios e seqüência de passos para aplicação.

Durante a aplicação da metodologia do QFD no âmbito da empresa em questão, utilizou-se o conceito *Six Sigma* (Seis sigma) para avaliação da satisfação do cliente e realização do planejamento da qualidade, por ser uma excelente ferramenta para melhorar o nível de variação e alcançar os níveis desejáveis de satisfação de seus clientes.

Por fim é apresentada a conclusão referente aos objetivos da pesquisa, bem como recomendações para futuras pesquisas.

ABSTRACT

This dissertation work presents a synthetic model of application of the Quality Function Deployment (QFD) accomplished in IMBEL a company of the section of armaments that acts at the market of light armaments. This work presents a model to aid the company in subject, in the implantation of a system of new products development management and in the planning of a new pistol for attendance to the needs of the military police of São Paulo.

The work presents an short vision of the current tendency of the market of light armaments, as well as an brief of the bibliographical revision on the process of development of products (PDP) and on QFD, through your origin, application, advantages and benefits and sequence of steps for application

During the application of the methodology of QFD in the ambit of the company in subject, the concept Six Sigma was used for evaluation of the customer's satisfaction and accomplishment of the planning of the quality, for being an excellent tool to improve the variation level and to reach the desirable levels of the customers' satisfaction.

Finally the conclusion is presented regarding the objectives of the research, as well as recommendations for future researches.

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1	Dimensões básicas de uma estrutura referencial para compreensão do PDP	11
Figura 2.2	Stage Gate Process	27
Figura 3.1	Matriz da Qualidade	32
Figura 3.2	Conversão da Voz do Cliente	33
Figura 3.3	Matriz da Qualidade	42
Figura 3.4	QFD de Porta de Automóvel	55
Figura 3.5	QFD das Quatro Fases	56
Figura 3.6	Matriz do Produto	57
Figura 3.7	exemplo de Matriz do Produto	58
Figura 3.8	Matriz de Processos	59
Figura 3.9	Matriz de planejamento do Processo	60
Figura 3.10	Planejamento da Produção	61
Figura 3.11	O QFD das Quatro Ênfases	62
Figura 4.1	Representação gráfica do modelo Kano	83
Figura 4.2	Forma final da Tabela da Qualidade Planejada	86
Figura 4.3	Curva normal de distribuição apresentando o índice de defeitos para vários limites de especificação	88
Figura 4.4	Curva de distribuição normal ilustrando as variações de três sigma e seis sigma.	88
Figura 4.5	Índice de defeitos (ppm) versus nível de qualidade sigma	92
Figura 4.6	Características técnicas principais em valores percentuais	94
Figura 4.7	Principais componentes do produto em valores percentuais	99
Figura 4.8	Processos críticos em valores percentuais	101

LISTA DE TABELAS

Tabela 3.1	Critério para Avaliação do Argumento de Vendas	47
Tabela 3.2	Tabela de Correlação	52
Tabela 4.1	Condução da Pesquisa	68
Tabela 4.2	Etapas do PDP	71
Tabela 4.3	Desdobramento do Planejamento do Produto	72
Tabela 4.4	Notas para satisfação dos clientes	90

LISTA DE QUADROS

Quadro 3.1	Exemplo de uma Estrutura Metálica	44
Quadro 3.2	Procedimento para elaboração da tabela de desdobramento da qualidade exigida	44
Quadro 3.3	Critério para o preenchimento do telhado	51
Quadro 4.1	Etapas do PDP	74
Tabela 4.2	Desdobramento do Planejamento do Produto	75

1. Introdução

1.1 Motivação e Relevância

Dentro de um mercado altamente competitivo como o que se apresenta hoje, tanto no âmbito nacional quanto no plano global, o pronto desenvolvimento e lançamento de produtos têm se mostrado imprescindível para a sobrevivência e crescimento das empresas. *Por outro lado, são grandes os riscos de fracasso no lançamento de novos produtos, mas ainda assim as empresas são levadas a gastar milhões em pesquisa e desenvolvimento, pois diante deste risco existe um ainda maior, o da perda dos mercados pela falta de inovação (Orssatto, 2000).*

Do mesmo modo, pode-se garantir que o mercado de armamentos também se constitui cada vez mais em um cenário muito competitivo, aonde a qualidade do produto vem se tornando uma característica determinante para o sucesso e principalmente para a segurança individual e pública. Aliado a esta necessidade, conforme Girardi (1998), *o serviço policial é extremamente complexo e, dentro dessa complexidade, a necessidade de um disparo atinge proporções inimagináveis para o pleno raciocínio humano naquele instante, quando o Policial Militar ocupa, obrigatoriamente momentos de tensão. Sob violenta tensão, emoção e muitas vezes medo, ele terá alguns segundos (quando tiver) para decidir se efetua o disparo.* Neste contexto, segundo Chiusoli (2000), *a procura por produtos de melhor qualidade, aliada à tendência do aumento de sua diversificação e às necessidades de reduções de custo e do tempo de introdução no mercado, leva as empresas a buscarem soluções ótimas e rápidas, para enfrentarem a concorrência, no que diz respeito ao desenvolvimento de novos produtos.*

Moura (1999) afirma que *o objetivo principal de qualquer empresa é disponibilizar novos produtos e/ou atualizar os atuais de forma a comercializá-los mais cedo do que a concorrência, a um custo mais baixo e com uma melhor qualidade, de forma a tornar o negócio extremamente competitivo. O mecanismo para fazer isto é chamado desdobramento da função de qualidade.*

O desdobramento da função de qualidade (QFD) quando bem aplicado geralmente proporciona uma redução do ciclo de desenvolvimento de novos produtos da ordem de um - terço à metade do tempo anteriormente gasto (Moura, 1999).

O QFD é um conceito global que fornece meios de traduzir as exigências dos clientes em exigências técnicas apropriadas para cada fase de desenvolvimento do produto e manufatura. No QFD, todas as operações são dirigidas pela voz do cliente, portanto, representa uma mudança do controle da qualidade industrial do processo de fabricação para o controle da qualidade do desenvolvimento de produtos (Moura, 1999).

Hirai (1999) aponta que uma forma de assegurar a Qualidade dos produtos desde a fase de desenvolvimento, evitando-se possíveis problemas operacionais decorrentes de falhas ou inadequação no desenvolvimento dos processos envolvidos é a aplicação do Desdobramento da Função Qualidade (QFD).

1.2. Objetivo

Este trabalho tem por objetivo principal, a aplicação do QFD em uma empresa que fabrica armamentos leves, além da apresentação de um modelo para auxiliar a empresa em questão, na implementação de um sistema de gestão de desenvolvimento de novos produtos com ênfase para o planejamento do produto.

Em tempo, como objetivos secundários, atender a uma solicitação do mercado, apresentando um planejamento para um novo produto o mais próximo possível das características desejadas pelas policias militares; um impulsionamento para o trabalho em equipe e o trabalho interdepartamental (equipes multifuncionais); melhorias no processo produtivo da empresa (incluindo reduções de custos); uma revisão atualizada da literatura sobre o assunto da pesquisa; e assim, contribuir para a teoria existente sobre o Desdobramento da Função Qualidade.

1.3 Modelo de Pesquisa

As indústrias em geral apresentam problemas de modelagem complexa, mas têm que ser resolvidos. Em alguns casos as técnicas tradicionais de pesquisas em

gerenciamento da produção como simulação e modelagens matemáticas, não são as mais indicadas para soluções. Segundo Westbrook (1986), para esses casos, os principais métodos de pesquisa seriam os vários tipos de pesquisas empíricas.

A toda pesquisa científica pode-se associar o propósito de resolver um problema específico, por mais geral que ele seja. E problemas específicos trazem a marca do local, das condições de contorno deste local. O que pode ser igual, semelhante, ou parecido em pesquisas sobre problemas específicos é a metodologia utilizada para o trabalho (Silva, 1998).

1.3.1. Métodos de Pesquisas Empíricas

Westbrook (1986) descreve que existe uma variedade de métodos de pesquisas empíricas e uma considerável experiência em suas utilizações em ciências sociais. Desde que o gerenciamento de produção, envolvendo pessoas e grupos nas organizações, tenha algumas das características de uma ciência social, as pesquisas empíricas podem ser utilizadas. A seguir, serão apresentadas algumas das principais metodologias de pesquisas empíricas.

1.3.1.1. Surveys

Nas Surveys, dados são coletados através de questionários e / ou entrevistas e analisados por técnicas estatísticas. Segundo Westbrook (1986), surveys subsequentes podem ser efetuadas para verificar como os modelos se modificaram durante o passar do tempo. A survey é de longe o método empírico de coleta de dados mais utilizado (Westbrook, 1986). Como vantagem, é um método eficiente para coleta de dados, mas como desvantagem, existe a possibilidade de que a amostra de pessoas respondendo aos questionários seja pré-selecionada e pequena para discussão sobre quais questões devem ser ou não feitas.

1.3.1.2 Estudo de Caso

Eisenhardt (1989) relata que um estudo de caso é uma estratégia de pesquisa focada no entendimento da dinâmica presente em um único cenário. Por outro lado. Yin

(1984) afirma que este tipo de pesquisa pode envolver um ou mais casos e numerosos níveis de análise.

Os estudos de casos usualmente combinam alguns métodos de coleta de dados como arquivos, entrevistas, questionários e observações, a evidência deve ser qualitativa, quantitativa ou ambas (Eisenhardt, 1989).

Segundo Westbrook (1986), *um estudo de caso documenta, em um determinado nível de detalhe, a atividade operacional de uma organização. Possui o mérito de envolver todas as variáveis relevantes. Seu defeito passa pela dificuldade de realizar generalizações válidas.*

Diversos estudos de caso procuram alcançar conclusões mais genéricas em comparação com um caso único, mas não há como fugir do número de variáveis que mudam em cada caso, além de suas dificuldades de interpretação. (Westbrook, 1986) afirma que o verdadeiro valor do estudo de caso está na construção da teoria, conseguida pela observação da prática em foco.

O estudo de caso nem sempre é um método eficiente. Várias visitas podem ser necessárias para desenvolver uma visão compreensiva das operações e para entender, aos detalhes, o que parece ser significativo. Além disso, a personalidade e experiência do pesquisador, bem como seu treinamento e sua inteligência, parcialmente determinarão sua efetividade nessas situações de pesquisa (Westbrook, 1986).

1.3.1.3. Pesquisa-Ação

A pesquisa – ação pode ser vista como uma variação do estudo de caso, porém neste, o pesquisador é um observador independente. Na pesquisa-ação, o pesquisador é um participante da implementação de um sistema, onde simultaneamente deseja elaborar uma certa técnica de intervenção. Na pesquisa-ação, o pesquisador não é um observador independente, ele se torna um participante e o processo de mudança se torna objeto de sua pesquisa.

A técnica de intervenção é adaptada ao mesmo tempo em que é utilizada e o entendimento de seu escopo e as limitações se desenvolvem com cada aplicação (Westbrook, 1986).

A pesquisa – ação é concebida e realizada em estreita associação com uma ação ou com a resolução de um problema coletivo. Os pesquisadores e participantes

representativos da situação ou do problema estão envolvidos de modo cooperativo ou participativo (Silva e Menezes, 2000).

A efetividade da pesquisa-ação é devido ao imediatismo do *feedback* que o pesquisador recebe.

Na pesquisa-ação o planejamento das ações é realizado pelos atores sociais, podendo ser o pesquisador um animador ou até mesmo um participante ativo. Na pesquisa-participante o único planejamento é o do próprio pesquisador.

Quando o pesquisador participa das ações pesquisadas com um esforço de planejamento com vistas à resolução de problemas ou transformação de situações, estamos diante de uma metodologia de pesquisa-ação (Silva, 1998).

Thiollent (1992) apresenta os aspectos principais da pesquisa-ação enquanto estratégia metodológica:

- a) ampla e explícita interação entre pesquisador e pessoas implicadas na situação investigada;*
- b) desta interação resulta a ordem de prioridade dos problemas a serem pesquisados e das soluções a serem encaminhadas sob forma de ação concreta;*
- c) o objeto de investigação não é constituído pelas pessoas e sim pela situação social e pelos problemas de diferentes naturezas encontrados nesta situação;*
- d) o objetivo da pesquisa-ação consiste em resolver ou, pelo menos, em esclarecer os problemas da situação observada;*
- e) há, durante o processo, um acompanhamento das decisões, das ações e de toda a atividade intencional dos atores da situação;*
- f) a pesquisa não se limita a uma forma de ação (risco de ativismo); pretende-se aumentar o conhecimento ou o 'nível de consciência' das pessoas e grupos considerados.*

1.3.2 Justificativa para Escolha do Modelo

Esta pesquisa é conduzida sob o enfoque de uma pesquisa-ação, pois o pesquisador é um participante da implementação do modelo proposto na empresa

analisada, ou seja, o processo de mudança (o procedimento para o planejamento de um novo produto) é objeto desta pesquisa.

1.4 Escopo do trabalho

Há no Brasil, duas empresas fabricantes de armamento leve, quais sejam a TAURUS e a IMBEL.

Foi definido que este trabalho de Dissertação terá como escopo do estudo a Indústria de Material Bélico do Brasil (IMBEL) na sua filial de Itajubá, pois o pesquisador é funcionário da empresa analisada (Engenheiro da Qualidade), sendo o trabalho, uma pesquisa-ação, com interesse direto no planejamento de um novo produto para atendimento específico da Polícia Militar de São Paulo em concorrência à segunda empresa situada no País.

1.5 Estrutura da Dissertação

Este trabalho de Dissertação está organizado no que se refere ao conteúdo de cada capítulo, da seguinte forma:

- *Capítulo 1* – Introdução

O capítulo 1 apresenta uma breve visão da tendência atual do mercado de armamentos leves. Na seqüência, descreve o objetivo do trabalho.

Define em seguida, algumas metodologias de pesquisa e por fim o escopo do trabalho.

- *Capítulo 2* – Processo de Desenvolvimento de Produto

Neste capítulo é apresentada uma breve revisão bibliográfica sobre o processo de desenvolvimento de produtos (PDP), assim como uma estrutura seqüencial para a compreensão e aplicação do mesmo.

Descreve também algumas metodologias e ferramentas de suporte à gestão do PDP, ressaltando a aplicação do QFD neste contexto.

- *Capítulo 3* – QFD - Desdobramento da Função Qualidade

O capítulo 3 traz a apresentação do QFD. Descreve sua origem, aplicação, suas vantagens e benefícios, seqüência de passos e algumas diferentes abordagens existentes para implementação do QFD.

- *Capítulo 4 – Planejamento da Pesquisa*

Este capítulo apresenta uma abordagem sintética do QDF na Indústria de Material Bélico do Brasil (IMBEL) utilizando a avaliação da satisfação do cliente e o planejamento da qualidade de acordo com a metodologia *six sigma*.

Descreve também uma forma de se abordar uma pesquisa e uma apresentação da empresa em questão, bem como o cenário de desenvolvimento de produtos na mesma.

- *Capítulo 6 – Conclusão e recomendações*

É o fechamento deste trabalho de Dissertação. Traz a conclusão referente aos objetivos da pesquisa, bem como recomendações para futuras pesquisas.

2. Processo de Desenvolvimento de Produto

2.1 Resumo

Este capítulo tem o objetivo de apresentar uma rápida revisão bibliográfica sobre o processo de desenvolvimento de produtos (PDP).

É selecionada uma estrutura referencial para a compreensão do PDP e aplicação na IMBEL, através de classificações por etapas do PDP com base na literatura existente sobre o assunto, além do levantamento de fatores condicionantes e critérios para projetos de desenvolvimento de produto.

Por fim, apresentam-se algumas metodologias e ferramentas de suporte à gestão do PDP, a fim de direcionar a pesquisa na IMBEL.

2.2 Introdução

O ambiente comercial atual, fortemente competitivo e imprevisível, exige que as empresas brasileiras se capacitem a desenvolver novos produtos, de forma ágil, flexível e econômica. É necessário que se tornem competentes para gerir os negócios de modo a atingir, em curto espaço de tempo, a garantia da qualidade no desenvolvimento de novos produtos (Drumond et al, 1999).

O autor ainda cita que um importante recurso a ser empregado para alcançar a sobrevivência e crescimento é o desenvolvimento e aplicação de métodos adequados. As empresas brasileiras, em geral, estão empenhadas em alcançar o nível de competitividade exigido pelo mercado. *No entanto, os esforços são por vezes desarticulados, adotando-se alguns métodos e técnicas de forma parcial e isolada. Conseqüentemente, não obtêm a garantia de satisfação dos clientes e o nível de produtividade desejado (Drumond et al, 1999).*

A pesquisa sobre o processo de desenvolvimento de produto sempre manteve uma grande extensão e pulverização. Antes da década de noventa, porém, tais características eram ainda mais fortes. Os trabalhos, publicações e periódicos sobre este assunto eram restritos a domínios específicos do conhecimento e, com raras exceções, totalmente ligados a um único deles (engenharia, administração, marketing, direito, desenho industrial, entre outros). (Rozenfeld & Amaral, 1999).

A competição nos anos 90 trouxe um novo papel ao processo de desenvolvimento de produtos. A busca pelo desenvolvimento de produtos melhores, com mais rapidez, eficiência e

eficácia traz impactos diretos em custos, qualidade, satisfação do consumidor e vantagem competitiva (Valeri, 2000).

Rozenfeld & Amaral (1999) cita que após os anos 90, profissionais e pesquisadores de variados campos específicos *romperam os domínios do conhecimento da sua área de origem e formaram a base das abordagens que hoje buscam entender e intervir neste processo de maneira ampla.*

A nova competição industrial que está focalizada fortemente no processo de desenvolvimento de produtos revela que consumidores mais sofisticados provenientes da fragmentação dos mercados e mudanças constantes na tecnologia combinaram-se levando o processo de desenvolvimento de produtos ao centro da competição entre as empresas (Clark & Fujimoto, 1991).

Ainda assim com benefícios visíveis, muitas empresas não têm feito esforços para melhorar seu processo de desenvolvimento de produtos e estão perdendo uma oportunidade rara. Isto porque a melhoria deste processo é uma oportunidade única, que pode modificar o cenário de competitividade entre as empresas (Mc Grath, 1992).

2.3 Processo de Desenvolvimento de Produto

De acordo com Valeri (2000), o PDP situa-se na interface entre a empresa e o mercado cabendo a ele desenvolver um produto que atenda às expectativas de mercado, em termos de qualidade total do produto, desenvolver o produto no tempo adequado, ou seja, mais rápido que os concorrentes, e a um custo de projeto compatível, além de assegurar a manufaturabilidade do produto desenvolvido, ou seja, a facilidade de produzi-lo, atendendo às restrições de custos e qualidade. A estratégia de produto de uma empresa e como ela se organiza e gerencia o desenvolvimento determinarão como o produto sairá no mercado. A maneira como a empresa realiza o desenvolvimento de produtos, sua velocidade, eficiência e qualidade do trabalho, irá determinar a competitividade do produto (Clark & Fujimoto, 1991). Assim, o PDP deve ser bem gerido, com a condução de mudanças constantes no processo e melhorias contínuas (Valeri, 2000).

Segundo Ferreira (2001), *o PDP é uma das atividades mais importantes para ganhos em competitividade devido à crescente necessidade de se lançar produtos novos que satisfaçam as necessidades de consumidores cada vez mais exigentes.*

A qualidade do produto é um dos critérios exigidos para se analisar o desempenho do processo de desenvolvimento, pois se refere ao mercado consumidor e também, ao projeto do produto e do processo. Outro critério é o tempo de desenvolvimento já que este tem que

acompanhar tanto as frequentes variações das exigências dos clientes quanto à introdução de novas tecnologias. Além disso, a produtividade do processo de desenvolvimento tem que ser alta, ou seja, o desenvolvimento de um novo produto deve estar sempre atento à redução de custos para a empresa. Portanto, o grande desafio está na melhor maneira de combinar estes parâmetros (Qualidade, Tempo, Produtividade) para se obter um PDP eficiente e eficaz, pois sua gestão é muito complexa e a função das metodologias e ferramentas é suportar esta árdua tarefa.

2.3.1 Estrutura Referencial para Compreensão do Processo de Desenvolvimento de Produtos

O uso de um método de gestão do planejamento da qualidade ou desenvolvimento de novos produtos é condição necessária para as empresas alcançarem a garantia da qualidade. Embora os sistemas de desenvolvimento de novos produtos possam diferir de uma empresa para outra, conforme o tipo de setor industrial e natureza de seus produtos, os conteúdos das atividades principais são bastante similares, apesar das diferentes terminologias empregadas (Drumond et al, 1999). Segundo o autor, estas atividades abrangem todos os aspectos do desenvolvimento de um produto completamente novo, isto é, a qualidade do produto em si (qualidade intrínseca, custo e confiabilidade) e a qualidade dos serviços associados, que se denominou assistência técnica e do marketing (promoção e publicidade).

A decisão de desenvolvimento de um produto, em geral, decorre da análise das medidas necessárias para atingir as metas estabelecidas no planejamento estratégico da empresa. As metas específicas para o produto norteiam o desenvolvimento, desde a geração de idéias, passando pelo estabelecimento do conceito, projeto do produto e do processo, estabelecimento dos padrões técnicos e operacionais para a produção, tendo a satisfação do cliente como principal indicador para a verificação da qualidade do produto (Drumond et al, 1999).

As etapas após serem desdobradas em atividades mais concretas são a base para o estabelecimento do Sistema de Desenvolvimento de Novos Produtos, que é parte integrante do Sistema de Garantia da Qualidade da empresa (Drumond et al, 1999). Neste sistema devem incluir-se, no mínimo, as etapas a serem executadas, as atribuições de responsabilidades aos diversos departamentos envolvidos, bem como os procedimentos e documentos necessários (Drumond et al, 1999).

Segundo Rozenfeld & Amaral (1999), algumas empresas têm monitorado o processo de desenvolvimento de produto por meio da padronização dos processos, construindo os chamados modelos de referência. Estes modelos são representações do processo contendo as

etapas, atividades, recursos, informação e as responsabilidades organizacionais para o desenvolvimento de produto.

O autor cita ainda que as contingências no gerenciamento do processo de desenvolvimento de produto representam para estas empresas mais do que simplesmente a necessidade de possuir um modelo de desenvolvimento de produto adequado às suas características. Como alguns destes fatores podem variar de acordo com os diferentes projetos (como por exemplo, o grau de inovação do produto) estas empresas podem necessitar de modelos de desenvolvimento que contemplem estas várias situações, ou então, um conjunto de modelos cada qual específico a um determinado contexto.

2.3.1.1 O modelo de Clark & Wheelright

O processo de desenvolvimento de produtos é formado por um leque complexo de atividades que se estendem durante um considerável período (Valeri 2000). Clark & Wheelright (1992) propuseram uma estrutura referencial composta por seis dimensões (figura 2.1) para auxiliar na compreensão da complexidade e criticidade do processo para a alta administração. Embora estas dimensões interajam entre si para criar um padrão detalhado de desenvolvimento de produtos, elas envolvem diferentes questões e assim necessita-se a compreensão individual da cada uma (Valeri 2000).

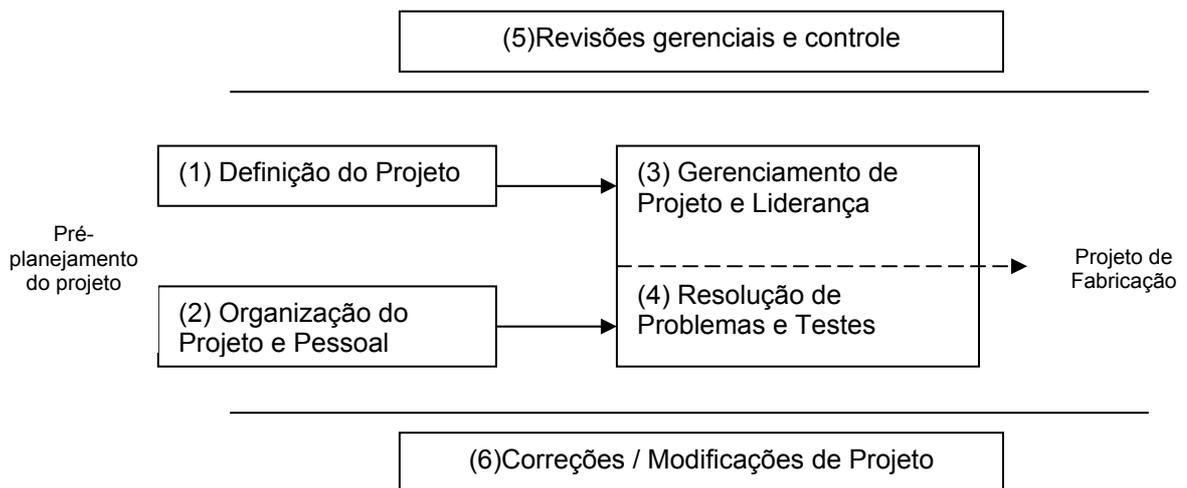


Figura 2.1 Dimensões básicas de uma estrutura referencial para compreensão do PDP

Fonte: (Clark & Wheelright, 1992).

1 - Definição do projeto

Esta dimensão define como a empresa configura o escopo do seu projeto, determinando os limites do projeto e suas interfaces com a empresa, resultando em propostas e objetivos bem definidos. As principais atividades são o desenvolvimento do conceito e definição, com a utilização de informações internas e externas à empresa. Geralmente esta dimensão tem como característica principal a determinação de metas, objetivos e comprometimento de recursos (Valeri, 2000).

2 - Organização do projeto e de pessoal

Esta dimensão trata das pessoas alocadas ao projeto e sua forma de organização. São consideradas questões como localização física, relações hierárquicas, responsabilidades individuais, treinamento e relacionamento com áreas de suporte (Valeri, 2000).

A importância desta dimensão é destacada também por Brown & Eisenhardt (1995), que citam três aspectos relacionados aos times que exercem influência no desempenho do processo de desenvolvimento de produtos: a composição da equipe, o processo de trabalho e a organização do trabalho.

3 - Gerenciamento do projeto e liderança

Esta dimensão caracteriza o papel dos líderes de projeto e o gerenciamento do projeto, ou seja, como as tarefas do projeto são seqüenciadas e administradas. Considera-se o estabelecimento de papéis e responsabilidades para a liderança do projeto de modo que as atividades sejam executadas da melhor maneira possível. Também considera como as atividades são agrupadas e divididas em fases e como o trabalho é administrado e controlado nestas fases (Valeri, 2000). Além disso, define os pontos de verificação e marcos utilizados para sinalizar o final de cada fase. Brown & Eisenhardt (1995) ressaltam a importância desta dimensão, afirmando que a atuação do gerente afeta o desempenho do processo tanto em termos de qualidade rapidez e produtividade como o conceito do produto. Griffin (1997) também ratifica, dizendo que o envolvimento e compromisso da alta administração com o PDP, especialmente no fornecimento de recursos e fundos adequados, são fundamentais para o desempenho do processo.

4 - Resolução de problemas, testes e protótipos

Esta dimensão envolve a natureza dos problemas, sejam gerenciais ou técnicos e a maneira como os protótipos e testes são utilizados para confirmar as escolhas feitas, além de buscar focalizar o projeto nas tarefas remanescentes. Este elemento junto com gerenciamento de projeto e liderança determina como o projeto converge ao final, com as necessidades de manufatura implantadas e a conseqüente introdução do produto ao mercado (Valeri, 2000).

John (1988) ressalta os fatores de sucesso no desenvolvimento de novos produtos, incluindo como subatividades operacionais críticas aquelas relacionadas nesta dimensão, como os testes realizados na empresa, os testes realizados junto aos consumidores, os testes dos meios produtivos e os testes de mercado para comercialização.

5 - Revisões gerenciais e controle

O papel da alta administração e a natureza de sua integração com o time de projeto constituem também um importante elemento. O caminho através do qual a alta administração revisa, avalia e modifica o projeto e suas metas, cria motivações e incentivos, positivos e negativos, durante o curso do projeto. O tempo, a frequência e o formato das revisões podem ter um impacto significativo na eficácia e efetividade de todo o projeto (Valeri, 2000).

Segundo Anthony (1992), as revisões gerenciais possibilitam à alta administração obter mais visibilidade do PDP. Com isto ela tem a oportunidade de tomar decisões sem a necessidade de conhecimento de todos os detalhes do processo.

6 - Correções

A incerteza associada ao processo de desenvolvimento de produtos traz a necessidade de correções durante o processo. Esta dimensão trata de questões como medição e avaliação da situação do projeto, reprogramação e redefinição de tarefas, resolvendo diferenças entre o projeto e os requisitos do consumidor e determinando quando a organização está pronta para o lançamento do produto. Talvez a parte mais importante desta dimensão seja o balanço entre resolução de conflitos e sua adaptabilidade, a relação entre desafios inesperados e atrasos potenciais. Além disso, devem ser realizadas escolhas entre reprogramação de atividades para manter motivação em contraposição à reprogramação para manter a credibilidade do projeto.

Estas seis dimensões são como os diversos componentes que formam um produto. Ou seja, a organização deve ter um meio efetivo de definir produtos, deve entender os

mecanismos e ferramentas para resolução de problemas e deve entender e inserir estas questões ao controle e revisões da alta administração. Estas dimensões juntas devem criar um sistema coerente capaz de conduzir o processo ao seu objetivo final, que é o produto (Valeri, 2000).

2.3.1.2 O modelo de Mizuta

Segundo Mizuta (1999), alguns autores dividem o PDP em várias e distintas fases. Poucos, porém, concordam quanto ao número, ordem ou nomes das fases. Este fato, entretanto, não se torna um problema na análise do PDP.

Um problema efetivamente existente é a não compreensão de que as fases não formam uma seqüência rígida, ou seja, uma fase não necessita terminar totalmente para que a próxima se inicie. As fases não são rigidamente seqüenciais: elas podem se sobrepor ou mesmo serem simultâneas. Quando uma nova informação sobre o produto é incorporada ao seu processo de desenvolvimento, é necessário que se retorne às fases iniciais de concepção do produto para que a informação seja assimilada pelo processo todo (Mizuta, 1999).

Mizuta (1999) cita ainda as seguintes fases para o PDP:

1. Estabelecer os objetivos da empresa e identificar as necessidades do consumidor. Então, a empresa passa por um processo de geração de idéias para novos produtos que possam ser desenvolvidos, tentando satisfazer os seus objetivos e as necessidades de seus clientes.
2. Na fase seguinte, reúnem-se todas as idéias e as melhores são selecionadas. Os critérios de seleção utilizados são:
 - *estudos de viabilidade técnica*: se há a viabilidade de execução do desenvolvimento por parte dos departamentos de marketing, pesquisa e desenvolvimento e manufatura;
 - *pesquisa de mercado*: se o produto a ser desenvolvido satisfaz as necessidades dos consumidores;
 - *análise financeira*: se o produto e o seu processo de desenvolvimento são viáveis economicamente para a empresa.
3. Após seleção das melhores idéias, parte-se para o nível técnico do desenvolvimento. Protótipos dos produtos que seguem as especificações já determinadas pela equipe de desenvolvimento são desenvolvidos. Esses protótipos são analisados pelos mesmos critérios de seleção anteriormente utilizados, ou seja, estudos de viabilidade técnica, pesquisa de mercado e análise financeira. Esses critérios, então, retornam informações ao processo de desenvolvimento.

4. A partir de então uma série de eventos paralelos é iniciada. Uma análise de plano de negócios com informações sobre custos de matérias-primas, processos e marketing é desenvolvida pelo departamento financeiro da empresa. O departamento de marketing se responsabiliza pelo desenvolvimento de rótulos e embalagens, bem como pelas estratégias de lançamento do produto. O departamento de manufatura determina as facilidades de produção e os requisitos de mão-de-obra e de equipamentos. Realizadas as atividades técnicas do desenvolvimento, parte-se para a etapa de produção. Com os recursos disponibilizados pelo departamento de manufatura, tem-se a fabricação do produto em caráter piloto.

5. Então se iniciam as etapas de testes do produto. Antes de se realizar o teste de mercado de lançamento efetivo do produto, o departamento de marketing conduz os chamados minitests, responsáveis por levantar questões a serem resolvidas antes do lançamento definitivo. A última etapa é o teste de mercado, que antecede ou acompanha o lançamento do produto. Se o teste de mercado não obtiver sucesso, deve-se aprender com os erros antes de se desenvolver um novo produto. Entretanto, se o teste de mercado for bem sucedido, a empresa deve descobrir as causas do sucesso e assimilar essa aprendizagem para os próximos projetos de desenvolvimento.

2.3.1.3 O modelo de Clark & Fujimoto

Segundo Clark & Fujimoto (1991) o PDP está dividido em cinco etapas: Geração e Escolha do Conceito do Produto, Planejamento do Produto, Engenharia do Produto e Testes, Engenharia do Processo e Produção Piloto.

Florenzano (1999) afirma que *esta divisão de etapas baseia-se nos tipos de atividades e numa seqüência lógica de entradas e saídas, de acordo com a interdependência e afinidade dos diferentes tipos de atividades*. Porém, essas etapas tendem a se confundir cada vez mais de acordo com as tendências de integração e sobreposição das mesmas, assim como das pessoas envolvidas no projeto.

1 - Geração e Escolha do Conceito do Produto

As informações obtidas sobre as necessidades dos clientes, concorrentes, assim como dados a respeito dos riscos tecnológicos, oportunidades oferecidas pelo mercado e padrões e regras do ambiente são reunidas e formam o que é chamado de definição do produto.

O Benchmarking, o QFD (Quality Function Deployment), as Sete Ferramentas Gerenciais da Qualidade são as técnicas mais adequadas para se aplicar durante esta fase. O Benchmarking, por exemplo, é capaz de oferecer informações e tendências a respeito dos concorrentes, enquanto que o QFD traz para dentro da empresa a voz do consumidor (Ferreira, 2001).

2 - Planejamento do Produto

Segundo a trilogia analítica (Juran, 1993), a qualidade dos produtos não ocorre acidentalmente, ela deve ser planejada. O planejamento da qualidade é um dos três processos gerenciais básicos pelos quais a qualidade deve ser gerenciada. Os três processos são: planejamento da qualidade, controle da qualidade e melhoramento da qualidade - é a chamada Trilogia de Juran.

Juran (1993) sugere as seguintes atividades básicas para o planejamento da qualidade:

- Identificação dos clientes e suas necessidades.
- Desenvolvimento de um produto que responda a essas necessidades.

O autor desdobra essas atividades em uma seqüência de etapas, ou seja, um *roteiro para o planejamento da qualidade*:

1. Identificar quem são os clientes;
2. Determinar as necessidades desses clientes;
3. Traduzir essas necessidades à linguagem da organização;
4. Desenvolver um produto/serviço que possa responder a essas necessidades;
5. Otimizar as características do produto/serviço de modo a atender tanto as necessidades da empresa quanto à dos clientes;
6. Desenvolver um processo que possa fabricar o produto/serviço;
7. Otimizar o processo;
8. Provar que o processo pode fabricar o produto/serviço em condições normais de operação;
9. Transferir o processo aos meios de fabricação.

O conceito do produto é concretizado através de estilo, *layout* e escolha e determinação dos componentes do produto, assim como os custos começam a ser especificado através do que foi planejado.

Segundo Ferreira (2001), o *QFD e Confiabilidade são essenciais no que diz respeito às especificações do produto de acordo com as necessidades e desejos do consumidor*.

3 - Engenharia do Produto

As informações geradas nas etapas anteriores transformam-se em desenhos e padrões, ou seja, em projetos específicos que detalham o produto com suas dimensões e características

reais. São realizadas construções de protótipos com o objetivo de avaliar o conceito do produto. As técnicas estatísticas como o FMEA - Failure Mode and Effect Analysis (Análise do Modo e Efeito de Falha) e a Confiabilidade são muito aplicáveis, pois avaliam o desempenho do produto (Ferreira, 2001).

4 - Engenharia do Processo

As informações sobre o projeto do produto são transformadas em informações relativas ao projeto do processo, materializando os fatores de produção como máquinas, ferramentas, métodos de trabalho e perfil de mão de obra. As Sete Ferramentas Gerenciais da Qualidade continuam sendo utilizadas se for necessário para auxiliar na solução de problemas (Ferreira, 2001).

5 - Produção Piloto

Inicia-se a produção do produto simulando as condições normais de operação da fábrica, de forma a produzir os primeiros exemplares do produto para teste e realizar os acertos finais no processo de fabricação. Como o processo de desenvolvimento de produto tem suas atividades baseadas em um ciclo de projetar-construir-testar, suas atividades típicas estarão sempre sujeitas a constantes alterações e por esse motivo às etapas do processo devem sempre se interagir para que não haja grandes retrabalhos. O paralelismo das atividades deve acontecer desde o início e se estender até que se atinja a produção propriamente dita (Ferreira, 2001).

2.3.1.4 Modelo utilizado na pesquisa

O trabalho de pesquisa desenvolvido na IMBEL teve um foco grande no planejamento do produto, com alvo na identificação das necessidades dos clientes e no desenvolvimento de um produto que respondesse a essas necessidades.

Do modelo de Clark & Wheelright, pode-se considerar que efetuaram-se apenas as etapas primeiras (definição do projeto e organização do projeto e pessoal), pois a pesquisa não observou a realização do produto e suas fases subseqüentes, etapas não efetivadas pela empresa.

Do modelo de Mizuta, pode-se considerar que efetuaram-se as etapas primeiras (estabelecimento dos objetivos da empresa e identificação das necessidades do consumidor), porém fatores como análise financeira e desenvolvimento de protótipo e as etapas subseqüentes não foram observados, por não terem sido efetivados pela empresa.

O modelo de Clark & Fujimoto é o que mais se assemelha ao processo cotidiano da empresa em questão e neste trabalho de pesquisa, somente não se realizou a etapa de produção piloto e parte da engenharia do processo, pois foi necessário o desenvolvimento de um novo processo para fabricação de uma das peças, processo esse não convencional à empresa que vislumbra a possibilidade da terceirização do mesmo através do desenvolvimento de fornecedores qualificados.

Com base na descrição supracitada, o modelo de desenvolvimento de produto aplicado na IMBEL, conforme apresentado no capítulo 4, seguiu o método de Clark & Fujimoto com algumas restrições às etapas finais do modelo.

2.3.2 Fatores Condicionantes e Critérios para projetos de desenvolvimento de produto

Rozenfeld & Amaral (1999) levantou fatores condicionantes e critérios capazes de identificar as características fundamentais que afetam a forma de gerenciar o processo de desenvolvimento de produto, permitindo: uma base para a construção dos modelos de referência; e um instrumento para análises e estudos do processo de desenvolvimento de produto os efeitos de técnicas e métodos em cada ambiente.

2.3.2.1 Grau de Inovação do Projeto

De acordo com Rozenfeld & Amaral (1999), *o fator com maior evidência na literatura sobre influências no gerenciamento do processo de desenvolvimento de produto e também o mais amplamente citado é o grau de inovação do projeto*. Desde os primeiros autores que analisaram o PDP de forma mais ampla e integrada já se reconhecia a importância de considerar o grau de inovação na determinação da forma de gerenciamento deste processo. É o caso de Clark & Fujimoto(1991) e Clark & Wheelwright (1992)

Estes fatos estão sendo reforçados por pesquisas que, além da importância, deixam clara as diferenças no processo de desenvolvimento conforme o grau de inovação (Rozenfeld & Amaral, 1999). O autor segue mencionando que segundo a bibliografia, há indícios de que quanto maior a inovação no produto deve-se: aumentar a sobreposição entre o desenvolvimento da tecnologia e as etapas de detalhamento do projeto; aplicar medidas de análise de viabilidade econômica que considerem adequadamente os maiores riscos envolvidos nestes projetos (Swink et al, 1996, Veryzer, 1998); direcionar os esforços de desenvolvimento para qualidade, enquanto em projetos incrementais e de baixa inovação

deve-se focar o tempo e curso (Swink et al, 1996); aumentar o grau de compartilhamento de informações (Swink et al, 1996); diminuir a influência da manufatura nas decisões do início do processo de desenvolvimento (Swink, 1996); aumentar o esforço de coordenação (Song, 1998).

Segundo Veryzer (1998), no caso em que a inovação é muito grande tal que o produto é totalmente novo em sua categoria, deve-se ainda: *ser cauteloso quanto às análises sobre requisitos dos clientes* (pois estes não conhecem todo o potencial do produto), *antecipar a construção de modelos e protótipos, abordagens como QFD e Stage Gates devem ser estruturadas ou aplicadas de maneira diferente conforme as limitações da percepção do cliente para o produto* (a fase pré-desenvolvimento de produto tem um grande impacto no desempenho deste processo) *e muito cuidado deve ser tomado com a análise de investimentos.*

Rozenfeld & Amaral (1999) cita que *dependendo do grau de inovação incorporado no produto as soluções de projeto nele embutidas podem ser estendidas em maior ou menor grau aos projetos posteriores. Aos produtos que incorporam esta maior inovação tecnológica, seja no processo ou no produto, servindo de base para o desenvolvimento de outros produtos com a mesma solução dá-se o nome de produtos Plataforma.*

Se o grau de inovação deve ser controlado para aproveitar o máximo de outras soluções de uma maneira estratégica, este aproveitamento pode variar também na dimensão tempo. Pode-se, então, aproveitar um subsistema ou solução de projeto de um produto plataforma antigo, que acabou de ser desenvolvido ou então que está sendo desenvolvido paralelamente ao projeto de desenvolvimento analisado. A este elemento denomina-se estratégia interprojetos (Rozenfeld & Amaral,1999).

2.3.2.2 Mercado e Direcionamento Estratégico

Este nível compreende os fatores relacionados com o ambiente da empresa onde se realiza o processo de desenvolvimento de produto. Há também forte evidência de que um importante fator condicionante do processo de desenvolvimento de produto é o ambiente onde se enquadra a empresa. Pode-se identificar dois fatores estreitamente relacionados envolvidos neste aspecto: A estrutura de mercado e o direcionamento estratégico do projeto em questão (Rozenfeld & Amaral,1999).

Com relação ao mercado Mullins & Sutherland (1998) mostram evidências de que quanto maior o grau de mudanças e concorrência deve-se envolver mais os usuários no desenvolvimento da idéia, iniciar protótipos e testes no início do desenvolvimento, dar ênfase

à dimensão velocidade (dando capacidade de introduzir produtos rapidamente); limitar grandes pesquisas de mercado; envolver mais a alta direção no projeto; desenvolver uma cultura de desenvolvimento de produto dentro da empresa (todos devem se sentir responsáveis por este processo); e aplicar estratégias de marketing direto.

No item anterior demonstrou-se que um importante fator de influência, conforme a literatura, é a dinâmica do mercado (grau de mudança e competitividade). *Porém das entrevistas e análises de modelos realizadas ficou evidente a importância da abrangência deste mercado (o que denominamos Alvo). Além disso, viu-se que algumas exigências estavam ligadas a algo mais específico que o grau de concorrência que é o próprio setor: por exemplo, a necessidade do processo de desenvolvimento de produto estar de acordo com a QS 9000 se o projeto é destinado ao setor automobilístico. Então se estabeleceram três fatores dentro deste nível (Rozenfeld & Amaral,1999):*

- **Setor:** especifica-se o setor industrial do produto: automobilístico, aeronáutico, petroquímico, máquinas-ferramenta; eletrodomésticos; linha branca e indústria de base;
- **Mercado – Concorrência:** caracteriza a concorrência e dinâmica do mercado: monopólio (onde há praticamente uma ausência de concorrência e grandes barreiras à entrada); oligopólio competitivo (poucas empresas dividem acirradamente o mercado e a competição é principalmente baseada em preço); oligopólio diferenciado (poucas empresas dividem o mercado; há divisão de nichos; e competição por qualidade); e concorrência perfeita (muitas empresas dividem o mercado cada qual com uma parcela pouco significativa; e baixa barreira à entrada e saída);
- **Mercado – Alvo:** este fator está relacionado à abrangência do mercado que se deseja atingir com o produto. Para medi-lo, propõe-se duas dimensões. A primeira explorando o aspecto geográfico podendo assumir os tipos: local, quando o produto a ser desenvolvido será comercializado apenas no país; regional, se numa zona específica como Mercosul; ou mundial no caso em que se deseja distribuí-lo mundialmente. Outra dimensão identifica o mercado conforme a posição na cadeia de suprimento. Podendo assumir os valores: cliente final se o cliente é o consumidor final ou intermediário na cadeia de suprimentos se o cliente é uma empresa e o produto será um subsistema ou insumo de outro produto.

Quanto ao direcionamento estratégico têm-se evidências que: projetos direcionados à velocidade devem possuir grande interação entre pessoas de nível técnico internas e externas à empresa, times menores e menos formalizados, grande sobreposição de fases (Swink et al,

1996); projetos com alta prioridade em qualidade devem possuir grande interação entre clientes, projetistas e profissionais de marketing e menor sobreposição de fases (Swink et al 1996); e alta prioridade em custos devem focar a interação entre fornecedores, manufatura e projetistas, muita prototipagem e uma dedicação maior na fase de projeto/processo (Swink et al, 1996).

Este fator pode ser dividido em duas dimensões: Estratégia Competitiva e Estratégia Inter-Projetos.

A estratégia competitiva identifica qual o direcionamento do processo de desenvolvimento de produto, em termos de parâmetro de desempenho, conforme a estratégia competitiva da empresa. Pode ser classificada em: custo (quando o principal parâmetro a ser obtido com o produto em desenvolvimento, conforme a estratégia da empresa, é custo); qualidade (quando o processo foca na qualidade do produto); tempo (quando o processo foca na questão tempo); e misto (que combina mais de um dos critérios anteriores) (Rozenfeld & Amaral,1999).

Segundo (Rozenfeld & Amaral, 1999), outra dimensão é a Estratégia Inter-Projetos que caracteriza o relacionamento do processo específico frente aos demais projetos em andamento na empresa: novo (quando não há projeto semelhante feito anteriormente ou em desenvolvimento na empresa); simultâneo (quando o processo está sendo desenvolvido ao mesmo tempo em que outro onde é empregada à mesma solução tecnológica e/ou compartilham-se peças); seqüencial (quando um projeto começa logo após o término de um outro projeto.); e posterior (quando o projeto emprega soluções e subsistemas de um projeto anterior ao seu em mais de 2 anos. A escolha deste prazo de tempo se justifica por neste período, já terem sido dissolvidas às equipes de outro projeto).

2.3.2.3 As Dimensões da Qualidade do Produto

Sobrepondo-se um pouco à questão de direcionamento estratégico do projeto tem-se um outro fator condicionante que são as dimensões da qualidade do produto (Rozenfeld & Amaral,1999). Garvin (1992) mostrou que empresas com melhor desempenho dirigiam os esforços dentro do seu processo de desenvolvimento no sentido de balancear as características de qualidade mais importantes para o consumidor. Por exemplo, num estudo sobre a indústria de ar-condicionado, Garvin(1992) identificou que as empresas de melhor desempenho nesta indústria priorizavam durante o processo de desenvolvimento de produto o parâmetro confiabilidade (com ensaios, testes, protótipos, ferramentas e atividades específicas para este

campo), o mesmo que nas medições sobre os requisitos dos consumidores nesta indústria estava entre os de maior importância.

2.3.2.4 As Características do Produto

As características do produto em si têm também uma grande influência. Em primeiro lugar, o próprio senso comum mostra que há as peculiaridades dependentes da tecnologia principal do produto. Assim, um produto cuja tecnologia é mecânica com certeza terá de ser gerenciado diferentemente do que um produto eletrônico ou químico, e assim por diante (Rozenfeld & Amaral, 1999).

Há ainda o fato que dentro de uma mesma tecnologia podem existir diferentes graus de complexidade (Rozenfeld & Amaral, 1999). Por exemplo, um projeto de desenvolvimento de produto qualquer contendo dezenas de peças deve ser gerenciado diferentemente daquele com milhares ou milhões (Clark & Fujimoto, 1991; Swink et al 1996).

2.3.2.5 A Complexidade da Interface com o Usuário

Conforme Rozenfeld & Amaral (1999), *outro fator, ligado ao produto, porém mais sutil, é a complexidade da interface com o usuário. Um produto que tenha uma interface com o consumidor onde há maiores elementos e estes envolvem características mais emocionais e cognitivas tem uma interface mais complexa (por exemplo, um carro) do que um produto cujo consumidor possui um conhecimento técnico profundo e os parâmetros deste são quantitativos, objetivos e bem conhecidos (por exemplo, um redutor).*

Quanto mais complexa a interface, por exemplo, maior a necessidade de estar classificando os segmentos de mercado, maior o cuidado na identificação dos requisitos e formulação do conceito, antecipação de testes; maior a interação de pessoal de marketing e consumidores no desenvolvimento (Swink et al, 1996); sistema de informações mais compartilhado (Swink et al, 1996). Uma classificação interessante sobre a complexidade do produto é a proposta por Clark & Fujimoto (1991) que combina as duas últimas dimensões: complexidade interna (quão complexa a estrutura interna do produto) e complexidade externa (relativa à interface do usuário com o produto).

A complexidade da interface com o usuário compreende tanto o número de elementos envolvidos nesta interface, quanto o grau de estruturação destes (Rozenfeld & Amaral, 1999). São classificados em alta complexidade, quando as dimensões, ou seja, o número de elementos da interface é grande e há características emocionais e inconscientes envolvidos,

por exemplo, num automóvel; e de baixa complexidade quando o número de características é pequeno e envolve características técnicas precisas e quantitativas, como no caso de um redutor.

Souder & Song (1998) enfatizam também a cultura da organização, os quais afetariam significativamente a maneira de gerenciar o processo de desenvolvimento de produto.

2.3.3 Metodologias e Ferramentas de Suporte à Gestão do PDP

É importante identificar os problemas existentes, quantificá-los e buscar a solução através de um método eficiente. Para que isto aconteça, é essencial o conhecimento a priori de um método, neste caso, das metodologias ou ferramentas, para que sua aplicação alcance um resultado com alto desempenho (Ferreira, 2001).

Em relação a questões operacionais do desenvolvimento, pode-se dizer que grande parte dos estudos da GDP (Gestão de Desenvolvimento de Produto) se concentra no uso de métodos e técnicas (Cheng, 2000).

Vários métodos são úteis para a obtenção da qualidade no desenvolvimento de novos produtos ou planejamento da qualidade. Dentre eles pode-se citar o QFD — Desdobramento da Função Qualidade, métodos estatísticos para pesquisa e análise de mercado, otimização estatística de produtos e processos, Método Taguchi ou projeto robusto e engenharia da confiabilidade (Drumond *et al*, 1999).

2.3.3.1 Metodologias Estatísticas

Metodologia que auxilia no diagnóstico e na busca por soluções de problemas e falhas que surgem ao longo do processo de desenvolvimento de novos produtos, fazendo descrições, análises e correlacionando dados da produção, mercado e desenvolvimento. Podemos citar como exemplo:

Pesquisa e Análise de Mercado – A estatística fornece métodos eficientes para captar as necessidades dos clientes potenciais e transformar dados brutos em informação útil para o planejamento do novo produto. Entre os diversos métodos disponíveis para análise de dados de mercado destacam-se a identificação de oportunidades e posicionamento estratégico de produtos, a identificação dos fatores que afetam a preferência dos clientes e a segmentação de mercados (Drumond *et al*, 1999).

Pesquisas Qualitativas e Quantitativas – O conhecimento das percepções e preferências do segmento-alvo de mercado com relação a um determinado tipo de produto

pode ser obtido por meio de pesquisas de mercado (Drumond *et al*, 1999). *Inicialmente é necessário que a empresa conheça profundamente as verdadeiras necessidades dos clientes, tanto as conscientes e possíveis de serem verbalizadas como as latentes. Nesta etapa são utilizadas técnicas de pesquisa qualitativa, tais como entrevistas individuais, entrevistas com pequenos grupos selecionados do público alvo (grupos-foco) e observação direta dos clientes ao comprar e/ou usar o produto* (Drumond *et al*, 1999). O posicionamento do produto, a segmentação de mercado e a análise de preferências dos clientes exigem informações numéricas como avaliações de desempenho em uma escala, ordenações de preferência e atribuições de grau de importância (Drumond *et al*, 1999). *Nestes casos são realizadas pesquisas quantitativas por meio de questionários com questões fechadas. A elaboração de um questionário adequado aos objetivos do estudo bem como a seleção de uma amostra que represente o público-alvo são pontos críticos e devem ser cuidadosamente planejados* (Drumond *et al*, 1999).

Posicionamento de Produtos (Mapa de Percepção) – Uma empresa que deseja obter a preferência do seu segmento-alvo deve conhecer a estrutura do mercado do ponto de vista destes clientes, pesquisando como eles distinguem os produtos atuais, as dimensões que utilizam para compará-los e a posição que cada um ocupa em suas mentes (Drumond *et al*, 1999). Baseada nesta análise a equipe de planejamento pode descobrir uma posição estratégica no mercado para o novo produto e direcionar o desenvolvimento para alcançá-la. Este estudo, denominado “posicionamento de produtos”, é facilitado pelo uso da ferramenta mapa de percepção (Drumond *et al*, 1999).

Mapas de percepção são representações gráficas que resumem os atributos principais que os clientes utilizam para perceber e julgar um tipo de produto e mostram o posicionamento das diversas marcas de interesse nestas dimensões (Drumond *et al*, 1999). É, então, uma representação visual aproximada da maneira como os clientes vêem os produtos que estão no mercado. A seleção da técnica estatística adequada para a construção de mapas de percepção depende do tipo de produto em estudo e do tipo de informação obtido junto ao cliente (Drumond *et al*, 1999).

Análise Conjunta (Conjoint Analysis) – Naturalmente, não basta que um produto tenha a preferência do cliente para que seja adquirido. O preço e a disponibilidade para compra funcionam como moderadores da preferência, de modo que a escolha final do cliente recairá sobre o produto que lhe fornecer maior valor, isto é, maior benefício por preço pago. Essa técnica permite descobrir como as diversas características do produto, preço, disponibilidade e serviços associados afetam a preferência dos clientes. De ampla utilização em marketing, é

muito útil na etapa de definição do conceito e na fase inicial do projeto do produto, uma vez que investiga a estrutura de preferência, fornecendo respostas a questões como: (1) quais atributos mais afetam a preferência ou a intenção de compra de um produto; (2) qual o valor ou utilidade que os clientes atribuem a cada nível dos atributos; (3) qual a previsão de participação de mercado ou volume de vendas para um novo produto, considerando diversos cenários de mercado (Drumond et al, 1999).

Otimização Estatística de Processos – Métodos e técnicas utilizadas no desenvolvimento de processos visando alcançar a melhor condição de operação possível, de modo a obter o produto final com a qualidade esperada pelo cliente, menor variabilidade e menor custo. Estes métodos fazem uso de experimentos seqüenciais cuidadosamente planejados, utilizando experimentos fatoriais em que todos os parâmetros são pesquisados simultaneamente de forma a obter a condição ótima para cada processo, com o menor número de experimentos (Drumond et al, 1999).

Confiabilidade – de acordo com De Cicco (1996), primeiramente se define o sistema a ser analisado e identificam-se suas falhas potenciais, para em seguida efetuar um estudo qualitativo e quantitativo da seqüência de acidentes e falhas identificados através de testes reais e simulado e por fim realiza cálculos objetivando quantificar os efeitos de uma falha, seu comportamento e os riscos para pessoas, meio ambiente e outros danos materiais.

*Segundo (Drumond et al, 1999), a confiabilidade pode ser definida como a habilidade do produto de funcionar satisfatoriamente por longo tempo após sua compra. Portanto, um produto é considerado confiável se mantém seu desempenho inicial por um período aceitável de tempo. A engenharia da confiabilidade consiste em investigar o produto ou sistema com relação a possíveis falhas que possam ocorrer, a resistência do produto a elas e também em procurar as suas causas e buscar maneiras de eliminá-las ou reduzir os seus efeitos, visando à prevenção de sua ocorrência. Vários métodos são utilizados para obter produtos confiáveis e seguros, tais como planejamento e análise de experimentos para desenvolvimento de projetos robustos, investigação de possíveis modos de falha dos componentes do produto e dos processos de fabricação, avaliação do impacto de seus efeitos no produto e análise da criticidade do efeito do ponto de vista do cliente (As ferramentas mais efetivas para realizar esta análise são FMEA — *Failure Modes and Effects Analysis* e FMECA — *Failure Modes, Effects, and Criticality Analysis*) e investigação da confiabilidade e segurança do produto pela análise *top-down* dos modos de falha do produto e identificação de suas causas. Uma ferramenta muito eficaz neste estudo é FTA — *Fault-Tree Analysis*, que utiliza diagramas*

lógicos para descrever a funcionalidade do produto e cálculos de probabilidade para quantificar a chance de ocorrência das falhas (Drumond *et al*, 1999).

Método Taguchi ou Projeto Robusto – Segundo Drumond *et al* (1999), no início da década de 80, o engenheiro japonês Genichi Taguchi popularizou as técnicas estatísticas de planejamento de experimentos nas indústrias americanas ao desenvolver uma forma de implementação destas técnicas e agregar novos conceitos ao desenvolvimento de produtos e processos. Sua abordagem para o projeto do produto e do processo ficou conhecida como “Método Taguchi” e compreende três fases: projeto do sistema, projeto de parâmetros e projeto de tolerâncias.

O projeto de parâmetros ou projeto robusto é a fase de maior aplicação do Método Taguchi nas indústrias de todo o mundo. Consiste na identificação dos valores nominais ótimos para os parâmetros do sistema (componentes do produto ou parâmetros dos processos), de modo que minimizem a variação no desempenho do produto. O objetivo nesta fase é produzir um produto robusto, isto é, insensível aos vários fatores que causam variação no desempenho do produto (fatores de ruído), quer sejam no processo de manufatura, na armazenagem, transporte e distribuição, ou nas diferentes condições de uso do produto pelos clientes (Drumond et al, 1999).

2.3.3.2 Metodologias Organizacionais

Metodologias e ferramentas direcionadas à organização do processo de desenvolvimento, auxiliando no gerenciamento de suas atividades e do fluxo de informações. Elas têm como função, a coordenação das etapas com o objetivo de integrar não somente as atividades pertinentes ao desenvolvimento, mas também as pessoas envolvidas no projeto (Ferreira, 2001). Podemos citar como exemplo:

Engenharia Simultânea – metodologia que não possui regras definidas, mas, princípios para gerenciar o desenvolvimento de produtos, integrando todo seu processo através do paralelismo das atividades. O objetivo é atender as principais metas para a obtenção de um bom desempenho deste processo, com foco na antecipação de problemas e na redução do tempo de desenvolvimento (Ferreira, 2001).

Análise e Engenharia do Valor (AV/EV) – aplicação sistemática, consciente de um conjunto de técnicas, que identificam funções necessárias do produto, estabelecem valores para as mesmas e desenvolvem alternativas para desempenhá-las ao mínimo custo (Ferreira, 2001).

Stage-Gates Process (SGP) – O SGP parte da premissa que o planejamento do produto é um processo e como outros processos pode ser gerenciado. Uma boa analogia é o processo de produção de um produto físico. O processo é subdividido em um número de fases ou estações de trabalho. Entre cada par de estações de trabalho, há um ponto de controle de

qualidade. Para passar de uma estação de trabalho para a próxima, o produto tem que satisfazer um ou mais critérios de qualidade. A *Figura 2.2* mostra um exemplo de SGP.

O SGP emprega um método análogo para gerenciar o planejamento de produto, que é dividido em um número de fases cada, do qual cada fase é composta por um conjunto de atividades em série e/ou em paralelo. Normalmente, há cerca de quatro a sete fases e cada fase é mais clara do que a fase anterior. A informação é aprimorada de uma fase para a seguinte, e desta maneira o risco é gerenciado. Entre cada par de fases há um portão de decisão.

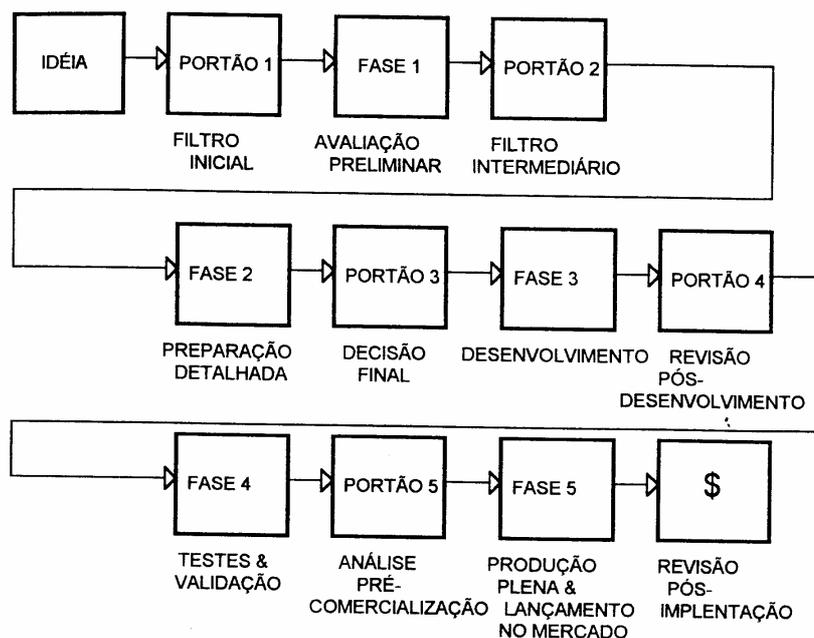


Figura 2.2 – Stage Gate Process.- Processo de Fase - Portão

QFD – metodologia que busca uma maior interação com os clientes, pois se trata de um processo estruturado, desenvolvido para introduzir este caráter pessoal ao processo de manufatura, convertendo os desejos do consumidor em projeto do produto e atividades de planejamento e controle do processo.

Em 1995, no primeiro simpósio internacional de QFD realizado em Tokyo, Prof. Akao fez uma declaração formal da necessidade de colocar o método QFD dentro da estrutura de trabalho do GDP, com o artigo “QFD Toward Product Development Management”. A inserção do QFD em GDP, apesar de já ter sido reconhecida pela comunidade da GDP das diferentes perspectivas como Marketing, Engenharia de Produção e Design, estava sendo reconhecida formalmente pela primeira vez por parte da comunidade do QFD (Cheng, 2000).

Oliveira e Drumond (2000) afirmam que o desenvolvimento de novos produtos é um processo complexo que lida com diversas informações como as necessidades dos clientes, por

exemplo, que são informações preciosas, porém, o acesso a elas exige um esforço não trivial. *Além disso, quando não são bem gerenciadas, as informações obtidas se perdem ao longo do processo de desenvolvimento, de forma que os esforços despendidos nesta atividade nem sempre trazem o retorno esperado.*

Os autores ainda mencionam que problemas como esses são, muitas vezes, os grandes responsáveis pelo não sucesso de um projeto. *Em particular, na etapa do projeto do produto e do processo, a equipe depara com uma série de dificuldades na realização de algumas atividades, como por exemplo:*

- identificação e priorização das características da qualidade do produto que realmente refletem as necessidades dos clientes e definir os respectivos valores-meta;
- definição das especificações das matérias-primas;
- identificação e priorização dos parâmetros de controle do processo que afetam as características da qualidade do produto e definir as suas respectivas faixas de operação;
- armazenamento de forma organizada, de toda a gama de informações obtidas em cada atividade;
- visualização de todas estas informações de forma integrada;

Segundo Drumond *et al*, (1995), o QFD é um método para a garantia da qualidade durante todo o processo de desenvolvimento do produto, desde a identificação das necessidades dos clientes, planejamento e projeto do produto, até a sua fabricação. *Caracteriza-se pela eficácia no armazenamento e transmissão de informações durante a atividade multifuncional de desenvolvimento de produto. O desdobramento da qualidade é uma maneira metódica de conversão da voz dos clientes em procedimentos técnicos que permitam elaborar um produto que satisfaça suas verdadeiras necessidades.* Para tal, utiliza um processo de detalhamento das relações existentes entre os diversos itens que determinam a qualidade do produto, junto a uma indicação precisa de quais informações são necessárias em cada etapa do desenvolvimento do produto e do processo, e qual é o fluxo destas informações (Drumond *et al*, 1999).

2.3.3.3 Outras Metodologias

Enquadram-se nesta categoria, diferentes técnicas com diversas funções que não se enquadram nas características de nenhuma daquelas citadas acima. Podemos citar como exemplo:

Benchmarking do Produto - processo contínuo de medição de produtos, serviços e práticas em relação aos mais fortes concorrentes, ou às empresas reconhecidas como líderes

em suas indústrias. Trata-se de um processo gerencial de auto-aperfeiçoamento que deve ser contínuo, pois as práticas das indústrias sofrem mudanças e, precisam ser monitoradas e atualizadas constantemente (Ferreira, 2001).

Tecnologia de Grupo (TG) – a TG visa à redução de projetos e dos custos envolvidos no desenvolvimento através do agrupamento de partes similares com o intuito de tirar proveito dessas similaridades. Assim, produtos suficientemente diferentes passam a ser obtidos juntos, economizando em atividades de projeto, produção e gerenciamento de fluxos logísticos, graças ao uso repetitivo de módulos e partes padrões na definição do produto (Ferreira, 2001).

2.3.3.4 Metodologia adotada

Para o processo de desenvolvimento de produtos na IMBEL, utilizou-se a metodologia do QFD, pois é um método organizacional já de conhecimento da empresa, além de atuar em toda fase de desenvolvimento do produto, seguindo o modelo escolhido na seção 2.3.1.

No capítulo 3 será justificada a utilização do QFD, através de breve uma revisão bibliográfica sobre o assunto, além da apresentação de suas vantagens e benefícios e suas aplicações.

3. QFD – Desdobramento da Função Qualidade

3.1 Resumo

Este capítulo tem o objetivo de apresentar uma rápida revisão bibliográfica sobre o Desdobramento da Função Qualidade (QFD), assim como suas vantagens e benefícios.

Descreve também a origem e aplicações do QFD, bem como as etapas para sua aplicação, além de uma breve explanação sobre abordagens de alguns autores sobre o QFD.

3.2 Introdução

Segundo Peixoto (1999a), o *Quality Function Deployment (QFD)* é proposto na literatura como uma metodologia de gestão do desenvolvimento de produtos, embora a maioria dos trabalhos publicados descreva a utilização de apenas uma de suas fases, “a casa da qualidade”, para introduzir a “voz” do cliente na empresa, ou para relacionar requisitos a características técnicas de projeto.

O *QFD* é um método para desenvolver projetos com qualidade, direcionando o atendimento da satisfação dos consumidores, através da tradução de suas necessidades e desejos, em objetivos para o desenvolvimento de novos produtos e/ou melhoria dos atuais, garantindo desta forma a qualidade do projeto como um todo desde a sua fase de idealização até as fases de produção, comercialização e pós-vendas (Moura, 1999).

Segundo Buss (2001), o QFD é uma técnica orientada à realização da transposição da informação entre áreas de conhecimento diversas. Essa ferramenta é utilizável na passagem da informação de natureza qualitativa, normalmente originada na área de marketing, para a de natureza quantitativa, utilizada em engenharia.

O QFD integra as diversas atividades de desenvolvimento de um produto ou serviço em um único processo (Ferroli 2000).

Em complemento, O *QFD* busca ouvir o que dizem os clientes, descobrir exatamente o que eles querem e utilizar um sistema lógico para determinar a melhor forma de satisfazer as necessidades desses clientes com os recursos existentes (Silva, 1996).

Os aspectos fundamentais do QFD podem ser descritos através de suas dimensões (Weidmann, 1997):

- Desdobramento da Qualidade: tradução dos requisitos do cliente para características de projeto do produto.
- Desdobramento da Função: tradução dos requisitos do projeto do produto para requisitos de seus componentes, processo, e manufatura.

O Desdobramento da Função Qualidade é uma excelente ferramenta para o

planejamento da qualidade (Qualidade Planejada). Isso acontece porque o QFD permite priorizar componentes, processos, parâmetros de processos e itens de infra-estrutura ou Recursos Humanos. Essas priorizações facilitam a definição de atividades, que formam um plano de ação alinhado com as principais demandas do cliente (Tumelero 2000).

De acordo com Akao (1995), a Qualidade Planejada é representada por meio de expressões verbais pelos clientes, não sendo possível arquitetar o hardware, em nível de produto sem convertê-las. É preciso, portanto, efetuar a conversão dessas expressões em linguagem técnica. Esta linguagem técnica é a própria Característica da Qualidade (CQ), sendo que a estrutura de classificação das características técnicas é a tabela de Desdobramento das Características da Qualidade e esta pertence ao Mundo da tecnologia.

Ainda segundo Akao, a conversão é feita mediante o uso de uma Matriz, uma vez que o mundo dos clientes é totalmente diferente do mundo da tecnologia. Isto quer dizer que a matriz da qualidade possui o significado de uma matriz que possibilita a conversão do mundo dos clientes em mundo da tecnologia (ver Figura 3.1)

Não existe uma clara distinção entre a Qualidade Planejada e a Qualidade Projetada, mas de qualquer forma é necessário elaborar inicialmente a tabela de Desdobramento das Qualidades Exigidas (QE), uma vez que a decisão de compra é dada pelos clientes. Estas qualidades exigidas devem ser convertidas para o Mundo da tecnologia, ou seja, em Características da Qualidade passíveis de medição, que devem ser priorizadas através das correlações e conversões no interior da matriz. Finalmente deve-se estabelecer a Qualidade Projetada, representada por valores numéricos concretos, a partir da comparação com os concorrentes e do grau de importância.

Uma forma de se conseguir esta conversão, e primeiramente a determinação do desdobramento das Qualidades Exigidas é a realização de uma pesquisa junto aos clientes, pois como complemento, conforme Tumelero (2000), um aspecto importante inserido no QFD é a postura de desenvolvimento de produtos orientada pelo mercado. É natural, portanto iniciar o desenvolvimento de produtos pela pesquisa das necessidades e dos desejos dos clientes, cujas informações são utilizadas no desdobramento da qualidade exigida.

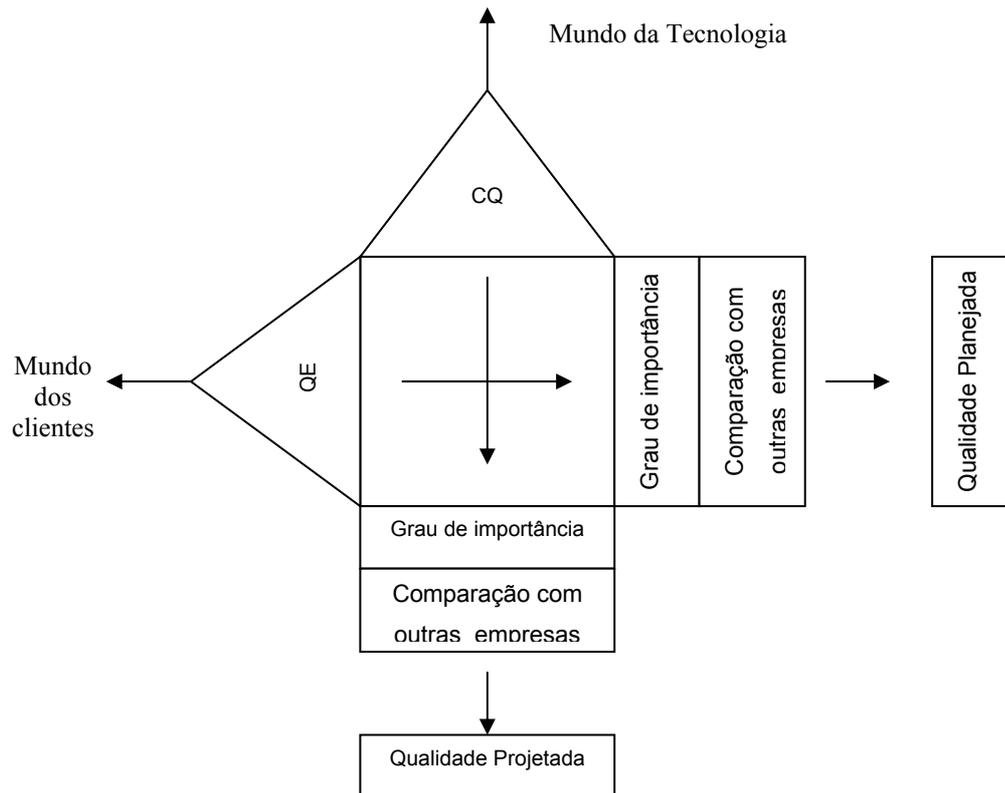


Figura 3.1 – Matriz da Qualidade.

Fonte: Akao (1995)

A partir da voz do mercado, o procedimento geral para se converter as informações do mundo da tecnologia (linguagem técnica da empresa) pode ser visualizado no fluxograma da *Figura 3.2*. Nesta figura, está escrita a essência desta atividade, destacando-se quais são seus principais passos e como devem ser operacionalizados. (Cheng *et al*, 1995).

Moura (1999) cita que *o propósito da voz do cliente dentro do desenvolvimento da função qualidade (QFD) é saber suas expectativas, desejos sonoros, e ainda, necessidades despercebidas. O propósito do QFD é desdobrar a qualidade necessária para satisfazer e, até mesmo, deleitar o cliente. Desta forma, obter a voz do cliente é o foco do processo de QFD. Se uma representação inexata dos desejos do cliente é obtida, o processo de QFD irá direcionar o processo de desenvolvimento de produtos para produzir o produto errado.*

Isto será um desperdício! Assim, obter a voz do cliente com precisão é um processo crítico para a própria aplicação do QFD.

Oferecer um produto ou serviço que os seus clientes considerem excelente requer que você conheça as expectativas dos seus clientes (Wing, 1999).

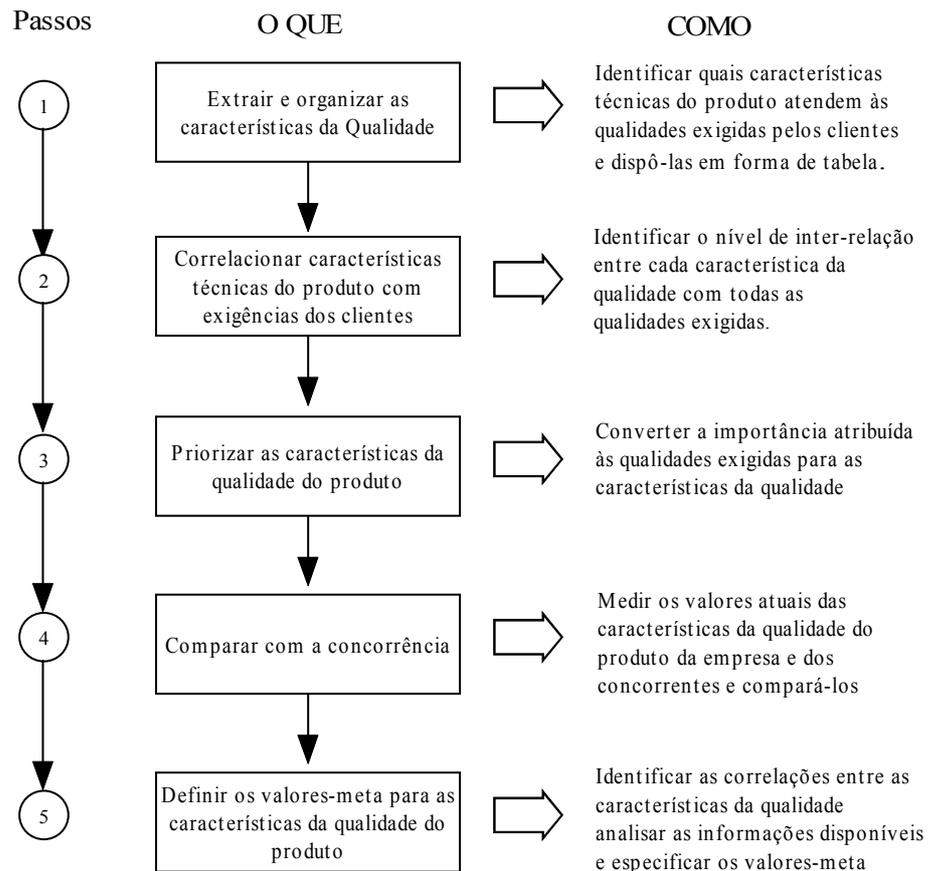


Figura 3.2 – Conversão da Voz do Cliente

Fonte: Cheng *et al* (1995).

3.3 Vantagens e Benefícios

Existe uma série de vantagens e benefícios provenientes da implantação do QFD. Dentre eles podem ser citados:

- Redução do ciclo de desenvolvimento do produto, pelo fato de que quando o produto é lançado no mercado leva em conta características desejáveis, além do desenvolvimento concentrar-se naquilo que é importante. A aplicação do QFD encurta o desenvolvimento do produto da ordem de 30 a 50 % (Weidmann, 1997);
- Lobo (2000) aponta que o QFD pode obter custos menores e maior produtividade, além de fornecer visão geral de todo o projeto. Dados relatados pela Toyota apontam uma redução da ordem de 20% nos custos iniciais de lançamento de uma nova van, chegando a uma redução cumulativa de 61% depois de 5 anos;
- Redução de problemas no lançamento de novos produtos e quando o produto já está no mercado, resultando em menores mudanças de projeto, pois se concentra nas características relevantes do produto. Essa redução pode chegar a um terço devido à diminuição do número de alterações de engenharia (Sullivan, 1986);

- Melhor atendimento às demandas do cliente, redução das reclamações, maior comunicação entre os Departamentos, crescimento e desenvolvimento dos participantes através do aprendizado mútuo, entre outros (Akao1990).

3.4 Origem do QFD

No Japão, as empresas davam, já na década de 60, uma maior ênfase ao desenvolvimento de novos produtos. O rápido crescimento da indústria automobilística japonesa nesta época, promoviam desenvolvimentos de novos automóveis e mudanças de modelos. Conforme Akao (1995), *nesta ocasião, dois pontos serviram como ponto de partida para a idealização do QFD:*

1. *Começou a ser dada maior ênfase à qualidade projetada, mas não existia nenhuma bibliografia acerca deste assunto;*
2. *O padrão técnico de processo (PTP) estava sendo utilizado, mas o mesmo era elaborado pela produção depois de iniciada a fabricação de um novo produto.*

O QFD foi desenvolvido em um ambiente como um método ou conceito dentro da filosofia do TQC¹ (Akao, 1995). Segundo o autor, a primeira aplicação em larga escala foi feita por Oshimi da *Bridgestone Tire*. Uma tabela de itens para a garantia do processo foi apresentada na Bridgestone em 1966, mostrando a ligação entre qualidades verdadeiras e fatores de processo. A partir desta tabela, Akao inicia a idéia de elaborar o PTP aproveitando-a antes mesmo de iniciar a produção, passando a tentar utilizar a referida tabela para o desenvolvimento de novos produtos, acrescentando-lhe uma nova coluna, referente aos pontos importantes para o projeto. Após experiências em algumas empresas, um resumo da proposição do estudo resultou no Desdobramento da Qualidade, sendo utilizada esta expressão pela primeira vez em 1972. *Com esse procedimento, foi possível definir o método para desdobrar os pontos críticos, do ponto de vista da garantia da qualidade, em processos antes do início da produção, a fim de assegurar a qualidade do projeto. Porém, era ainda algo insuficiente como método de estabelecimento das especificações do projeto A Matriz da Qualidade proposta, logo em seguida pelo Estaleiro de Kobe da Mitsubishi Heavy Industry, veio completar a parte faltante. Nesta tabela é mostrada a relação entre funções e características da qualidade que representam as características substitutivas, depois de feita a estruturação das qualidades verdadeiras (as exigidas pelos clientes) centrada nas funções*

¹ *Total Quality Control* - Controle da Qualidade Total

(Akao 1995). O Desdobramento da Qualidade (QD) foi definido como: “*É o desdobramento sistemático em cada estágio de conversão das exigências dos usuários em características substitutivas (Características da Qualidade), definição da qualidade projetada do produto final, transformação desta em cada qualidade dos componentes funcionais até atingir os elementos da qualidade e do processo de cada componente separadamente*”.

Na década de 80, destacam-se os trabalhos de Larry Sullivan do *American Supplier Institute*, que contribuiu com a disseminação do QFD na indústria automobilística norte-americana, publicando nos EUA, em 1986, trabalho extensivamente referenciado em todo o mundo. Ainda na década de 80, Donald Clausing trouxe essa técnica para a Xerox e depois para o MIT (*Massachusetts Institute of Technology*). Desde então vem sendo usada em vários ramos industriais, não somente nos Estados Unidos e Japão, mas também em outros países no mundo, tais como Turquia, Suécia, Itália, Nova Zelândia, dentre outros.

O QFD conhecido atualmente é resultado da síntese do QD, proveniente da corrente que busca estabelecer claramente os pontos de controle sob a ótica de Garantida da Qualidade e o QFD no sentido restrito, oriundo de outra corrente, que é a da Engenharia de Valor. *Depois de adquirida a forma, muitas empresas e diversos pesquisadores vieram promovendo a melhoria do QFD* (Akao 1995).

3.5 Aplicações do QFD

A importância do QFD no desenvolvimento de produtos é demonstrada através de suas diversas aplicações nos mais diversos ramos de mercado. Entre estas aplicações, podemos citar:

- O desenvolvimento de uma nova solução para limpeza de circuitos impressos na IBM (Adiano 1995) – O propósito do projeto era melhorar a qualidade da pasta solúvel em água utilizada em circuitos impressos. Para atender a regulamentações governamentais, a IBM converteu seu processo de limpeza para um processo aquoso (antes se utilizava uma solução com cloro, flúor e carbono). Essa conversão requeria a introdução de uma nova fórmula para solução. Então os engenheiros aplicaram o QFD para este problema. Através de uma pesquisa com equipes de clientes internos, foram levantados os requisitos para composição da matriz da Qualidade e descobriu-se que a viscosidade da pasta e a temperatura e umidade da sala eram parâmetros críticos no processo e precisavam de melhoria. Uma pasta nova então fora experimentada, com o monitoramento da viscosidade, temperatura e umidade em três níveis. Como resultado, uma nova pasta fora aprovada. Então outras pesquisas foram submetidas aos

clientes. A conclusão mostrou um crescimento na satisfação dos clientes em diversos requerimentos e os engenheiros puderam determinar como monitorar melhor os parâmetros críticos. Ainda como resultado, a IBM obteve uma economia de matéria-prima na ordem de quinze por cento ao ano, economia no custo do processo na ordem de vinte e cinco por cento ao ano, maior flexibilidade na linha de trabalhos de impressão, além de outras melhorias;

- O planejamento de novos produtos na indústria automobilística (Chrysler Corporation) – *Em janeiro de 1994, a imprensa escrita divulgou como grande novidade o lançamento do automóvel modelo Néon pela Chrysler, com o preço na faixa de US\$ 10.000,00, para exterminar os carros japoneses. Segundo a notícia veiculada nos jornais, a Chrysler na época chamada Lee Iacocca, desenvolveu uma pesquisa completa sobre a Honda entre 87 e 88 e aproveitou o seu resultado para rever o sistema convencional de desenvolvimento de novos modelos, no qual as áreas de produção, vendas e pesquisa e desenvolvimento agiam separadamente. Em função da modificação, os representantes dessas três áreas formaram um grupo e começaram a trabalhar no mesmo edifício. Como consequência, foi possível reduzir consideravelmente o tempo de desenvolvimento, resultando no lançamento do Néon em 31 meses (Akao 1995);*

- Desenvolvimento de refrigeradores na Eletrônica LG, uma empresa sul coreana que confecciona equipamentos elétricos – *A LG iniciou a implementação do QFD em 1995 e desenvolveu seis novos modelos de refrigeradores “Rokkakusui” de médio porte com capacidade entre 400 e 500 litros. Na Eletrônica LG, elaborou-se a tabela de desdobramento das Qualidades exigidas e com o uso das informações primitivas coletadas junto aos clientes, efetuou-se a suposição das cenas de utilização do produto na “folha de conversão dos dados primitivos” para construção da matriz da qualidade. Através da matriz da qualidade, foi possível identificar com precisão a necessidade dos clientes sul-coreanos quanto ao “desejo de se tomar água gelada e saborosa a qualquer momento”. Como resultado, a Eletrônica LG conseguiu desenvolver uma geladeira dotada de função de “poder retirar a água gelada e saudável, água esta com uma estrutura de seis moléculas, sem a necessidade de abrir a geladeira”. Os novos modelos desenvolvidos tornaram-se produtos de sucesso da Eletrônica LG, resultando em poder caminhar para a consolidação da posição máxima no mercado ao alcançar uma fatia de mais de 30%. Este mercado de geladeira era dividido entre LG, Sansei e Daewoo, cada uma com cerca de 25%. (Akao 1995);*

- Desenvolvimento de produtos no setor alimentício – Tumelero (2000) descreve uma aplicação do QFD em uma empresa do setor alimentar. O estudo foi realizado na linha produtiva de biscoitos salgados, objetivando a melhoria do produto, o aumento de vendas e a conseqüente ampliação da fatia de mercado. Após a realização de uma pesquisa de mercado, elaborou-se a matriz da qualidade onde ficou evidenciado que entre os itens da demanda da qualidade, destacam-se boa aparência e bom sabor e entre as características da qualidade destacam-se a análise sensorial, a análise visual e o teor de umidade. Seguiu então a elaboração das matrizes do produto (onde se revelou que as características dos componentes mais importantes são: o teor de umidade e a pureza dos componentes), processo (*os processos priorizados foram os processos de estampar, inspeção/ensaio de matéria-prima e mistura da*

massa reforma. Paralelamente, os parâmetros dos processos mais importantes foram: ponto da massa e espessura do biscoito) e de recursos (onde foram priorizadas as funções de Supervisor Técnico de Biscoitos e Líder de Processo e em relação aos itens de infra-estrutura, foram priorizados as masseiras e bombas dosadoras). Assim o trabalho segue com o plano de melhoria para as características da qualidade, dos componentes do produto, dos processos de fabricação, dos recursos humanos e de infra-estrutura. O estudo mostrou que o QFD é um método indicado para auxiliar a gerência no planejamento e garantia da qualidade.

- *À medida que as matrizes são desdobradas, alinhadas com as demandas do cliente, o plano de melhoria surge naturalmente. As ações a serem empreendidas envolvem atuação junto ao cliente, controle de matérias primas, controle de parâmetros do processo, investimento em equipamento e otimização de características de qualidade. Neste estudo de caso, ficou evidente a necessidade de tratar o problema de forma sistêmica, uma das vantagens do QFD.*
- *Na medida em que as ações são dirigidas pelo QFD, onde critérios de priorização são utilizados, obtém-se um plano de ação que possui um foco bem definido. A metodologia torna claro quais os aspectos mais importantes e isso assegura o maior retorno possível aos esforços da equipe técnica (Tumelero 2000).*

Neste estudo de caso, ficou evidente a importância do uso do QFD, pois ele (i) contribuiu no estabelecimento das demandas do cliente, (ii) proporcionou uma visão ampla do processo, identificando todas as etapas críticas, (iii) orientou as atividades de desenvolvimento do produto e (iv) organizou as informações necessárias para o planejamento das melhorias da qualidade (Tumelero 2000);

- *O processo de transferência de tecnologia na Sadia, guiado pelo QFD – A Sadia decidiu entrar em um novo e competitivo mercado do setor de alimentos, cuja liderança já estava solidamente definida. Devido à escassez de tempo, decidiu importar a tecnologia. O uso do QFD foi importante para compreensão adequada das exigências dos consumidores muito embora o processo produtivo ter sido definido previamente pelo fornecedor da tecnologia. A partir da introdução do QFD a Sadia investiu muito no desenvolvimento de novos produtos garantindo a sua liderança no mercado de alimentos industrializados. (Sarantopoulos, 1999);*
- *Desenvolvimento de caminhões e ônibus na Volkswagen (Fragoso 1999) – A Volkswagen do Brasil detém a responsabilidade sobre o projeto e certificação de veículos de carga com peso bruto total acima de seis toneladas. O ciclo inicia-se com um QFD simplificado, em que os clientes internos e externos são consultados. A decisão sobre a implementação de cada item é efetuada durante a fase de conceituação do produto. Desenvolve-se em seguida todo o trabalho de layout e cálculo estrutural em estações de trabalho, construções de protótipos, aquisição de dados, testes de desempenho e durabilidade. Após a resolução dos problemas ocorridos durante os testes, o novo produto pode ser lançado, cerca de dezoito a vinte e quatro meses após o início do programa. Após o lançamento inicia-se o acompanhamento em campo, do produto, cabendo à engenharia do cliente resolver eventuais problemas de campo, realimentando com informações os novos*

QFD, fechando-se assim o ciclo de desenvolvimento, dentro dos conceitos de melhoria contínua;

- Desenvolvimento de QFD para chicotes elétricos na *Dephi Automotive Systems* Rosati (1997). Nesse caso, a existência de uma estrutura de serviço de apoio ao cliente permite a obtenção das informações dos clientes. Essa estrutura é composta de um grupo de desenvolvimento de engenharia dedicado ao cliente em regime de parceria, com engenheiros residentes e pessoal técnico acompanhando a linha de produção do cliente. Através de estruturas de serviços como estas, o levantamento das necessidades do cliente pode ser realizado de forma sistemática. Neste caso, no projeto de um novo chicote elétrico que irá substituir o atual devido a uma mudança de ano/modelo da plataforma de um veículo de determinado cliente, o grupo de engenharia de produto, através do engenheiro residente no cliente e dos contatos do pessoal do departamento de vendas junto ao departamento de compras do cliente, levantou as seguintes características que o cliente requeria para esse novo projeto:

- a) Redução do custo do conjunto dos chicotes elétricos.
- b) Redução de peso do conjunto.
- c) Entrega dos chicotes em caixas retornáveis de cor amarela.
- d) Projeto do conjunto de chicotes elétricos semelhante ao que o cliente tem para seus veículos montados na Europa.

A pesquisa junto ao cliente vai, além de levantar as características desejadas pelo cliente, classificar essas necessidades conforme o grau de importância dado por ele. Numa escala² de 1 a 5, a redução de peso do chicote recebe uma classificação 5, enquanto que a entrega em caixas amarelas retornáveis recebe uma classificação 3. Para cada um desses itens também é feita uma comparação competitiva com a concorrência.

Além de estudos como a aplicação no setor de serviços através de um sistema de ensino (Turrioni, 2000), o gerenciamento da configuração de sistemas para o desenvolvimento de softwares (Lobo, 2000), o planejamento de software de custos na PHD informática utilizando o QFD (Sonda, 2000), projeto de televisores (Jacobs e Dygert, 1997), entre outros.

² Escala Lickert (ver Marconi e Lakatos, 1990; e Trochim, 1998). As escalas podem variar do nível 1 ao nível 5 (escala mais usual); nível 1 ao nível 7; nível 1 ao nível 9 e nível 0 ao nível 4, dentre outras (Marconi e Lakatos, 1990).

Notadamente, o QFD tem sido muito aplicado na indústria automobilística. Por exemplo, a QS 9000 (1998) destaca o QFD como ferramenta recomendada para desenvolvimento de produtos.

3.6 As Etapas do QFD

O processo de aplicação do QFD envolve diversas etapas, dentre elas:

3.6.1 Determinação do objetivo do QFD

O QFD pode ser usado para desenvolvimento de novos produtos, melhoria de produtos existentes, ou ainda correção de problemas detectados através de reclamações de clientes. Nessa etapa deve ser definido o que se pretende obter com o QFD, ou seja, em quais casos citados acima ele deverá ser aplicado. Nessa etapa também pode ser definido qual deve ser a amostra, por exemplo, se é dirigida para clientes internos ou externos ou voltada para o mercado nacional ou exportação.

3.6.2 Escolha da equipe multifuncional de trabalho

O desenvolvimento de novos produtos é um dos processos organizacionais de maior nível de complexidade. Primeiro, porque envolve a análise de um grande volume de informações, desde a identificação de oportunidades de mercado até à avaliação da competência da empresa a ser utilizada na geração de novos produtos. Segundo, porque estes sempre envolvem riscos a mais para o sucesso e a sobrevivência da empresa em seu Mercado(Buss, 2001).

Finalmente, o processo de desenvolvimento mobiliza praticamente *toda* a organização (Wind & Mahajan, 1997).

As metodologias e tecnologias usualmente utilizadas na gestão do trabalho em engenharia tratam, basicamente, da organização do trabalho e da realização dos diversos processos de desenvolvimento de produtos. Do ponto de vista da coordenação interfuncional, a viabilização do seu emprego no modo mais adequado possível torna-se fundamental.

A divisão do trabalho, aliada à sua conseqüência mais próxima, a sua especialização, segmentou as áreas de conhecimento na empresa, separando-as umas das outras na estrutura organizacional (Buss, 2001).

Pode-se citar, por exemplo, o que aconteceu dentro da engenharia como a separação entre as áreas de *projeto* e de *fabricação* observada na segunda metade do século XX.

Contudo, segundo Hutt & Speh (1984), a dinâmica dessa estrutura acontece continuamente, envolvendo simultaneamente diversos conhecimentos e habilidades situadas muitas vezes, em setores diferentes. Assim, os processos de uma organização envolvem atividades de todas as funções, fazendo com que as atividades de cada função interajam e dependam das atividades das demais.

Ruekert & Walker (1987) chamam essa interação de atividades de fluxos de transação, que incluem: fluxos de recursos, de trabalho e de assistência, além do mais amplo de todos, o de *comunicação*. Buss (2001) menciona que, segundo esses autores, *os fluxos, apesar de representarem dimensões diferentes da interação interfuncional, são interdependentes. “Fluxos de trabalho, por exemplo, freqüentemente requerem algumas formas de transferência de pagamentos no interior da organização, e, a partir disso, geram fluxo de recursos”*.

Nesses fluxos, existem interdependências que aumentam a conexão entre as atividades das funções (Hutt & Speh, 1984). Uma das principais interdependências, apontada por Ruekert & Walker (1987), é a de *recursos*, que reflete a “importância para um membro de uma área funcional obter recursos de outra área para alcançar seus objetivos”. *Outras interdependências que se apresentam são as de informação e de desempenho funcional. Quanto maior a interdependência entre as funções, maior a sua interação e os fluxos de recursos entre os indivíduos e departamentos, e maior a influência do departamento que detém os recursos sobre aquele que necessita desses recursos* (Buss, 2001).

Buss (2001) cita que a comunicação é uma das questões-chave nas interações e na busca por uma maior cooperação entre as funções. Segundo Maltz (1997), a comunicação possui um efeito moderador, diminuindo a influência das barreiras geradoras de conflitos na cooperação entre as funções. Por outro lado, Ruekert & Walker (1987) encontraram, em sua pesquisa, uma relação direta entre a dificuldade de comunicação e o conflito interdepartamental. Além disso, citaram que os conflitos gerados tendem a diminuir o desempenho das funções em atividade.

Maltz (1997) aborda as diferenças em visão de mundo, linguagem e objetivos como as principais causadoras de conflitos.

Como a visão de mundo é decorrente basicamente da natureza do conhecimento específico de cada área, as diferenças de visão de mundo geram outros tipos de barreiras, como por exemplo, as barreiras de linguagem e de orientação de objetivos. Da mesma forma,

as diferenças de linguagem geram barreiras de comunicação, aumentando os conflitos e diminuindo a cooperação entre as funções (Buss, 2001).

Hutt & Speh (1984) citam barreiras de domínio de campo, interpretativas e de comunicação. De acordo com esses autores, as barreiras de domínio de campo surgem pelo temor dos indivíduos e/ou departamentos de perderem seu “território” na estrutura e dinâmica organizacional.

Uma das questões centrais no PDP é a integração entre os setores que fazem parte de suas atividades. Segundo Buss (2001), *o desenvolvimento de novos produtos é um dos processos organizacionais de maior nível de complexidade*, porque envolve a análise de um grande volume de informações, desde a identificação de oportunidades de mercado até à avaliação da competência da empresa a ser utilizada na geração de novos produtos, além de envolver riscos a mais para o sucesso e a sobrevivência da empresa em seu mercado.

Como afirmam Wind & Mahajan (1997), o desenvolvimento de novos produtos requer o envolvimento da maioria das disciplinas administrativas, incluindo pesquisa e desenvolvimento, marketing, operações, recursos humanos e finanças. Integrar plenamente essas diversas perspectivas é um imperativo.

Porém, se, por um lado, o desenvolvimento de produtos é um processo altamente interfuncional e exige uma maior cooperação entre as funções; por outro, o maior número e complexidade das interações traz um maior número de conflitos (Bus, 2001).

McDonough (2000) afirma que existem fatores que afetam o sucesso do trabalho interfuncional, quais sejam: a preparação da estrutura de interação (objetivos, delegação de responsabilidades e autoridade, clima organizacional e as habilidades dos integrantes da equipe); os indivíduos que influenciam o sucesso da equipe (como líderes e administradores); e o comportamento da equipe (cooperação, comprometimento e respeito).

No emprego de grupos multifuncionais é essencial que seja estabelecida uma correta coordenação, seja por meio de líderes do grupo ou de um grupo de coordenação, capaz de entender as diferentes perspectivas e harmonizar as diferentes linguagens. O emprego de grupos multifuncionais age principalmente nas barreiras de comunicação e nas barreiras de linguagem, diminuindo as diferenças em linguagem e jargões utilizados pelas diferentes áreas (Buss, 2001).

3.6.3 Obtenção das informações do cliente

Essa etapa é muito importante na aplicação do QFD, pois nesse momento devem ser conhecidas quais são as necessidades, desejos, expectativas, e requisitos dos clientes. Através da obtenção dessas informações, se saberá qual é "voz do cliente" para execução do QFD. Essas informações podem ser obtidas por meio de técnicas conhecidas, tais como pesquisas de

mercado, levantamentos de marketing, ou mesmo atuação da engenharia de produto via contatos com clientes.

3.6.4 Construção da “Casa da Qualidade”

A "Casa da Qualidade"³ é uma matriz que relaciona os requisitos desejados pelo cliente (conhecidos como os "o quê"), com as características ou especificações de projeto que sejam mensuráveis, necessárias para satisfazer os requisitos dos clientes (conhecidos como os "comos"). A partir das informações dos clientes, obtidas na etapa anterior, constrói-se a casa da qualidade.

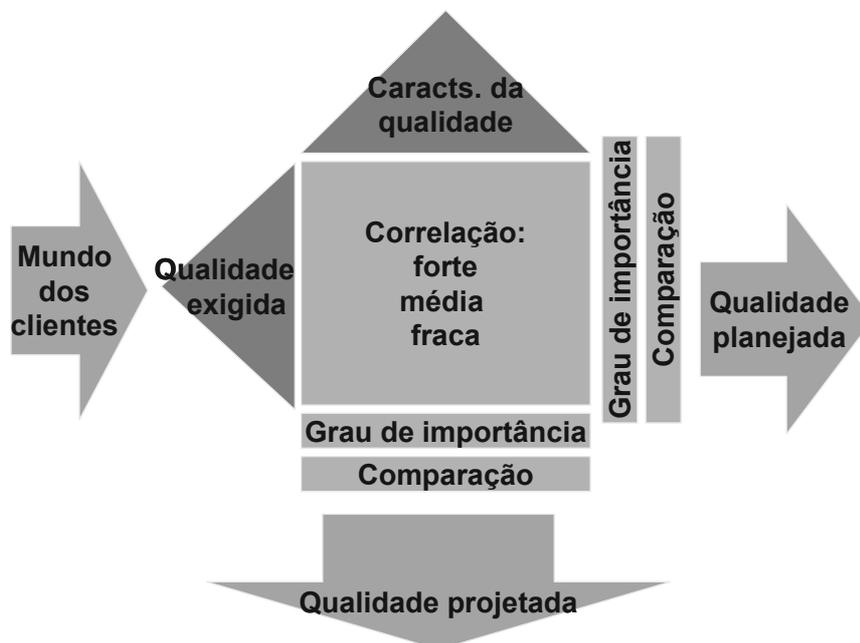


Figura 3.3 Matriz da Qualidade (adaptado de Akao, 1995)

De acordo com Tumelero (2000), a Matriz da Qualidade tem a finalidade de auxiliar no projeto da qualidade, correlacionando a qualidade exigida pelos clientes (voz do cliente), com as características da qualidade (requisitos técnicos). A importância dos itens da qualidade demandada pode ser estabelecida considerando os resultados da pesquisa de mercado, conforme a opinião dos clientes.

A *Figura 3.3* lustra a casa da qualidade com suas respectivas partes. A primeira "dependência" da casa da qualidade (localizada à esquerda na Figura) contém a lista dos requisitos desejados pelos clientes, juntamente com uma pontuação da importância relativa entre cada uma delas, dadas pelo cliente. O "primeiro andar" da casa da qualidade contém a

lista das características ou especificações de projeto necessárias para atender os requisitos dos clientes. Cada um dos "o quês" (requisitos do cliente) deve ser relacionado a pelo menos um "como" correspondente. O "andar térreo", ou a parte central da casa da qualidade é formado por um grupo de células que indicam a correlação entre os requisitos dos clientes com as respectivas especificações do projeto do produto. Nesse caso, são usados símbolos ou valores para ponderar essa correlação, por exemplo, forte, médio, moderado, fraco, e inexistente.

O "alicerce" da casa da qualidade é formado pelos valores-alvo, ou seja, pelas medidas "quanto" relativas às características de projeto ("comos"), citados anteriormente. Esses valores são determinados pela equipe multifuncional e devem ser, preferencialmente, mensuráveis de forma a verificar-se se os objetivos foram atingidos. O "telhado" da casa da qualidade, da mesma forma que o "térreo" também é formado por um grupo de células utilizadas para indicar a correlação existente entre as especificações de projeto, onde também são utilizados símbolos para indicar tal correlação: fortemente positiva, positiva, negativa, e fortemente negativa.

3.6.4.1 As Qualidades Exigidas

As Qualidades Exigidas podem ser definidas com “expressões simples que não tenham duplo sentido” (Cheng *et al*, 1995). A Qualidade Exigida, enquanto qualidade, não se deve valer de expressão de desejo, tais como “que possa ser...” ou “gostaria que fosse...”, porém usar expressões de qualidade como “Ser...” (Cheng *et al*, 1995). Dependendo do produto os clientes exigem Características de Qualidade, de modo a fazer constar claramente os valores de características nas especificações. Nesse caso, quando se transforma o porquê da necessidade daquele valor da característica em expressão lingüística, consegue-se ter a qualidade exigida (Cheng *et al*, 1995). Deve-se tomar cuidado para que os valores das características não se misturem às expressões de qualidade exigida. Da mesma forma, procura-se não se misturar também as medidas e contramedidas com as expressões de qualidade exigida.

Os elementos da qualidade são definidos como itens não quantificáveis, capazes de avaliar a qualidade do produto (itens intermediários entre a qualidade exigida e a característica da qualidade) (Cheng *et al*, 1995). Já as características da qualidade são definidas com itens que devem ser medidos no produto para verificar se a qualidade exigida está sendo cumprida (Cheng *et al*, 1995).

³ Proveniente do termo *House of Quality*

O quadro 3.1 mostra um exemplo da diferença entre Elemento da Qualidade e Característica da Qualidade para o caso de uma estrutura metálica. As características da qualidade podem ser medidas ou calculadas, enquanto os elementos da qualidade não são diretamente quantificáveis, mas podem avaliar a qualidade do produto através de um conjunto de características da qualidade (Cheng *et al*, 1995). No caso do elemento da qualidade “resistência”, é necessário medir ou calcular algumas características, como: “resistência à tração”, “resistência à torção” e “limite de escoamento”, para se obter uma avaliação precisa da qualidade da estrutura metálica.

ELEMENTOS	CARACTERÍSTICAS
Resistência	Resistência à tração
	Resistência à torção
	Limite de escoamento
Rigidez	Rigidez horizontal
	Rigidez vertical
Dimensões	Comprimento
	Largura
	Altura
	Peso

Quadro 3.1 – Exemplo de uma Estrutura Metálica

Fonte: Cheng (1995)

Para determinação da tabela de desdobramento da qualidade exigida, inicialmente é preciso conhecer as exigências do mercado específico antes de estabelecer as qualidades. Procurar obter, inclusive, as exigências latentes, não se limitando a aquelas sensíveis. Depois de efetuada a pesquisa, estabelecer o “produto” a ser fabricado (Akao, 1990b).

O Quadro 3.2 demonstra um procedimento para elaboração da tabela de desdobramento da qualidade exigida.

No capítulo quatro será apresentado um modelo para levantamento dos requisitos da qualidade.

- (1) Converter as informações primitivas em informações lingüísticas de expressão concisa, sem conter mais de um significado.
- (2) Reunir todas as informações similares e determinar uma linguagem representativa para cada conjunto formado.
- (3) Considerar que essas linguagens representativas seriam os itens terciários e mais uma vez efetuar agrupamentos em conjuntos similares para formar itens secundários e posteriormente itens primários.
- (4) Esclarecer os itens primários de qualidade, para permitir um rearranjo, acrescentando oportunamente os itens não incluídos em níveis secundários e terciários.
- (5) Colocar a numeração de classificação, resumindo-se em forma de quadro seguido da montagem da tabela de desdobramento da qualidade exigida.

Quadro 3.2 – Procedimento para elaboração da tabela de desdobramento da qualidade exigida.

Fonte: Akao, 1990b.

3.6.4.2 A Qualidade Planejada

- **Identificação do grau de importância** – É a importância que os clientes dão a cada requisito. Geralmente é obtido diretamente junto aos clientes, os quais atribuem uma “nota” a cada requisito (Peixoto, 1999b). *Essa nota obedece a uma escala numérica pré-determinada. 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 (Peixoto, 1999b).*

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 (Peixoto, 1999b).

Segundo Fiates (1995), *o cliente é convidado a dar uma nota ao requisito, de acordo com o grau de importância, dentro de uma escala de 1 a 10, sendo o 1 pouco importante e o 10 muito importante (Escala Lickert, de acordo com Marconi e Lakatos, 1990; e Trochim, 1998).*

- **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 (Peixoto, 1999b). 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 (Peixoto, 1999b).

Para Akao (1990a), assim como a importância dos requisitos, 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 de 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. Assim, a avaliação absoluta é mais adequada (Peixoto, 1999b).*

O cliente avalia ainda como o serviço prestado pela empresa atende a cada um dos requisitos do consumidor em relação aos principais concorrentes, usando-se, para tanto, uma escala crescente de 1 a 5. Este processo configura-se numa forma de benchmarking, um processo de comparação contínua da empresa em relação a outras organizações (Fiates, 1995).

• **Plano de qualidade dos requisitos** – É o planejamento do desempenho do produto em desenvolvimento, para cada requisito dos clientes (Peixoto, 1999b). É no plano de qualidade que a estratégia da empresa é inserida no planejamento do produto. Para Akao (1990a), 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 Cheng *et al.* (1995) o plano de qualidade deve ser determinado na ordem indicada na casa da qualidade, ou seja, logo depois de 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 (Peixoto, 1999b).

A empresa planeja qual nível de atendimento deseja atingir para cada um dos requisitos, definindo que avaliação na escala de 1 a 5 pretende alcançar. Neste ponto, este

planejamento deve ser racional mais do que visionário, ou seja, deve estar coerente com as capacidades de execução e com os objetivos maiores da organização (Fiates, 1995).

- **Taxa de Melhoria** – 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 pelas "notas" obtidas para o desempenho efetivo do produto atual. Reflete quantas vezes o produto precisa melhorar seu desempenho, em relação ao produto atual, para alcançar a situação planejada (Peixoto, 1999b).*

A determinação da taxa de melhoria desejada pela empresa pode ser efetuada com a utilização da seguinte fórmula:

Taxa de Melhoria = Plano da Qualidade (Nível Planejado) / Avaliação do Cliente (Nível Atual);

- **Argumento 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). Outra caracterização dos requisitos de qualidade se refere ao argumento de vendas, que consiste na identificação daqueles requisitos que possuem um apelo de vendas maior do ponto de vista do cliente, ou seja, são requisitos que possuem uma grande importância comercial para a empresa. *Estes requisitos poderão então ser empregados no campo para despertar o interesse do cliente e proporcionar um aumento de vendas Para esta classificação usa-se a notação (Peixoto, 1999b):*

Nível	Valor	Descrição
1.5	Argumento forte	O consumidor é sensível a este argumento e é estratégico para a empresa
1.2	Argumento de vendas	O consumidor é sensível
1.0	Não é argumento de vendas	O consumidor não é sensível a ele

Tabela 3.1: Critério para Avaliação do Argumento de Vendas

Fonte: Peixoto (1999b)

- **Peso de Importância** – Finalizando esta série de avaliações referentes aos requisitos do consumidor, calcula-se a importância relativa de cada um dos requisitos, com o enfoque do cliente, mas, para a priorização da empresa.
- **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.
- **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 têm por objetivo facilitar a rápida percepção da importância relativa dos requisitos (Peixoto, 1999b).*

3.6.4.3 Tabela das Características de Qualidade

A tabela das características de qualidade 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 estabelecer a qualidade projetada (Peixoto, 1999b).

Já Akao (1990a) 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.

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

- **Características de qualidade** – Segundo Cheng *et al.* (1995), a voz dos clientes deve ser transformada em características de qualidade. Outrora, Peixoto (1999b) afirma que *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).*

Cheng *et al* (1995) explicam que as características técnicas do produto podem ser divididas em elementos da qualidade e características de qualidade (ver seção 3.5.4.1). *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 (Peixoto, 1999b). Akao (1990a) 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 (Peixoto, 1999b). 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 (Peixoto, 1999b). Na extração (segundo método), devem-se utilizar tabelas de extração, conforme proposto por 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 (Cheng *et al.*, 1995).

- **Metas-alvo** – As metas-alvo têm 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 onde os valores de desempenho podem ser raciocinados na base do “quanto maior, melhor” (potência de um carro, por exemplo). Para outras se deve pensar em termos de “quanto menor, melhor” (por exemplo, peso de uma arma 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* (Peixoto, 1999b).

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 (Peixoto, 1999b).

• **Matriz de correlações** – A matriz de correlações é o telhado da casa da qualidade. Esta matriz cruza as características de qualidade entre si, sempre duas a duas, permitindo identificar como elas se relacionam. Esta avaliação é necessária para a identificação de correlações entre as características técnicas, as quais devem ser levadas em consideração na determinação do valor meta para cada característica a ser realizada nos passos posteriores.

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 (Peixoto, 1999b).

Algumas características da qualidade possuem correlação negativa com outras, ou seja, quando se busca melhorar o valor de uma característica, automaticamente compromete-se o desempenho da outra. Por exemplo, a resistência ao cisalhamento de uma pipa correlaciona-se de maneira negativa com o seu peso. Isto porque ao aumentar o valor da resistência ao cisalhamento, por exemplo, através do aumento da espessura do plástico que reveste o corpo da pipa, o seu peso total também é aumentado, contrariando o valor-meta, que é reduzir o peso do produto (Cheng, et al, 1995).

Outras características da qualidade apresentam correlação positiva entre si, ou seja, quando se melhora o desempenho de uma, automaticamente o desempenho da outra também melhora. Por exemplo, melhorando-se o valor da “taxa de luz” para um retroprojektor, a característica da qualidade “amplitude de distância focal” também melhora (Cheng, et al, 1995).

O critério a ser utilizado é o seguinte

Símbolo	Tipo de Correlação	Descrição
++	Positiva Forte	Há uma correlação positiva forte entre as duas características técnicas
+	Positiva	Há uma correlação positiva entre as duas características técnicas
-	Negativa	Há uma correlação negativa entre as duas características técnicas
--	Negativa Forte	Há uma correlação negativa forte entre as duas características técnicas

Quadro 3.3: Critério para o preenchimento do telhado

Fonte: Peixoto, 1999b.

Uma prática bastante comum é fazer com que cada membro do grupo preencha as correlações individualmente e, caso haja divergências, cada um deve argumentar sobre o seu ponto de vista e a decisão deve ser tomada com base no argumento mais fundamentado.

- **Matriz de relações** – Esta matriz é a interseção da tabela dos requisitos dos clientes com a 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* (Peixoto, 1999b), muito embora autores como Cheng *et al* (1995) entre outros, só consideram as relações positivas. 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. 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 (1990a), por sua vez, propõe que as relações devem ser identificadas (ou checadas posteriormente) por estatísticas e dados reais, obtidos em testes técnicos.

Terminada a correlação entre todos os elementos que formam uma matriz, deve-se então multiplicar o valor de cada correlação pelo respectivo peso relativo da qualidade exigida, levando-se o resultado para o canto inferior de cada célula da matriz.

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 (Peixoto, 1999b). Segundo Akao (1990a), 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, onde, aliás, podem 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.

Deve-se preencher as correlações por coluna (para cada características) e, após o consenso no preenchimento de toda a matriz, pode-se verificar a consistência por linha. Para isso, observa-se para cada qualidade exigida de último nível, se a correlação estabelecida com as características da qualidade está correta. Pode-se usar como parâmetro para a verificação das correlações a seguinte regra (Cheng *et al*, 1995):

- Forte correlação: significa que, com certeza, a característica da qualidade avalia diretamente o atendimento à qualidade exigida.
- Média correlação: significa que, provavelmente, a característica da qualidade possa avaliar o atendimento à qualidade exigida.
- Fraca correlação: significa que há uma suspeita que a característica da qualidade possa avaliar, mesmo que indiretamente, o atendimento a qualidade exigida.

Segundo Tumelero (2000), *as relações existentes entre as qualidades demandadas e as características de qualidade podem ser feitas utilizando uma escala de 0 a 9 (0 – nenhuma influência; 3 – pouca influência; 9 – forte influência)*, entre outras descritas na tabela 3.2.

Correlação	Símbolo	Valores Possíveis		
Forte	⊙	4	9	5
Média	○	2	3	3
Fraca	▲	1	1	1
Inexistente	Em branco	0	0	0

Tabela 3.2 – Tabela de Correlação

Fonte: Cheng *et al*, 1995.

- **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 (Peixoto, 1999b).*
- **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 (Peixoto, 1999b).*
- **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, 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 (Peixoto, 1999b).

- **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, 1990a). Por isso, ele determina quais são as características que provavelmente exigirão maior comprometimento de esforços e recursos na obtenção da sua qualidade projetada.

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 (Peixoto, 1999b).

No primeiro caso, a escala do fator é inversamente proporcional à dificuldade de se obter os valores projetados para a característica de qualidade. Assim, ao se fazer à 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 o ciclo de vida 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 (Peixoto, 1999b).*

O segundo caso se refere àquelas empresas 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 (Peixoto, 1999b). Isso é conseguido utilizando, conforme prescreve 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. Essas empresas devem sempre ter o cuidado de fixar valores de qualidade projetada para as características de qualidade possíveis de serem 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 (Peixoto, 1999b).

- **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 (Peixoto, 1999b). 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, Cheng et al (1995) sugerem que a qualidade projetada seja fixada apenas considerando a avaliação competitiva técnica.*

- **Peso corrigido absoluto.** *Este peso é o resultado da multiplicação do peso absoluto de cada característica de qualidade pelo fator de dificuldade técnica. Na verdade, dependendo do sentido da dificuldade técnica, o peso corrigido absoluto pode ter dois significados distintos e mutuamente excludentes (Peixoto, 1999b). Caso o fator de dificuldade técnica tenha escala inversamente proporcional à dificuldade de incorporação da característica técnica ao produto, determinam-se quais são as características que devem ser incorporadas prioritariamente ao produto e quais deverão ser descartadas (Peixoto, 1999b). 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 (Peixoto, 1999b). Caso o fator de dificuldade técnica tenha escala diretamente proporcional à dificuldade de incorporação da característica técnica ao produto, determinam-se 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 (Peixoto, 1999b).

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

Depois de 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.

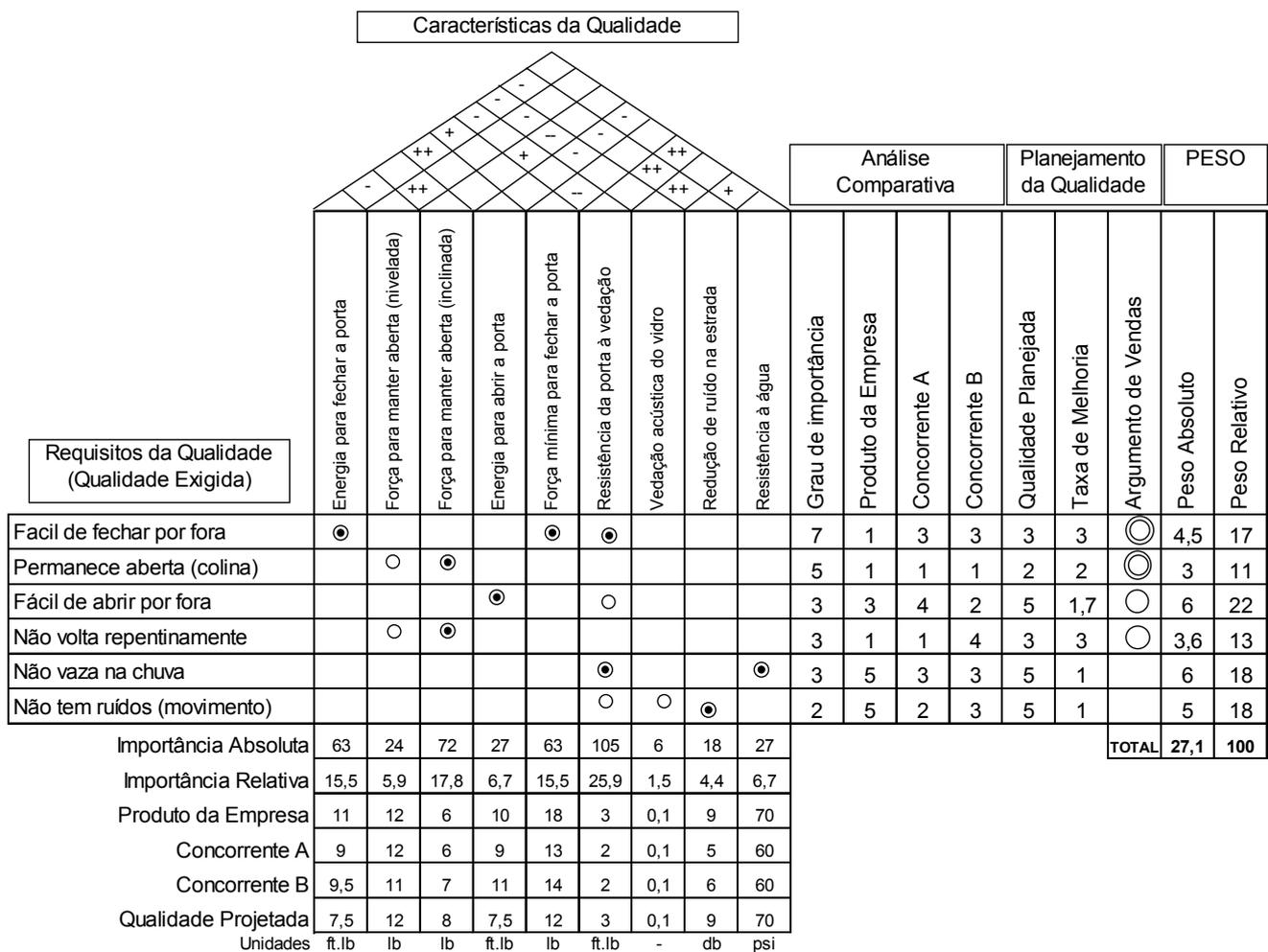


Figura 3.4 - QFD de Porta de Automóvel
 Fonte: Hauser e Clausing, (1988).

A *Figura 3.4* mostra um exemplo tradicional da casa da qualidade (também denominada de matriz da qualidade), apresentado por Hauser e Clausing (1988).

3.6.5 Desdobramento da Função Qualidade

A próxima fase é desdobrar as características de produto que estão atendendo as necessidades do cliente, em características de planejamento de processo e posteriormente em fatores de controle para planejamento da produção, chegando até nas estações de trabalho individuais (máquinas ou bancadas de montagem ou inspeção). Então, aquilo que era "como" (características do produto) no primeiro estágio passa a ser "o que" no estágio seguinte, e o "como" passa a ser características de processo e assim sucessivamente. Esse desdobramento, proposto por Macabe (Cheng et al., 1995), é a essência do QFD como ferramenta de qualidade. A *Figura 3.5* ilustra esta categoria de desdobramento. Esse tipo de QFD é denominado de "QFD das Quatro Fases", semelhante ao modelo de Akao (1990a). A primeira fase é a construção da casa da qualidade. A segunda fase consiste na elaboração da matriz do produto (relação entre características da qualidade e características dos componentes do conjunto). A terceira fase refere-se à elaboração da matriz de engenharia de processo (características dos componentes com os parâmetros do processo). A quarta fase é o planejamento operacional da produção, constituída pelo cruzamento dos parâmetros do processo com os parâmetros operacionais da produção.

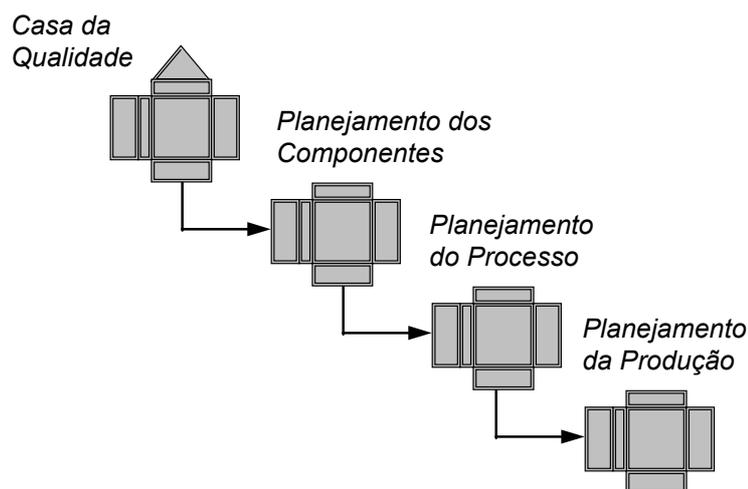


Figura 3.5 - QFD das Quatro Fases (adaptado de Hauser e Clausing, 1988).

3.6.5.1 Matriz do Produto (Desdobramento das Partes)

A segunda matriz, bem como todas as subseqüentes são mais fáceis de construir, pois um dos grupos para a correlação já vem definido e analisado da fase anterior. Além disto nas fases seguintes os problemas de trabalho em equipe já foram superados, as pessoas estão mais entrosadas e a metodologia já está dominada, uma vez que todas as simbologias e fórmulas para os cálculos necessários são as mesmas em todas as fases de desdobramento (Fiates, 1995).

O desdobramento dos componentes de um produto compõe a Matriz do Produto, que tem por objetivos explicitar, organizar e hierarquizar as partes que compõem um produto (Tumelero, 2000). Na matriz do produto (ver Figura 3.6 e Figura 3.7), devem ser identificados os componentes constituintes do produto final.

Após a identificação dos componentes que formam o cabeçalho das linhas da Matriz do Produto, estabelece-se o relacionamento desses elementos com as características de qualidade (Tumelero, 2000). Segundo o mesmo autor, para tanto, pode-se utilizar a mesma escala de pontuação estabelecida para o relacionamento entre a qualidade demandada e as características da qualidade (Casa da Qualidade). Essa avaliação permite identificar os componentes do produto que tem maior relação com o atendimento das características da qualidade e, conseqüentemente, com o atendimento da qualidade demandada pelo consumidor (Tumelero, 2000).

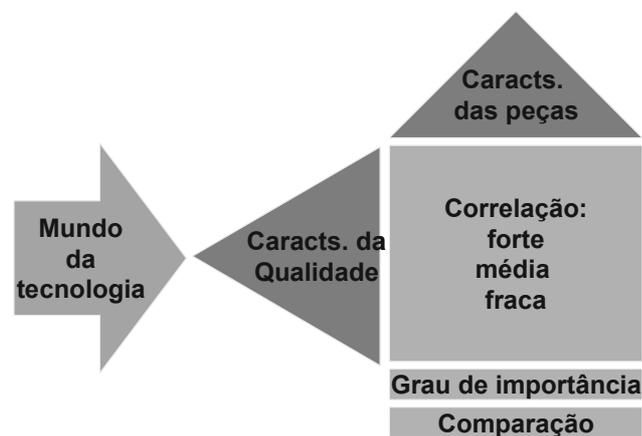


Figura 3.6 – Matriz do Produto

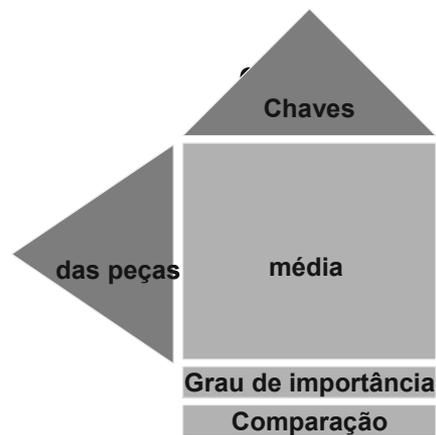


Figura 3.8 – Matriz de Processos

É feito o desdobramento dos processos de fabricação do produto, onde é possível identificar os processos críticos para a qualidade do produto, que deverão ser monitorados e/ou otimizados. Inicialmente são identificadas todas as etapas constituintes dos processos de fabricação, formando o cabeçalho das linhas da Matriz dos Processos. Em seguida são avaliados o relacionamento dos processos com as características de qualidade. Para tanto, pode-se utilizar a mesma escala de pontuação utilizada na avaliação do relacionamento entre os componentes do produto e as características da qualidade. A definição da importância dos processos (levantada de forma semelhante à determinação da importância dos componentes do produto) é usada para avaliar quanto cada processo contribui no atendimento das características de qualidade (Tumelero, 2000).

necessárias à realização da tarefa sem erros, por exemplo, como deve ser seu monitoramento durante o processo (dificuldade, frequência, quem deve ser o responsável) e a indicação dos instrumentos que garantam a execução das funções respeitando os parâmetros críticos de processo (Fiates, 1995). Os procedimentos operacionais são preparados para as pessoas diretamente ligadas à tarefa com o objetivo de atingir de forma eficiente e segura os requisitos de qualidade. Portanto, este documento será sempre o ponto final das informações técnicas e gerenciais. Em suma, o procedimento operacional deve conter, da forma mais simples possível, todas as informações necessárias ao bom desempenho da tarefa. O importante é levar estas informações a cada um dos executores. As atividades mais críticas de cada processo são detalhadas posteriormente no manual de treinamento, que reúne todos os procedimentos operacionais e serve de material didático para o treinamento da tarefa (Fiates, 1995).



Figura 3.10 - Planejamento da Produção

3.7 Outras Abordagens do QFD

Existem ainda outros tipos de QFD como o "QFD das Quatro Ênfases", segundo Cheng et al. (1995). O QFD das Quatro ênfases é o modelo utilizado pelas empresas no Japão e difundido, pela JUSE (Japanese Union of Scientists and Engineers). Este modelo enfatiza qualidade, tecnologia, confiabilidade, e custos. A Figura 3.11 ilustra o QFD das Quatro Ênfases para a Qualidade. Existe ainda o "QFD estendido" ressaltado por Carpinetti (1997) que se diferencia pela forma com que conduz a tomada de decisões, através das relações de extração (Lobo, 2000) e também a "Matriz das Matrizes", criado por King (1989) que procura esquematizar os desdobramentos de maneira mais ordenada, como em uma receita de bolo, reorganizando o sistema de maneira forma a obter todas as matrizes em uma única Matriz das Matrizes.

Há também a abordagem de Cheng para a indústria de serviços que segundo Lobo (2000), apresenta um método composto de três matrizes, onde a qualidade exigida pelo cliente e/ou pelas normas relacionam-se com as características da qualidade ou atributos que o serviço deve ter. Os processos são então identificados e relacionados com as características da qualidade. Esses processos são desdobrados em procedimentos ou atividades, porém não constituem uma nova matriz. A terceira matriz refere-se aos materiais ou recursos necessários para o cumprimento dos processos.

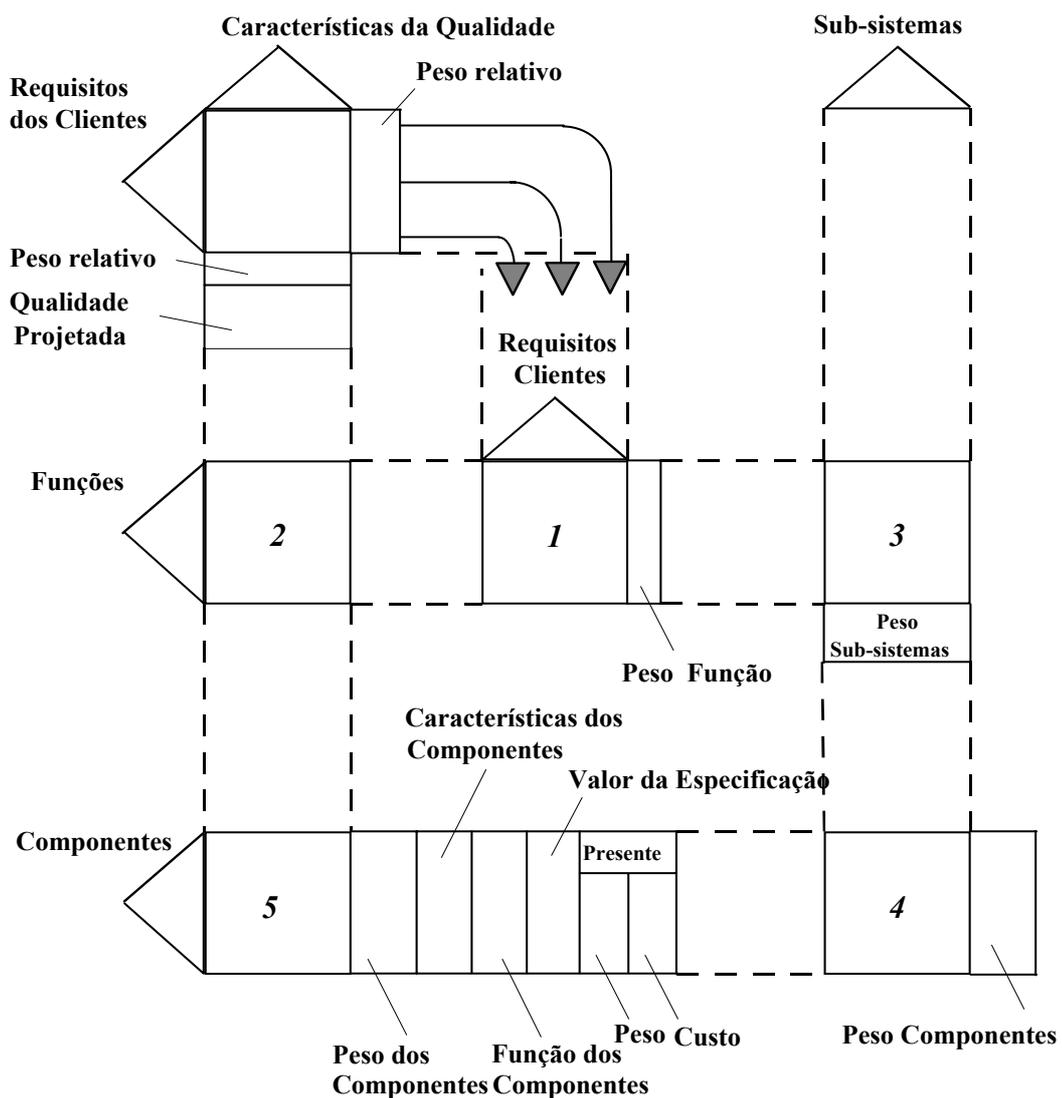


Figura 3.11 - O QFD das Quatro Ênfases (Cheng et al., 1995).

No capítulo 4 será apresentada a aplicação do QFD na Indústria de Material Bélico do Brasil, descrevendo seu contexto dentro do Processo de Desenvolvimento de Processo.

4. Planejamento da Pesquisa

4.1 Resumo

Este capítulo tem o objetivo de apresentar uma abordagem sintética do QFD na Indústria de Material Bélico do Brasil (IMBEL).

São descritas informações sobre a condução de uma pesquisa, além de algumas informações sobre a empresa em questão, bem como cada uma das etapas para aplicação do QFD, de acordo com a seqüência apontada nos capítulos anteriores.

4.2 Condução da Pesquisa

Segundo Eisenhardt (1989), o desenvolvimento de uma pesquisa deve seguir os seguintes passos: início, seleção dos casos, criação de instrumentos e protocolos, ação em campo, análise dos dados, confirmação da hipótese, reforço à literatura e fechamento.

4.2.1 Início

Uma definição inicial da questão da pesquisa é muito importante na construção da teoria (Eisenhardt, 1989). Mintzberg (1978), notificou que *não importa quão pequena seja nossa amostra ou qual é nosso interesse, nos temos sempre tentado ir às organizações com um foco bem definido para coletar tipos específicos de dados sistematicamente*. Sem um foco na pesquisa, facilmente esta se torna esmagada pelo volume de dados, (Eisenhardt, 1989). Segundo este autor, uma especificação inicial pode ajudar a construir um modelo teórico de implementação e ajudar a alcançar um levantamento de dados mais preciso.

Thiollent (1992) caracteriza esta fase inicial como *fase exploratória*, onde se define o campo social da pesquisa, os interessados e um diagnóstico inicial identificando os principais atores; os objetivos e problemas concretos da realidade, situação ou fenômeno que se pretende estudar ou resolver; o conjunto de teorias e metodologias de apoio à interpretação da problemática e a condução do processo de aprendizagem da pesquisa-ação, além da definição da equipe de trabalho e as necessidades de treinamento.

4.2.2 Seleção do caso

A seleção do caso é um aspecto importante na construção da teoria de estudos de caso (ou pesquisa-ação). Assim como nos testes de hipóteses, o conceito da população é crucial porque a população define o conjunto de entidades das quais a amostra do pesquisador deve ser colhida. Em tempo, a seleção apropriada da população controla variações externas e ajuda a definir os limites para generalização das averiguações (Eisenhardt, 1989).

Os casos também podem ser escolhidos para replicar casos anteriores ou expandir alguma teoria emergente (razões teóricas, não estatísticas).

Na *definição do tema*, aprofunda-se a questão do problema concreto a ser estudado e para o qual se buscará um entendimento e uma possível solução, com o seu enquadramento teórico (Thiollent, 1992). Na *colocação dos problemas*, procura-se o ‘contexto do texto’, associando os temas da pesquisa à problemática social mais ampla na qual estão inseridos. Nesta etapa, o importante é ficar claro o objeto da pesquisa, definido e construído em conjunto pelo pesquisador e pelas lideranças dos participantes, a partir de uma demanda social ou organizacional (Silva, 1998).

4.2.3 Criando instrumentos e protocolos

Na construção da teoria, pesquisadores tipicamente combinam métodos de coleção de dados múltiplos. Enquanto entrevistas, observações e fontes de arquivo são particularmente comuns, pesquisadores indutivos não se restringem a estas escolhas (Eisenhardt, 1989). Alguns investigadores empregam separadamente esses métodos de coleta de dados ou somam os métodos. A razão é igual a pesquisa de teste de hipóteses. Isto é, a possível triangulação feita através de métodos de coleta de dados múltiplos fornece uma concretização mais forte para construção da teoria e para um teste de hipóteses (Eisenhardt, 1989).

Além disso, a combinação de tipos de dados pode ser altamente positiva. Evidências quantitativas podem indicar relações que podem não ser saliente ao investigador. Os dados qualitativos são úteis para entender a razão ou as relações

reveladas pela teoria ou pode sugerir diretamente uma teoria que pode ser fortalecida então por um suporte quantitativo (Eisenhardt, 1989).

Outro ponto importante é o uso de vários pesquisadores. Pesquisadores múltiplos têm duas vantagens. Primeiro, eles aumentam o potencial criativo do estudo. Membros de equipe freqüentemente têm idéias complementares que acrescentam à riqueza dos dados. Segundo, a convergência de observações de investigadores múltiplos aumenta a confiança nos resultados. Percepções convergentes acrescentam ao fundamentar empírico das hipóteses, enquanto percepções contraditórias previnem o grupo de um fechamento prematuro.

4.2.4 Indo a campo

A amostragem numa pesquisa-ação deve procurar coincidir com a população implicada na pesquisa. Quando isto não for possível, a amostra deve privilegiar uma representatividade qualificada dos atores, já que neste tipo de pesquisa não se valoriza o princípio da aleatoriedade como uma exigência da objetividade da análise, como é praticado na pesquisa convencional, onde o observador não assume uma interação com o observado. A coleta de dados, por sua vez, é realizada por intermédio de entrevistas coletivas ou individuais, também por questionários ou manuais metodológicos previamente elaborados, conforme for o caso da pesquisa e dos temas de conhecimentos a serem tratados (Silva, 1998).

Uma característica notável de pesquisa para construção da teoria de estudos de caso é a freqüente superposição da análise de dados com coleta de dados.

Notas de campo, um comentário corrente para a si mesmo, são meios importantes de realizar esta superposição.

Uma chave para notas de campo úteis é escrever quaisquer ocorrências, quer dizer, reagir em lugar de separar o que pode parecer importante, porque é freqüentemente difícil de saber o que vai e o que não vai ser útil no futuro. Uma segunda chave para notas de campo prósperas é forçar o pensamento para estas notas fazendo perguntas como "O que estou aprendendo?" e " Como este caso difere do último?" (Eisenhardt, 1989).

Reuniões de equipe, nas quais os pesquisadores compartilham seus pensamentos e idéias emergentes, também são dispositivos úteis para sobrepor coleção de dados e análise.

Sobrepondo análise de dados com coleta de dados não só fornece ao pesquisador um ponto de partida para a análise, porém, mais importante, permite para os pesquisadores tirar proveito da flexibilidade da coleta de dados. Realmente, uma característica fundamental do estudo de caso ou da pesquisa-ação é a liberdade para fazer ajustes durante o processo de coleta de dados (Eisenhardt, 1989).

Ajustes adicionais podem ser feitos aos instrumentos de coleta de dados, como a adição de questões no protocolo de entrevista ou perguntas para um questionário. Estes ajustes permitem para o pesquisador sondar temas emergentes ou tirar proveito de oportunidades especiais que podem estar presentes em uma determinada situação. Em outras situações, ajustes podem incluir a adição de fontes de dados em casos selecionados.

Estas alterações criam uma questão importante: É válido alterar ou até mesmo adicionar métodos de coleta de dados durante um estudo? Para construção da teoria, a resposta é sim, porque os pesquisadores estão tentando entender cada caso individualmente e o mais profundamente possível (Eisenhardt, 1989). A meta é não produzir estatísticas sumárias sobre um conjunto de observações. Assim, se uma nova oportunidade de coleta de dados surge ou se uma nova linha de pensamento emergir durante a pesquisa, faz sentido aproveitar para realizar uma alteração na coleta de dados, se tal uma alteração é favorável para fundamentar melhor a teoria ou fornecer um novo desenvolvimento teórico. Esta flexibilidade não é uma licença para perder a sistematização, mas sim uma oportunidade controlada na qual os pesquisadores tiram proveito da singularidade de um caso específico e do aparecimento de temas novos para melhorar a teoria resultante (Eisenhardt, 1989).

4.2.5 Análise de dados

A análise de dados é o coração da elaboração da teoria a partir de uma pesquisa-ação, mas é também a parte mais difícil do processo. Estudos publicados geralmente

descrevem tipos de pesquisa e métodos de coleta de dados, mas dão pouca atenção para discussão da análise (Eisenhardt, 1989).

A análise dos dados é um passo fundamental. Sua importância deve-se a uma das realidades de uma pesquisa-ação: um volume grande de dados. Deve-se então ter a preocupação com o perigo sempre-presente da "morte por sufocamento de dados"

Segundo Eisenhardt (1989), as táticas para análise são dirigidas pela premissa que as pessoas são maus processadores de informação. Elas tiram conclusões baseadas em dados limitados, além de ignorarem propriedades estatísticas básicas, ou elas às vezes inadvertidamente utilizam evidências não-conformes. O perigo é que os investigadores alcancem prematuras e até mesmo falsas conclusões como resultado destes processos de informação.

A idéia global para se evitar esses contratemplos é se tornar familiar com cada caso isoladamente. Este processo permite que os padrões únicos de cada caso surjam antes que os pesquisadores sejam forçados a generalizar padrões para cada caso. Como complemento, esta familiarização traz aos pesquisadores uma comparação mais rápida entre casos para uma análise mais rica (Eisenhardt, 1989).

4.2.6 Confirmação da Hipótese

O próximo passo desse processo é comparar a estrutura que está sendo criada com as evidências de cada caso com fim de avaliar como essas evidências se adequam aos dados da pesquisa. A idéia central é que o pesquisador sempre compare a teoria e os dados.

As hipóteses servem de suposições norteadoras, focos para orientar a ação com vistas à solução dos problemas colocados pela pesquisa. Mais uma vez, o detalhe é construtivista. Tanto teoria como hipótese são trabalhadas explicitamente com os participantes do processo, através da técnica dos seminários (Thiollent, 1992). Os seminários são reuniões de trabalho entre pesquisadores e participantes, nas quais há uma pauta planejada e cuja discussão é metodologicamente conduzida, tendo seus resultados registrados pelo pesquisador. Estes registros já são considerados como resultados parciais da pesquisa (Silva, 1998).

4.2.7 Próximos Passos

Em seqüência, o pesquisador deve procurar subsídios bibliográficos, ou seja, comparar seus conceitos, teorias ou hipóteses emergentes com a literatura existente, pois esta comparação gera maior confiança em sua pesquisa, além de oportunidades de melhoria.

A seguir, o pesquisador deve ficar atento a quando encerrar sua busca por dados de campo e na literatura. Esse encerramento deve acontecer juntamente com o saturamento, ou seja, quando novas adições não resultarem em maiores implicações ou não agregarem valores à pesquisa.

A tabela 4.1 descreve a condução da pesquisa através da relação de sua seqüência com as respectivas seções do trabalho de dissertação.

Condução da pesquisa	Seção de referência
Início	1.1 e 4.3.3
Seleção do caso	1.1, 4.3.3 e 4.4.1
Criando instrumentos e protocolos	4.4.3
Indo a campo	4.4.2, 4.4.3, 4.4.4, 4.4.5, 4.4.6 e 4.4.7
Análise de dados	4.4.3, 4.4.4, 4.4.5, 4.4.6 e 4.4.7
Confirmação da hipótese	5.2 e 5.3

Tabela 4.1 – Condução da pesquisa

4.3. Informações sobre a IMBEL

4.3.1 Síntese Histórica

A fábrica de Itajubá foi criada pelo Decreto nº 23.264, de 20 de dezembro de 1933, com a denominação de Fábrica de Canos e Sabres para Armamento Portátil (FCSAP), cuja deliberação contou com a ajuda valiosa do eminente estadista Wenceslau Braz Pereira Gomes -ex-presidente do Brasil-, do capitão Amaury Pereira - então Comandante do 4º BE Cmb, do coronel Pedro Paulo Menezes, do então capitão Antônio Carlos Bello Lisboa e do Prefeito de Itajubá, José Rodrigues Seabra.

Em 16 de Julho de 1934 iniciou-se oficialmente a construção da Fábrica, com o lançamento da pedra fundamental, solenemente implantada pelo General Deschamps Cavalcanti. O prosseguimento das obras realizou-se sob o comando e a orientação do primeiro Diretor, Cel Aventino Ribeiro.

Ao final de um ano, em 16 de Julho de 1935, iniciou-se o funcionamento da Fábrica com a inauguração da primeira Oficina de Canos, que passou a produzir canos para armas portáteis; em 1937 teve início, também, a produção de sabres Mauser.

Em 2 de fevereiro de 1939, através do Aviso Ministerial nº 328, passou a designar-se Fábrica de Itajubá FI.

Com a criação da Indústria de Material Bélico do Brasil-IMBEL, no ano de 1977, o Decreto nº 76.659, de 5 de maio daquele ano, extinguiu os estabelecimentos fabris do Ministério do Exército e transferiu os bens de suas unidades para a recém-criada indústria. Dessa forma, em 1º de julho de 1977, a Fábrica de Itajubá foi absorvida pela IMBEL e passou a denominar-se Filial nº 5 – Fábrica de Itajubá.

A evolução da FI é marcada, principalmente, pela absorção de tecnologia e produção de produtos considerados, em suas devidas épocas, o que havia de melhor no estado da arte, em termos de concepção de engenharia de produto, de engenharia de processo e de desempenho, consagrados pelo uso em diversos países.

Inicialmente a FI consagrou-se com a produção de Fuzil Mauser, notável projeto alemão, o melhor fuzil de repetição até hoje concebido.

Outra importante conquista tecnológica foi a fabricação da Pst. 45 M911 A1, derivada de um dos projetos de maior sucesso da histórica do armamento portátil, concebido pelo genial Browning para fábrica COLT, projeto importante para o amadurecimento e afirmação da engenharia de processo da FI.

O maior desafio e importante marco evolutivo tecnológico da FI surge em 1964, com a absorção do projeto belga da Favrique Nationale Herstal S. A. – FN, o Fuzil Automático Leve 7,62 – FAL, arma automática de excelente desempenho, amplamente utilizada por diversas nações de todo o mundo. A IMBEL – FI possui Pesquisa & Desenvolvimento para elaboração de novos projetos. Atualmente estamos com um novo projeto do Fuzil 566 leve para ser homologado, realizamos também recarga de cartuchos o que nos dá um custo menor. Possuímos uma Estação de Tratamento de Água - ETA que

nos garante uma água de boa qualidade e a Usina Hidrelétrica Piquete/Itajubá – REPI que nos garante energia elétrica para o funcionamento de nossas máquinas.

A evolução produtiva da FI pode ser sintetizada através dos anos:

- 1940 – Fuzil Mauser;
- 1949 – Mosquetão .30 M949;
- 1950 – Canos para metralhadoras Madsen e INA;
- 1954 – Mosquetão .30 M949 e metralhadora .50 M954;
- 1958 – Forjamento de peças para Canhão 40AAe;
- 1960 – Carabina 22 LR;
- 1966 – Pistola .45 M911 A1;
- 1967 – Fuzil Automático Leve 7,62 M964(FAL);
- 1968 – Mosquetão 7,62 M068 (Mosquefal);
- 1970 – Pistola .45 M968 – “Commander”;
- 1972 – Pistolão cal.28;
- 1974 – Instalação da raiadora de canos por forjamento a frio – GFM;
- 1975 – Pistola 9 M973;
- 1979 – Transformação de Mtr .50 de torre de avião em Mtr .50 M2 (terrestre);
- 1984 – Fuzil Automático Leve 7,62 M964 A1 (PARAFAL);
- 1985 – Fuzil SAR-48;
- 1986 – Fuzil .22 LR IMBEL e Carabina .22 LR IMBEL MD1;
- 1987 – Pistola .45 TP;
- 1989 – Pistola Compact para exportação e instalação das primeiras fresadoras CNC;
- 1991 – Pistola .380 MD1;
- 1992 – Fuzil 5,56 MD2 – Coronha Rebatível e MD3 Semi-Automático, Pistola .45 TP Plus, Pistola 7,65 IMBEL MD1, Fz .22 LR IMBEL MD3 e instalação dos primeiros tornos CNC;
- 1993 – Instalação dos primeiros Centros de Usinagem CNC, instalação do Sistema CAD e início da implantação do Sistema de Gerenciamento Informatizado.

- 1994 – Início da Utilização do MIM (Metal Injection Molding) na fábrica de peças;
- 1995 – Modelagem sólida de protótipos em computador;
- 1996 – Instalação dos Centros de Usinagem Verticais CNC;
- 1997 – Desenvolvimento da família de pistolas de GC (.45, .380, 9mm, .40 e .38 Super) e dos novos fuzis 5,56 para o EB, utilizando as técnicas de modelagem sólida paramétrica e prototipagem rápida;
- 2001 – Certificação ISO 9002/1994.

4.3.2 Clientes

A IMBEL FI possui clientes no mercado interno e externo:

Mercado interno:

- Forças Armadas, ou seja, Marinha e Aeronáutica e Exército, sendo este seu cliente principal;
- Polícia Militar e Civil;
- Atiradores e Colecionadores.

Mercado externo:

- Springfield Armory;
- Pacific Century, entre outros.

Para o cliente norte-americano e para o mercado civil a IMBEL já fornece produtos de qualidade superior.

Para as forças militares a IMBEL oferece as Pst 9M973 e a família de grande capacidade (GC) com ação simples do gatilho (Pst 9 GC-IMBEL MDI

Para os atiradores de tiro prático, nas categorias standard e modified, existem dois produtos com excelência de qualidade: Pst **.40** GC-IMBEL MD2A2 e Pst **.40** GC-IMBEL MD3A2, respectivamente. Estes dois produtos foram deixados à disposição de atiradores e convidados para um 'test drive' durante o V Torneio IMBEL de Tiro Prático. A consequência imediata foi a escolha da Pst **.40** GC-IMBEL MD2A2 pela Confederação Brasileira de Tiro Prático para ser a arma padrão da equipe brasileira da modalidade standard que irá disputar o Campeonato Mundial de IPSC de 1999, nas Filipinas.

4.3.3 Desenvolvimento de Novos Produtos na IMBEL

Atualmente a empresa consolidou seu sistema de qualidade com a certificação segundo a norma NBR ISO 9002 (1994), tendo como seu principal produto as pistolas, que abastecem também o mercado externo. Esse produto possui uma grande variedade de modelos e de peças que o compõe. Algumas peças são recebidas prontas, outras semi-acabadas e a grande maioria produzida internamente. Destacam-se dentre outros, os processos de forjamento, raiamento interno do cano, tratamentos térmicos e superficiais além dos testes de tiro, realizado em cada arma.

Em 1998, foi realizado um teste conduzido pela própria Polícia Militar do Estado de São Paulo - PMSP - (com seus requisitos) para analisar a adaptabilidade das pistolas calibre .40 (zero ponto quarenta da polegada) apresentadas pela IMBEL e seus concorrentes. O desenvolvimento de um novo produto, então, surgiu a partir desta necessidade das polícias militares de adquirir novas pistolas com características peculiares a seu serviço cotidiano.

O Relatório de PMSP, longe de trazer desânimo por seus dados aparentemente contrários aos produtos IMBEL, é desafiante e estimulador, pela possibilidade de abertura de novos caminhos e o descortinar de perspectivas sobre um novo produto que tem tudo para ser o melhor da classe.

O esforço realizado por cinco meses pela equipe da Polícia Militar de São Paulo é digno de elogios pela iniciativa e seriedade com que foi desenvolvido. Nos requisitos básicos são definidas 36 necessidades do cliente que podem ser transformadas em pouco menos de uma dezena de requisitos de projeto (ver Anexo D).

O calibre .40, ao contrário do 9 mm (milímetros), não transfixa, penetra pouco, deixando no opositor toda a sua energia, paralisando-o imediatamente, com apenas um tiro, em 96% dos casos. E, o que importa, na realidade, é paralisar o opositor; não é matá-lo (Girardi, 1998).

Centenas de casos reais demonstraram que “agressores da sociedade”, mesmo atingidos pelos calibres .38, 9mm, etc, em regiões mortais, permaneceram vivos com tempo suficiente para conseguir o intento de matar o policial, antes de morrerem (Girardi, 1998).

Desde 1990, policiais que tradicionalmente utilizavam os calibres .38, 9mm, etc, abandonaram-nos para adotar o calibre .40 (Girardi, 1998).

Todas as fábricas de pistolas do mundo, vendo o sucesso do calibre .40 passaram a fabricar pistolas semi-automáticas .40, inclusive as duas fábricas nacionais (TAURUS e IMBEL). Ou se adaptam, ou ficam para trás (Girardi, 1998).

Baseados nos fatos supracitados, com a determinação do mercado e por consequência, da direção da empresa, iniciou-se o planejamento do desenvolvimento do produto em março de 2001.

A proposta seria o lançamento de um novo produto, a Pst .40 GC-IMBEL MD4 - a pistola policial, com desenvolvimento baseado nas novas tecnologias de produção com o objetivo de atender às polícias militares nacionais em uma primeira fase. Uma vez comprovada, pelas próprias PMs, a adequação ao uso policial do novo produto, certamente será despertado o interesse da polícia civil. Para o mercado externo mais próximo, o Mercosul, será apenas um passo.

A metodologia escolhida para este planejamento foi o QFD, pois este *método apresenta-se como uma excelente alternativa para explicitar e transmitir de forma ordenada, todas as informações geradas no processo de desenvolvimento de produtos. Além de auxiliar na visualização das informações já existentes, este método indica quais informações devem ser obtidas* (Oliveira e Drumond, 2000) e já ser uma metodologia conhecida no âmbito da empresa.

- **Fatores Condicionantes e Critérios para projetos de desenvolvimento de produto**

Os fatores citados na seção 2.3.2 foram considerados da seguinte forma:

- Grau de inovação do produto – com uma frequência considerável, alterações em produtos são realizadas na IMBEL, segundo as prescrições da norma NBR ISO 9002:1994, mas como se trata de um desenvolvimento de um produto com muitas modificações inclusive conceituais (sistema de funcionamento da arma), decidiu-se por uma interação maior com o cliente e um planejamento mais adequado para desenvolvimento do produto;
- Mercado e direcionamento estratégico – como se trata de uma fatia de mercado nova (no tocante ao calibre da arma e o cliente que o deseja), houve um grande direcionamento estratégico por parte da direção da empresa devido juntamente ao potencial que o cliente

direto (PMSP) e demais que se interessariam pelos resultados (PM de outros estados) representam;

- As dimensões da Qualidade do produto – são consideradas no dia-a-dia da empresa devido a seu sistema de gestão da qualidade;
- Características do produto – a grande consideração deste item encontra-se na possibilidade de um novo conceito de engenharia para empresa, devido a necessidade de se trabalhar com materiais mais leves, fora do costume da empresa;
- Complexidade do produto – é levada em consideração principalmente pelo fato dos policiais não estarem acostumados a utilizar este tipo de armamento, desta forma, cursos de utilização e manutenção do produto são oferecidos juntamente ao produto.

4.4 As Etapas do QFD

O processo de aplicação do QFD na IMBEL envolveu diversas etapas, conforme descrito no quadro abaixo, apresentando algumas variações em relação a descrição das etapas apresentada na seção 3.6:

Etapas do PDP	Observações
Geração e Escolha do Conceito do Produto	Citada no item 4.3.3
Planejamento do Produto	Desdobrado na <i>Tabela 4.2</i>
Engenharia do Produto	Foi confeccionado um protótipo da pistola com uma diferença em relação ao material da armação, ora previsto pelo planejamento do produto para ser confeccionado em polímero, mas confeccionado em alumínio, com as placas do punho em polímero, para avaliar o desempenho do sistema de funcionamento da arma.
Engenharia do Processo	O processo de fabricação da maioria dos componentes da arma já é de domínio da IMBEL, que depende no momento exclusivamente da estruturação do processo de confecção da armação
Produção Piloto	Etapa não realizada pela IMBEL, pois há dependência do processo de fabricação da armação

Quadro 4.1 – Etapas do PDP

Seções	Étapas do Planejamento do Produto (QFD)	Observações
4.4.1	Determinação do objetivo do QFD	Deseja-se desenvolver um produto que atenda as necessidades da PM. Existem modelos de pistola no calibre especificado pelo cliente, porém, antes da pesquisa, não se sabe se estes modelos atenderão, mesmo que sofrendo alterações, ou se um modelo totalmente novo deva ser criado.
4.4.2	Equipe Multifuncional	
4.4.3	Obtenção das informações do cliente	A dificuldade residiu no fato de pouquíssimos policiais terem atirado com pistola calibre .40”, o que tornou necessário, além de questionários, entrevistas para melhor análise das necessidades e até a participação de um curso de tiro defensivo para preservação da vida, onde as características desejadas em um armamento se tornaram evidentes.
4.4.4	Construção da Casa da Qualidade	Na seção 4.4.4, é apresentada uma alternativa para construção desta matriz, realizando-se a análise da satisfação do cliente, através da metodologia <i>six sigma</i> , por ser uma excelente ferramenta para melhorar o nível de variação e alcançar os níveis desejáveis de satisfação de seus clientes.
4.4.5	Matriz do Produto	
4.4.6	Matriz dos Processos	
4.4.7	Plano de Melhoria da Qualidade	

Quadro 4.2 – Desdobramento do Planejamento do Produto

4.4.1 Determinação do objetivo do QFD

Para o caso em questão foi definido um grupo especial de clientes para fazer a aplicação do método. Isto se deve ao fato de existirem diferenças muito acentuadas nas necessidades dos vários grupos que utilizam as diversas armas fabricadas na IMBEL. Por exemplo, as necessidades dos atiradores de elite da polícia são diferentes dos policiais comuns, bem como estas são muito diferentes ainda de pessoas que usam armas em competições de tiro. O QFD foi utilizado para o desenvolvimento de um novo modelo de Pistola calibre .40”, para atender as necessidades específicas da Polícia Militar de São Paulo (PMSP).

Como um modelo aproximado já existe, o QFD deverá ser útil no processo de melhoria deste, visando também uma redução do tempo de fabricação, pois um dos aspectos críticos da empresa no momento é possuir uma demanda maior que a capacidade de produção, e também conseguir uma redução nos custos, para manter-se competitiva, atendendo a demanda com a satisfação dos clientes.

4.4.2 Equipe Multifuncional

Assim como grande parte das técnicas usadas na Gestão e Garantia da Qualidade, a aplicação do QFD depende de um envolvimento de pessoal proveniente de várias funções na organização. Nesse sentido, a equipe deve ser formada multifuncionalmente, com membros de diversos setores da empresa. Tipicamente, os membros são provenientes das áreas de (Cauchick et al., 1998; Cauchick e Carpinetti, 1999): marketing, vendas, engenharia de produto, engenharia de manufatura, qualidade, compras, produção, laboratório de testes, e ferramentaria. Isso facilita para que cada participante, dentro de sua especialidade, possa contribuir com conhecimentos técnicos e experiência, além do processo não ficar centralizado em um único indivíduo ou setor da empresa. Assim, permite-se que as decisões tomadas durante a realização dos trabalhos sejam resultado de um consenso entre os participantes, além de resultar em representatividade das respectivas áreas de atuação de cada membro do grupo.

É importante, pois, que no grupo formado exista experiência e conhecimentos técnicos de diversas especialidades de modo que o resultado seja uma decisão em que todos participem ativamente. Agindo assim, tem-se uma visão geral do processo e fica muito mais fácil na hora de aplicar o método, depois de definido, o plano de melhoria do produto, pois provavelmente nenhuma área entrará em atrito com a filosofia do QFD.

Na IMBEL, a organização do pessoal, formalizou-se pela criação de uma equipe multifuncional guardando as restrições decorrentes das características organizacionais de uma “filial”. Esta equipe foi composta por profissionais atuantes nas áreas de: Metrologia, Engenharia de Produto, Projetista, Departamento de Compras, Departamento de Materiais e Engenharia da Qualidade. Não se pôde dispor de pessoas das áreas de marketing e comercial, pois a unidade de Itajubá-MG é uma filial que não cuida desta fase do produto e possui dificuldade de locomoção e disponibilidade dos profissionais da filial e da SEDE simultaneamente.

À equipe escolhida para trabalhar no projeto, foi ministrado um curso sobre QFD, para que toda equipe tivesse uma visão da metodologia, podendo contribuir melhor para o desenvolvimento da aplicação do QFD.

4.4.3 Obtenção das informações do cliente

A obtenção da voz do cliente surgiu (conforme mencionado na sessão 4.3.3) de uma proposta de teste da própria polícia de São Paulo, de onde se compilou estas necessidades, deixando-as com formato de pesquisa para sua divulgação.

Para se obter as informações dos clientes, primeiramente, foram definidos o tipo de amostragem da pesquisa e a técnica de coleta de dados para definição dos requisitos dos clientes.

4.4.3.1 Tipos de Amostras

Antes de citar qual amostra escolhida para a realização da pesquisa, é necessário descrever os tipos existentes. Uma amostra pode ser probabilística (casual), quando a escolha dos elementos da amostra é aleatória, ou não probabilística (não casual), quando a escolha dos elementos não é feita aleatoriamente (Carnevali, 2001).

- **Amostras não aleatórias**

Segundo Carnevali (2001), *na amostra não aleatória, não se pode aplicar inferência estatística, mas pode-se utilizar a estatística descritiva. As amostras não aleatórias podem ser:*

- a) Acidental: o pesquisador escolhe o elemento que lhe convém, como por exemplo, estar no local da entrevista (Levin, 1987; Mattar, 1996).
- b) Intencionais: a amostra é escolhida intencionalmente pelo pesquisador (Marconi & Lakatos, 1996; Oliveira, 1997), como a escolha de uma empresa que usa o QFD.
- c) Por “Juris”: é a seleção de um grupo específico, representativo da população, para fazer várias perguntas (exemplo: renda familiar) (Marconi & Lakatos, 1996).
- d) Julgamento (proposital, tipicidade) é a escolha de um grupo, que tenha característica que represente a população (Marconi & Lakatos, 1996; Levin, 1987).
- e) Por quota: conhecendo as características de uma população, o pesquisador pode montar amostras proporcionais em cima destas características.

- **Amostras aleatórias**

Ainda segundo Carnevalli (2001), *para realizar esta amostra, é necessário conhecer todos os elementos da população estudada (nomes, endereços, etc.) e definir um número para cada elemento, para que eles sejam selecionados, com o uso de uma tabela de números aleatórios*. Segundo Levin (1987) a amostragem aleatória, pode ser:

a) Aleatória simples (ou casual simples): os elementos da amostra são escolhidas, através do uso de uma tabela de números aleatórios.

b) Sistemática: a amostra é determinada por intervalos fixos. Por exemplo: numa população de 100 elementos, escolhe-se uma amostra selecionando cada décimo elemento da lista (Levin, 1987).

c) Estratificada: a população é dividida em grupos, extrai-se então uma amostra aleatória de cada grupo, conforme a sua proporção na população.

d) Método de conglomerados: Um conglomerado é uma unidade, onde se pode concentrar parte de uma população (escola, igreja, etc.), ele tem que ser representativo da população. Conforme a pesquisa, a amostra pode ser definida de várias formas como pelo sorteio aleatório dos conglomerados (Marconi & Lakatos, 1996).

- **Definição da amostragem da pesquisa**

A definição da amostragem foi a seguinte: Oficiais capitães das PM de São Paulo que estão em fase de aprendizado na utilização de uma pistola calibre .40” (estes oficiais são responsáveis por instruir seus comandados dentro de suas unidades quanto à utilização da pistola), equipe de instrução das Pistas de Tiro Defensivo para Policiais Militares de São Paulo (equipe responsável por instruir os usuários de pistola calibre .40” dentro da Polícia Militar de São Paulo e policiais do Centro de Suprimento de Munições e Armamento da PMSP, Deste modo, a amostragem é não aleatória e sim intencional. O uso dessa amostra é justificado pelo fato de serem esses, policiais capacitados no uso de pistolas e os únicos que trabalharam com o calibre em questão.

4.4.3.2 Técnicas de Coleta de Dados

Numa pesquisa exploratória podem ser utilizados questionários, entrevistas, observação participante, análise de conteúdos, etc (Carnevalli, 2001). Segundo Oliveira

(1997), a escolha do método e técnica utilizada, depende do objetivo da pesquisa, dos recursos financeiros disponíveis, da equipe e elementos no campo da investigação. A pesquisa selecionou duas técnicas, que poderiam ser usadas separadamente ou em conjunto para atender os objetivos do estudo: entrevista e questionário.

- **Entrevista**

O método da entrevista se caracteriza pela existência de um entrevistador, que fará perguntas ao entrevistado anotando as suas respostas. A entrevista pode ser feita individualmente, em grupo, por telefone ou pessoalmente (Mattar, 1996).

Conforme Carnevalli (2001), *dentre as vantagens do método das entrevistas o entrevistador pode tirar dúvidas, explicar as questões e permite também identificar as discordâncias. Além disso, a entrevista permite um bom controle da amostra com alto índice de respostas gerando uma grande quantidade de dados.*

O método das entrevistas pode apresentar as seguintes desvantagens (Marconi & Lakatos, 1996; Mattar, 1996): *ocorrer problemas de comunicação entre o entrevistador e o entrevistado, a entrevista consome muito tempo, gera alto custo o que leva a utilizar normalmente de amostras pequenas. Além disso, a presença do entrevistador e a não garantia de anonimato pode influenciar na resposta. Existe ainda o risco de o entrevistador interpretar as respostas em questões abertas.*

As entrevistas por telefone têm menor custo e são mais rápidas de serem aplicadas que as entrevistas pessoais, o que permite trabalhar com uma maior amostra (Mattar, 1996).

- **Questionário**

O questionário é um conjunto de perguntas, que a pessoa lê e responde sem a presença de um entrevistador. Ele pode ser enviado via correio, fax, Internet, etc., sendo devolvido, geralmente, pelo correio. Os questionários podem ser de quatro tipos diferentes:

- 1) Estruturado não disfarçado: o respondente sabe qual é o objetivo da pesquisa, e o questionário é padronizado, usando principalmente questões fechadas.
- 2) Não estruturado não disfarçado, neste caso usa-se mais questões abertas e o respondente sabe qual é o objetivo da pesquisa.

- 3) Não estruturado disfarçado: usa técnicas projetivas (completar sentenças, etc.) para conseguir as informações, sem que o respondente saiba a finalidade da pesquisa (Boyd & Wetfall, 1964).
- 4) Estruturado disfarçado: tenta através da tabulação e cruzamento de informações, descobrir a importância de um assunto para a pessoa, indiretamente (Mattar, 1996).

Segundo Marconi & Lakatos (1996) e Mattar (1996), as vantagens do uso do método do questionário em relação às entrevistas estão na utilização de menos pessoas para ser executado e proporciona economia de custo, tempo, viagens, com obtenção de uma amostra maior e não sofre influência do entrevistador. Dentre as desvantagens pode ser citados o baixo índice de devolução, grande quantidade de perguntas em branco; dificuldade de conferir a confiabilidade das respostas; demora na devolução do questionário e a impossibilidade do respondente tirar dúvidas sobre as questões o que pode levar a respostas equivocadas.

- **Justificativa das técnicas de coleta de dados escolhidas para a pesquisa**

A pesquisa optou pelo uso das técnicas supracitadas devido a pouca disponibilidade de recursos e de pessoas para realizar uma pesquisa com amostra grande e curto espaço de tempo para realização da pesquisa, além da busca de uma maior interação com os órgãos da PM que decidem sobre a aquisição de novos armamentos (através das entrevistas).

- **Etapas para Elaboração do Questionário**

Para elaboração das pesquisas, primeiramente levantam-se os requisitos de qualidade (ver seção 4.4.3.3). Após o levantamento dos requisitos de qualidade, verifica-se a relevância (quantitativa) dos requisitos de qualidade junto aos clientes. Juntamente com o resultado obtido é possível iniciar a elaboração das Matrizes do QFD e propor melhorias a serem implementadas de acordo com as necessidades dos clientes e as possibilidades da empresa.

Após um estudo bibliográfico inicial e definido os objetivos da pesquisa e os métodos e técnicas de coleta de dados, foram analisados questionários de pesquisas sobre a metodologia do QFD (Kano 1984 e Tumelero 2000), verificando a possibilidade de adaptar e utilizar aquelas questões para esta pesquisa. Durante o processo de análise dos

questionários, teve-se os cuidados de verificar se a pergunta é importante para a pesquisa (Marconi & Lakatos, 1996), analisar se existe necessidade de ter mais de uma pergunta sobre o assunto (Mattar, 1996) e verificar se os participantes têm o conhecimento técnico necessário para responder a questão (Boyd & Wetfall, 1964; Marconi & Lakatos, 1996).

- **Redações das questões**

Durante a redação das questões, foram tomados os seguintes cuidados: utilizar uma linguagem clara, de fácil entendimento, com termos técnicos de conhecimento geral para os policiais. Além disso, o questionário foi elaborado com poucas questões com redação pessoal, usando principalmente questões impessoais com redação direta.

Dentre os tipos de questões, Carnevalli (2001) cita que *nas perguntas abertas, as pessoas respondem as questões com suas próprias palavras, sendo, dissertativas.*

Segundo Mattar (1996), *as vantagens desse tipo de perguntas são: coleta uma quantidade maior de dados, não são influenciadas por respostas predeterminadas e são de fácil elaboração. Elas têm as seguintes desvantagens: são de difícil tabulação e análise e podem surgir dificuldades de entendimento como por exemplo, letra ilegível, erro de redação, etc.*

Nas perguntas fechadas, a pessoa escolhe a resposta num conjunto de um número determinado de opções. Segundo Mattar (1996) dentre as vantagens, elas são de rápido preenchimento, fácil tabulação e análise dos dados. Na elaboração do questionário, priorizou-se o uso de perguntas fechadas, com utilização de uma questão aberta.

- **Instruções de preenchimento**

Foram elaboradas instruções de preenchimento no início do questionário. Sendo as questões divididas em três tipos: Nas questões de 1 a 6 o cliente foi convidado a expressar sua opinião quanto à importância dos itens listados; Enumerar de 1 (mais importante) a 6 (menos importante) o que ele julga essencial para uma pistola atender às necessidades da Polícia Militar (não vale usar o mesmo número mais de 1 vez); Caso o cliente desejasse fazer comentários para melhoria da pistola da IMBEL, sobre as perguntas supracitadas ou quaisquer outras idéias, foi cedido um campo para lançamento destes comentários.

Sendo assim, este formato busca obter dos clientes, as características consideradas, por eles, mais importantes em uma pistola para o desempenho de seu serviço (ver anexo A). Além deste formato, são enviados mais dois tipos de questionários: Um primeiro para policiais que já atiraram com as pistolas IMBEL (ver Anexo C) e um segundo para que os clientes efetuem uma comparação com o produto dos concorrentes (ver Anexo B).

- **Coleta de dados**

Como parte do processo de captação das necessidades dos clientes, a pesquisa de opinião junto a PMSP foi dividida em três focos. No primeiro, uma série de pesquisas foi enviada por correio eletrônico para diversas unidades (citadas na Definição da amostragem da pesquisa); no segundo uma visita a um curso de tiro da PM. No período de 27 a 29 de maio de 2001, desenvolveu-se o curso de aperfeiçoamento de oficiais da polícia militar no Centro de Formação de Soldados em Pirituba- São Paulo. Participaram do curso, oficiais Capitães comandantes de unidades policiais que seriam multiplicadores do método de utilização de pistolas calibre .40 em suas guarnições. Estes oficiais responderam à pesquisa e outras informações importantes foram recolhidas no andamento do curso com a participação do pesquisador e no contato direto verbal com instrutores e atiradores; no terceiro uma visita ao Centro de Suprimento de Munições e Armamento da PMSP, onde policiais graduados e oficiais, especialistas em armamento responderam à pesquisa e outras informações importantes foram recolhidas no andamento da visita com o contato direto verbal com esses policiais.

4.4.3.3 O Modelo Kano (Definição dos Requisitos)

O modelo Kano possibilita o levantamento de requisitos da qualidade tanto objetivos quanto subjetivos. Iata (2001) cita a existência de três tipos de requisitos (ou elementos da Qualidade segundo Kano, 1984) que influenciam a satisfação do cliente de diferentes formas:

Requisitos obrigatórios (compulsórios): *Se não forem preenchidos, o cliente se sentirá extremamente insatisfeito. Por outro lado, para o cliente, esses requisitos já estão*

embutidos no produto/serviço oferecido, sendo, portanto um pré-requisito. O fato de acrescentar tais requisitos não tornará o cliente mais satisfeito (Iata, 2001).

Requisitos lineares: *Característica que, quando incorporada, traz a satisfação, enquanto que a sua ausência conduz à insatisfação* (Kano, 1984). Denomina-se também requisito ou elemento da qualidade unidimensional.

Requisitos atrativos: *Esses requisitos são os critérios do produto/serviço que têm maior influência na satisfação do cliente e quase nunca são explicitamente expressos ou esperados pelos clientes. O preenchimento desses requisitos proporciona maior nível de satisfação* (Iata, 2001), porém no caso parcial, constitui um fator de resignação (Kano, 1984). Na Figura 4.1 demonstra-se a correlação biunívoca entre o nível de satisfação e a suficiência física (preenchimento de um requisito) para um consumidor, segundo o modelo de kano.

Ainda conforme Kano (1984), os requisitos acima constituem os elementos funcionais e fundamentais da qualidade, porém os subseqüentes também poderão estar presentes, a saber:

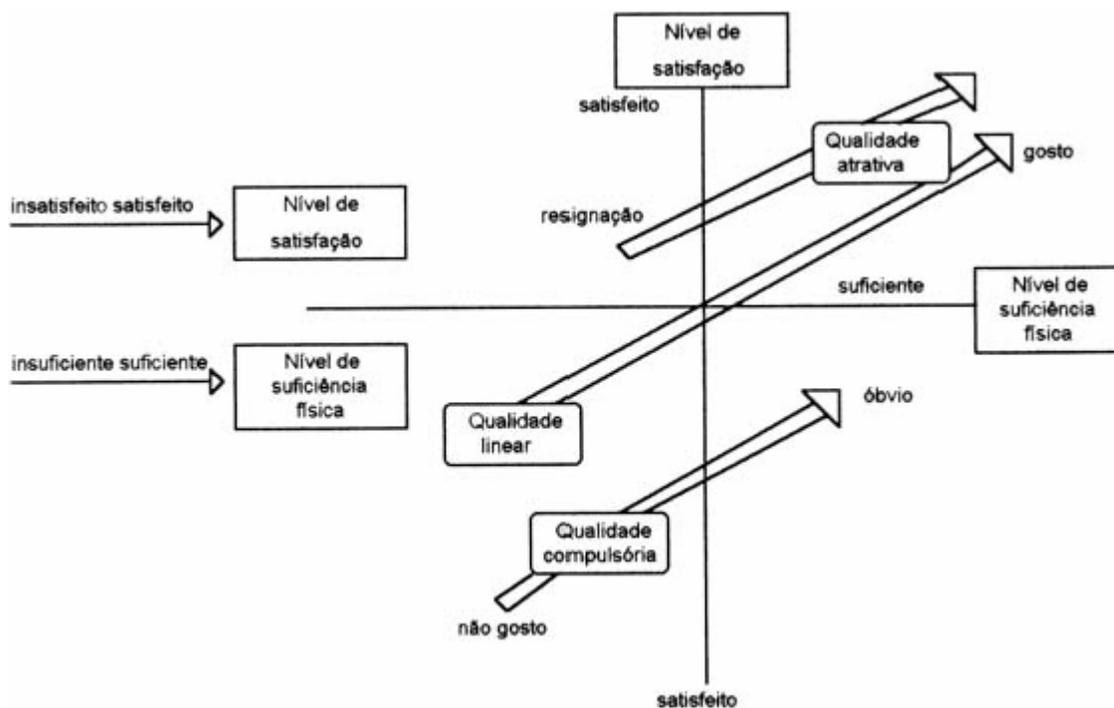


Figura 4.1: Representação gráfica do modelo Kano

Fonte: Kano, 1984.

Requisitos indiferentes: Características que, mesmo incorporadas ou não, resultam numa indiferença do usuário.

Requisitos reversos: Características que, mesmo quando plenamente incorporadas, provocam insatisfação junto ao usuário, ou ainda, apesar de serem incompletas, resultam numa satisfação plena do consumidor.

4.4.3.4 Metodologia da Pesquisa

A estrutura utilizada para a aplicação do modelo Kano consta de três partes:

- a) Estudo - A fase de estudo é composta por duas atividades principais. São elas:
 - A escolha do produto
 - A definição dos clientes.
- b) Aplicação da pesquisa;
- c) Análise dos resultados.

Segundo Boyd & Westfall (1978), a pesquisa mercadológica envolve a coleta, registro e análise de todos os fatos referentes aos problemas relacionados à transferência e venda de mercadorias e serviços do produtor ao consumidor final.

Através da aplicação da pesquisa de mercado é possível ouvir a voz do cliente, ou seja, converter as necessidades dos clientes em informações para o desenvolvimento e/ou melhoria do produto (Tumelero 2000).

Uma forma de se conseguir esta conversão, e primeiramente a determinação do desdobramento da qualidade exigida é a realização de uma pesquisa junto aos clientes, pois como complemento, conforme Tumelero (2000), um aspecto importante inserido no QFD é a postura de desenvolvimento de produtos orientada pelo mercado. É natural, portanto iniciar o desenvolvimento de produtos pela pesquisa das necessidades e dos desejos dos clientes, cujas informações são utilizadas no desdobramento da qualidade exigida.

O propósito da voz do cliente dentro do desdobramento da função qualidade (QFD) é saber suas expectativas, desejos sonoros, e ainda, necessidades despercebidas. O propósito do QFD é desdobrar a qualidade necessária para satisfazer e, até mesmo, satisfazer o cliente. Desta forma, obter a voz do cliente é o foco do processo de QFD. Se

uma representação inexata dos desejos do cliente é obtida, o processo de QFD irá direcionar o processo de desenvolvimento de produtos para produzir o produto errado.

Oferecer um produto ou serviço que os seus clientes considerem excelente requer que você conheça as expectativas dos seus clientes (Wing, 1999). Drumond (1995) aponta que os resultados da pesquisa de mercado são a fonte principal de informações para o planejamento da qualidade. Dados são coletados como forma de suporte ao processo de tomada de decisão gerencial nas diversas etapas do desenvolvimento do produto, aumentando suas chances de sucesso. Estes dados servirão de ponto de partida para o desdobramento da qualidade desejada pelo consumidor.

De posse da escolha prévia do produto e do cliente e da aplicação das pesquisas, surge a análise dos resultados, conforme o item 4.4.4.1.

4.4.4 Construção da “Casa da Qualidade”

4.4.4.1 As Qualidades Exigidas

Os requisitos dos clientes foram levantados conforme descrito na seção 4.4.3.

O que a PM deseja (requisitos obrigatórios): uma arma de concepção atual, segura, confiável, leve, no calibre .40 S&W, com manuseio e manejo semelhante ao do revólver.

Seguindo os passos previstos na *Tabela 3.2*, primeiramente, colheram-se as informações primitivas dos clientes tomando como base:

- a) os testes realizados na PMSP (conforme seção 4.3.3) onde o próprio cliente elaborou e apresentou um questionário contendo suas exigências e necessidades a serem supridas pelo produto (o questionário é material da PMSP e possui um grau de sigilo restrito, não podendo ser apresentado);
- b) os requisitos levantados pela Engenharia do Produto da IMBEL junto ao cliente, conforme Anexo D.

Após este levantamento, as informações foram convertidas em informações lingüísticas de expressão concisa, as informações similares foram reunidas e uma linguagem representativa para cada conjunto formado fora determinada, até chegar a um agrupamento final onde se colocou a numeração de classificação, resumindo-se em forma

de quadro seguido da montagem da tabela de desdobramento da qualidade exigida, conforme apresentado no Anexo E.

4.4.4.2 A Qualidade Planejada

Neste ponto da pesquisa, foi proposta a avaliação da qualidade planejada através de uma abordagem diferente em relação ao descrito na seção 3.6.4.2.

Foi utilizado o conceito dos *Six Sigma* (Seis sigma) para avaliação do planejamento da qualidade, por ser uma excelente ferramenta para melhorar o nível de variação e alcançar os níveis desejáveis de satisfação de seus clientes. A forma final da tabela da qualidade planejada pode ser demonstrada na *Figura 4.2*.

Planejamento da Qualidade			
Grau de Importância	Plano	Peso	
	6 sigma	Peso absoluto	Peso relativo

Figura 4.2 – Forma final da Tabela da Qualidade Planejada

Ao invés de se fazer uma análise comparativa, partiu-se para uma análise seis sigma, devido aos seguintes motivos:

- Poucos clientes conheciam os produtos dos concorrentes;
- Poucos clientes já haviam atirado com uma pistola calibre .40”;

- No modelo tradicional, o concorrente é verificado e o planejamento é realizado se posicionando em relação a ele. As dificuldades deste método seriam saber o próximo passo do concorrente e o acesso a seus dados;
- A busca de um produto que atenda plenamente as necessidades do cliente;
- A análise six sigma, segundo Fontenot et al (1994) não leva em consideração o tamanho da amostra, que é uma variável crítica para obtenção de informações da PMSP.

O Programa Seis Sigma é uma estratégia que fornece uma série de intervenções e ferramentas estatísticas que podem levar a um salto em lucratividade, diminuição de custos e ganhos em qualidade (Francischini, 2001).

Harry (1998) afirma que o programa Seis Sigma tem se mostrado entre as empresas como uma campanha agressiva para levantar a lucratividade, aumentar a participação no mercado e melhorar a satisfação do cliente. Segundo Francischini (2001), *a filosofia do seis sigma reconhece que há uma correlação direta entre o número de defeitos dos produtos, custos operacionais gastos e o nível de satisfação do cliente. A estatística do seis sigma mede a capacidade do processo de desenvolver um trabalho livre de defeitos (ver Figura 4.3)*

Segundo Francischini (2001), *o valor do sigma indica a variabilidade do processo, e quanto maior o número de sigmas contados a partir da média da distribuição, a probabilidade complementar (área sob a “cauda” da distribuição) tende a zero, ou seja, menos provavelmente um processo irá produzir defeitos (ver Figura 4.4). Conseqüentemente, a confiabilidade no produto aumenta, a necessidade de realização de testes e inspeção diminui, o estoque intermediário sofre declínios, os custos reduzem e a satisfação do cliente aumenta (Francischini, 2001).*

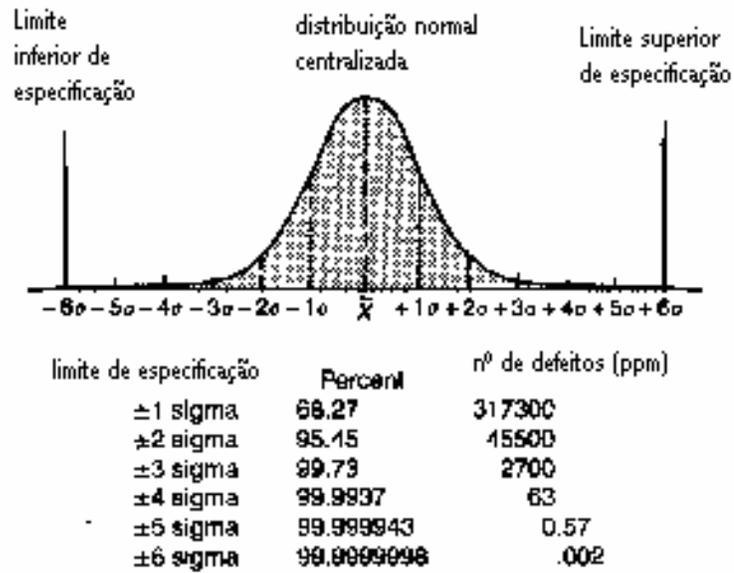


Figura 4.3 – Curva normal de distribuição apresentando o índice de defeitos para vários limites de especificação.

Fonte: Breyfogle, 1999.

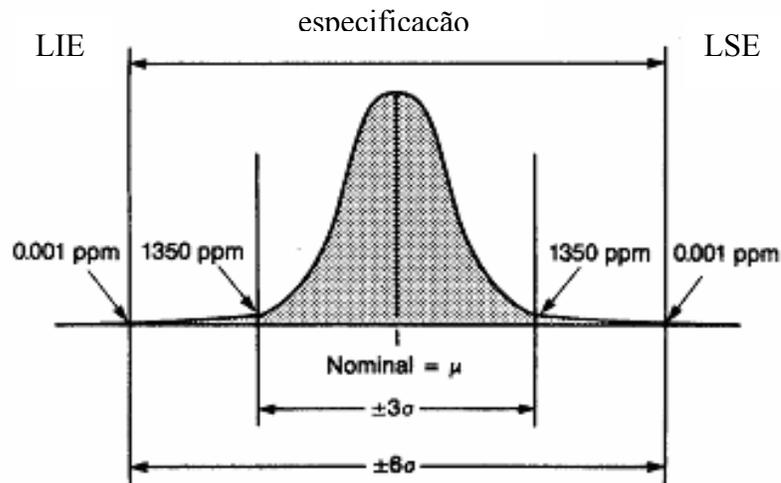


Figura 4.4 - Curva de distribuição normal ilustrando as variações de três sigma e seis sigma.

Fonte: Breyfogle, 1999.

Hoerl (1998) aponta que mais importante que a definição técnica do programa Seis Sigma é o conceito de seis sigma como um meio quantitativo e disciplinado para a melhoria de métricas definidas em manufatura, serviço ou processos financeiros. Este meio leva a um processo de seleção os projetos corretos baseados em seus potenciais para melhorar métricas de desempenho e selecionar e treinar as pessoas certas para alcançar os melhores resultados financeiros.

O autor segue afirmando que entre os principais resultados obtidos através do programa Seis Sigma destacam-se seus resultados financeiros, o apoio contínuo e o entusiasmo da gerência, sua ênfase quantitativa e disciplinada para a resolução de problemas, a grande preocupação em entender e satisfazer as necessidades dos clientes (uso de métricas) e a correta combinação de projetos, pessoas e ferramentas.

No programa Seis Sigma, Hoerl (1998) afirma que há da mesma maneira uma grande ênfase em entender e satisfazer as necessidades dos clientes. *Apesar das reduções de custos serem importantes, elas não se traduzem diretamente em melhorias transparentes para o cliente e assim o foco do programa Seis Sigma, que anteriormente se encontrava na manufatura, passou a ser o cliente* (Francischini, 2001).

Behara (1995) aponta que em uma pesquisa de satisfação de cliente conduzida em Dallas (EUA) entre os anos de 1991 e 1992 por pesquisadores independentes, o nível de satisfação foi medido em várias firmas de alta tecnologia. Os clientes indicavam sua satisfação com a sua empresa e com atributos específicos ligados à empresa, respondendo a um questionário contendo 32 atributos relacionados com a qualidade do serviço, performance do produto e imagem da companhia.

.Baseado nas respostas de aproximadamente 400 clientes em cada ano, os pesquisadores utilizaram uma análise de seis sigma para medir a melhoria dos clientes nesse período.

Na análise, em uma escala de 1 a 10, qualquer resposta abaixo de 5 foi considerado uma não-conformidade (cliente não satisfeito). A proporção de clientes não satisfeitos por milhões de clientes, determinava o nível apropriado de variação (sigma) para cada atributo.

Segundo Behara (1995), tão importante quanto diminuir o número de clientes não satisfeitos, decisões sobre como fazê-lo não devem ser tomadas arbitrariamente. Os Clientes devem estar por trás de cada decisão e estratégia de melhoria.

O autor segue afirmando que as empresas estão se direcionando para alcançar níveis *six sigma* de performance em relação a focar as necessidades dos clientes.

De acordo com o autor, a satisfação dos clientes depende de uma performance livre de defeitos. Mas nem toda performance livre de defeitos se traduz em ganhos proporcionais na satisfação dos clientes. Em alguns casos, esta satisfação pode ser alcançada mesmo se altos níveis *sigma* não sejam alcançados. Altos níveis *sigma* geralmente são percebidos através de altos índices de satisfação dos clientes. Contudo, níveis *sigma* mais altos para certos atributos não se traduzem em correspondentes níveis mais altos de satisfação dos clientes, enquanto alguns atributos com alto grau de satisfação não necessariamente têm relação com um alto nível de performance (*sigma*). A significância de cada atributo em particular deve ser analisada separadamente com cuidado.

- **Identificação do grau de importância** – O grau de importância foi ouvido diretamente do cliente através dos questionários e entrevistas. O grau de importância está medindo, dentre as qualidades exigidas quais o cliente considera mais e menos importante, servindo para o cálculo do peso atribuído a cada necessidade do cliente.

Para atribuição do grau de importância, foram dadas notas gradualmente de 1 a 10, conforme *Tabela 4.4*:

Muito Importante		Importante		Indiferente		Pouco Importante		Sem importância	
10	9	8	7	6	5	4	3	2	1

Tabela 4.4 – Notas para satisfação dos clientes.

Apos compilação de todos questionários, foi calculada a média aritmética de cada qualidade exigida e lançado o grau de importância na matriz conforme Anexo E.

- **6 Sigma** – Utilizando os conceitos de Fontenot *et al* (1994), o cálculo para cada atributo em relação ao grau de satisfação seis sigma foi feito seguindo os passos abaixo:

- 1°. Para cada requisito (tabela de qualidade exigida), calculou-se a média do nível de satisfação do cliente (com base no questionário apresentado no Anexo C) que apresentou a mesma escala de pontuação descrita na *Tabela 4.4*;
- 2°. Cada resposta menor que 5 foi considerada uma não-conformidade (defeito). Este limite pode ser elevado como uma parte integrante de melhoria contínua;
- 3°. Efetuou-se a relação entre a quantidade de não-conformidades e o total de respostas;
- 4°. Esta relação foi transformada em defeitos por milhão (parte por milhão – ppm) multiplicando-se por um milhão;
- 5°. De posse deste valor, buscou-se sua correspondência na curva *six sigma* (ver *Figura 4.5*) para identificar em qual nível *six sigma* se encontra o atributo (*Is – Índice six sigma*);
- 6°. Para avaliar a distância em relação ao nível seis sigma, efetuou-se a seguinte relação:

- $\frac{6}{Is}$

Este valor (que também pode ser considerado como uma taxa de melhoria e a própria qualidade planejada) é o que se deseja alcançar e o valor que fora lançado na tabela da qualidade desejada com o nome de “6 sigma” (ver Anexo E).

O índice ou taxa de melhoria indica quanto a empresa vai melhorar o seu desempenho em relação a alguma necessidade do cliente. Este valor também será utilizado para o cálculo do peso atribuído pelos clientes a cada qualidade exigida.

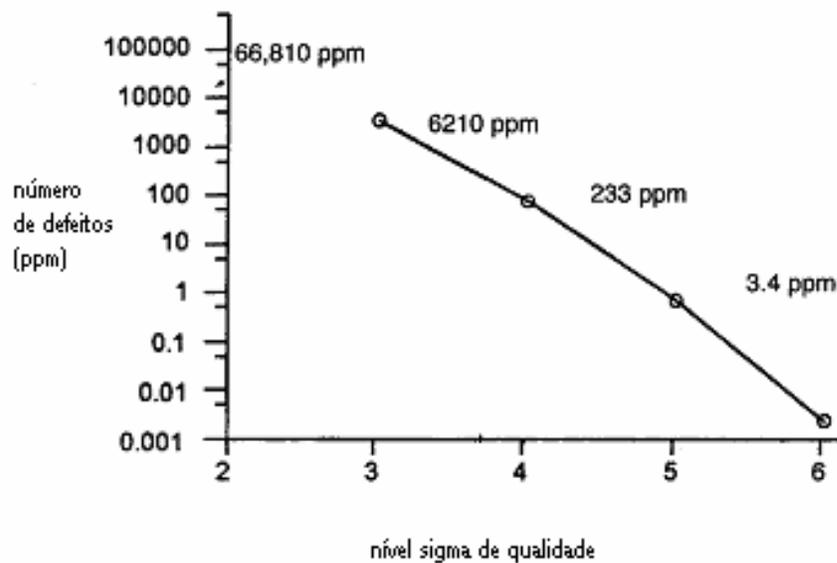


Figura 4.5 – Índice de defeitos (ppm) versus nível de qualidade sigma

Fonte: Breyfogle, 1999.

Através da análise seis sigma, foi estabelecida a qualidade planejada. Esta indicará se a empresa vai manter o nível da qualidade exigida, ou se vai melhorar, isto vai depender do grau de importância estabelecido pelo cliente e da posição da empresa em relação ao nível de qualidade sigma.

O argumento de venda define onde a empresa deve priorizar a sua propaganda, a sua estratégia de venda. Devido às restrições mercadológicas (produto controlado), pela especificação bem direcionada do produto e cliente e pela forma que se conduzem as vendas em uma empresa estatal (licitações), para esta pesquisa, o argumento de venda não será utilizado.

- **Peso absoluto** – O peso absoluto é o resultado da multiplicação do grau de importância pelo 6 Sigma a ser alcançado e significa o “peso” dado a cada necessidade exigida pelos clientes (ver Anexo E).
- **Peso relativo** – O peso relativo representa os mesmos valores do peso absoluto em termos percentuais (ver Anexo E).

4.4.4.3 Tabela das Características de Qualidade

- **Características de qualidade** – Após a conclusão da tabela de desdobramento das qualidades exigidas, a equipe multifuncional participou de um “brainstorming” e decidiu quais seriam as características técnicas mais importantes para o produto estudado, estabelecendo-se assim a tabela de desdobramento das características da qualidade, conforme indicado por Peixoto (1999b). As características da qualidade selecionadas estão apresentadas no Anexo E. Unindo as duas tabelas com uma matriz forma-se a matriz da qualidade (ver Anexo E).

- **Matriz de correlações** – A matriz de correlações (telhado da casa da qualidade) foi construída seguindo as indicações da *Tabela 3.4*.

Este trabalho foi realizado com a presença de todo o grupo de desenvolvimento do produto, que se reuniu e buscou o consenso para todas as correlações existentes na matriz (ver Anexo E).

- **Matriz de relações** – Segundo Pasetto (1999), para preencher a matriz da qualidade, é feito um cruzamento dos itens de qualidade demandada (exigida) com as características de qualidade a fim de estabelecer o grau de influência de um item sobre o outro.

Concluídas as duas tabelas, começou o processo de relação, o qual foi realizado através de reuniões semanais com toda a equipe multifuncional, atribuindo pesos de 9 para forte relação, 3 para média relação, 1 para uma fraca relação e zero quando não houve ligação.

As relações foram preenchidas por coluna (para cada características) e, após o consenso no preenchimento de toda a matriz, pôde-se verificar a consistência por linha. Para isso, foi observado para cada qualidade exigida de último nível, se a relação estabelecida com as características da qualidade estava correta.

A equipe resolveu adotar o valor numérico direto na matriz ao invés de símbolos, em razão de estar usando uma planilha para facilidade de cálculo (ver Anexo E).

- **Peso absoluto** – O peso absoluto reflete qual a importância de cada característica da qualidade de acordo com as necessidades do cliente. Nesta fase multiplicou-se o valor de cada relação pelo respectivo peso absoluto da qualidade exigida e foi efetuada a soma vertical destes valores (ver Anexo E).

- **Peso relativo** – O peso relativo representa os mesmos valores do peso absoluto em termos percentuais (ver Anexo E).
- **Qualidade projetada** – De forma análoga à qualidade planejada aqui, ter-se-ia uma análise comparativa que não foi efetuada acompanhando os mesmos motivos pelos quais levaram a sua exclusão no planejamento da qualidade.

Porém, analisando o peso relativo pode-se perceber onde de forma prioritária deve-se fazer alterações e/ou melhorias para atender as necessidades do cliente, estabelecendo-se assim a qualidade projetada.

As características principais escolhidas foram aquelas que obtiveram peso absoluto superior a média aritmética de todos pesos absolutos (ver *Figura 4.6*), quais sejam:

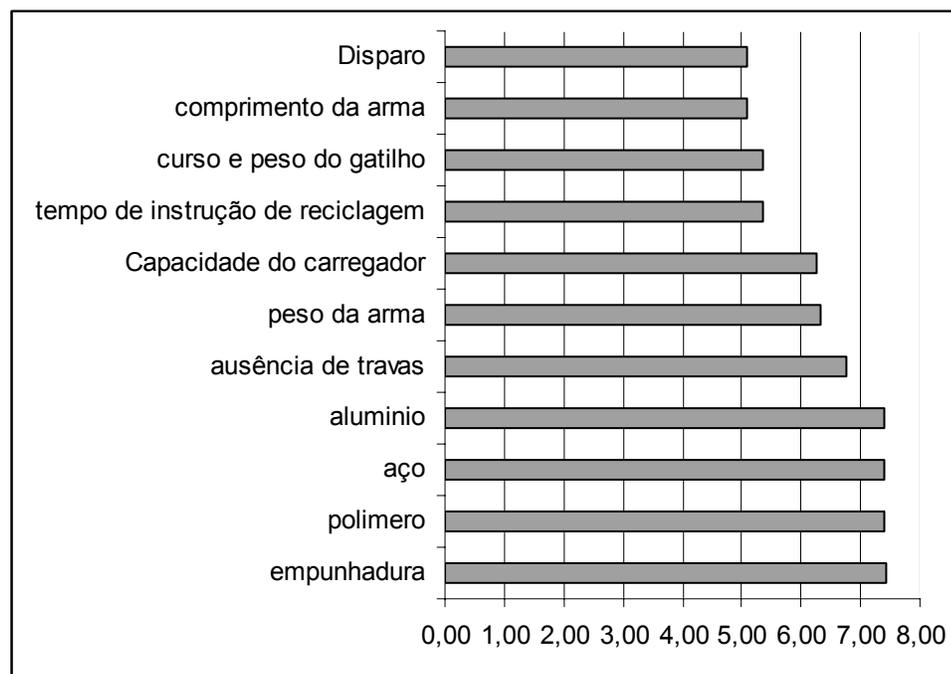


Figura 4.6 – Características técnicas principais em valores percentuais.

1. Polímero, alumínio e aço (material)

O material utilizado hoje em dia para composição das partes de uma pistola é o aço nas suas mais diversas composições, com a utilização de partes compostas de materiais mais leves como peças micro-fundidas, em alumínio, entre outras.

A armação juntamente com o ferrolho, carregador e o cano são as partes mais pesadas de uma pistola. Por questões funcionais, ferrolho e cano não podem ter seu material alterado. O carregador é feito com material leve, restando a armação a incumbência de ter seu peso reduzido.

Analisando a matriz de correlações (Anexo E), pode-se observar que há uma forte relação positiva forte entre o aço e o peso da arma e uma relação positiva entre este e o alumínio, mas por outro lado, há uma relação negativa entre o polímero e o peso, significando que este material se relaciona melhor com o peso, pois o PM deseja uma arma mais leve.

Relacionando o material com a empunhadura e ausência de travas, pode-se verificar que o polímero se comporta melhor devido a sua facilidade de conformação mecânica.

Caso a IMBEL deseje investir na tecnologia de injeção de polímeros, e fazer uma reengenharia das peças usinadas, a noção intuitiva que surge é de que o preço final tenderá a ser consideravelmente inferior ao da concorrência.

Caso a IMBEL resolva levar avante este projeto, a confecção de coldres e porta-carregadores, feitos por injeção de polímero, pode ser desencadeada com base na tecnologia conhecida.

Com a confecção da armação em polímero, total ou parcialmente podem ser acrescentadas características diferenciais de resistência e confiabilidade ainda não percebidas pela PMSP, mas já detectadas pela IMBEL e por outras instituições policiais. A armação parcialmente em polímero, ou com insertos metálicos nas regiões de movimento relativo entre as peças pode ser uma solução que melhora as características de resistência do produto.

2. Dimensão – empunhadura, peso da arma, capacidade do carregador e comprimento da arma

Com o material da armação em polímero, torna-se mais fácil uma modelagem mais ergonômica para o punho, melhorando o aspecto da empunhadura de forma a não desfavorecer a passagem do carregador; e a disposição das travas internas de segurança.

Da mesma forma, o polímero influencia positivamente o peso da arma que deve atingir 950 gramas contra um peso atual de 1,5 Kg aproximadamente.

A capacidade do carregador com o modelo de grande capacidade deve atingir 16 munições (mais uma na câmara), capacidade considerada ideal por muitos membros da PM.

O comprimento da arma não possui correlação com nenhuma característica técnica principal e os valores a serem alcançados não puderam ser divulgados pela empresa.

3. Operabilidade – ausência de travas e curso e peso do gatilho

A ausência de travas talvez seja o grande diferencial em termos de qualidade projetada.

Com base nesta característica, surge com força final o desenvolvimento de uma pistola somente “dupla-ação”.

Uma pistola é de ação simples quando, existindo munição na câmara e o cão estando à frente, torna-se necessário recuá-lo manualmente para efetuar o primeiro disparo; do segundo tiro em diante o próprio ferrolho, no seu recuo, arma o cão deixando a arma em condições de realizar novo disparo. Exemplos.- pistolas IMBEL em geral, a maioria das pistolas Colt.

A pistola é de dupla-ação quando, existindo munição na câmara e o cão estando à frente, realiza-se o primeiro disparo apenas pressionando o gatilho, esta pressão no gatilho serve para armar o cão e realizar o disparo, os tiros seguintes são em ação simples, uma vez que o ferrolho já deixa o cão armado para o próximo disparo. Exemplos: pistolas Beretta e Taurus.

A pistola é de “apenas dupla-ação” ou “double action only”, quando todos os disparos são realizados em dupla-ação, isto é, todas as vezes que se pressiona a gatilho, este arma o cão e efetua o disparo em seguida. Como pode ser visto, neste Tipo de arma, o cão não fica armado após o primeiro disparo. Exemplos: todas as pistolas Glock, algumas pistolas Sig-Sauer e a pistola .380 Milenium da Taurus.

O desarmador do cão (decocking lever) é um sistema mecânico que desarma o cão com segurança. A operação manual de desarmar o cão, quando há munição na câmara, é considerada arriscada em situação de stress do policial, assim as Polícias Militares preferem as pistolas que possuam tais sistemas.

Recentes trabalhos de pesquisa da PMSP têm mostrado a tendência para o uso de pistolas em polímero, como as Pistolas Glock. Outra vantagem das pistolas Glock é a ausência de alavancas e travas para serem acionadas pelo atirador quando quer disparar a arma; à medida que o gatilho vai sendo deslocado para trás, as seguranças são desativadas automaticamente. Esta é a importância do peso e curso do gatilho, que não deve sofrer alterações em relação aos modelos atuais da própria IMBEL. A Fábrica de Itajubá, através do projeto da Pst.40 GC-IMBEL MD4, a pistola policial, atende todos estes requisitos.

A necessidade da adoção do sistema de dupla ação nas pistolas fabricadas pela IMBEL era vislumbrada pela Superintendência e Gerências da Fábrica de Itajubá com antecedência e foram tomadas as medidas cabíveis, na esfera de atribuições da filial.

Em agosto de 1996, uma equipe de engenheiros da IMBEL foi aos EUA para discutir detalhes técnicos do projeto das pistolas de grande capacidade. Uma das missões que compunham a pauta de assuntos de interesse da IMBEL era verificar a existência de pistolas de dupla ação em modelo Colt e, se possível, adquirir e trazer exemplares para agilizar a pesquisa.

O estudo estava sendo desenvolvido segundo duas linhas de ação baseadas cada uma em um modelo diferente de pistola já existente. Ambas linhas de ação exigem modificações estruturais e peças novas, porém proporcionam um sistema de segurança mais completo e ambidestro. Verificando mais cuidadosamente, reparou-se que na primeira opção existem 19 peças que foram eliminadas e 11 peças novas; o produto final, além da concepção moderna, tem 8 peças a menos. Na segunda opção, não tem peças eliminadas, exige retrabalho em peças existentes e mais 5 peças novas.

As duas linhas de ação estão baseadas em modelos de pistolas monofilares, porém o objetivo do projeto é a adoção do sistema de dupla ação para as pistolas IMBEL que utilizam carregadores bifilares (armações de grande capacidade).

O estudo em pistolas standard favorece a utilização do sistema de dupla ação nas armações de grande capacidade por haver mais espaço disponível.

4. Desempenho mecânico – disparo;

O disparo está ligado diretamente ao curso e peso do gatilho, que se sofrer algum acréscimo pode retardar o disparo, o que certamente não se pode conceber em termos de atividade de um policial militar.

5. Vendas – tempo de instrução de reciclagem.

O tempo de instrução de reciclagem pode variar de acordo com solicitações das instituições da PM.

As instruções realizadas no âmbito da IMBEL levam em consideração o deslocamento de um pequeno grupo de atiradores que teriam que multiplicar seus conhecimentos adquiridos, elevando assim o tempo de instrução da tropa, porém com informações mais preciosas. Cabe então ao cliente decidir seu próprio custo-benefício.

Em tempo, com a ausência de travas, o tempo de instrução reduz drasticamente, pois não há a preocupação tão enfática na hora da ação com o sistema de segurança e travas a serem acionadas.

De posse da qualidade projetada, estas características técnicas escolhidas como as principais foram dispostas à esquerda da matriz do Produto para confecção da mesma. O outro grupo de elementos para a correlação são as características das partes (peças).

4.4.5 – Matriz do Produto

Conforme indicado com Anexo F, os principais componentes do produto final foram dispostos na parte superior da matriz.

- **Matriz de relações** – Para preencher a matriz do produto é feito um cruzamento das características de qualidade e os principais componentes a fim de estabelecer o grau de influência de um item sobre o outro.

O processo de relação foi realizado através de reuniões semanais com toda a equipe multifuncional, atribuindo pesos de 9 para forte relação, 3 para média relação, 1 para uma fraca relação e zero quando não houve ligação.

As relações foram preenchidas por coluna (para cada componente) e, após o consenso no preenchimento de toda a matriz, pôde-se verificar a consistência por linha.

Para isso, foi observado para cada característica da qualidade, se a relação estabelecida com os componentes principais estava correta.

A equipe resolveu adotar o valor numérico direto na matriz ao invés de símbolos, em razão de estar usando uma planilha para facilidade de cálculo (ver Anexo F).

- **Peso absoluto** – O peso absoluto reflete qual a importância de cada componente de acordo com as características da qualidade. Nesta fase multiplicou-se o valor de cada relação pelo respectivo peso absoluto trazido da tabela das características da qualidade e foi efetuada a soma vertical destes valores (ver Anexo F).
- **Peso relativo** – O peso relativo representa os mesmos valores do peso absoluto em termos percentuais (ver Anexo E).

Os componentes principais escolhidos foram aqueles que obtiveram peso absoluto superior a média aritmética de todos pesos absolutos (ver *Figura 4.7*), quais sejam:

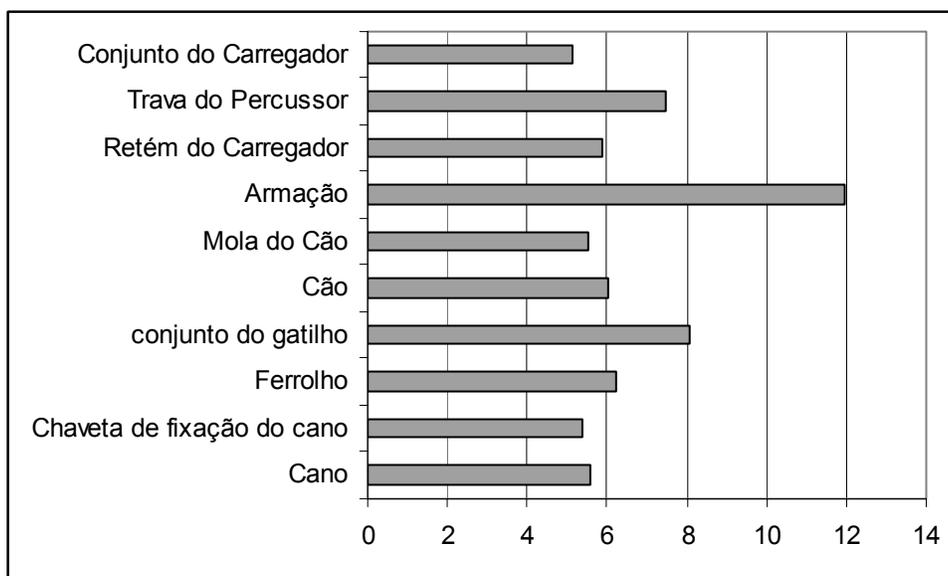


Figura 4.7 – Principais componentes do produto em valores percentuais.

Cano, ferrolho e carregador, juntamente com a armação são as principais partes de qualquer pistola.

Como componente que apresentará maior modificação, a armação destacou-se seguida do conjunto do gatilho que passou a ter destaque devido à ausência de travas externas que resultou ao surgimento da segurança através do conjunto do gatilho.

Única trava constante na nova arma, a trava do percussor também ocupou lugar de destaque entre os demais componentes.

Pelo sistema de somente dupla-ação, o cão e sua mola também representam partes importantes.

De posse dos componentes escolhidos como os principais, estes foram dispostas à esquerda da matriz dos Processos para confecção da mesma. O outro grupo de elementos para a correlação são os principais processos da empresa;

4.4.6 – Matriz dos Processos

Conforme indicado com Anexo G, os principais processos de fabricação foram dispostos na parte superior da matriz.

- **Matriz de relações** – Para preencher a matriz dos processos, é feito um cruzamento dos componentes críticos e os principais processos internos a fim de estabelecer o grau de influência de um item sobre o outro.

O processo de relação foi realizado através de reuniões semanais com toda a equipe multifuncional, atribuindo pesos de 9 para forte relação, 3 para média relação, 1 para uma fraca relação e zero quando não houve ligação.

As relações foram preenchidas por coluna (para cada processo) e, após o consenso no preenchimento de toda a matriz, pôde-se verificar a consistência por linha. Para isso, foi observado para cada componente crítico, se a relação estabelecida com os processos de fabricação estava correta.

A equipe resolveu adotar o valor numérico direto na matriz ao invés de símbolos, em razão de estar usando uma planilha para facilidade de cálculo (ver Anexo G).

- **Peso absoluto** – O peso absoluto reflete qual a importância de cada componente de acordo com as características da qualidade. Nesta fase multiplicou-se o valor de cada relação pelo respectivo peso absoluto trazido da tabela dos componentes do produto e foi efetuada a soma vertical destes valores (ver Anexo G).

- **Peso relativo** – O peso relativo representa os mesmos valores do peso absoluto em termos percentuais (ver Anexo G).

Os processos principais escolhidos foram aqueles que obtiveram peso absoluto superior a média aritmética de todos pesos absolutos (ver *Figura 4.8*), quais sejam:

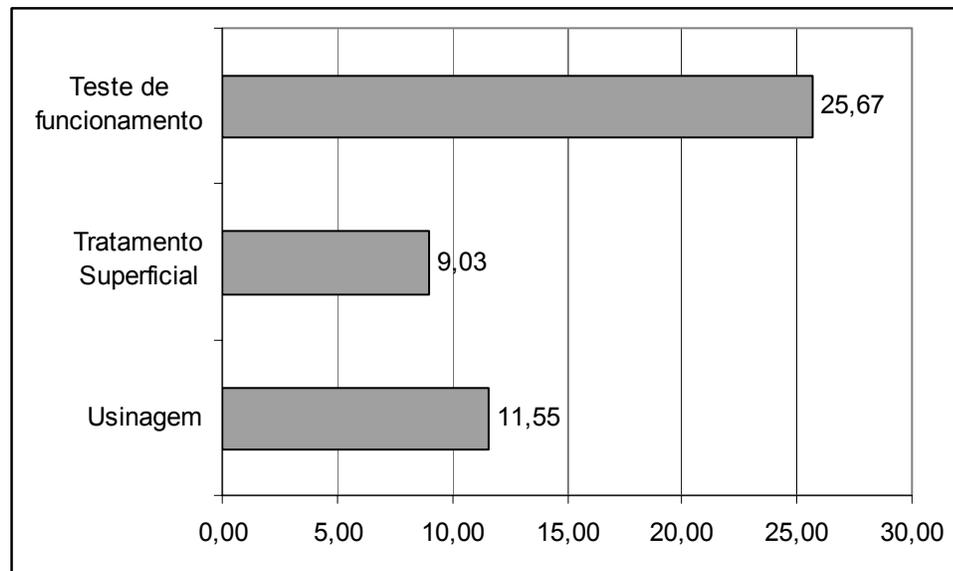


Figura 4.8 – Processos críticos em valores percentuais.

Os testes de funcionamento para qualquer armamento sempre caracterizaram um processo crítico, por se tratar, este, de um produto controlado que é utilizado na segurança das pessoas, portanto não podendo apresentar defeitos tanto de funcionamento quanto de segurança no momento de seu emprego.

Estes testes de confiabilidade são executados para verificação do projeto, antes da produção piloto, para validação do processo durante a fase de produção e na fase de inspeção final para liberação do produto.

O tratamento Superficial se mostra um processo crítico e cuidados com o tratamento para proteção do material de polímero na armação (inibidor de ultravioleta, por exemplo), o aspecto visual das peças visíveis (externas no armamento), o acabamento superficial do ferrolho (para evitar corrosão e marcas de usinagem) e variações dimensionais devem ser tomados.

O processo de usinagem envolve a maioria das peças e na fabricação de um armamento as tolerâncias são apertadas e fundamentais para o desempenho do produto.

Desta forma, ações para controle das cotas críticas dos componentes principais devem ser tomadas garantia de suas conformidades e melhorias.

O processo de fabricação da armação envolverá uma linha de produção única e independente dos outros componentes, portanto não surgiu como processo crítico na matriz dos processos. Mesmo assim, devido à importância desta peça da arma, os parâmetros críticos de sua fabricação também serão observados para garantia de sua conformidade como parte fundamental para atender as necessidades da PM.

4.4.7 – Plano de Melhoria da Qualidade (Planejamento da Produção)

Todas as etapas até aqui descritas fornecem subsídios para o planejamento das melhorias da qualidade. Os resultados das matrizes desenvolvidas apresentam quais os processos, componentes que devem ser melhorados a fim de se obter novas (e desejáveis) especificações para as características de qualidade.

Uma vez identificados os processos críticos, eles devem ser analisados individualmente. Questionam-se quais as ações pertinentes para a melhoria de cada um desses processos. Muitas vezes, a ação indicada será o Controle Estatístico de Processo (CEP). Mas também podem ser indicadas outras ações, específicas para certos cenários.

Conhecendo-se as características críticas e onde elas são construídas, ou seja, sua posição na linha de produção, fica fácil definir: a localização dos postos de controle e as características de qualidade (variáveis e atributos) a serem monitoradas em cada posto.

Os planos de melhoria da qualidade são realizados através da revisão dos seguintes itens prioritários:

- Especificações das características de qualidade críticas;
- Parâmetros de processo mais importantes;
- Recursos de infra-estrutura física e equipamentos priorizados;
- Recursos humanos fundamentais para a qualidade do processo/produto.

As ações criadas ou melhoradas para obtenção das novas especificações para as características de qualidade, são descritas utilizando-se os procedimentos do Sistema da Qualidade da IMBEL – FI:

- Fichas de processo (que descrevem a seqüência do processo e o que deve ser processado);
- Instruções de trabalho (procedimentos operacionais que auxiliam, quando aplicável, na descrição de como executar as tarefas); e
- Normas técnicas internas (que especificam as características da arma, de seus componentes e dos testes do produto).

Os parâmetros críticos dos processos mais importantes são assinalados nesses procedimentos, bem como a forma de controle dos mesmos e os recursos de infraestrutura física e equipamentos a serem utilizados.

Os recursos humanos são vitais para as atividades que atendam aos desejos dos clientes. Dessa maneira, aos funcionários envolvidos, deve ser dada especial atenção para que os serviços a eles correspondentes sejam otimizados e/ou bem controlados.

Os procedimentos do Sistema da Qualidade da Fábrica da IMBEL de Itajubá que foram alterados e os que foram criados, bem como os planos de ação para melhorias dos processos atuais e para elaboração dos novos processos decorrentes das modificações do produto não são divulgados nesta pesquisa, por motivos de proteção tecnológica da empresa, segundo suas normas internas.

5. Conclusão e Recomendações

5.1 Resumo

Este capítulo apresenta a conclusão geral deste trabalho de Dissertação.

São citados brevemente os assuntos abordados em cada capítulo, sendo por fim destacadas as conclusões da pesquisa realizada.

O capítulo indica também temas para futuros trabalhos.

5.2 Conclusão

Considerando-se os objetivos deste trabalho de Dissertação apresentados no Capítulo 1, tem-se os seguintes resultados:

- Desenvolver e implantar o modelo sintético de aplicação do QFD utilizando a metodologia *six sigma* na determinação do nível de satisfação dos clientes e no levantamento do planejamento da qualidade, de forma a auxiliar a empresa em questão na implementação de um novo produto e auxiliando a condução de seu sistema de gestão de desenvolvimento de novos produtos, de maneira simples e eficiente no tratamento dos dados numéricos;
- Apresentar uma nova proposta de produto que atenda a solicitação da PMSP de forma mais próxima possível de suas características desejadas;
- Conduzir o trabalho em equipe e o trabalho interdepartamental foram bem conduzidos na IMBEL, que historicamente não tinha cultura de realizar o planejamento de produtos utilizando-se desta cooperação mútua;
- Melhorar o processo produtivo da empresa, pois houve um melhor direcionamento no desenvolvimento do novo produto focado nas necessidades do cliente, incluindo reduções de custos de fabricação;
- Contribuir para a literatura sobre o QFD e o PDP através de uma revisão atualizada destes conceitos e na proposta de uma nova metodologia para a aplicação do QFD utilizando-se o *six sigma* como principal modificação.

Considerando-se as vantagens e benefícios apresentados na seção 3.3, tem-se os seguintes resultados:

Redução do ciclo de desenvolvimento do produto – a pistola apresentada nos testes conduzidos na PMSP em 1998, não fora aprovada e somente em 2001 retomou-se o projeto. A partir do início da aplicação do QFD, obteve-se um protótipo em 18 meses o qual não sofrerá mais alterações oriundas do cliente. O tempo de lançamento do produto não pôde ser medido, pois o produto ainda não fora lançado, aguardando ainda a aprovação nos testes para homologação do produto no Campo de Provas da Marambaia (RJ), onde todo armamento produzido no país deve ser testado para ser homologado e aprovado. Há diversas variáveis atuando na duração destes testes para qualquer tipo de armamento, o que pode acarretar, ou não, em um aumento inesperado no tempo de lançamento do produto;

- Custos menores e maior produtividade – não puderam ser medidos pois o produto não entrou em linha de produção;
- Redução de problemas no lançamento do novo produto através de em menores mudanças de projeto – o foco do trabalho se concentrou nas características relevantes do produto. Como única alteração sugerida pelo cliente, após apresentação do protótipo, o peso e curso do gatilho foram alterados. Ao apontarmos para os resultados negativos dos testes com a PMSP em 1998, temos que diversos itens de projeto foram rejeitados, sem considerar o fato que naquela época, o produto fora por inteiro reprovado para o uso policial;
- Melhor atendimento às demandas do cliente – pode-se considerar que este foi o primeiro projeto da empresa onde o cliente participou de toda fase de desenvolvimento do produto, com voz ativa, o que levou a um atendimento mais adequado às suas expectativas, reduzindo assim, as reclamações e conseqüentemente o ciclo de desenvolvimento da nova pistola;
- Houve uma maior comunicação entre os Departamentos, pois outros departamentos distintos ao departamento de engenharia participaram em consenso da fase de desenvolvimento do produto representados pela figura da equipe multi-departamental.

5.3 Sugestões para trabalhos futuros

Durante a execução deste trabalho, foram observados alguns aspectos que, sem dúvida, se aprofundados trariam grandes contribuições científicas. Por limitações de tempo e sem querer desvirtuar o trabalho de sua proposta original, estes aspectos não foram abordados, mas são deixados aqui como sugestões para temas de futuros trabalhos.

A aplicação prática foi realizada apenas em projeto piloto, no entanto, seria conveniente avaliar a extrapolação da utilização do QFD por outros projetos para avaliar a repetibilidade dos resultados.

Seria importante para a empresa, investigar como se daria a integração do QFD com as com as normas da série ISO 9000, pois a aplicação do QFD, ferramenta de planejamento do produto, se enquadra em algumas cláusulas da norma ISO 9001:2000, como:

Cláusula 5.2 – Foco no Cliente que cita que *a alta Direção deve assegurar que os requisitos do cliente são determinados e atendidos com o propósito de aumentar a satisfação do cliente* (NBR ISO 9001:2000);

Cláusula 7.1 – Planejamento do Produto que cita que *a organização deve planejar e desenvolver os processos necessários para a realização do produto* (NBR ISO 9001:2000). Cláusula 7.2.1 – Determinação de requisitos relacionados ao produto:

Segundo a norma NBR ISO 9001:2000, a organização deve determinar:

1. *Os requisitos especificados pelo cliente, incluindo os requisitos para entrega e para atividade de pós-entrega;*
2. *Os requisitos não declarados pelo cliente, mas necessários para o uso especificado ou internacional, onde conhecido;*
3. *Requisitos estatutários e regulamentares relacionados ao produto, e;*
4. *Qualquer requisito adicional determinado pela organização.*

Cláusula 7.3.1 – Planejamento do produto e desenvolvimento: *A organização deve planejar e controlar o projeto e desenvolvimento de produto* (NBR ISO 9001:2000).

Cláusula 8.2.1 – Satisfação dos clientes: Como uma das medições do desempenho do sistema de gestão da qualidade, a organização deve monitorar informações relativas à percepção dos clientes sobre se a organização atendeu aos requisitos do cliente. Os *métodos para obtenção e uso dessas informações devem ser determinados* (NBR ISO 9001:2000).

Desta forma, como a empresa passa por um processo de transição de seu Sistema da Qualidade da norma NBR ISO 9002/1994 para a norma NBR ISO 9001:2000, alguns aspectos já seriam aproveitados para adequação do sistema.

Trabalhos futuros poderiam se dedicar a uma avaliação mais detalhada da integração com os subsistemas do Gerenciamento pelas Diretrizes, explorando mais o QFD como uma ferramenta para planejamento estratégico, e com o Gerenciamento do Crescimento do Ser Humano, avaliando sob um aspecto mais comportamental o impacto da utilização do QFD nas pessoas da organização.

A gestão de Custos no Planejamento e Desenvolvimento de Produtos tem pelo menos dois aspectos importantes a serem considerados: o primeiro refere-se a uma das formas de diferenciar o produto em relação à concorrência, que é o custo. Gerenciar o custo significa não apenas estabelecer limites de valores, mas garantir que eles serão alcançados antes mesmo do início da produção. O segundo diz respeito à outra forma de tornar um produto atraente que é justamente oferecê-lo de acordo com o que o consumidor espera.

Se há necessidade de controlar, e na maioria das vezes reduzir custos, parece bastante conveniente fazer essa redução naquilo que o consumidor considera menos importante. Portanto, a incorporação dos conceitos de gestão de custos ao PDP pode ser interessante na medida em que antecipa para o PDP problemas e decisões que terão impacto direto nos resultados econômicos da empresa, problemas relativos a custos e muitas vezes incontornáveis se analisados em fases posteriores da vida do produto.

Para validação do projeto, seria interessante a condução de ensaios de confiabilidade, conforme previsto no processo de homologação de qualquer produto controlado, nos órgãos competentes do Exército Brasileiro.

O plano de melhoria muitas vezes pode exigir fortes investimentos, bem como reorganização de pessoal ou layout físico. Assim, é fundamental que a alta gerência tenha participação direta no detalhamento desse plano.

Referências Bibliográficas

- ADIANO, C., Beyond the house of Quality: Dynamic QFD. Benchmarking for Quality Management & Technology, Vol.1, nº1, MCB University Press, 1994.
- AKAO, Y. Desdobramento da função qualidade nas fases de planejamento e desenvolvimento. Fundação Christiano Ottoni, Belo Horizonte, 1995.
- AKAO, Y. Quality function deployment: integrating product customer requirements into product design, Cambridge, Productivity Press, 1990a.
- AKAO, Y. Manual de aplicação do desdobramento da função qualidade. Vol. 1, Fundação Christiano Ottoni, 1990b
- ANTHONY, M. T., MCKAY, J., Balancing the product development process: achieving product and cycle-time excellence in high-technology industries. Journal of Product Innovation Management, v.9, n. 2, pp. 140-147, 1992.
- BEHARA R. S., Customer satisfaction measurement and analysis using six sigma. International Journey of Quality and Reliability Management, Vol. 12 nº3, pp 9-18, 1995.
- BREYFOGLE, F. W., Implementing six sigma – Smarter solutions using statistical methods. Wiley-Interscience, 1999.
- BOYD, H. W. J.; WETFALL, R., Pesquisa mercadológica: texto e caso, Fundação Getúlio Vargas, Rio de Janeiro , 1964.
- BOYD Jr., HARPER W. e WESTFALL RALPH. Pesquisa Mercadológica: textos e casos, 3ª Edição, Fundação Getúlio Vargas, Rio de Janeiro, 1978.
- BROWN, S. L., EISENHARDT, K. M., Product Development: past research, present findings, and future directions. Academy of Management Review, v.20, n.2, pp. 343-378, 1995.
- BUSS, C. O., Coordenação de equipes multidisciplinares no desenvolvimento integrado de produtos 21º Encontro Nacional de Engenharia de Produção (ENEGEP), Salvador, 2001.
- CARNEVALLI, J. A., Desenvolvimento da pesquisa de campo, amostra e questionário para realização de um estudo tipo survey sobre a aplicação do QFD no Brasil. 21º Encontro Nacional de Engenharia de Produção (ENEGEP), Salvador, 2001.

- CARPINETTI, L. C. R., Síntese do QFD das quatro ênfases e do QFD estendido: uma abordagem de aplicação. 17º ENEGEP, Gramado, 1997.
- CAUCHICK MIGUEL, P.A., MAESTRELLI, N.C. e Lopes, L.G. QFD Methodology and its Application in an Automotive Industry Supplier. Transactions of the *10th Symposium on Quality Function Deployment*, Novi, Michigan, EUA, p. 403-413, 1998.
- CAUCHICK MIGUEL; P.A. e CARPINETTI, L.R., Some Brazilian Experiences on QFD Application. Aceito para apresentação no *5th International Symposium on Quality Function Deployment*, Belo Horizonte, 24-26 Agosto, 1999.
- CLARK, K, B.; WHEELWRIGHT, S. C, Revolutionizing product development: quantum leaps in speed, efficiency and quality, New York; The Free Press, 1992
- CLARK, K. B. & FUJIMOTO, T., Product development performance : strategy, organization and management in the world auto industry. Harvard Business School Press, 405p, Boston, 1991.
- CHENG, L.C. SKAPIN, C.A., OLIVEIRA, A., KRACETUSKI, E., DRUMOND, F.B., BOAN, F.S., PRATES, L.R., e VILELLA, R.M., QFD - Planejamento da Qualidade. Editora Littera Maciel Ltda, Belo Horizonte, 1995.
- CHENG L. C., Caracterização da gestão de desenvolvimento do produto: delineando o seu contorno e dimensões básicas. 2º Congresso Brasileiro de Gestão de Desenvolvimento de Produtos, São Carlos, 2000.
- CHIUSOLI, R. F. Z. Engenharia Simultânea: Estudo de Caso na industria brasileira de Autopeças. 2º Congresso Brasileiro de Gestão de Desenvolvimento de Produtos, São Carlos, 2000.
- DE CICCIO, F., Análise de confiabilidade e riscos de processos. Revista Controle de Qualidade, p.23-26, jun. 1996.
- DRUMOND, F. B., Ouvindo o cliente para o planejamento do produto. In: CHENG, L.C. et al. QFD: planejamento da qualidade. Belo Horizonte: UFMG, Escola de Engenharia, Fundação Christiano Ottoni, 1995.
- DRUMOND F. B., FILHO, O. D. e CHENG L. C., Integração do Desdobramento da Função Qualidade (QFD) e métodos estatísticos ao desenvolvimento de produtos. 1º Congresso Brasileiro de Gestão de Desenvolvimento de Produtos, São Carlos, 1999.

- EISENHARDT, K. M., Building theories from case study research. Academy of Management Review, vol 14, n°4, pp 532-550, 1989.
- FERREIRA, H. S. R., Metodologias e ferramentas de suporte à gestão do processo de desenvolvimento de produto (PDP) na indústria de autopeças. 21° Encontro Nacional de Engenharia de Produção (ENEGEP), Salvador, 2001.
- FERREIRA, A. M. & RIBEIRO, J., O uso do QFD no setor de serviços com ênfase para o desdobramento de custos. 17° ENEGEP, Gramado, RS, Brasil, 1997.
- FERROLI, P. C. M., LIBRELOTTO, L., I., NETO, M., F.e FERROLI, R., H., O QFD auxiliando o projeto de novos produtos nas organizações em aprendizagem. 2° Congresso Brasileiro de Gestão de Desenvolvimento de Produtos, São Carlos, 2000.
- FIATES, G. G. S., A utilização do QFD como suporte a implementação do TQC em empresas do setor de serviços. Dissertação de Mestrado, Departamento de Engenharia de Produção da Universidade Federal de Santa Catarina, 1995.
- FONTENOT G., BEHARA R. e GRESHAM A., Is it possible to use six sigma analysis to measure customer satisfaction? Quality Progress, pp 73-76, Dez, 1994.
- FLORENZANO, M.C., Gestão de Desenvolvimento de Produtos: Estudo de Casos na Indústria Brasileira de Autopeças sobre a Divisão de Tarefas, Capacidade e Integração Interunidades. Dissertação de Mestrado, Departamento de Engenharia de Produção, Universidade Federal de São Carlos, 1999.
- FRAGOSO, H. R., O ciclo de desenvolvimento do produto da Volkswagen caminhões e ônibus. 1° Congresso Brasileiro de Gestão de Desenvolvimento de Produtos, São Carlos, 1999.
- FRANCISCHINI A. S. N., Análise comparativa dos programas TQC e seis sigma. 21° Encontro Nacional de Engenharia de Produção (ENEGEP), Salvador, 2001.
- GARVIN, D., Gerenciando a qualidade. Rio de Janeiro: Qualitmark, 1992.
- GIRARDI, N., Tiro Defensivo: Pista Policial de Instrução (PPI) e Pista Policial de Aplicação (PPA), São Paulo, PMESP, Polícia Militar do Estado de São Paulo 1998.
- GUINTA, L.R. e PRAIZLER, N.C., Manual de QFD. Rio de Janeiro: LTC, 1993.
- GRIFFIN, A., PDMA Research on New Product Development Practices: updating trends and benchmarking best practices, Journal of Product Innovation Management, v.14, pp. 429-458, 1997.

HARRY M, J. Six Sigma: A Breakthrough Strategy for Profitability. Quality Progress. v.31, n 5, May 1998.

HAUSER, J.R. e CLAUSING, D., The House of Quality. Harvard Business Review, No. 3, pp. 63-73, June, 1988.

HIRAI, R., O QFD no processo de desenvolvimento de um produto de previdência privada na BRASILPREV. 1º Congresso Brasileiro de Gestão de Desenvolvimento de Produtos, São Carlos, 1999.

HOERL, R.W. Six Sigma and the Future of the Quality Profession. Quality Progress v.31, n 6, June 1998.

HUTT, M. D. & SPEH, T.W., The Marketing Strategy Center: Diagnosing the Industrial Marketer's Interdisciplinary Role. Journal of Marketing, vol.48, pp.53-61, 1984.

IATA, C. M. A adaptação do modelo Kano de satisfação do cliente para o cliente interno. 21º Encontro Nacional de Engenharia de Produção (ENEGEP), Salvador, 2001.

JACOBS, R.A. & DYGERT, C.B., A Non-traditional Use of Quality Function Deployment. Transactions from the Ninth Symposium on Quality Function Deployment, pp. 105-118, Novi, Michigan, 1997.

JOHNE, F.A., SNELSON. P.A., Success Factors in Product Development: A Selective Review of the Literature. Journal of Product Innovation Management, v.5, n.2 pp. 114-128, 1988.

JURAN, J. M., Controle Da Qualidade – Handbook, Makron Books, São Paulo, 1993.

KANO, N., Attractive quality and must be quality. Revista Hinshitsu, vol. 14, n.2, abril/1984. Traduzido por Mário Nishimura para o português com o título: Qualidade atrativa e qualidade obrigatória. Pirelli S/A Companhia Industrial Brasileira.

LEVIN, J. Estatística aplicada a ciências humanas. 2. Ed. São Paulo: Harbra, 1987.

LOBO, J. E. M. Aplicação do desdobramento da função qualidade no gerenciamento da configuração de sistemas. Dissertação de Mestrado em engenharia de Produção, EFEI, Escola Federal de Engenharia de Itajubá, Itajubá, 2000.

MALTZ, E., An Enhanced Framework for Improving Cooperation Between Marketing and Other Functions: The Differential Role of Integrating Mechanisms. Journal of Market-Focused Management, vol.2, n ° 1, pp.83-98, 1997.

- MARCONI, M.A. e LAKATOS, E.M., Técnicas de Pesquisa. São Paulo: Editora Atlas, 1990.
- MARCONI, M. D. A.; LAKATOS, E. M., Técnicas de pesquisa: planejamento e execução de pesquisas, amostragens e técnicas de pesquisas, elaboração, análise e interpretação de dados. 3.ed. São Paulo: Atlas, 1996.
- MATTAR, F. N., Pesquisa de marketing: edição compacta. São Paulo: Atlas, 1996.
- MC DONOUGH III, E. F., Investigation of Factors Contributing to success of Cross-Functional Teams. Journal of Product Innovation Management, vol.11, n° 5, pp.221-235, Novembro 1994.
- MC GRATH, M. E., Product development: success through product and cycle-time excellence. Butterworth - Heinemann, Newton, Massachusetts, 1992.
- MINTZBERG, H., An emerging strategy of “direct” research. Administrative Science Quarterly, 24, pp 580-589, 1979.
- MINTZBERG, H. & MCHUGH, A., Strategy formation in an adhocracy. Administrative science Quarterly, 30, pp 160-197, 1985.
- MIZUTA, C. Y., Caracterização e tendências do processo de desenvolvimento de produto alimentar: estudo de caso na indústria de biscoitos. 1° Congresso Brasileiro de Gestão de Desenvolvimento de Produtos, Belo Horizonte, 1999.
- MOURA, W. G. Aplicação do QFD no desenvolvimento do produto e do processo. 1° Congresso Brasileiro de Gestão de Desenvolvimento de Produtos, Belo Horizonte, 1999.
- MULLINS, J.W.; SUTHERLAND, D.J., New product development in rapidly changing markets: an exploratory study. Journal of product innovation management, v.15, n.3, p.224-236, Maio, 1998.
- NBR ISO 9001, Sistemas de gestão da qualidade – Requisitos. Dez, 2000.
- OLIVEIRA, S. L., Tratado de metodologia científica: PROJETOS DE PESQUISAS, TGI, TCC, monografias, dissertações e teses. São Paulo: Pioneira, 1997.
- OLIVEIRA, L. C. e DRUMOND, F. B., Uso integrado do método qfd e de técnicas estatísticas de planejamento e análise de experimentos na etapa do projeto do produto e do processo. 2° Congresso Brasileiro de Gestão de Desenvolvimento de Produtos, Belo Horizonte, 2000.

- ORSSATTO, C. H., Novos produtos como resultado do comportamento estratégico – uma análise de uma empresa metal-mecânica. 2º Congresso Brasileiro de Gestão de Desenvolvimento de Produtos, Belo Horizonte, 2000.
- PASSETO, S. C., Desdobramento da qualidade em serviços: melhorando o desempenho de uma academia de ginástica. 19º ENEGEP. Brasil, 1999
- PEIXOTO, M. O. C., O QFD como facilitador da engenharia simultânea 1º Congresso Brasileiro de Gestão de Desenvolvimento de Produtos, Belo Horizonte, 1999a.
- PEIXOTO, M. O., A Casa da Qualidade e as Diferentes Versões de QFD. Dissertação de Mestrado, Depto de Produção da EESC-USP, 1999b. [*on line*, http://www.numa.org.br/conhecimentos/conhecimentos_port/pag_conhec/qfdv4.html, capturado em 23/Jul/2002]
- QS 9000 - Quality System Requirements. Third Edition, Automotive Industry Action Group, 1998.
- ROSATI, A.C., DFM e QFD Aplicados aos Sistemas de Distribuição de Energia e Sinal Automotivos (Chicotes Elétricos). Anais do IX Simósio de Engenharia Automotiva - SMEA, São Paulo, p. 395-404, 1997.
- ROZENFELD, H., AMARAL D., C. Proposta de uma tipologia de processos de desenvolvimento de produto visando a construção de modelos de referência. 1º Congresso Brasileiro de Gestão de Desenvolvimento de Produtos, Belo Horizonte, 1999.
- RUEKERT, R. & WALKER, O.C., Marketing's interaction with other functional units: a conceptual framework and empirical evidence. Journal of Marketing, vol.51, pp.1-19, January, 1987.
- SARANTOPOULOS, I. A., Processo de transferência de tecnologia guiado pelo QFD. 1º Congresso Brasileiro de Gestão de Desenvolvimento de Produtos, São Carlos, 1999.
- SILVA, E. L. e MENEZES, E. M., Metodologia da pesquisa e elaboração de dissertação. Programa de Pós Graduação em Engenharia de Produção, Laboratório de Ensino a Distância, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2000.
- SILVA C., E., S., Desdobramento da Função Qualidade – QFD: Um modelo conceitual aplicado em treinamento Dissertação de Mestrado em engenharia de Produção, EFEI, Escola Federal de Engenharia de Itajubá, Itajubá, 1996.

- SILVA, D., J. Uma abordagem cognitiva ao planejamento estratégico do desenvolvimento sustentável. Tese de Doutorado. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção. UFSC, Florianópolis, 1998
- SONDA, F. A., Planejamento de um software de custos utilizando o QFD: o caso da PHD informática. 2º Congresso Brasileiro de Gestão de Desenvolvimento de Produtos, São Carlos, 2000.
- SONG, M.X., Critical activities for really new versus incremental products. Journal of product innovation management, v.15, n.2, p.124-135, Março, 1998.
- SOUDER, W.E.; SONG, X.M. Analyses of U.S. and Japanese management processes associated with new product success and failure in high and low familiarity markets. Journal of product innovation management, v.15, n.3, Maio, 1998.
- SULLIVAN, L.P. Quality Function Deployment. *Quality Progress*, pp. 39-50, Junho, 1986.
- SWINK, M.L.; SANDVIG, J.C.; MABERT, V.A. Customizing concurrent engineering processes: five case studies. Journal of product innovation management, v.13, n.13, p.230-244, Maio, 1996.
- THIOLLENT, M. Metodologia da Pesquisa-Ação. Cortez/Autores Associados, São Paulo, 1992.
- TROCHIM, W. M. K., The Knowledge Base: An Online Research Methods Textbook. Disponível na Internet: <http://trochim.human.cornell.edu/kb/content1.htm>, 20 Jul. 1998.
- TUMELERO, N.. O QFD como ferramenta de priorização para o planejamento da qualidade. 2º Congresso Brasileiro de Gestão de Desenvolvimento de Produtos, São Carlos, 2000.
- TURRIONI, J. B., MOYSÉS, G., L., R., Análise da utilização do QFD no setor de serviços: aplicação em um sistema de ensino. 2º Congresso Brasileiro de Gestão de Desenvolvimento de Produtos, São Carlos, 2000.
- VALERI, S. G., Análise do processo de desenvolvimento de produtos de uma indústria do setor automobilístico. 2º Congresso Brasileiro de Gestão de Desenvolvimento de Produtos, São Carlos, 2000.
- VERYZER, R.W., Discontinuous innovation and the new product development process. Journal of product innovation management, v.15, n.4, p.304-321, Jul, 1998a.

WEIDMANN, A. Quality Management. Programa de Mestrado em Engenharia de Produção, Universidade Metodista de Piracicaba, Março, 1997.

WESTBROOK R., Action research: a new paradigm for research in production and operations management. International Journey of operations & productions management, Vol 15, nº12, pp 6-30, 1986

WING, M. J., O guia da Artur Andersen: Como falar com seus clientes, o que eles têm a contar sobre a sua empresa quando você faz as perguntas certas, Ed. Campus Ltda, Rio de Janeiro, 1999.

WIND, J. & MAHAJAN, V., Issues and Opportunities in New Product Development: An Introduction to the Special Issue. Journal of Marketing Research, vol. 34, pp.1-12, Fev, 1997.

YIN, R., Case study research. Stage Publications, Beverly Hills, CA, 1984.

ANEXO A – PESQUISA DE OPINIÃO SOBRE UMA PISTOLA PARA A PM

A IMBEL pretende lançar uma nova pistola para melhor atendê-los. Para isso precisamos de sua opinião, para definir o que necessita ser modificado.

Responda este questionário com atenção e sinceridade, pois sua opinião é muito importante para nós.

Obrigado pela colaboração.

Nas questões de 1 a 6 gostaríamos que você expressasse sua opinião quanto à importância dos itens listados.

1. Segurança	Muito Importante		Importante		Indiferente		Pouco Importante		Sem importância	
Confiabilidade no acionamento da tecla do gatilho, principalmente em situação de stress	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
Confiabilidade no funcionamento da arma, quando em confronto armado com “agressores da sociedade”	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
Confiabilidade na segurança do punho, quando em confronto armado com “agressores da sociedade”	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
Confiabilidade no registro de segurança, quando em confronto armado com “agressores da sociedade”	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
Confiabilidade na segurança do cão, quando em confronto armado com “agressores da sociedade”	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
2. Acessórios da arma:	Muito Importante		Importante		Indiferente		Pouco Importante		Sem importância	
Ter um bom preço	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
Ter um bom custo de manutenção	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
Ter um bom acabamento superficial	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
Tamanho da massa da mira	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
Tamanho da alça da mira	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
Adaptação de acessórios (miras noturnas e funil, por exemplo)	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
3. Funcionamento da arma:	Muito Importante		Importante		Indiferente		Pouco Importante		Sem importância	
Durabilidade	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
Aquecimento das peças	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
Funcionamento do carregador	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
Capacidade do carregador	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
Ter um bom desempenho quanto à extração	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
Ter um bom desempenho quanto ao carregamento	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
Ter flexibilidade do funcionamento (ação simples, dupla ação)	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
4. Movimento da arma:	Muito Importante		Importante		Indiferente		Pouco Importante		Sem importância	
Transporte no coldre, quando no desempenho do serviço	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1

Transporte na mão, quando no deslocamento, no caso de confronto armado	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
<i>“Pegada” e a retirada do coldre, nos momentos de emergência</i>	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
Empunhadura simples ou dupla (uma ou duas mãos)	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
Peso da arma	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
Firmeza em suas mãos durante o disparo	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
Recuo (“tranco”)	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
Peso do carregador	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
5. Simplicidade da arma:	Muito Importante		Importante		Indiferente		Pouco Importante		Sem importância	
Manejo do sistema de segurança, nos momentos de utilização rápida e urgente, após o saque	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
Facilidade de troca de carregadores	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
Facilidade de uso e aplicação no serviço	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
Facilidade de limpeza e manutenção	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
6. Precisão da arma:	Muito Importante		Importante		Indiferente		Pouco Importante		Sem importância	
Enquadramento rápido para o primeiro disparo	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
Recuperação rápida para o enquadramento do segundo disparo	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
Ter uma boa precisão	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
Ter uma boa exatidão	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
Ter um bom alcance	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
Há outros itens que queremos perguntar a você:										
7. Enumere de 1 (mais importante) a 6 (menos importante) o que você julga essencial para uma pistola atender às necessidades da Polícia Militar (não vale usar o mesmo número mais de 1 vez).										
	Ter uma boa segurança									
	Ter variedade de acessórios									
	Ter um bom funcionamento									
	Ter facilidade quanto aos movimentos									
	Ter simplicidade de uso									
	Ter uma boa precisão									
8. Caso deseje fazer comentários para melhoria do produto, sobre as perguntas acima ou quaisquer outras idéias, utilize o espaço abaixo.										

ANEXO B – PESQUISA DE OPINIÃO COMPARATIVA

A IMBEL pretende lançar uma nova pistola para melhor atendê-los. Para isso precisamos de sua opinião, para definir o que necessita ser modificado.

Responda este questionário com atenção e sinceridade, pois sua opinião é muito importante para nós.

Obrigado pela colaboração.

Nas questões de 1 a 6 gostaríamos que você expressasse sua opinião quanto às pistolas do mercado. Para cada questão, dê notas de 1 (ruim) a 5 (bom) para cada fabricante.

1. Segurança	IMBEL	TAURUS	GLOCK
Confiabilidade no acionamento da tecla do gatilho, principalmente em situação de stress			
Confiabilidade no funcionamento da arma, quando em confronto armado com “agressores da sociedade”			
Confiabilidade na segurança do punho, quando em confronto armado com “agressores da sociedade”			
Confiabilidade no registro de segurança, quando em confronto armado com “agressores da sociedade”			
Confiabilidade na segurança do cão, quando em confronto armado com “agressores da sociedade”			
2. Acessórios da arma:	IMBEL	TAURUS	GLOCK
Preço			
Custo de manutenção			
Acabamento superficial			
Tamanho da massa da mira			
Tamanho da alça da mira			
Adaptação de acessórios (miras noturnas e funil, por exemplo)			
3. Funcionamento da arma:	IMBEL	TAURUS	GLOCK
Durabilidade			
Aquecimento das peças			
Funcionamento do carregador			
Capacidade do carregador			
Desempenho quanto à extração			
Desempenho quanto ao carregamento			
Flexibilidade do funcionamento (ação simples, dupla ação)			
4. Movimento da arma:	IMBEL	TAURUS	GLOCK
Transporte no coldre, quando no desempenho do serviço			
Transporte na mão, quando no deslocamento, no caso de confronto armado			

ANEXO C – PESQUISA DE OPINIÃO SOBRE ATUAL PISTOLA DA IMBEL

A IMBEL pretende lançar uma nova pistola para melhor atendê-los. Para isso precisamos de sua opinião, para definir o que necessita ser modificado.

Responda este questionário com atenção e sinceridade, pois sua opinião é muito importante para nós.

Obrigado pela colaboração.

Nas questões de 1 a 6 gostaríamos que você expressasse sua opinião quanto à **atual pistola da IMBEL**.

1. Segurança	Ótimo		Bom		Regular		Ruim		Péssimo	
Confiabilidade no acionamento da tecla do gatilho, principalmente em situação de stress	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
Confiabilidade no funcionamento da arma, quando em confronto armado com “agressores da sociedade”	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
Confiabilidade na segurança do punho, quando em confronto armado com “agressores da sociedade”	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
Confiabilidade no registro de segurança, quando em confronto armado com “agressores da sociedade”	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
Confiabilidade na segurança do cão, quando em confronto armado com “agressores da sociedade”	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
2. Acessórios da arma:	Ótimo		Bom		Regular		Ruim		Péssimo	
Ter um bom preço	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
Ter um bom custo de manutenção	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
Ter um bom acabamento superficial	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
Tamanho da massa da mira	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
Tamanho da alça da mira	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
Adaptação de acessórios (miras noturnas e funil, por exemplo)	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
3. Funcionamento da arma:	Ótimo		Bom		Regular		Ruim		Péssimo	
Durabilidade	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
Aquecimento das peças	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
Funcionamento do carregador	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
Capacidade do carregador	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
Ter um bom desempenho quanto à extração	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
Ter um bom desempenho quanto ao carregamento	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
Ter flexibilidade do funcionamento (ação simples, dupla ação)	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
4. Movimento da arma:	Ótimo		Bom		Regular		Ruim		Péssimo	
Transporte no coldre, quando no desempenho do serviço	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
Transporte na mão, quando no deslocamento, no caso de confronto armado	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
“Pegada” e a retirada do coldre, nos momentos de emergência	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1

Empunhadura simples ou dupla (uma ou duas mãos)	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
Peso da arma	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
Firmeza em suas mãos durante o disparo	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
Recuo (“tranco”)	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
Peso do carregador	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
5. Simplicidade da arma:	Ótimo		Bom		Regular		Ruim		Péssimo	
Manejo do sistema de segurança, nos momentos de utilização rápida e urgente, após o saque	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
Facilidade de troca de carregadores	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
Facilidade de uso e aplicação no serviço	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
Facilidade de limpeza e manutenção	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
6. Precisão da arma:	Ótimo		Bom		Regular		Ruim		Péssimo	
Enquadramento rápido para o primeiro disparo	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
Recuperação rápida para o enquadramento do segundo disparo	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
Ter uma boa precisão	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
Ter uma boa exatidão	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
Ter um bom alcance	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
Há outros itens que queremos perguntar a você:										
7. Enumere de 1 (mais importante) a 6 (menos importante) o que você julga essencial para uma pistola atender às necessidades da Polícia Militar (não vale usar o mesmo número mais de 1 vez).										
	Ter uma boa segurança									
	Ter variedade de acessórios									
	Ter um bom funcionamento									
	Ter facilidade quanto aos movimentos									
	Ter simplicidade de uso									
	Ter uma boa precisão									
8. Caso deseje fazer comentários para melhoria da pistola da IMBEL, sobre as perguntas acima ou quaisquer outras idéias, utilize o espaço abaixo.										

ANEXO D – NECESSIDADES DOS CLIENTES

Requisitos Básicos
1) A pistola tem que ser semi-automática.
2) A pistola tem que oferecer segurança, confiabilidade, durabilidade, precisão, credibilidade, simplicidade e fácil aplicação.
3) Calibre para projétil com poder de parada: .40 S&W.
4) Facilidade para passagem do revólver .38 para a pistola.
5) A pistola tem que ser leve; facilidade de uso pelo Policial Militar (PM) comum. Boa ergonomia.
6) Se possível testada e aprovada por outras instituições Policiais, inclusive, de fora do País.
7) Que, na hora dos disparos, permanecesse firme nas mãos dos mais diferentes tipos de PM.
8) Recuperação rápida, do enquadramento, após o disparo.
9) Ação dupla ou simples
10) Fácil manejo
11) Sistemas de segurança fáceis de serem acionados quando de sua utilização pelo Policial Militar em estado de absoluto stress
12) Facilidade de saque e uso rápido
13) Carregador com grande capacidade e que mostre a quantidade de cartuchos em seu interior
14) Carregador com base de plástico de alto impacto
15) Fácil adaptabilidade ao serviço do PM. Facilidade de manejo com o PM em estado de stress
16) Fácil limpeza e manutenção básica por parte do Policial Militar. Que não enferruje.
17) Fácil e baixo custo de manutenção.
18) Possibilidade de adaptação de miras noturnas. Miras fixas.
19) Fácil reposição de peças por parte da fábrica.
20) Constante apoio técnico por parte da fábrica.
21) Garantia de fábrica de 5 anos.
22) Acompanhada de no mínimo 2 carregadores, com possibilidade de aquisição de sobressalentes.
23) Não haver perda da elasticidade da mola do carregador quando mantido com carga máxima por vários dias.
24) Não apresentar problemas de ferrugem ou de aderência no uso diário sob condições adversas
25) Fácil aquisição de materiais de recarga, incluindo preços acessíveis.
26) Possibilidade de recarga da munição
27) Estojos com possibilidade para muitas recargas
28) Utilização média de 70 cartuchos por semestre na requalificação e manter o Policial Militar em condições de usar a pistola a qualquer instante.
29) Utilização média de 500 cartuchos na preparação do soldado-aluno no Curso Básico para Pistola, Pista Policial de Instrução e Pista Policial de Aplicação.
30) Possibilidade de treinamento dos técnicos da CSM/AM na fábrica
31) Se possível, fornecimento pela própria fábrica de coldres para pistola e equipamentos especiais.
32) Facilidade de aquisição de acessórios originais.
33) Fornecimento de adaptador para lanterna e mira noturna luminosa.
34) Preço acessível à Corporação.
35) Pistola em que o PM pudesse ficar vários meses sem contato, mas na hora de utilizá-la, não encontrasse dificuldade.
36) Que fosse de absoluta confiança do Policial Militar.

Matriz 2

Características do Produto	Partes do Produto	1/1 - Cano	4 - Chaveira de fixação do cano	5 - Ferrolho	10 - Mola Recuperadora	12 - Extrator	13 - Percussor	14 - Mola do Percussor	Cj 7 - gatilho	16 - Cão	18 - Alavanca de armar o cão	20 - Alavanca de disparo	21 - Noz de armar	23 - Mola Triplíce	28 - Mola do Cão	35 - Armação	36 - Ejetor	43 - Retém do Carregador	74 - Trava do Percussor	Cj4/1 - Carregador	
	peso																				
polimero	3227,3	9	9	9	9	9	9	9	3	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	1
empunhadura	3240,4	0	0	0	0	0	0	0	9	3	0	0	0	0	0	9	0	9	0	3	
peso da arma	2753,7	3	0	3	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	9	0	0	0	3	
Capacidade do carregador	2722	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9	0	0	0	9	
comprimento da arma	2220,7	9	0	9	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
ausência de travas externas	2947,3	0	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	
curso e peso do gatilho	2335,4	0	0	0	0	0	0	0	9	3	0	0	0	9	9	0	0	0	9	0	
Disparo	2220	0	0	3	0	0	9	9	1	3	1	1	1	0	3	3	0	0	9	0	
Tempo de instrução de reciclagem	2341,2	0	0	0	0	0	0	0	9	3	0	0	0	0	0	0	1	1	3	3	
Peso absoluto		57293,1	55571,4	63953,1	35707,8	29045,7	49025,7	49025,7	83154,9	62210,4	31265,7	31265,7	31265,7	50064,3	56724,3	122992,5	31386,9	60550,5	77067,9	52731,2	54226,45
Peso Relativo principais		5,56	5,39	6,21	3,47	2,82	4,76	4,76	8,07	6,04	3,03	3,03	3,03	4,86	5,51	11,94	3,05	5,88	7,48	5,12	
		x	x	x					x	x				x	x			x	x	x	

ANEXO G – MATRIZ DOS PROCESSOS

PARTES DO PRODUTO	PROCESSOS	Corte	Forjamento	Usinagem	Tratamento Térmico	Tratamento Superficial	Teste de funcionamento	Inspeção/Ensaio de Recebimento	Inspeção Intermediária	Inspeção Final	Estamparia	Soldagem	Moldagem	Montagem
	Peso													
Cano	57293,1	1	3	9	9	3	9	3	9	3	0	9	0	1
Chaveta de fixação do cano	55571,4	0	0	3	0	1	9	3	1	1	0	0	0	1
ferrolho	63953,1	1	9	9	9	3	9	3	3	3	0	0	0	3
gatilho	83154,9	0	0	3	0	1	9	3	1	1	9	0	0	3
cão	62210,4	1	0	9	1	1	9	3	3	1	0	0	0	1
mola do cão	56724,3	0	0	0	0	0	1	1	0	1	3	0	0	1
armação	122992,5	1	0	1	1	9	9	3	3	3	0	0	9	3
retém do carregador	60550,5	0	0	1	0	1	1	1	0	1	0	0	0	1
trava do percursor	77067,9	0	0	1	0	1	9	1	1	1	0	0	0	1
carregador (conjunto)	52731,2	1	0	1	0	1	9	1	1	1	9	3	0	1
Peso absoluto		359180,30	747457,20	2380630,40	1276418,70	1861957,40	5292045,30	1582600,10	1531631,30	1180726,70	1393147,80	673831,50	1106932,50	1232450,30
Peso Relativo		1,74	3,63	11,55	6,19	9,03	25,67	7,68	7,43	5,73	6,76	3,27	5,37	5,98
Processos críticos				x		x	x							