

ESTE EXEMPLAR CORRESPONDE A REDAÇÃO FINAL DA
TESE DEFENDIDA POR Alexandre
de Stefano E APROVADA
PELA COMISSÃO JULGADORA EM 25.01.2012

[Assinatura]
ORIENTADOR

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA MECÂNICA
COMISSÃO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECÂNICA**

Autor: Alexandre de Stefano

**Aplicação do QFD no desenvolvimento da
Injeção Eletrônica e controle dos parâmetros de
processo**

Campinas, 2012.

15/2012

Alexandre de Stefano

Aplicação do QFD no desenvolvimento da Injeção Eletrônica e controle dos parâmetros de processo

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado da Faculdade de Engenharia Mecânica da Universidade Estadual de Campinas, como requisito para a obtenção do título de Mestre em Engenharia Automobilística.

Área de Concentração: Projetos

Orientador: Prof. Dr. Oswaldo Luiz Agostinho

Campinas

2012

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA
BIBLIOTECA DA ÁREA DE ENGENHARIA E ARQUITETURA - BAE - UNICAMP

St32a Stefano, Alexandre de
Aplicação do QFD no desenvolvimento da injeção
eletrônica e controle dos parâmetros de processo. /
Alexandre de Stefano. --Campinas, SP: [s.n.], 2012.

Orientador: Oswaldo Luiz Agostinho.
Dissertação de Mestrado (Profissional) -
Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de
Engenharia Mecânica.

1. Desdobramento da função qualidade. I. Agostinho,
Oswaldo Luiz. II. Universidade Estadual de Campinas.
Faculdade de Engenharia Mecânica. III. Título.

Título em Inglês: Application of QFD in the electronic injection development and
parameters process control.

Palavras-chave em Inglês: Quality function deployment

Área de concentração: Projetos

Titulação: Mestre em Engenharia Automobilística

Banca examinadora: Olivio Novaski, Silvio Roberto Ignácio Pires

Data da defesa: 25-01-2012

Programa de Pós Graduação: Engenharia Mecânica

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA MECÂNICA
COMISSÃO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECÂNICA

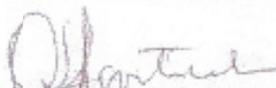
DISSERTAÇÃO DE MESTRADO PROFISSIONAL

**Aplicação do QFD no desenvolvimento da
Injeção Eletrônica e controle dos parâmetros de
processo**

Autor: Alexandre de Stefano

Orientador: Prof. Dr. Oswaldo Luiz Agostinho

A Banca Examinadora composta pelos membros abaixo aprovou esta Dissertação:



Prof. Dr. Oswaldo Luiz Agostinho

Faculdade de Engenharia Mecânica - Universidade Estadual de Campinas



Prof. Dr. Olivio Novaski

Faculdade de Engenharia Mecânica - Universidade Estadual de Campinas



Prof. Dr. Silvio Roberto Ignácio Feres

Faculdade UNIMEP - Santa Bárbara D'Oeste

Campinas, 25 de janeiro de 2012.

Dedicatória

Dedico este trabalho à minha família, que deu apoio inicial para o início de minha carreira, sem o qual, não estaria realizando este Mestrado.

Agradecimentos

A Deus, que acima de tudo e de todos, me proporcionou o privilégio de ter acesso à oportunidade de fazer este Mestrado e de trabalhar em uma empresa com excelente política de treinamento e desenvolvida pessoal e profissional que me possibilitaram prosseguir com sucesso a minha carreira.

Aos meus pais, pela humilde admiração e confiança, que me incentivaram mesmo quando havia distância e a minha irmã pela demonstração de união que tem mantido a todos em harmonia por longos anos.

A minha esposa Priscila, pela compreensão, apoio e carinho tão essenciais.

Ao professor Dr. Oswaldo Luiz Agostinho pelo incentivo na elaboração deste trabalho, a Prof.^a Inês Joeques que tanto ajudou nas aulas de dissertação, a todos os professores e funcionários da UNICAMP e ITA, que auxiliaram direta ou indiretamente na extensão das fronteiras do meu contínuo aprendizado.

“No meio da dificuldade encontra-se a oportunidade.”
Albert Einstein

Resumo

No atual momento em que as montadoras e as empresas de autopeças procuram desenvolvimento de produtos com menor custo e com ótima qualidade, zero defeito, propõe-se, neste contexto, ouvir e definir importantes solicitações dos clientes para analisar e aplicar a metodologia apresentada.

Na metodologia o requisito é trabalhado e desdobrado em matrizes: Necessidades dos Clientes X Requisitos de sistema, Requisitos de sistema X Características das partes, Características das partes X Processo de fabricação e Processo de fabricação X Operação de manufatura.

Definidas as operações que representam o principal requisito do cliente na metodologia, aplica-se controle de processo para que os parâmetros de processos garantam a necessidade do cliente.

Esta metodologia consiste na aplicação do Desdobramento da Função da Qualidade – (QFD) para o desenvolvimento do produto ECU (Unidade de Controle Eletrônico), através dos desdobramentos das matrizes de relação chega-se aos parâmetros que devem ser controlados no processo produtivo. Ferramentas, procedimentos e aplicativos de controles de processo devem ser estudados para que sejam aplicados de forma oportuna.

Um estudo de caso foi realizado em uma empresa de autopeças, e os resultados comprovaram a metodologia proposta. Nos próximos capítulos serão descritos todas as etapas do processo de implementação desde o levantamento dos dados no cliente, aplicação do QFD, definição do posto e como controlar os parâmetros desta etapa do processo.

Abstract

At the current time when the automakers and auto parts companies seek to develop products with lower cost and with high quality, zero defect, It is proposed, in this context, to hear and define the important requirements of customer to analyze and to apply the methodology studied.

In this methodology the request is analyzed in wombs: Customer's Necessity vs. System's Requirements; System's Requirements vs. Characteristic of Parts; Characteristic of Parts vs. Manufacturing Process; Manufacturing Process vs. Manufacturing Operation.

Defined the set of operations which pose the major customer requirement in the methodology, it is time to set in motion the process control to establish the parameters that will guarantee the customer's needs. This methodology involves the application of Quality Function Deployment (QFD) to develop the product ECU (Electronic Control Unit) - through the deployment of wombs the parameters that should be controlled in the manufacturing process are defined; tools, procedure and/or software to control the process are studied and applied properly.

A case study had been done in an Automotive Parts Company, and the results proved the methodology proposed. In the following chapters it will be described all steps of process's implementation, since to search data on the customer, QFD applications, definition of the manufacturing operation and how to control the parameters of the new manufacturing process.

Lista de Figuras

| | |
|--|----|
| Figura 1: A ação gerencial do planejamento da qualidade..... | 19 |
| Figura 2: tabelas que formam a casa da qualidade..... | 22 |
| Figura 3: Representação gráfica do cruzamento da tabela dos requisitos dos clientes com a tabela das características de qualidade (adaptada de CHENG et al., 1995)..... | 22 |
| Figura 4: A casa da qualidade e seus elementos ou áreas | 23 |
| Figura 5: A tabela dos requisitos dos clientes | 24 |
| Figura 6: A tabela das características de qualidade..... | 29 |
| Figura 7: Representação genérica de uma carta de controle..... | 37 |
| Figura 8: Exemplo de apresentação de defeitos | 41 |
| Figura 9: QFD das Quatro Fases (CLAUSING, 1993, apud OTELINO, 1999) | 49 |
| Figura 10: Exemplo de desdobramento da qualidade, considerando as quatro casas do QFD..... | 50 |
| Figura 11: Estrutura básica da Casa da Qualidade (CHENG et al., 1995)..... | 51 |
| Figura 12: elementos ou áreas da matriz do qfd | 52 |
| Figura 13: Forma de obter os requisitos dos clientes (OHFUJI, 1997)..... | 55 |
| Figura 14: elementos ou áreas da matriz do qfd | 56 |
| Figura 15: Alguns dos elementos mais utilizados da Casa da Qualidade | 60 |
| Figura 16: Árvore de objetivos da Injeção Eletrônica | 66 |
| Figura 17: Resultado da pesquisa realizada no cliente | 69 |
| Figura 18: CEP – Serigrafia da pasta de solda | 81 |
| Figura 19: CEP – Refusão da pasta de solda | 82 |
| Figura 20: CEP – Nova carta para serigrafia da pasta de solda | 83 |
| Figura 21: CEP – Nova carta para Refusão da pasta de solda | 84 |
| Figura 22: Plano de controle | 85 |

Lista de Tabelas

| | |
|--|----|
| Tabela I: Tipos de Pesquisa considerando os Procedimentos Utilizados | 7 |
| Tabela II: Etapas e fases do desenvolvimento de produtos industriais | 12 |
| Tabela III: gráficos de controle | 38 |
| Tabela IV: Diferenças entre QD e QFD | 48 |
| Tabela V: Exemplo do grau de importância atribuído nas três colunas..... | 55 |
| Tabela VI: Gráficos de controle | 62 |
| Tabela VII: Necessidades do cliente e a ponderação da importância | 71 |
| Tabela VIII: Requisitos dos clientes e matriz de correlação | 72 |
| Tabela IX: Matriz de relação entre requisitos de qualidade e requisitos do sistema | 73 |
| Tabela X: Prioridades técnicas | 74 |
| Tabela XI: Prioridades técnicas | 74 |
| Tabela XII: Matriz 2 – Requisitos do sistema X características das partes | 76 |
| Tabela XIII: Matriz 3 – Características das partes X Processo de fabricação | 77 |
| Tabela XIV: Matriz 4 – Processo de fabricação X operação de manufatura | 78 |

Lista de Abreviaturas e Siglas

QFD - Desdobramento da Função da Qualidade

ECU - Unidade de Controle Eletrônico – Injeção Eletrônica

CAD - Computer Aided Design

CAE - Computer Aided Engineering

QD - Desdobramento da Qualidade

CEP - Controle de processo

p = fração defeituosa

n = número de peças na amostra ou subgrupo

np = número de peças defeituosas na amostra ou subgrupo

TQC - Controle Total da Qualidade

PQR - Plano de qualidade dos requisitos

IM - Índice de melhoria

AV - Argumento de vendas ou pontos de vendas

PA - Peso absoluto dos requisitos

FDT - Fator de dificuldade técnica

PCA - Peso corrigido absoluto

Sumário

| | |
|---|------|
| Resumo | vii |
| Abstract | viii |
| Lista de Figuras | ix |
| Lista de Tabelas | x |
| Lista de Abreviaturas e Siglas | xi |
| | |
| Capítulo 1: Introdução | 1 |
| 1.1. Organização do Trabalho | 2 |
| 1.2. Motivações | 3 |
| 1.3. Descrição do problema | 3 |
| 1.4. Objetivo | 4 |
| | |
| Capítulo 2: Revisão Bibliográfica | 5 |
| 2.1. Conceitos: Cliente e Produto | 5 |
| 2.2. Tipos de Pesquisa considerando os Procedimentos Utilizados | 7 |
| 2.2.1. Pesquisa Descritiva | 8 |
| 2.2.2. Pesquisa Experimental | 10 |
| 2.3. Convertendo as necessidades do cliente em objetivos técnicos | 11 |
| 2.4. Desenvolvimento de produtos | 12 |
| 2.5. Início do QFD | 14 |
| 2.5.1. O conceito do QFD | 15 |
| 2.5.2. Planejamento da Qualidade | 17 |
| 2.5.3. Desdobramento da Função Qualidade | 19 |
| 2.5.4. Matriz da Qualidade | 22 |
| 2.5.4.1. A tabela dos Requisitos dos Clientes | 24 |
| 2.5.4.2. Tabela das Características de Qualidade | 29 |
| 2.6. Controle de processo | 36 |
| 2.6.1. CEP | 36 |

| | |
|--|----|
| 2.6.2. Plano de Controle do Processo..... | 44 |
| Capítulo 3: Principais conceitos a serem aplicados | 45 |
| 3.1. Apresentação do problema | 45 |
| 3.2. Método de projeto | 45 |
| 3.2.1. Pesquisa | 45 |
| 3.2.2. Desdobramento da função qualidade..... | 46 |
| 3.2.2.1. Versões do QFD..... | 48 |
| 3.2.2.2. Casa da Qualidade..... | 50 |
| 3.2.3. Métodos de Controle no processo..... | 60 |
| Capítulo 4: Estudo de Caso..... | 64 |
| 4.1. Apresentação do caso..... | 64 |
| 4.2. Aplicação da metodologia | 65 |
| 4.2.1. Pesquisa | 66 |
| 4.2.2. Matriz da Qualidade | 70 |
| 4.2.2.1. Matriz 1 - Necessidades dos Clientes X Requisitos de sistema | 70 |
| 4.2.2.2. Matriz 2 - Requisitos de sistema X Características das partes | 76 |
| 4.2.3. Controle no processo | 79 |
| Capítulo 5: Conclusões e Trabalhos Futuros | 86 |
| 5.1. Conclusões | 86 |
| 5.2. Trabalhos Futuros | 86 |
| Capítulo 6: Referências Bibliográficas..... | 88 |

Capítulo 1: Introdução

Com o objetivo de ajudar as empresas a definirem os pontos críticos de controles de garantia da qualidade antes do início da produção, Akao iniciou estudos em 1966 adaptando uma tabela de pontos de controle na produção desenvolvida por Oshiumi - AKAO & MAZUR (2003). Com a integração da pesquisa desenvolvida por Akao com os estudos de Mizuno, Furukawa e Ishihara foi concluído o método do QFD (Quality Function Deployment – Desdobramento da Função Qualidade) da forma como hoje é conhecido - AKAO & MAZUR (2003) e AKAO (1996).

Este método pode atuar de várias formas em um processo produtivo, como por exemplo: auxiliar no processo de desenvolvimento de produtos, traduzir e transmitir as necessidades e expectativas dos clientes, garantir a qualidade do produto durante seu processo de fabricação ou ainda, atuar na melhoria dos produtos já existentes e no planejamento da qualidade.

A busca constante pela melhoria e diferenciação frente à concorrência, por meio do aumento de produtividade e melhoria da qualidade, passou a ser muito importante para a sobrevivência das empresas em âmbito mundial. A eliminação de desperdícios, os altos investimentos no desenvolvimento de novos produtos, o investimento na qualificação dos funcionários e a busca para o aperfeiçoamento contínuo nos processos de produção, têm sido a razão da sobrevivência de muitas empresas.

Pesquisas indicam que grandes partes dos produtos lançados no mercado dos países industrializados fracassaram - DIMANDESCU; DWENGER (1997). Assim, visando reduzir essas limitações e na busca da melhoria das práticas de desenvolvimento de novos produtos, processos organizacionais estruturados têm sido desenvolvidos por instituições de pesquisa e por empresas para desenvolver novos produtos – GRIFFIN (1997). Dentre esses processos, está o estágio do sistema, desenvolvido por COOPER (1993) e utilizados por várias empresas tais como Bombardier, Kodak, Motorola, dentre outras - PHILLIPS ET AL (1999). Esses processos estruturados permitem às empresas maior segurança, controle e rapidez nas atividades que são exigidas durante o processo de desenvolvimento de produto, buscando

disponibilizar no momento certo, o melhor produto, tendo em vista as necessidades dos clientes e os objetivos de ganhos da empresa.

No entanto, esses modelos exigem que outros métodos e ferramentas venham a complementá-los, de forma que auxiliem eficientemente na conduta de cada uma das atividades que fazem parte do ciclo de desenvolvimento de novos produtos. Um dos métodos que as empresas têm buscado implantar para dar suporte ao desenvolvimento de novos produtos é o QFD. O método tem por objetivo integrar as necessidades dos clientes em todo o ciclo de desenvolvimento de um novo produto. O QFD converte as exigências dos usuários em características da qualidade (especificações) e as transfere para as etapas subsequentes de desenvolvimento de produto, por meio de desdobramentos sucessivos.

1.1. Organização do Trabalho

Este trabalho está dividido em capítulos, que contêm seções, e subseções, incluídas em cada um deles. Esse modo de organizar facilita a leitura e compreensão do texto.

Na parte textual, o Capítulo 1 traz a Introdução do trabalho, onde se inclui esta seção sobre a organização do trabalho, seguida da descrição da motivação, a descrição clara do problema e objetivo do trabalho.

O Capítulo 2 traz os resultados da pesquisa bibliográfica que descreve a metodologia QFD, iniciando com um histórico e mostrando em seguida as fases de requisitos e construção do QFD.

O Capítulo 3 está descrito a proposta de método, iniciando com uma pesquisa no cliente, metodologia do QFD e o controle no processo produtivo.

No Capítulo 4 traz a aplicação da metodologia em um produto ECU (Injeção Eletrônica).

1.2. Motivações

Este trabalho, para o seu conhecimento, foi contextualizado num ambiente de busca de competitividade pelas empresas. O uso eficaz da metodologia QFD para apoiar a introdução e a gestão de novos produtos e serviços, que também se habilita para sistematizar o processo de planejamento estratégico, é uma forma de buscar a competitividade. A percepção e o entendimento adequados sobre o fato de que as culturas que se formam e se consolidam dentro das empresas, a partir de grupos, departamentos e divisões, afetam de modo importante o desempenho da organização com um todo, também se apresentam como formas a buscar a competitividade, na medida em que os projetos são, em geral, implementados por equipes multifuncionais com práticas e valores individuais distintos. Sendo a metodologia QFD baseada em equipes multifuncionais e, por si, só, apresentar pressupostos culturais implícitos que, quando promovidos, permitem um funcionamento mais eficaz das equipes, é importante conhecer as prováveis relações entre tais pressupostos e a cultura das organizações, em busca de fatores que alavanquem as sinergias e minimizem os conflitos que possam ser criados nestas relações. Estes fatores devem ser identificados e selecionados com o objetivo de aumentar a probabilidade de sucesso de obtenção da vantagem competitiva.

Configura-se assim a motivação necessária em pesquisar o tema, tomando como base as teorias sobre a metodologia QFD e controles de processos, que possa ser implementado em organizações brasileiras.

1.3. Descrição do problema

O principal problema encontrado nas empresas de autopeças no desenvolvimento de novos projetos é a utilização de várias metodologias para transformar um requisito de cliente em um controle de processo. O QFD é uma única metodologia que é capaz de mostrar para a equipe de manufatura que o item controlado no processo produtivo tem grande valor para o atendimento ao requisito do cliente.

1.4. Objetivo

Este trabalho tem como finalidade classificar as principais necessidades dos clientes quanto ao produto ECU (Injeção Eletrônica), aplicar uma metodologia iniciando com a ferramenta QFD (Desdobramento da Função Qualidade) desenvolvendo as matrizes pertinentes as qualidades exigidas e por fim definir controles para os parâmetros do processo produtivo para atender as necessidades dos clientes.

Capítulo 2: Revisão Bibliográfica

O presente capítulo tem por finalidade apresentar algumas definições, técnicas e metodológicas, como forma de subsídios às argumentações e conceitos que são utilizados ao longo deste trabalho.

2.1. Conceitos: Cliente e Produto

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

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

Produto: Definição e Classificações Para JURAN & GRYNA (1991) e JURAN & GRYNA (1993), produto é o resultado de qualquer processo. CHENG et al. (1995), por sua vez,

definem produtos como quaisquer coisas que possam ser oferecidas a um mercado para satisfazer uma necessidade ou “desejo”. Incluem bens (produtos de consumo e produtos industriais) e serviços. JURAN & GRAYNA (1993) identificam três categorias de produtos, a saber:

- Mercadorias;
- Software;
- Serviços.

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

- Materiais e equipamentos;
- Informações;
- Materiais processados;
- Serviços.

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

- Produtos “puxados” pelo mercado (*market-pull products*). São aqueles produtos desenvolvidos em resposta às oportunidades de mercado percebidas pela empresa;
- Produtos “empurrados” pela tecnologia (*technology-push products*). São os produtos desenvolvidos especificamente para utilizar novas tecnologias “criadas” pela própria empresa. Para caracterizar esse tipo de produto, tais tecnologias não podem ter sido utilizadas em produtos anteriores.
- Produtos de plataforma (*platform products*). São produtos desenvolvidos para utilizar (aproveitar) tecnologias que, embora recentes e criadas pela empresa, já foram incorporadas a outro produto. A prévia utilização (em um produto anterior), e aprovação pelo mercado, da tecnologia é que difere esse tipo de produtos dos “produtos empurrados pela tecnologia”.

- Produtos para indústria de processo (*process-intensive products*). São aqueles cuja rigidez do processo de fabricação impõe limites às propriedades do produto, não permitindo, mesmo na fase de concepção, que o projeto de produto seja separado do projeto de processo de produção.
- Produtos Customizados (*customer-products*). São aqueles produtos que passam por pequenas modificações, em relação ao produto padrão, para atender a necessidades específicas do consumidor.

2.2. Tipos de Pesquisa considerando os Procedimentos Utilizados

Tabela I: Tipos de Pesquisa considerando os Procedimentos Utilizados

| Kerlinger (1980) | Cervo & Bervian (1983) | Gil (1991) | Thomas & Nelson (1996) |
|-----------------------------|---------------------------------------|-----------------------------|---------------------------------------|
| Histórica | Bibliográfica | Bibliográfica Documental | Analítica |
| Metodológica | Descritiva | Levantamento | Descritiva |
| Experimental | Experimental | Experimental | Experimental |
| Quase-Experimental | | Ex-post-facto | Quase-Experimental |
| | | Estudo de Caso | Qualitativa |
| | | Pesquisa-ação | |
| | | Pesquisa-Participante | |

As pesquisas analíticas envolvem o estudo e avaliação aprofundados de informações disponíveis na tentativa de explicar o contexto de um fenômeno. Elas podem ser categorizadas em histórica, filosófica, revisão e meta-análise.

Histórica = segundo KERLINGER (1980) é o tipo de pesquisa que investiga eventos que já tenham ocorrido, utilizando métodos descritivos e analíticos. Em alguns estudos históricos, o investigador está propriamente interessado em preservar o registro de eventos e realizações passadas. Nesses estudos procura utilizar o método histórico-descritivo para

mapear a experiência passada, localizar no tempo e espaço uma pessoa, uma tendência, um evento ou uma organização, a fim de providenciar respostas para questões particulares. Em outros estudos históricos, o investigador está mais preocupado em descobrir fatos que providenciarão maior compreensão e significância de eventos passados para explicar a situação presente ou estado atual do fenômeno estudado. Nesses estudos é utilizado o método histórico-analítico para abordar o evento na tentativa de encontrar informações sobre como o evento ocorreu, quem o provocou, porque foi provocado, quais as possíveis consequências atribuídas, entre outras.

Filosófica = é o tipo de pesquisa caracterizado pela investigação crítica na qual o investigador estabelece hipóteses, examina e analisa fatos existentes e sintetiza as evidências dentro de um modelo teórico estabelecido. A análise crítica caracteriza a pesquisa filosófica. O método filosófico de pesquisa segue essencialmente os mesmos passos que outros métodos de resolver problemas científicos, na medida em que se utiliza de fatos científicos como base para a formulação e testagem de hipóteses de pesquisa - KERLINGER (1980).

Revisão = é o tipo de pesquisa que procura avaliar criticamente a produção recente num tópico particular. O investigador deve estar bastante informado sobre a literatura considerada bem como dominar os tópicos e procedimentos de pesquisa. A pesquisa de revisão envolve análise, avaliação e integração da literatura publicada, e também frequentemente conduz para conclusões importantes a respeito dos resultados de pesquisas realizadas até o momento.

Síntese (Meta-análise) = é o tipo de revisão de literatura que contém uma metodologia e quantificação definida dos resultados de vários estudos para estabelecer um padrão métrico que permite a utilização de técnicas estatísticas como um meio de análise.

2.2.1. Pesquisa Descritiva

Segundo THOMAS, JERRY R. E NELSON, JACK K. (1996) as pesquisas descritivas caracterizam-se frequentemente como estudos que procuram determinar status, opiniões ou

projeções futuras nas respostas obtidas. A sua valorização está baseada na premissa que os problemas podem ser resolvidos e as práticas podem ser melhoradas através de descrição e análise de observações objetivas e diretas. As técnicas utilizadas para a obtenção de informações são bastante diversas, destacando-se os questionários, as entrevistas e as observações.

Levantamento (*Survey*) = é o tipo de pesquisa que visa determinar informações sobre práticas ou opiniões atuais de uma população específica.

Levantamento Normativo (*Survey Normativo*) = é o tipo de pesquisa descritiva que procura estabelecer normas, para amostras de idade e gênero diferentes, com relação às habilidades, desempenhos, convicções ou atitudes.

Estudo de caso = é o tipo de pesquisa no qual um caso (fenômeno ou situação) individual é estudado em profundidade para obter uma compreensão ampliada sobre outros casos (fenômenos ou situações) similares. Os estudos de caso descritivos procuram apenas apresentar um quadro detalhado de um fenômeno para facilitar a sua compreensão, pois não há a tentativa de testar ou construir modelos teóricos. Na verdade, esses estudos constituem um passo inicial ou uma base de dados para pesquisas comparativas subsequentes e construção de teorias. Os estudos de caso interpretativos também utilizam a descrição, mas o enfoque principal é interpretar os dados num esforço para classificar e contextualizar a informação e talvez teorizar sobre o fenômeno. Os estudos de caso avaliativos envolvem tanto a descrição quanto a interpretação, mas o objetivo principal é usar os dados para avaliar o mérito de alguma prática, programa, movimento ou evento.

Análise de trabalho = é o tipo de pesquisa que procura determinar a natureza de um trabalho particular e os tipos de treinamento, preparação e competências (conhecimentos, habilidades e atitudes) necessárias para o sucesso no trabalho.

Desenvolvimentista = é o tipo de pesquisa que procura investigar as mudanças de comportamento que ocorrem através dos anos. A partir de abordagens longitudinais ou transversais, a pesquisa desenvolvimentista busca obter informações sobre a interação entre crescimento e maturação e de variáveis de aprendizagem e desempenho. O estudo é Longitudinal quando os mesmos sujeitos são estudados sobre um período determinado de anos. O estudo é Transversal (*cross-sectional*) quando amostras de sujeitos de diferentes grupos etários são selecionadas para proporcionar a avaliação dos efeitos de maturação.

Formação de Consenso (*Delphi*) = é o tipo de pesquisa interativa mediada pelo investigador, que utiliza uma série de questionários para que os respondentes possam chegar a um acordo sobre projeções ou previsões de acontecimentos (estudos exploratórios) ou ainda sobre a fixação de objetivos (estudos normativos).

Correlacional = é o tipo de pesquisa que procura explorar relações que possam existir entre variáveis, exceto a relação de causa-efeito. O estudo das relações entre variáveis é descritivo porque não há a manipulação de variáveis, sendo a predição o tipo de relação mais frequentemente estabelecida. No entanto, a pesquisa correlacional precede a realização de pesquisa experimental, porque a relação de causa-efeito somente poderá ser estabelecida quando duas variáveis são correlatas.

2.2.2. Pesquisa Experimental

A pesquisa experimental é o método de investigação que envolve a manipulação de tratamentos na tentativa de estabelecer relações de causa-efeito nas variáveis investigadas. A variável independente é manipulada para julgar seu efeito sobre uma variável dependente. A relação de causa-efeito não pode ser estabelecida através de técnicas estatísticas, mas somente pela aplicação de pensamento lógico para experimentos bem delineados. O processo lógico estabelece que nenhuma outra explicação razoável pode existir para as mudanças na variável dependente exceto a manipulação da variável independente.

Pesquisa Quase-Experimental - Quando investigadores procuram aumentar a validade externa e ecológica, o controle cuidadoso e completo de um delineamento verdadeiro torna-se bastante difícil senão impossível. O propósito do investigador na realização de pesquisa quase experimental é tentar preparar um delineamento para o ambiente mais próximo do mundo real enquanto procuram controlar, da melhor forma possível, alguns condicionantes que afetam a validade interna.

Pesquisa Qualitativa - As pesquisas qualitativas envolvem a observação intensiva e de longo tempo num ambiente natural, o registro preciso e detalhado do que acontecem no ambiente, a interpretação e análise de dados utilizando descrições e narrativas. Elas podem

ser etnográfica, naturalista, interpretativa, fenomenológica, pesquisa-participante e pesquisa ação - CERVO, AMADO L. E BERVIAN, PEDRO A. (1983).

2.3. Convertendo as necessidades do cliente em objetivos técnicos

Ao converter as necessidades do consumidor em objetivos técnicos, surge a dificuldade de se conseguir um equilíbrio adequado entre utilidade, precisão e fidelidade. Na preparação da especificação do projeto, conseguir utilidade significa produzir especificações úteis para controlar a qualidade durante o processo de desenvolvimento do produto. Portanto, a especificação do projeto deve ser feita com precisão suficiente para permitir a tomada de decisões técnicas e não deve prejudicar a correta interpretação das necessidades e desejos dos consumidores.

Essa tarefa, porém, é demorada e não trivial. Os projetistas de produtos devem possuir muitas habilidades, incluindo criatividade, competência técnica e atenção para os detalhes. Também é importante fazer o planejamento e as especificações nas etapas iniciais do projeto. Isso aumenta as chances de sucesso do novo produto em até três vezes, além de suportar o controle de qualidade durante o desenvolvimento.

Porém, se as especificações estiverem erradas, um produto pode estar sendo devidamente controlado, mas pode estar seguindo em uma direção equivocada. É como dirigir um carro: uma pessoa pode estar dirigindo bem, mas estar seguindo em uma rota errada. Portanto, é preciso ter cuidado ao obter as especificações de projeto para que estas reflitam as necessidades do consumidor de forma precisa, fiel e utilizável. Esse procedimento é considerado um problema complexo (que envolve diversos estágios), obscuro (porque as fronteiras do problema não são bem definidas), multifatorial (porque há muitas variáveis a considerar) e com muitos eventos acontecendo simultaneamente. Infelizmente, a mente humana não consegue trabalhar bem com esse nível de complexidade. Portanto, é nesse momento que o método denominado por desdobramento da função qualidade (QFD – *Quality Function Deployment*) pode ser utilizado como apoio - GRUPO DE PROJETOS – NUPEM (2004).

2.4. Desenvolvimento de produtos

O desenvolvimento de produtos consiste no desenvolvimento de qualquer item ou combinação de itens, desde a sua concepção até o final da linha de produção, considerando também, alguns procedimentos que acompanham o produto até o final de sua vida útil. O processo de projetar um produto é uma das etapas do desenvolvimento, a qual é considerada uma das que mais influencia na qualidade do produto final. SLACK ET AL. (2002) define “projeto de produto” como um conjunto de tarefas executadas pelos projetistas, nas quais eles visam atender às necessidades e expectativas do consumidor, segundo a interpretação do grupo que capta informações do mercado. Os projetistas especificam o produto para que essas informações sejam, posteriormente, utilizadas para as operações que criam e entregam o produto para o consumidor. Seguindo essa mesma linha, CLARK E FUJIMOTO (1991) apresentam um modelo simplificado, composto por uma sequência de tarefas necessárias para fabricar e montar produtos. O modelo se divide em quatro grandes fases de desenvolvimento: a fase conceitual, o planejamento do produto, a engenharia do produto e a engenharia de processo, como podem ser visto na Tabela II.

Tabela II: Etapas e fases do desenvolvimento de produtos industriais

| DESENVOLVIMENTO DE PRODUTOS INDUSTRIAIS | | |
|---|------------------------|------------|
| ETAPA DE PROJETO | PLANEJAMENTO DE | MANUFATURA |
| conceitual planejamento engenharia | PROCESSO DE FABRICAÇÃO | |

Fonte: ESTORILIO CARLA (Doutora) – QFD Desdobramento da Função Qualidade, Curitiba-PR, 2003.

Considerando que esse texto tem como objetivo contextualizar em que momento o método QFD é usualmente aplicado em um processo de desenvolvimento de produtos, as quatro fases serão detalhadas, sendo mais enfatizadas as três primeiras, denominadas por etapa de projeto do produto. Na primeira fase dessa etapa, chamada de fase conceitual, informações sobre a demanda do mercado, juntamente com as possibilidades técnicas da empresa e outras condições são analisadas e traduzidas no conceito do produto. A concepção básica do produto é, na maioria das vezes, verbalizada, utilizando-se alguns recursos visuais de apoio. Ela fornece especificações técnicas preliminares que visam atender

às expectativas dos clientes. É exatamente nesta primeira fase em que o método QFD pode ser introduzido, aplicando-se, nesse momento, a sua primeira matriz, denominada por “Casa da Qualidade”, a qual será detalhada posteriormente.

A fase seguinte denomina-se por planejamento do produto, quando os conceitos do produto são traduzidos em detalhes específicos para o projeto, incluindo mais especificações, custos, metas de investimentos e escolhas técnicas. O problema central nessa fase é conciliar os objetivos da empresa com os requerimentos do produto. Essa fase apresenta a primeira oportunidade de interpretar o produto fisicamente, através de protótipos ou modelos virtuais. Na sequência tem-se a fase de engenharia do produto, quando se traduz as informações provenientes da fase de planejamento em projetos detalhados do produto. O problema dessa fase é transformar o produto conceitual em partes e componentes reais, satisfazendo em paralelo, os requerimentos dos negócios da empresa (como custo e valor de investimento). O produto pré-concebido é dividido em componentes, os quais originam projetos detalhados e vários desenhos. Com esses desenhos, em alguns casos, os componentes e subconjuntos são convertidos em protótipos, fabricados em materiais semelhantes ao previsto. Os subconjuntos são então montados, constituindo a primeira representação física do projeto do produto. Após testar os protótipos, tanto de alguns componentes, como de subconjuntos ou do produto completo, variando de acordo com a necessidade, se verifica se o projeto está de acordo com os objetivos iniciais e as definições conceituais. Como auxílio para os desenhos e protótipos, recursos computacionais podem ser utilizados, como os sistemas CAD (*Computer Aided Design*), para modelar componentes e produtos, e os sistemas CAE (*Computer Aided Engineering*), para simular os modelos previamente elaborados nos sistemas CAD, por exemplo. Os desenhos de engenharia podem sofrer alterações de acordo com o resultado dos testes dos protótipos ou das simulações virtuais. Esse ciclo de projeto, protótipo e teste só termina quando o projeto detalhado do produto for oficialmente aprovado, mostrando estar de acordo com as expectativas da empresa.

Após essa fase, encerram-se as atividades relacionadas diretamente com a etapa de projeto do produto. A etapa seguinte é relativa à engenharia de processo, na qual os projetos detalhados do produto são traduzidos em planos de fabricação. As informações dessa fase incluem definições e dados necessários para a fabricação do produto. Quando o início do projeto do produto não é bem elaborado, podem ocorrer mudanças de projeto ao longo de

todo o ciclo de desenvolvimento. Nesses casos, o projeto retorna às suas fases iniciais, demandando alterações, o que implica em perda de trabalhos previamente realizados. Esse é um dos fenômenos que se caracteriza como “retrabalho” ou “modificações de projeto”, os quais devem ser evitados, considerando que quanto mais tarde um projeto é alterado, maior é o comprometimento do seu custo, tempo de desenvolvimento e qualidade – BARKAN (1992).

2.5. Início do QFD

Na década de 60, o Japão tornou-se o país produtor de aço com o menor custo no mercado mundial. Apesar da escassez de produtos naturais, os especialistas japoneses desenvolveram um processo no qual se importavam matérias-primas e conseguia-se convertê-las num aço de altíssima qualidade, de forma destacadamente mais barata que os demais produtores do mundo. Tendo o aço mais barato e precisando importar outras matérias-primas, o Japão dedicou-se intensamente para expandir a sua industrialização estratégica concentrando-se, dessa forma, na indústria naval. Já no início de 1970, o Japão tornara-se o líder mundial na construção de superpetroleiros. Embora eles sejam projetados para serem grandes “cavernas”, nas quais se possa alojar a carga, precisam usar uma propulsão sofisticada, ter razoável flexibilidade para as manobras e um perfeito sistema de controle do equilíbrio na operação diária. Esses navios não são fabricados em série. Geralmente, os pedidos são de uma ou algumas unidades por vez. Dessa maneira, cada navio é único e pode incorporar significativos avanços tecnológicos sobre outro que foi construído anteriormente. O cliente que encomenda um superpetroleiro faz exigências especiais para a armazenagem de sua carga. Muitos dos superpetroleiros foram construídos pela Mitsubishi Heavy Industries nos estaleiros da cidade de Kobe, no Japão. Na década de 60, a Mitsubishi recorreu ao apoio do governo japonês para que fosse possível o desenvolvimento de uma logística que permitisse a construção de navios tão complexos. O governo japonês, imediatamente, recorreu aos professores universitários das suas melhores faculdades para que criassem um sistema que assegurasse que cada etapa do processo de construção estivesse efetivamente ligada a uma particular exigência do cliente. E foi assim que nasceu o QFD. O QFD é uma

técnica que possibilita a introdução dos desejos dos clientes nos projetos dos produtos e serviços segundo DR. YOJI AKAO.

2.5.1. O conceito do QFD

O nome japonês atual para a metodologia desenvolvida nos estaleiros de Kobe é: *hin shitsu, ki no, ten kai*. A tradução dessa expressão para o português é difícil, pois cada palavra tem vários significados. Assim, por exemplo, *hin shitsu* significa qualidade, características, qualidades ou atributos. *Ki no* significa função ou mecanização e as palavras mais próximas para *ten kai* são desenvolvimento, desdobramento, difusão ou evolução - AKAO, Y (1990).

Desdobramento da função qualidade (QFD) é um nome bastante incompleto para tão poderosa ferramenta. Com ela pode-se resolver problemas, tomar decisões e fazer planejamentos. O QFD, durante muitos anos, foi rotulado com uma série de outros nomes como Voz do Cliente, Casa da Qualidade, Engenharia voltada para o Cliente, Planejamento Matricial do Produto, Matriz de Decisão - AKAO, Y (1990).

O QFD é uma forma sistemática de escutar os clientes para compreender exatamente o que eles querem, para determinar qual é a melhor forma de atender aos seus desejos com os recursos disponíveis - AKAO, Y (1990).

O QFD é um método para que seja possível implementar o trabalho em equipe. Ele garante a cada um trabalhar em equipe para dar aos clientes exatamente o que eles querem - AKAO, Y (1990).

FEIGENBAUM, A.V (1993), define um sistema de qualidade como o sistema de procedimentos técnicos e administrativos para fornecer um produto com padrões de qualidade especificados. Juran define uma função qualidade como uma função que produz a qualidade. Assim, o sistema de qualidade como definido acima é uma combinação de funções qualidade.

MIZUNO define o desdobramento das funções qualidade como o desdobramento passo-a-passo mais detalhado das funções ou operações que produzem sistematicamente a qualidade e com procedimentos objetivos preferenciais em relação aos subjetivos. Assim, o

sistema de qualidade definido acima pode ser baseado no desdobramento das funções qualidade.

Ao desenvolver um sistema de qualidade, é importante entender a própria estrutura que produz a qualidade, não somente a estrutura que a controla. Um produto constitui-se num sistema. A qualidade do produto pode ser conseguida através da qualidade dos subsistemas, a qualidade destes através da qualidade das partes, e a qualidade das partes através dos elementos do processo.

Assim, AKAO, Y (1990) define o desdobramento da função qualidade como a conversão das necessidades dos clientes em requisitos de sistema (produto), desdobrando estes nas características de cada componente funcional do sistema, essas características nos processos que as produzem e estes últimos, nas suas respectivas operações. A qualidade do produto será obtida através dessa rede de desdobramentos. O desdobramento da função qualidade, o QFD, significa “desdobramento da qualidade através do desdobramento das funções qualidade”.

EUREKA, W.E. & RYAN, N.E. (1992) define QFD como um sistema que traduz as necessidades do cliente em apropriados requisitos para a empresa, em cada estágio do ciclo de desenvolvimento do produto, desde a pesquisa e o desenvolvimento até a engenharia, a produção, o “marketing”, as vendas e a distribuição.

O QFD é um modo de conectar as necessidades dos clientes às operações de produção. Uma matriz do QFD pode ser usada para prover quatro peças de informação:

1. O que é importante para o cliente?
2. Como pode ser provido?
3. As relações existentes entre os o que's e os como's?
4. Quanto tem de ser provido pelos como's para satisfazer os clientes?

Com o QFD, os objetivos genéricos no desenvolvimento do produto são subdivididos em ações específicas, via um esforço global de toda a equipe. Sem esta abordagem de equipe, O QFD perde muito de seu poder. O processo é alcançado através de uma série de matrizes e gráficos, que desdobram as necessidades do cliente e os requisitos técnicos com

elas relacionados, a partir do planejamento e do projeto do produto até o planejamento do processo e o chão de fábrica.

2.5.2. Planejamento da Qualidade

Tem-se visto um grande esforço das empresas brasileiras no sentido de implementar as ações gerenciais de manter e melhorar a qualidade. Os resultados destes esforços já são visíveis, pois eliminação de desperdícios e melhorias na qualidade dos produtos e na produtividade da empresa vem sendo relatadas. Para complementar este esforço e permitir uma ampliação da vantagem competitiva, é necessário inteirá-lo com a ação gerencial do planejamento da qualidade. Esta ação gerencial nas empresas pode ser em muito melhorada – LIN CHIH CHENG (1995).

Até pouco tempo atrás, a maioria das empresas de montagem mecânica (por exemplo, indústria de autopeças) não possuíam tradição em desenvolver produtos, pois recebiam desenhos e especificações já prontas das montadoras. Empresas do setor siderúrgico ou de mineração, até recentemente também, têm sido pouco solicitadas a desenvolver novos produtos. Aquelas empresas que atuam na ponta final da cadeia de consumo, que tem como cliente o consumidor final (por exemplo, indústrias de alimentos e de eletrodomésticos), possuem alguma base ou estrutura de desenvolvimento de produtos. Entretanto, pode-se dizer que todas elas sofrem de certas deficiências comuns de gestão do desenvolvimento, tais como:

- O processo de desenvolvimento é baseado em tentativa e erro;
- Inexistência de Padrão Gerencial que norteie o processo;
- O processo sofre interrupções e inserções de sugestões ou imposições de pessoas de influência na empresa;
- O processo é executado de forma departamentalizada, gerando truncamento de informação;
- As ações gerenciais são dissociadas umas das outras.

Como consequência, os prazos estabelecidos de desenvolvimento não são normalmente cumpridos, o custo ultrapassa o orçamento alocado, o produto final não atende à necessidade e ao desejo do cliente, o mercado para o produto é pequeno e cresce a taxas insignificantes e retorno sobre o investimento fica comprometido - LIN CHIH CHENG (1995). A ação gerencial do planejamento da qualidade pode ser vista de forma ampla como constituída das seguintes etapas:

- Identificar as necessidades dos clientes (qualidade, custo e entrega);
- Estabelecer o conceito do produto;
- Projetar o produto e o processo;
- Estabelecer os padrões- proposta;
- Fabricar e testar o lote-piloto;
- Verificar a satisfação do cliente;
- Estabelecer a padronização final;
- Reflexão sobre o processo de desenvolvimento.

Este processo é alimentado permanentemente por formações e possui várias retroalimentações, como também decisões de continuidade ou não. Estas possibilidades são mostradas na Figura 1.



Figura 1: A ação gerencial do planejamento da qualidade

2.5.3. Desdobramento da Função Qualidade

A metodologia QFD – *Quality Function Deployment*, ou Desdobramento da Função Qualidade – foi criada no Japão no final dos anos 60 e atualmente é utilizada por cerca de metade das grandes empresas japonesas - GHIYA ET AL. (1999). O precursor deste conceito foi AKAO, que em 1966, sugeriu a utilização de cartas e matrizes para expressar que os pontos críticos da garantia da qualidade, do ponto de vista do cliente, deveriam ser transferidos através das etapas de projeto e manufatura.

O QFD é uma metodologia comprovadamente eficaz para se obter respostas rápidas do que os clientes necessitam. Utilizando equipes multifuncionais, com conhecimento sobre o desempenho dos produtos junto aos clientes, tem-se um eficaz meio de comunicação para “ouvir o cliente”, questão chave para transformar as necessidades dos clientes em projetos de sucesso – AKAO (1996).

CHENG (2007) diz que o QFD é um método eficiente de desenvolvimento de novos produtos e mantendo sobre todo o desenvolvimento relações sólidas com os clientes.

Para AKAO (1988), a metodologia é uma conversão das demandas dos consumidores em características de qualidade, desenvolvendo uma qualidade de projeto para o produto acabado pelos relacionamentos desdobrados sistematicamente entre as demandas e as características, começando com a qualidade de cada componente funcional e estendendo o desdobramento para a qualidade de cada parte e processo. Assim, a qualidade do produto será percebida através de uma rede de relacionamentos.

O QFD tem sido amplamente utilizado para desenvolver novos produtos, porém nota-se que a utilização do QFD tem evoluído de forma eficaz para outras aplicações como: desenvolvimento de serviços, processos e outras aplicações não convencionais – MIGUEL (2006).

Segundo AKAO (1997) o Desdobramento da Função Qualidade é “converter as exigências dos usuários em características substitutivas (características de qualidade), definir a qualidade do projeto do produto acabado, desdobrar esta qualidade em qualidades de outros itens tais como: qualidade de cada uma das peças funcionais, qualidade de cada parte e até os elementos do processo, apresentando sistematicamente a relação entre os mesmos”.

Para LIN CHIH CHENG (2007) os benefícios do QFD, já comprovados pelo uso, são: 1 - Redução do tempo de desenvolvimento, 2 – redução de número de mudanças de projeto, 3 - redução das reclamações de clientes, 4 - redução de custos/perdas, 5 - redução de transtornos e mal-estar entre funcionários, 6 - aumento de comunicação entre departamentos funcionais, 7 – crescimento e desenvolvimento de pessoas através do aprendizado mútuo e 8 - maior possibilidade de atendimento a exigências de clientes.

O “Desdobramento da Função Qualidade (no sentido amplo)” (Quality Function Deployment), abreviado para QFD, é a denominação genérica de “Desdobramento da Qualidade” (Quality Deployment), abreviado para QD e “Desdobramento da Função Qualidade (no sentido restrito)”.

Hoje, o Desdobramento da Qualidade penetrou em vários setores, a começar pela indústria de manufatura, avançando até a indústria de serviços, sendo amplamente empregado durante o desenvolvimento de novos produtos. Além disso, em julho de 1988, foi

criado pela Union of Japanese Scientists & Engineers (JUSE) o Grupo de pesquisa do Desdobramento da Função Qualidade, que teve a sua primeira reunião naquele ano.

O Desdobramento da Função Qualidade é uma série de atividades que engloba desde a formação destas exigências do cliente até a completa introdução e formação destas exigências no produto. É um sistema concreto para a Garantia da Qualidade. É certo que há também vários benefícios quando se utiliza o QFD como um método, entretanto, os resultados são melhores quando se prepara uma estrutura para sua realização de modo a conduzi-lo através de um sistema unificado que abranja toda a empresa.

As exigências dos clientes são expressas “linguisticamente”, o que é insuficiente para criar projetos. Há, portanto, a necessidade de converter essas exigências dos clientes em dados de características técnicas.

O “Desdobramento da Função Qualidade no sentido amplo (QFD) constitui-se de “Desdobramento da Qualidade (QD)” e de “Desdobramento da Função Qualidade no sentido restrito”. O Desdobramento da Qualidade é definido como “é converter as exigências dos usuários em características substitutivas (características de qualidade), definir a qualidade do projeto do produto acabado, desdobrar esta qualidade em qualidades de outros itens tais como: qualidade de cada uma das peças funcionais, qualidade de cada parte e até os elementos do processo, apresentando sistematicamente a relação entre os mesmos”. O Desdobramento da Função Qualidade, no sentido restrito, é definido como “é o desdobramento, em detalhes, das funções profissionais ou dos trabalhos que formam a qualidade, seguindo a lógica de objetivos e meios”. Definindo em uma só palavra, o Desdobramento da Função Qualidade no sentido restrito é “desdobramento das funções dos trabalhos relacionados à garantia de qualidade “e trata-se de desdobrar a “função básica de garantia da qualidade” para mais outra função de trabalho.

Daqui para frente, é de se desejar que, através da fusão orgânica deste QD e do QFD no sentido restrito, se possa estruturar um sistema mais eficiente de “garantia de qualidade, que se inicia desde o planejamento e desenvolvimento”, ou seja, o QFD de sentido amplo.

2.5.4. Matriz da Qualidade

A casa da qualidade é obtida pelo cruzamento da tabela dos requisitos do cliente (ou da qualidade exigida) com a tabela das características de qualidade - AKAO (1990), como ilustrado na Figura 2. O resultado obtido deste cruzamento é, portanto, conforme a Figura 3. O triângulo "A" e a aba "C" compõem a tabela dos requisitos dos clientes. O triângulo "B" e a aba "D" compõem a tabela das características de qualidade. O quadrado "Q", interseção das duas tabelas, é denominado "matriz de relações". Tabela dos Requisitos dos Clientes Tabela das Características de Qualidade.

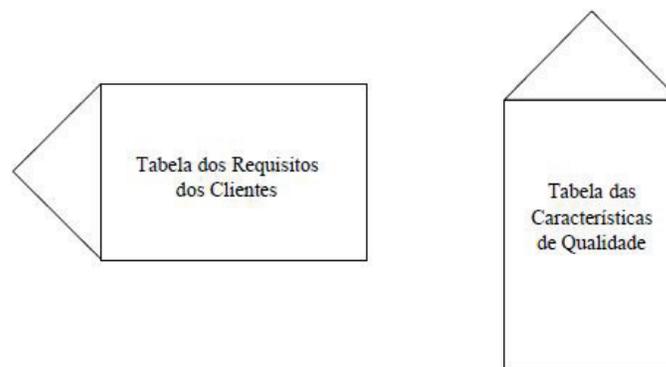


Figura 2: tabelas que formam a casa da qualidade

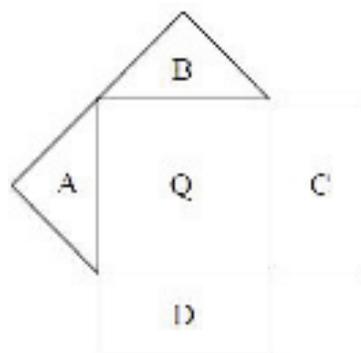


Figura 3: Representação gráfica do cruzamento da tabela dos requisitos dos clientes com a tabela das características de qualidade (adaptada de CHENG et al., 1995)

2.5.4.1. A tabela dos Requisitos dos Clientes

Essa tabela (Figura 5) é a parte da casa da qualidade pela qual a voz do cliente é introduzida no desenvolvimento de produto. Também é a tabela onde se planeja como o produto irá atender às solicitações dessa voz.

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

Figura 5: A tabela dos requisitos dos clientes

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

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

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

B. Identificação do grau de importância - *Cliente*. Consiste na identificação do grau de importância que os clientes dão a cada requisito. Normalmente é obtido diretamente com os clientes, que atribuem uma “nota” a cada requisito. Essa nota obedece a uma escala numérica pré-determinada, que segundo AKAO (1996), pode ser relativa ou absoluta. A escala é relativa quando o cliente indica a importância de cada requisito em comparação aos demais (este requisito é mais importante que aquele). A escala é absoluta quando o cliente analisa a influência de cada requisito em sua decisão de compra do produto, sem compará-lo com os demais.

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

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

C. Identificação do grau de importância - *Interno da Empresa*. Traduz em escala numérica o enquadramento dos requisitos dos clientes em um dos cinco tipos de qualidade descritos pela classificação de KANO. Esse enquadramento é necessário porque os requisitos dos clientes expressam as qualidades verdadeiras e, portanto, obedecem a uma hierarquia. A qualidade excitante só satisfaz os clientes se estes já estiverem satisfeitos com a qualidade linear, e a satisfação com a qualidade linear depende da satisfação com a qualidade óbvia. Por causa dessa hierarquia, a empresa deve saber a classificação de cada requisito. E, durante o planejamento do produto, considerar que: (1) a comparação entre produtos se dá fundamentalmente na avaliação das qualidades lineares. (2) As qualidades óbvias só são percebidas quando ausentes. (3) As qualidades excitantes seduzem os clientes, permitindo ao produto “escapar” da comparação racional, ou pelo menos diminuindo o poder dessa comparação.

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

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

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

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

Para AKAO (1990), assim como a importância dos requisitos (item B), essa pesquisa pode usar uma escala relativa ou absoluta. Aqui a escala relativa é mais fácil para o cliente, principalmente quando há uma clara diferença de importância ou de desempenho. Mas quando as importâncias (ou desempenhos) são percebidas como iguais há uma dificuldade de

se determinar a “nota” adequada (os dois são iguais, mas são bons ou ruins?). Mais importante ainda, a avaliação relativa não torna explícitos os requisitos que são prioridades para a melhoria. Isso porque esse tipo de avaliação demonstra apenas como o cliente percebe a atual competitividade do produto, em face 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. WHITELEY (1992) cita o caso dos produtos da Motorola cuja qualidade, em certa época, não satisfazia seus clientes apesar de serem considerados por eles os melhores produtos do mercado. Assim, a avaliação absoluta é mais adequada.

G. Plano de qualidade dos requisitos. É o planejamento do desempenho do produto em desenvolvimento, para cada requisito dos clientes. Segundo AKAO (1996) é no plano de qualidade que a estratégia da empresa é inserida no planejamento do produto. Para AKAO (1990), o plano de qualidade deve ser definido após a análise dos três itens enumerados a seguir: avaliação competitiva do cliente, argumento de vendas e importância do requisito. Obviamente, nesse caso, o argumento de vendas deve ser determinado antes do plano de qualidade. Para outros autores, como CHENG et al. (1995), CLAUSIG (1993), OHFUJI et al. (1997), o plano de qualidade deve ser determinado na ordem indicada na casa da qualidade, ou seja, logo após completada a avaliação competitiva do cliente. Nesse caso, utiliza-se o grau de importância dos requisitos e a própria avaliação dos clientes como orientação para a tomada de decisão. É conveniente informar que AKAO (1996) e, principalmente, CHENG et al. (1995) dão algumas orientações práticas de como fixar o plano de qualidade.

H. Índice de melhoria. Para AKAO (1996), o grau de melhoria é a forma de inserir na importância final dos requisitos (peso absoluto e relativo) a intenção da empresa, ou seja, o plano estratégico da empresa. Esse índice é determinado pela divisão do desempenho desejado para o produto em desenvolvimento (que na Figura 5 corresponde ao “Plano de Qualidade”) pelas “notas” obtidas para o desempenho efetivo do produto atual (que na Figura 5 corresponde ao “Nossa Empresa”). Refletem quantas vezes o produto precisa melhorar seu desempenho, em relação ao produto atual, para alcançar a situação planejada.

I. Argumento de vendas ou pontos de vendas. Os argumentos de vendas são os benefícios-chave que o produto fornecerá aos clientes visando o atendimento de suas necessidades - CHENG ET AL. (1995) e, por isso, significam o grau de consonância dos requisitos dos clientes com a política da empresa para o mercado alvo – AKAO (1996). Porém, AKAO (1990) apresenta tanto um caso no qual os argumentos de vendas foram definidos antes do plano de qualidade, quanto um caso no qual essa definição ocorreu depois de determinado o plano de qualidade. Porém se os argumentos de vendas significam o grau de consonância dos requisitos com a política da empresa, e se o atendimento a esses requisitos deve “obedecer” a política da empresa, os primeiros devem ser determinados antes do segundo. Aliás, nesse caso os argumentos não são uma decisão, mas apenas a identificação da consonância de fato existente entre cada requisito dos clientes e a política da empresa. Alguns autores, porém, definem os argumentos de vendas após o plano de qualidade. Nesse caso, eles não representam a política da empresa. Pode-se, então, interpretar que os argumentos de vendas especiais (peso 1,5) são as qualidades excitantes e os argumentos de vendas comuns (peso 1,2) são as qualidades lineares mais “valorizados” pelos clientes, cujo desempenho planejado deverá “sobrepular” enormemente o desempenho dos concorrentes. Nesse caso, deve-se lembrar de que nem todos “requisitos excitantes” serão atendidos pelo produto. Dessa forma, nem todos eles serão considerados argumentos de venda. É preciso escolher os requisitos excitantes que serão atendidos e considerá-los benefícios-chave, classificando-os como argumentos de venda especiais.

J. Peso absoluto dos requisitos. Esse peso é determinado pela multiplicação do “grau de importância” pela “taxa de melhoria” e pelo “argumento de vendas”. Representa a prioridade de atendimento de cada requisito sob a lógica de que os esforços de melhoria devem ser concentrados em três pontos: nos requisitos mais importantes, nos requisitos que estão em consonância com a estratégia da empresa e nos requisitos que a empresa precisa melhorar bastante.

K. Peso relativo dos requisitos. Esse peso é determinado pela conversão do peso absoluto em percentagem, através da divisão do peso absoluto de cada requisito pelo

resultado da soma de todos os pesos absolutos. Os pesos relativos têm por objetivo facilitar a rápida percepção da importância relativa dos requisitos.

2.5.4.2. Tabela das Características de Qualidade

A tabela das características de qualidade (Figura 6) é também chamada de Tabela das Características do produto. Sua função é traduzir a “voz dos clientes” para “voz dos engenheiros”, ou seja, transformar os requisitos dos clientes em características de projeto que sejam capazes de compor um hardware e estabelecer a qualidade projetada – AKAO (1996). Já AKAO (1990) define a tabela das características de qualidade como um arranjo sistemático, baseado em um diagrama de árvore lógico, das características de qualidade que constituem um produto ou serviço.



Figura 6: A tabela das características de qualidade

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

A. Características de qualidade. Segundo CHENG et al. (1995), a voz dos clientes deve ser transformada em características de qualidade. As características de qualidade são características técnicas, ou características substitutas, para o produto final – AKAO (1996). A análise dessas duas afirmações leva a percepção que as características de qualidade são os requisitos dos clientes (ou qualidades verdadeiras) transformadas em características de projeto (características substitutas). Tais características de projeto, segundo CLAUSING (1993), têm que ser mensuráveis por definição. Porém, CHENG ET AL (1995) explicam que as características técnicas do produto podem ser divididas em elementos da qualidade e características de qualidade. Os elementos da qualidade são definidos como itens não quantificáveis, capazes de avaliar a qualidade do produto (itens intermediários entre a qualidade exigida e as características de qualidade). Já as características de qualidade são definidas como itens que devem ser medidos no produto para verificar se a qualidade exigida está sendo cumprida. AKAO (1990), por sua vez, diz que os elementos da qualidade são as características de projeto que devem ser medidas, enquanto as características de qualidade são os aspectos individuais mensuráveis dos elementos da qualidade. Podem-se utilizar dois métodos para fazer a identificação das características de qualidade. O primeiro é desdobrar de modo independente e o segundo é extrair as características - OHFUJI ET AL. (1997). No desdobramento pelo método independente pode-se utilizar o “brainstorming”. Nesse caso, as características de qualidade e os elementos da qualidade seriam identificados simultaneamente. Deve-se, então, separar as “ideias” objetivamente mensuráveis daquelas não objetivamente mensuráveis. As mensuráveis são características de qualidade e as não mensuráveis são os elementos de qualidade. Na extração (segundo método), devem-se utilizar tabelas de extração, conforme proposto por AKAO (1996) e CHENG ET AL. (1995). Extraídas as características de qualidade, deve-se organizá-las em formato de diagrama em árvore. Para isso, deve-se utilizar a técnica do diagrama de afinidades – AKAO (1996), AKAO (1990), CHENG ET AL (1995), CLAUSING (1993), OHFUJI ET AL (1997), entre outros).

B. Metas-alvo. As *metas-alvo 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 cujos valores de desempenho podem ser raciocinados na base do “quanto maior,

melhor” (potência de um carro esportivo, por exemplo). Para outras se devem pensar em termos de “quanto menor, melhor” (por exemplo, peso de uma televisão portátil). E existe um terceiro tipo de características que nem o maior, nem o menor são melhores. Para estas, o melhor é atingir um valor específico, um valor nominal ou um valor alvo (como exemplo tem-se a voltagem de um aparelho elétrico). É importante ressaltar que, nesse momento, não se está ainda buscando definir o valor ideal, mas apenas descobrir como raciocinar para se determinar esse valor ideal. Caso não seja possível definir a meta-alvo para uma determinada característica, essa característica não é quantificável. E, por definição, ainda é considerado um elemento de qualidade. Deve-se, então, retomar o desdobramento desse elemento de qualidade para transformá-lo em uma verdadeira característica de qualidade. Se a característica de qualidade for mensurável, deve-se definir a unidade de medida a ser utilizada para tal. CLAUSING (1993) destaca que é preciso encontrar unidades de medidas de variáveis contínuas, mesmo que isso represente um desafio para a equipe de QFD. Isso porque medidas que verificam apenas a presença ou ausência de um atributo não permitem melhorias contínuas.

C. Matriz de correlações. A matriz de correlações é o teto da casa da qualidade. Esta matriz cruza as características de qualidade entre si, sempre duas a duas, permitindo identificar como elas se relacionam. Estas relações podem ser de apoio mútuo  quando o desempenho favorável de uma característica ajuda o desempenho favorável da outra característica, ou de conflito  quando o desempenho favorável de uma característica prejudica o desempenho favorável da outra característica. As maiorias dos autores estudados entendem que este relacionamento pode variar apenas de intensidade (se é forte ou fraco) e de sentido (se é de apoio ou conflito), porém JACQUES ET AL. (1994) adicionam a direção (qual característica influencia e qual característica sofre a influência) a essas análises. Para considerar também a direção das correlações podem-se utilizar os procedimentos de elaboração da matriz de priorização pelo método de causa e efeito, conforme descritos por MOURA (1994). Por fim, convém destacar que a matriz de correlações também pode ser usada para identificar as correlações entre os requisitos dos clientes, como demonstrado por GEIGER (1995) e por KHOO & HO (1996).

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

A matriz de relações é composta de células formadas pela interseção de cada requisito dos clientes com cada característica de qualidade. Sua função é permitir a identificação e como e (quanto) cada característica da qualidade influencia no atendimento de cada requisito dos clientes. Tais relações, que devem ser indicadas na parte superior das células, tanto podem ser positivas, quanto negativas. No entanto, autores como CLAUSING (1993), CHENG ET AL (1995), ABREU (1997), entre outros, só consideram as relações positivas. JACQUES ET AL (1994) e HAUSER & CLAUSING (1988), no entanto, afirmam que as relações negativas também devem ser indicadas na matriz. Para a maioria dos autores, a intensidade das relações deve ser indicada em quatro níveis: forte, média, fraca e inexistente. Porém, HAUSER & CLAUSING (1988) consideram apenas três níveis forte, médio e inexistente. Já KHOO & HO (1996) prescrevem uma escala de cinco níveis: forte, moderado, fraco, muito fraco e inexistente. Tanto CLAUSING (1993), quanto CHENG ET AL (1995) são enfáticos ao afirmar que a matriz de relações deve ser preenchida com a participação de todos os membros da equipe de QFD, que devem obter consenso sobre a intensidade das relações. HAUSER & CLAUSING (1988), porém, prescrevem que as relações podem ser identificadas não só pelo consenso da equipe, baseado na experiência dos seus membros, como também por respostas de clientes, por análise de dados estatísticos e por experimentos controlados. AKAO (1990), por sua vez, propõe que as relações devem ser identificadas (ou checadas posteriormente) por estatísticas e dados reais, obtidos em testes técnicos. Cada nível de intensidade das relações corresponde a um valor. Estes são utilizados para distribuir os pesos dos requisitos dos clientes para as características de qualidade. Segundo AKAO (1996) e AKAO (1990), existem dois métodos para fazer essa distribuição. O primeiro método é a distribuição independente de pontos, que é o mais utilizado pelos autores consultados e descrito por quase todos eles. O segundo método é a distribuição proporcional de pontos, descrito por AKAO (1996) e AKAO (1990), onde, aliás, 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. Para tal, OHFUJI ET AL. (1997) e CHENG ET AL (1995) listam uma série de recomendações.

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

F. Peso relativo. É a transformação do peso absoluto das características de qualidade em percentual. Calcula-se dividindo o peso absoluto de cada característica de qualidade pelo resultado da soma dos pesos absolutos de todas as características de qualidade. É importante porque facilita a visualização do peso de cada característica de qualidade.

G. Avaliação competitiva técnica: Aqui o desempenho dos produtos é avaliado sob a ótica da engenharia, com o objetivo de orientar, à luz da avaliação competitiva dos clientes, quais são os valores ideais para as características técnicas do produto em desenvolvimento. Por isso, a avaliação competitiva técnica consiste em medir, em cada produto que foi submetido à avaliação competitiva dos clientes, o valor real de cada característica de qualidade. Para permitir a comparação do desempenho dos protótipos com os produtos já existentes, segundo CLAUSING (1993), os testes e procedimentos utilizados nesse momento devem ser os mesmos que serão usados nos testes do produto em desenvolvimento. Por este mesmo motivo, as unidades de medidas devem ser aquelas definidas nas metas-alvo, que também servirão para medir o produto em desenvolvimento. Após testar os produtos, determinando comparativamente o nível de desempenho técnico de cada um deles, a equipe de QFD deve verificar se a avaliação competitiva técnica está coerente com a avaliação competitiva dos clientes. As avaliações são coerentes entre-se quando o desempenho técnico “explica” as notas atribuídas pelos clientes para o desempenho relativo de cada produto.

H. Fator de dificuldade técnica. De modo geral, este fator é uma nota que expressa a dificuldade tecnológica que a empresa terá para obter o valor determinado para a qualidade

projetada das características de qualidade, com a confiabilidade projetada e com o custo objetivado – AKAO (1996) e AKAO (1990). Por isso, ele determina quais são as características que provavelmente exigirão maior comprometimento de esforços e recursos na obtenção da sua qualidade projetada – CLAUSING (1993).

O fator de dificuldade técnica é usado na matriz da qualidade para corrigir o peso das características de qualidade. Entretanto, essa correção do peso de cada característica de qualidade pode ser feita de duas maneiras: ou se atribui maior importância às aquelas características que implicam em uma menor dificuldade técnica, ou se atribui maior importância às aquelas características que, para a obtenção da sua qualidade projetada, implicam em uma maior dificuldade técnica. No primeiro caso, a escala do fator é inversamente proporcional à dificuldade de se obter os valores projetados para a característica de qualidade. Desse modo, ao se fazer a multiplicação dos pesos relativos das características de qualidade pelos fatores de dificuldade técnica, obtém-se um peso corrigido menor para aquelas características com menores probabilidades de serem alcançadas. Esse tipo de escala é aplicável a situações onde: (1) o ciclo de vida do produto (não a vida útil do produto) é breve, em função de melhoria contínua que determine lançamentos sucessivos de versões melhoradas do produto, com curto espaço de tempo entre as versões; e concomitantemente (2) trabalhem com desenvolvimento de tecnologia durante o desenvolvimento do produto para solucionar gargalos de engenharia. O raciocínio que determina a utilização da escala inversamente proporcional é a priorização das características técnicas que, concomitantemente, são importantes sob o ponto de vista do atendimento do cliente e que não comprometem demasiadamente o tempo de desenvolvimento e os recursos disponíveis (não exigem o desenvolvimento de uma tecnologia muito diferente da atualmente utilizada). As características com baixo peso corrigido (as pouco importantes para o atendimento dos requisitos dos clientes ou muito difíceis de ser obtidas) são descartadas no atual processo de desenvolvimento do produto. O segundo caso se refere à dois tipos de empresas: (1) aquelas que desenvolvem produtos com longos ciclos de vida, os quais ficam muito tempo “disputando” o mercado com os novos produtos lançados pelos concorrentes. Quando isso acontece, é necessário que o produto incorpore imediatamente todas as características de qualidade prioritárias para o atendimento dos principais requisitos dos clientes. Torna-se, então, importante que se despenda maiores recursos para a obtenção

imediate de tecnologia que viabilize essa incorporação. Isso é conseguido utilizando, conforme prescrevem AKAO (1996) e AKAO (1990), uma escala do fator de dificuldade técnica diretamente proporcional à dificuldade de se obter a qualidade projetada, onde o número maior significa a maior dificuldade técnica e o número menor significa a menor dificuldade de sucesso. (2) Empresas que, mesmo tendo produtos de curto ciclo de vida, trabalhem com desenvolvimento de tecnologia paralelo ao desenvolvimento de produtos, conforme proposto por CLAUSING (1993). Essas empresas devem sempre ter o cuidado de fixar valores de qualidade projetada para as características de qualidade possíveis de ser obtidos com a tecnologia já disponível na empresa. Dessa forma, não há motivo para “descartar” características de qualidade de grande dificuldade técnica. Por isso, a escala desse fator deve ser diretamente proporcional à dificuldade de se obter os valores projetados, fazendo com o peso técnico corrigido reflita a necessidade de recursos como no item 1.

I. Qualidade projetada. Projetar a qualidade é projetar os valores das características de qualidade do produto em desenvolvimento. No QFD, tais valores são denominados valores-meta ou valores objetivo. Os valores-meta devem ser capazes de atender satisfatoriamente as necessidades dos clientes, melhorando a posição competitiva do produto no mercado. Isso significa que esses valores devem refletir o planejamento estratégico para o produto que, por sua vez, é representado pelo índice de melhoria dos requisitos dos clientes. AKAO (1996) lembra a seus leitores que a qualidade planejada deve orientar a definição dos valores da qualidade projetada. Assim, pode-se concluir que a qualidade projetada é extraída da qualidade planejada. Porém, autores como CLAUSING (1993) e CHENG ET AL (1995) sugerem que a qualidade projetada seja fixada apenas considerando a avaliação competitiva técnica. Porém, nenhuns dos autores estudados ensinam explicitamente como o processo de determinar a qualidade projetada, a partir da casa da qualidade, pode ser apoiado por ferramentas computacionais e cálculos de engenharia. Deduz-se, porém, que tais ferramentas devem ser utilizadas para determinar uma range de valores possíveis, que posteriormente serão avaliados pela equipe multifuncional para escolher aqueles valores melhor “suportados” por todas as funções da empresa.

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

K. Peso corrigido relativo. É a conversão do peso corrigido absoluto em percentual – AKAO (1996). Este peso é calculado de modo semelhante ao peso relativo das características de qualidade. 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. Porém, CLAUSING (1993) e ABREU (1997) determinam uma análise que visa identificar as características de qualidade priorizadas no desenvolvimento do novo produto.

2.6. Controle de processo

2.6.1. CEP

O CEP é um conjunto de técnicas e ferramentas estatísticas organizadas de modo a proporcionar, através da aplicação destas, a manutenção e a melhoria dos níveis de

qualidade de um processo – SCHISSATTI (1998). O CEP foi proposto inicialmente pelo estatístico Walter Shewhart na BELL LABORATORIES. O CEP é utilizado principalmente em processos industriais para análise e busca de correção de problemas. Conforme RAMOS (1997), o CEP ainda não foi explorado em todo o seu potencial. Várias outras aplicações, além do ramo industrial são possíveis, tais como em serviços, agricultura, pecuária e gestão pública.

Conforme RAMOS (1997), para a geração de um gráfico de controle são necessários os seguintes procedimentos:

“... na prática, como não se conhece nem o valor da média e nem o do desvio padrão da população, torna-se necessário estimá-los (substituí-los) a partir das estatísticas fornecidas pelas amostras. No cálculo dos limites de controle e obtenção das amostras, as seguintes regras devem ser obedecidas:

a) o desvio padrão utilizado deve ser estimado com base na variação dentro da amostra, não se aceitando nenhum outro tipo de estimador;

b) os gráficos sempre utilizam limites de controle localizados à distância de três desvios padrão da linha média;

c) os dados devem ser obtidos e organizados em amostras (ou subgrupos) segundo um critério racional, visando permitir a obtenção das respostas necessárias;

d) O conhecimento obtido através dos gráficos de controle deve ser empregado para modificar as ações conforme adequado.

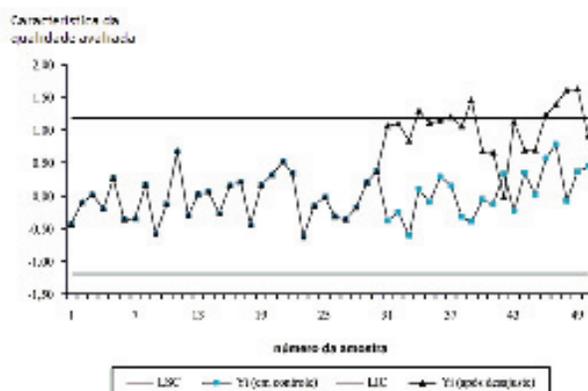


Figura 7: Representação genérica de uma carta de controle

Tipos de gráficos de controle - Um gráfico de controle varia conforme os dados que ele contenha. Conforme a característica investigada seja uma variável aleatória contínua ou discreta tem-se um tipo de gráfico. De forma que, se os dados são contínuos ele deverá ser construído com a média amostral, \bar{x} , e com a amplitude amostral, R. Já com dados discretos deve-se trabalhar com as estatísticas amostrais número de defeituosos e com a fração de defeituosos. Desta forma podemos classificar os Gráficos de Controle nas categorias: Existem dois tipos de gráficos de controle, um para valor discreto e outro para valor contínuo, que estão descritos na Tabela III.

- a) Gráficos de Controle por Atributos (discreto)
- b) Gráficos de Controle por Variáveis (contínuo)

Tabela III: gráficos de controle

| Valor Característico | Tipos de Gráficos |
|----------------------|---|
| Valor discreto | Gráfico np (número de itens defeituosos) |
| | Gráfico p (fração defeituosa) |
| | Gráfico c (número de defeitos) |
| | Gráfico u (número de defeitos por unidade) |
| Valor contínuo | Gráfico $\bar{X} - R$ (média e amplitude) |
| | Gráfico $\bar{X} - s$ (média e desvio padrão) |
| | Gráfico \bar{X} (valor individual) |

Gráfico de Controle por Atributos

O termo “atributo”, utilizado em controle de qualidade, refere-se àquela característica da qualidade que pode estar, ou não, conforme as especificações. Para melhor entendimento, é comum utilizar-se os termos “bom” e “defeituoso” no lugar de “conforme” e “não conforme”.

No gráfico de controle por atributos um produto é classificado como possuindo ou não um atributo ou qualidade. Assim, o produto atende ou não a uma especificação. Os itens que não satisfazem a especificação são denominados defeituosos. Muitas vezes o interesse da Administração está na fração de unidades defeituosas em produção. Por outro lado,

frequentemente está-se interessado na evolução de uma característica quantitativa (diâmetro de um pino, por exemplo).

Existem duas situações em que se utilizam atributos:

(1ª) Quando as medidas não são possíveis, tais como as características inspecionadas visualmente (cor, brilho, arranhões e danos).

(2ª) Quando as medidas são possíveis, mas não são tomadas por questões econômicas, de tempo, ou de necessidades. Em outras palavras, quando o diâmetro de um furo pode ser medido com um micrômetro interno, mas utiliza-se um calibre passa-não-passa para determinar a sua conformidade com as especificações.

Gráfico de Controle da Fração Defeituosa (Carta p)

O gráfico de controle **p** é muito versátil, podendo ser usado para controlar uma característica de qualidade, um grupo de características de qualidade de mesmo tipo ou o produto todo.

Esse gráfico possui uma grande faixa de utilização e as vantagens de poder ser usado para uma grande diversidade de problemas, disponibilizar a informação normalmente sem custo adicional da coleta, e de forma a ser rapidamente correlacionado com os custos, proporcionar maior facilidade de entendimento por parte de pessoas não familiarizadas com outros gráficos, além de ser mais facilmente implantado que os demais.

A fração defeituosa consiste na razão entre o número de peças defeituosas em uma amostra e o número total de peças dessa mesma amostra.

$$p = \frac{np}{n}$$

n

Onde:

p = fração defeituosa;

n = número de peças na amostra ou subgrupo;

np = número de peças defeituosas na amostra ou subgrupo.

Dentre os objetivos do gráfico p, encontra-se: determinar o nível de qualidade de um produto, ficar alerta para qualquer mudança no nível de qualidade, avaliar o desempenho relativo à qualidade do pessoal envolvido como operador e gerentes, indicar o uso de gráficos de controle por variável, além de definir critérios de aceitação de produtos, antes do embarque, para o cliente.

Gráfico do Número de Unidades Defeituosas (Carta np)

Também conhecido como Gráfico do Número de Defeitos, pode ser usado como alternativa ao gráfico da fração defeituosa, apresentando as mesmas vantagens já mencionadas. Neste caso as amostras devem ter o mesmo tamanho, ao contrário do gráfico anterior, que permite a observação de amostras de diferentes tamanhos. As etapas para construção do gráfico np são dadas a seguir.

O gráfico é chamado de np quando a amostra é acompanhada do número de artigos defeituosos em vez da fração de itens defeituosos. Quando as amostras que vão ser mostradas em um determinado gráfico são do mesmo tamanho, torna-se mais simples compreendê-lo se for marcado o número de não conformidades encontradas em cada amostra em vez de calcular a percentagem.

Gráfico do Número de Defeitos (c)

Este gráfico é utilizado para avaliar o número de não conformidades, ou defeitos, em uma amostra. A utilização deste gráfico requer tamanho constante para as amostras observadas. Algumas aplicações são, por exemplo, controle de bolhas em garrafas e riscos em peças estampadas. A principal diferença com relação ao gráfico p, é que este último se utiliza da contagem de unidades defeituosas, não se preocupando com a quantidade de defeitos. Uma ideia desta diferença é dada pela Figura 8. Considerando cada quadro como uma unidade, e cada ponto em destaque como um defeito, se notam que há na amostra da esquerda, quatro unidades defeituosas, e um total de sete defeitos. Na amostra da direita há duas unidades defeituosas, e o mesmo número de defeitos da primeira.



Figura 8: Exemplo de apresentação de defeitos

Os gráficos de controle c controlam o número de defeitos produzidos, por isso duas condições devem ser atendidas:

- A probabilidade de ocorrência de defeitos deve ser pequena, enquanto a oportunidade de ocorrência de defeitos deve ser grande;
- As ocorrências precisam ser independentes.

Os limites de controle deste gráfico são baseados em mais ou menos 3 desvios padrões, a partir do valor central. Assim, 99,73% dos valores dos subgrupos caem dentro destes limites.

Dentre os objetivos do gráfico de controle c, está o de determinar o nível médio da qualidade, alertar gerentes para alguma possível mudança no nível da qualidade dos produtos, avaliar o desempenho do pessoal da operação e supervisão, indicar áreas nas quais seria interessante a aplicação de gráficos de controle para variáveis, dar informações para a aceitação de lotes.

Gráfico do Número de Não Conformidades por Unidade (u)

Este gráfico mede o número de não conformidades, ou defeitos, por unidade. Pode ser uma alternativa ao gráfico c, quando as amostras não têm o mesmo tamanho. Também pode ser usado quando a amostra é constituída de apenas uma unidade, mas que possuem muitos componentes que devem ser inspecionados, como um motor, por exemplo.

Gráfico de Controle por Variáveis

No acompanhamento de um aspecto quantitativo da qualidade, em geral, se controla tanto o valor médio daquele como sua variabilidade, através de gráficos separados. O controle do valor médio do desempenho do processo é feito através do gráfico de \bar{x} (gráfico \bar{x}). A variabilidade do processo é controlada pelo gráfico do desvio-padrão (gráfico s) ou, o que é mais comum pelo gráfico da amplitude (gráfico R). Deve-se manter sob controle tanto o desempenho médio como a variabilidade do processo.

Os gráficos de controle por variáveis são usados para monitorar o processo quando a característica de interesse é mensurada em uma escala de intervalo ou de razão. Estes gráficos são geralmente utilizados em pares. Os gráficos R e s monitoram a variação de um processo, enquanto os gráficos \bar{X} monitoram a média do processo. O gráfico que monitora a variabilidade deve ser examinado sempre em primeiro lugar, pois, se ele indicar a uma condição fora do controle, a interpretação do gráfico para a média será enganosa.

Os gráficos de controle por variáveis permitem o controle de uma única característica quantitativa a cada vez. Se houver mais de uma característica a ser controlada, será necessário aplicar um gráfico de controle para cada uma delas. Para fins de controle, devem ser escolhidas as variáveis que causam rejeição ou retificação do produto, envolvendo custos substanciais. Os gráficos de controle para atributo não usam toda a informação disponível sobre a distribuição dos valores assumidos pelas variáveis, portanto tendem a serem ineficazes no controle de aspectos quantitativos da qualidade. Desta maneira, percebe-se que procedimentos mais eficientes são necessários para o tratamento dessas situações. Já os gráficos de controle para variáveis fornecem um maior número de informações a respeito do desempenho do processo do que os gráficos para atributos. Quando se quer analisar um aspecto quantitativo da qualidade, em geral, controla-se o valor médio e a variabilidade por meio de gráficos separados.

O gráfico da média (\bar{X}) é utilizado para o controle do valor médio do desempenho do processo. O gráfico do desvio padrão (s) e o mais comum, que é denominado de amplitude (gráfico R), são utilizados para o controle da variabilidade do processo.

Gráfico x e R

Este tipo gráfico é usado para controlar e analisar um processo com valores contínuos de qualidade do produto, como o comprimento, o peso ou a concentração. Tais valores fornecem maior quantidade de informações sobre o processo.

O uso dos gráficos de controle X e R devem ocorrer sempre que uma característica da qualidade observada é expressa em unidades reais como peso em quilogramas, comprimento em centímetros, temperatura em graus Celsius.

Gráfico X – s

Embora os gráficos de controle X - R sejam os mais utilizados, algumas empresas preferem usar o gráfico do desvio padrão gráfico (s) para controlar a dispersão do processo de produção. Comparando-se os gráficos R e s, é possível verificar que o gráfico R é mais fácil de ser construído e aplicado, enquanto que o gráfico s é mais preciso, visto que no cálculo do desvio padrão, são usados todos os dados dos subgrupos, e não apenas o maior e o menor valor, os quais são usados no cálculo da amplitude. No caso de o tamanho do subgrupo ser menor ou igual a 10, as cartas R e s apresentam o mesmo aspecto gráfico, contudo, à medida que o tamanho do subgrupo aumenta, o gráfico s torna-se mais preciso que o R, e por isso, deve ser utilizado.

Gráfico x individual

O gráfico de controle para medidas individuais pode ser interpretado como um gráfico de controle X comum. O gráfico de controle para medidas individuais é bastante insensível a pequenas mudanças na média do processo e deve ser aplicado em situações no qual o tamanho usado para controle de processo é $n = 1$, ou melhor, nos casos em que a inspeção automática e a tecnologia de medida são usadas, sendo cada unidade fabricada analisada, ou quando a taxa de produção é muito lenta, não sendo conveniente acumular amostras de tamanho maior que um antes de serem analisadas. Em situações como essas, é que o gráfico de controle para medidas individuais torna-se útil.

2.6.2. Plano de Controle do Processo

Para ser eficaz um sistema de controle, deve focalizar as atividades adequadas, deve ser realizada no tempo certo, dentro de um custo aceitável, além disso, deve ser preciso e realizada por todos os envolvidos na empresa.

Focalizar as atividades - Segundo Maximiniano (2000), o sistema de controle influencia a direção das energias de trabalho. Os administradores devem ter certeza de que as atividades adequadas estão sendo controladas, pois quando controladas e comparadas a um padrão, os funcionários, provavelmente, canalizam aos padrões estabelecidos. D'Avila e Oliveira (2002, p. 80), afirmam que “as atividades de controle podem ser divididas em quatro categorias, baseadas na natureza do objetivo a que se relacionam: operacional, de mensuração financeira, de cumprimento de leis e regulamentos e de proteção de ativos”.

Segundo o autor citado, a administração deve frequentemente equilibrar o sistema de controle, a fim de assegurar que essa ação sobre uma atividade, não dê origem ao descontrole de outra. Os resultados previstos devem ser comparados com os realizados, pois esse processo de avaliação de resultados reais em relação aos planejados identifica se o desempenho está dentro dos padrões desejados. Assim o administrador irá direcionar suas atenções para correção do desempenho dos casos críticos que estão fora dos padrões esperados, além de focar aspectos estratégicos, nos quais existe maior probabilidade de ocorrência de desvio que pode provocar maior problema nas atividades e operações críticas.

Controles devem ser feitos no tempo certo - D'Avila e Oliveira (2002), afirmam que o controle para ser eficaz precisa apontar os desvios com tempo suficiente para permitir uma ação corretiva. Segundo eles, Informações são necessárias constantemente, por hora, dia, semana, trimestre, ano ou intervalo mais longo. Quanto mais informação a administração tem a tempo, mais rapidamente poderá responder a esses dados. Os desvios devem ser comunicados aos responsáveis para correção. Para isto, devem estar bem definidos os níveis de autoridade dentro das organizações, pois assim as áreas ou pessoas responsáveis podem tomar uma ação gerencial.

Capítulo 3: Principais conceitos a serem aplicados

3.1. Apresentação do problema

Na empresa em que o estudo de caso será aplicado, atualmente os funcionários da área fabril não conseguem visualizar o produto desde o requisito do cliente até o parâmetro a ser controlado. Os controles são executados sem que haja o conhecimento de qual requisito do cliente está sendo controlado. Para que haja este conhecimento é necessário verificar uma sequência de documentações que nem sempre estão todos disponíveis na área fabril. No método proposto ficam registradas, em apenas um documento, todas as informações relacionadas ao produto, desde o requisito do cliente até o controle de produção.

3.2. Método de projeto

O método proposto é composto por três etapas principais:

- Pesquisa;
- Desdobramento da função qualidade;
- Métodos de Controle no processo.

3.2.1. Pesquisa

A pesquisa pode ser descrita como a obtenção de dados ou informações sobre características, ações ou opiniões de um determinado grupo de pessoas, indicado como

representante de uma população alvo, por meio de um instrumento, normalmente um questionário.

A pesquisa é muito usada por órgãos de estatísticas particulares e oficiais, onde se faz um recorte quantitativo do objeto de estudo, através de vários instrumentos para coleta de dados, como questionários e entrevistas pessoais. Pode-se afirmar que a pesquisa tem como objetivo identificar e relacionar o que se tem estudado. O pesquisador tende a levar em consideração o perfil do indivíduo e uma amostra maior do que os outros tipos de estudo. É importante que o pesquisador saiba usar os instrumentos adequados para encontrar respostas ao problema que ele tenha levantado, assegurando assim a qualidade da pesquisa. A pesquisa descritiva é utilizada quando se trata de um problema, ao qual se pretende descrever a situação atual (tempo) em determinado ponto de uma população (local), além de poder ter uma visão do que foi testado e relacionar ao que foi experimentado ou sugerido.

3.2.2. Desdobramento da função qualidade

Seu conceito pode ser mais bem compreendido a partir de um breve histórico que vai desde as primeiras experiências, até as novas aplicações desta ferramenta, após aproximadamente quatro décadas de evolução. Pode-se dizer que o QFD começa após a Segunda Guerra Mundial, quando o setor químico do Japão implanta o Controle Estatístico da Qualidade, com a intenção de assegurar a qualidade do produto na etapa de fabricação. Desde a segunda metade da década de 1950, o Padrão Técnico de Processo (QC Process Chart) já vinha sendo utilizado para definir os melhores pontos para controle da qualidade durante as fases da etapa de fabricação do produto. Isso significava que, mesmo com o desenvolvimento cada vez maior de novos produtos, a qualidade final ainda estava sendo obtida através de melhorias na linha de produção, ou seja, na etapa de fabricação do produto.

Na década de 60, com o grande crescimento industrial do Japão, representado pela indústria automobilística, a necessidade de mudanças constantes nos modelos dos automóveis acabou exigindo que a qualidade não se limitasse somente à etapa de produção, expandindo-se, também, para a etapa de projeto.

Naquela época, o “controle de qualidade praticado por todos” começava a adquirir maior ênfase nas indústrias japonesas, permitindo que o Controle Estatístico da Qualidade evoluísse para o Controle Total da Qualidade (TQC). Um novo conceito de garantia da qualidade começava a surgir, substituindo a “qualidade controlada através de inspeções pontuais” pela “qualidade assegurada através de processos padronizados e controlados desde o projeto até a venda do produto”.

A partir de 1966, foram realizadas as primeiras tentativas de desdobramento da qualidade, iniciadas por Dr.Yoji Akao, motivado pela falta de um método para traduzir os requisitos de qualidade do projeto para as linhas de produção.

Os resultados das tentativas de desdobramentos da qualidade, que se seguiram após esta primeira experiência, demonstram que todas as fases do desdobramento da qualidade, hoje conhecidas, já aconteciam naquela época. O estabelecimento da qualidade de projeto, porém, ainda não era um conceito dominante e não contava com um método estruturado. Somente no início da década de 70 foi que a matriz da qualidade foi aplicada ao projeto de navios pelo Estaleiro Kobe. A partir de então, começou a se consolidar a ideia do desdobramento da função qualidade. As práticas de garantia da qualidade, antes restritas às fases de produção, passaram a ser observadas desde o início do processo de desenvolvimento de produtos.

Entretanto, a implantação do QFD tomou impulso no final da década de 70 e início dos anos 80, quando passou a ser amplamente utilizado na indústria automobilística dos Estados Unidos, sendo difundido para os demais setores industriais na década de 90.

Em 1990, Akao define o QFD como o desdobramento sistemático que envolve todas as relações existentes a partir da conversão das exigências dos usuários em características da qualidade, incluindo a qualidade do projeto, das peças funcionais e do processo de fabricação.

Para definir o QFD em um sentido mais restrito, Akao utiliza a definição do Dr. Shigeru Mizuno: "QFD é o desdobramento sistemático de meios empregados e funções que formam a qualidade". O QFD é dividido em QD (desdobramento da qualidade, relativo à garantia da qualidade através do projeto) e QFD (desdobramento da função qualidade, relativo à garantia da qualidade em todo o sistema e conjunto de processos, desde o projeto até a entrega do produto e pós-venda).

Apesar dessa diferenciação, o QD e o QFD são tratados como sinônimos na grande maioria dos textos publicados, ou seja, o QD, utilizado no desenvolvimento de novos produtos ou na melhoria de suas características, tem recebido o nome de QFD. Entretanto, é importante que fique claro que ambos são distintos. A Tabela IV resume os conceitos de QD e QFD, esclarecendo as diferenças entre as duas modalidades, apesar de esse texto abordar apenas o QFD.

Tabela IV: Diferenças entre QD e QFD

| Nomenclatura Foco Aplicação | Foco | Aplicação |
|---|--|--|
| QD (Desdobramento da Qualidade) | Identifica e traduz as necessidades dos clientes para as fases de produção. | Desenvolvimento e melhoria de produtos |
| QFD (Desdobramento da Função Qualidade) | Identifica e traduz as necessidades dos clientes para todas as fases do processo de desenvolvimento de produtos. | Padronização e melhoria de sistemas |

3.2.2.1. Versões do QFD

Como foi visto, o QFD é um método que pode ser empregado durante todo o processo de desenvolvimento de um produto e tem como objetivo auxiliar o time de desenvolvimento a incorporar no projeto as reais necessidades dos clientes. Por meio de um conjunto de matrizes, parte-se dos requisitos expostos pelos clientes e realiza-se um desdobramento, transformando esses requisitos em especificações técnicas do produto.

O QFD deve ser aplicado por um grupo multidisciplinar (formado por pessoas chave dos setores que serão envolvidos no desenvolvimento do produto em questão) e os membros da equipe deve entrar em comum acordo sobre todas as decisões tomadas.

O método, a partir do trabalho original de Akao, teve algumas evoluções, levando ao surgimento de diferentes versões, as quais são descritas na literatura nacional e internacional. Porém, dentre essas versões, quatro se destacam, conforme citadas abaixo:

- QFD-QFD das Quatro Fases: criado por Macabe e divulgado nos EUA por CLAUSING (1993) e pela American Supplier Institute (ASI);
- QFD-Estendido: criado por Don Clausing a partir da versão das Quatro Fases;
- QFD das Quatro Ênfases: criado principalmente pelos Professores Akao e Mizuno, a partir da Union of Japanese Scientists and Engineers (JUSE) (CHENG et al., 1995 e AKAO, 1996);
- A atriz das Matrizes: uma extensão da versão das quatro ênfases (KING, 1989).

Para se ter uma ideia geral de como se desmembram as matrizes do QFD, o modelo das quatro fases de Makabe é apresentado na Figura 4 abaixo.

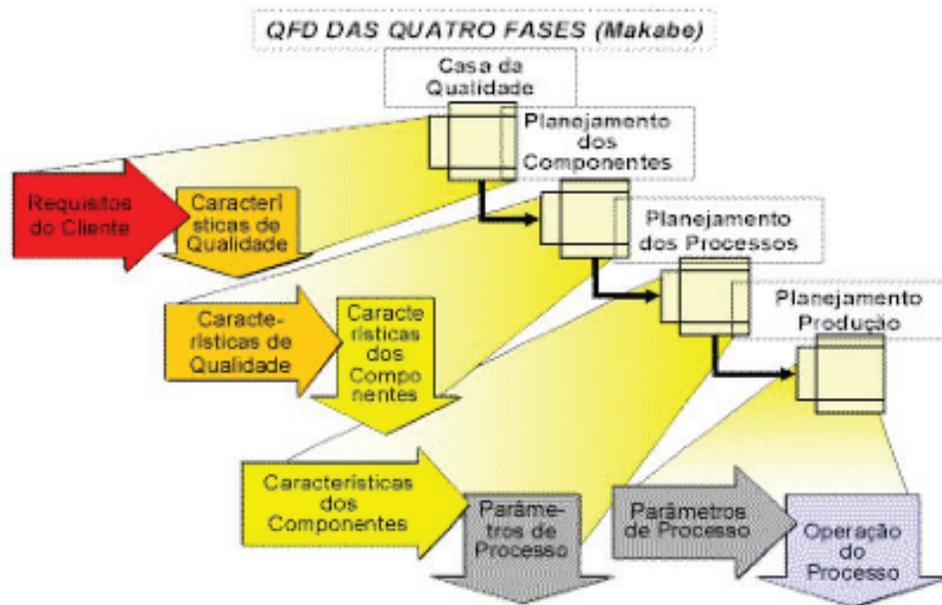


Figura 9: QFD das Quatro Fases (CLAUSING, 1993, apud OTELINO, 1999)

A Figura 9 mostra que a técnica do desdobramento da função qualidade pode ser usada em todo o processo de desenvolvimento do produto e não apenas na etapa de projeto.

A Casa da Qualidade (1ª casa do QFD) é desdobrada, de modo que os resultados de uma aplicação são convertidos em entrada para a aplicação seguinte. Dessa forma, a qualidade pode ser monitorada desde a etapa de projeto do produto até a sua fabricação e montagem.

Segue um exemplo de desdobramento completo na Figura 10, considerando as quatro casas do QFD.

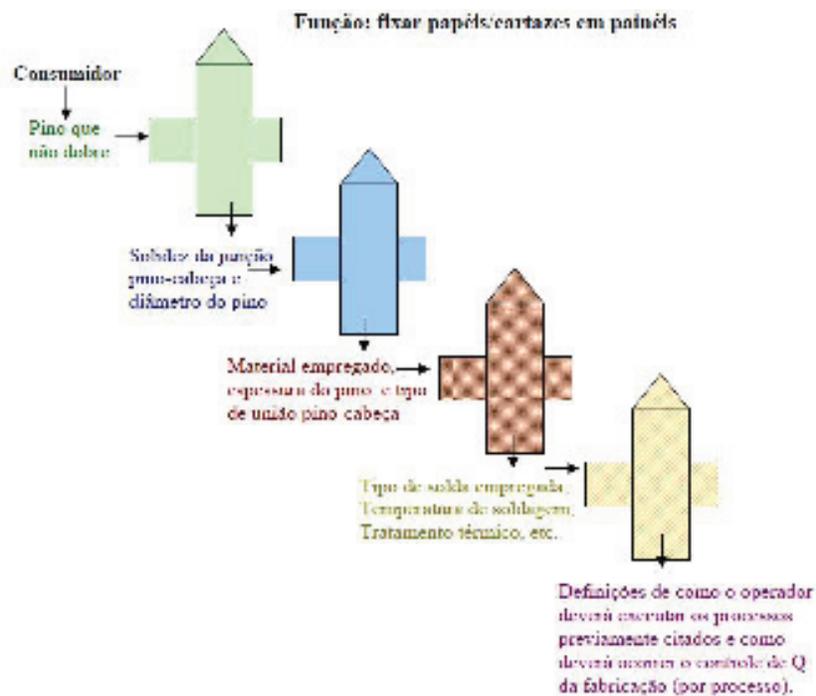


Figura 10: Exemplo de desdobramento da qualidade, considerando as quatro casas do QFD

3.2.2.2. Casa da Qualidade

Nos quatro versões do QFD, previamente mostradas, a Casa da Qualidade está sempre presente e inicia os desdobramentos. Isso ocorre porque essa matriz é a ferramenta básica de projeto do QFD. Inclusive, é comum alguns autores descreverem apenas essa casa

em seus trabalhos, frequentemente aplicada e adaptada a situações específicas (OTELINO, 1999).

Na Figura 11, essa matriz auxilia o desdobramento dos requisitos do cliente em especificações técnicas do produto e permite que sejam estipulados os valores meta para o desempenho dessas características.

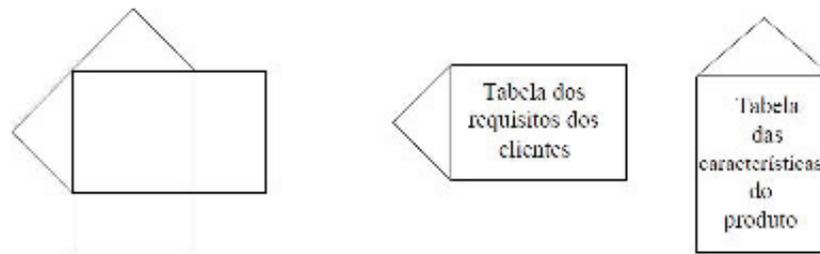


Figura 11: Estrutura básica da Casa da Qualidade (CHENG et al., 1995)

A tabela dos requisitos dos clientes (horizontal) é à entrada da Casa da Qualidade e a tabela das características do produto (vertical) é à saída do sistema, após os desdobramentos realizados nesta matriz. Essas tabelas são constituídas por vários elementos ou áreas, como pode ser observado na Figura 12.



Figura 12: elementos ou áreas da matriz do QFD

O significado de cada área da tabela dos requisitos dos clientes (horizontal), mostrada na Figura 12, está descrito sucintamente na abaixo.

Requisitos dos clientes - Expressões dos clientes convertidas (qualitativamente) em necessidades. Recomenda-se ordenar os requisitos por afinidades.

Grau de importância geral

1. Cliente (C) - Grau de importância que os clientes dão a cada requisito. Se o número de clientes for pequeno, a própria empresa pode fazer essa análise. A escala pode ser relativa ou absoluta:

- Escala relativa - quando o cliente indica a importância de cada requisito em comparação com os demais (usada quando existem poucos requisitos)
- Escala absoluta - quando o cliente analisa a influência de cada requisito em sua decisão de compra (recomendável para muitos requisitos)

2. Interno da Empresa - Classificação da empresa para cada requisito, relacionada como básico, de desempenho ou de excitação. Atribui-se uma escala numérica para pontuar cada tipo de requisito, conforme a sua importância para o perfil de produto. Considerar que:

- As qualidades básicas só são percebidas quando ausentes;
- A comparação entre produtos ocorre através da avaliação das qualidades de desempenho;

As qualidades excitantes seduzem os clientes, permitindo que o produto não seja comparado com o concorrente, tornando-se um diferencial para as vendas.

3. Necessidades Futuras - Prospecção da importância dos requisitos quando o produto for lançado no mercado. Avaliação importante quando um produto tem um longo período de desenvolvimento (deve-se prever que os requisitos levantados podem não ter mais o mesmo grau de importância).

4. Geral (G) - É o valor final do grau de importância de cada requisito, definido em função da análise dos três itens anteriores. O seu cálculo não é a média aritmética dos três itens; é uma análise qualitativa. Somente o grau de importância geral será considerado para efeito de cálculo dos pesos relativos e absolutos. (Ver exemplo na Tabela 12).

Avaliação dos Clientes (AC)

Identificação do grau de importância que os clientes dão a cada requisito. Normalmente é obtido diretamente com os clientes, que atribuem uma “nota” a cada requisito. Essa nota pode ser relativa (quando o cliente indica a importância de cada requisito em comparação aos demais) ou absoluta (quando o cliente analisa a influência de cada requisito em sua decisão de compra do produto, sem compará-lo com os demais). A pesquisa com escala relativa é mais fácil para o cliente quando há poucos requisitos a serem comparados. O exemplo nº 2, apresentado no final desse texto, mostra uma escala utilizada para avaliação desse item.

Qualidade Planejada

1. Plano de qualidade dos requisitos (PQR) - A estratégia da empresa é inserida no planejamento do produto. Alguns autores citam que o plano de qualidade deve ser determinado na ordem indicada na Casa da Qualidade, utilizando o grau de importância dos requisitos e a avaliação dos clientes como orientação para a tomada de decisão.

2. Índice de melhoria (IM) - Refletem quantas vezes o produto precisa melhorar seu desempenho em relação ao produto atual, visando alcançar a situação planejada. Esse índice calcula-se da seguinte forma: $IM = PQR / AC$

3. Argumento de vendas ou pontos de vendas (AV) - Podem-se classificar os argumentos de vendas como; argumentos de vendas especiais (peso 1,5 - para qualidades excitantes) e os argumentos de vendas comuns (peso 1,2 - para qualidades de desempenho), as quais são bem valorizadas pelos clientes e, portanto, devem ultrapassar o concorrente.

4. Peso absoluto dos requisitos (PA) - 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. Esse índice calcula-se da seguinte forma: $PA = G * IM * AV$

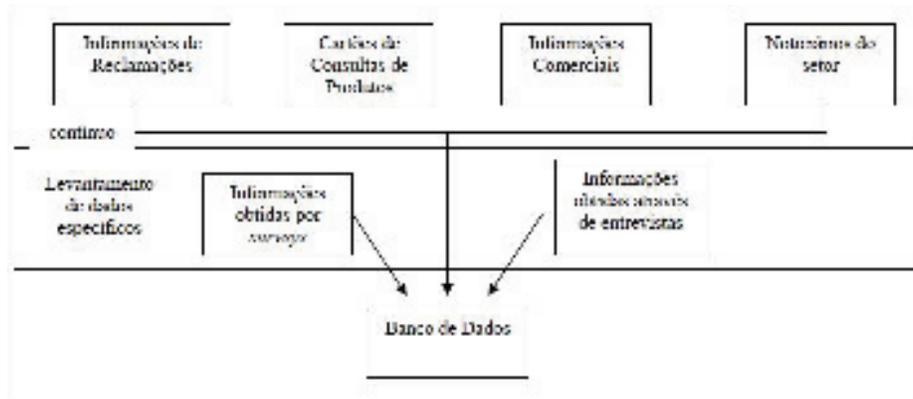


Figura 13: Forma de obter os requisitos dos clientes (OHFUJI, 1997)

Tabela V: Exemplo do grau de importância atribuído nas três colunas

| Grau de importância atribuído | | |
|-------------------------------|---------------|---|
| Cliente | Empresa | Peso geral avaliado qualitativamente |
| Alto (3) | De desempenho | Alto |
| Alto (3) | Excitante | Alto para os excitantes que receberam "alto (3)" baixo para os demais excitantes (não deve haver muitos excitantes) |
| Médio (2) | Indiferente | Baixo |
| Baixo (1) | Básico Alto | (o cliente não percebe, mas se decepciona na sua ausência) |

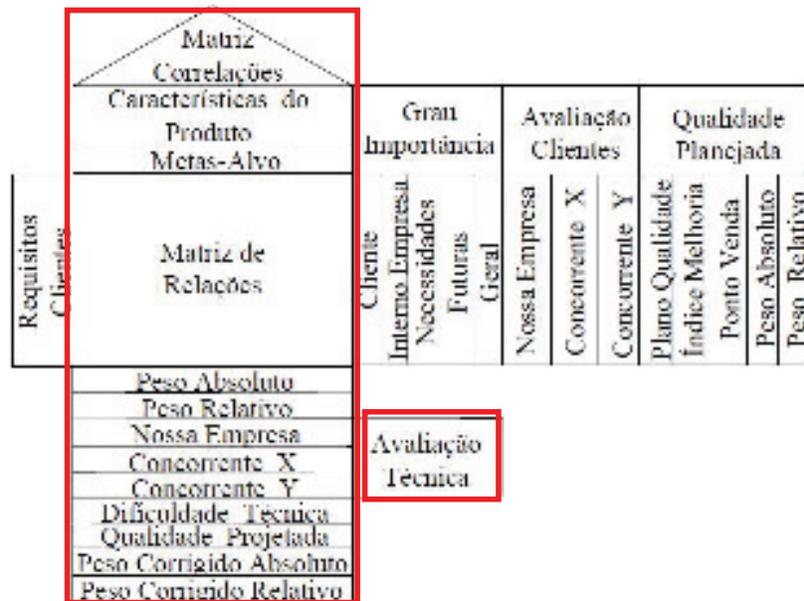


Figura 14: elementos ou áreas da matriz do QFD

O significado de cada área da tabela das características do produto (vertical), mostrada na Figura 14, está descrito sucintamente abaixo.

Características de qualidade ou características técnicas do produto

Podem ser divididas em elementos de qualidade e características de qualidade. Os elementos são itens não quantificáveis, enquanto as características de qualidade são itens que devem ser medidos no produto para verificar se a qualidade exigida está sendo cumprida. Através de um brainstorming devem-se identificar os dois tipos para, em seguida, separar os mensuráveis dos não mensuráveis. Deve-se, então, retomar o desdobramento dos elementos de qualidade para transformá-los em características mensuráveis.

Matriz de correlações

Essa matriz é o teto da Casa da Qualidade. Esta matriz mostra o cruzamento entre as características do produto, sempre duas a duas, permitindo identificar como elas se relacionam. Estas relações podem ser de apoio mútuo (quando o desempenho favorável de

uma característica ajuda o desempenho favorável da outra) ou de conflito (quando o desempenho favorável de uma prejudica o desempenho da outra). A maioria dos autores entende que este relacionamento varia apenas de intensidade (forte ou fraco) e de sentido (de apoio ou de conflito). Para analisar a relação causa-efeito, poderia ser utilizado o Diagrama de causa e efeito como apoio.

Metas-alvo

As metas-alvo têm dois objetivos:

- Determinar se as características do produto são mensuráveis;
- Indicar qual tipo de raciocínio leva à fixação do valor ideal para cada característica.

No exemplo mostrado posteriormente será possível perceber que existem características avaliadas como “quanto maior, melhor” (ex. potência) e outras como “quanto menor, melhor” (ex. peso de uma televisão portátil). Existem outras que acabam sendo fixadas. (Ex. diâmetro da cabeça de um percevejo igual a 10 mm).

Matriz de Relações

Formada pela interseção de cada requisito dos clientes com cada característica do produto. Sua função é permitir a identificação de como e quanto cada característica do produto influencia no atendimento de cada requisito dos clientes. Tais relações podem ser positivas ou negativas, apesar de alguns autores só considerarem as positivas.

Peso absoluto (PA) e Valor de importância (VI)

É o resultado da soma vertical dos valores anotados na parte inferior das células de cada característica do produto (coluna). Indica a importância de cada característica no atendimento do conjunto de requisitos dos clientes. Para se calcular o Valor de Importância relativo a cada Requisito da Qualidade, é necessário fazer o seguinte cálculo: Valor de

importância = valor de cada característica do produto * grau de importância atribuído pelo cliente “item AC da Tabela 2”. A determinação do Valor de Importância de cada RQ possibilita classificá-los, permitindo priorizar os itens mais importantes.

Peso relativo (PR)

É a transformação do peso absoluto em percentual. Calcula-se dividindo o peso absoluto de cada característica pelo resultado da soma dos pesos absolutos de todas as características do produto. $PR = PA / \Sigma PA$

Avaliação competitiva técnica

É a medição realizada pela equipe de QFD, em cada produto submetido à avaliação dos clientes, do valor de cada característica desses produtos. Os testes e procedimentos utilizados devem ser os mesmos que serão usados nos testes do produto em desenvolvimento. Por este motivo, as unidades de medidas devem ser aquelas definidas nas metas-alvo, que também servirão para medir o produto final. Para fazer essa comparação pode ser usado um protótipo do produto a ser desenvolvido ou um produto similar que está sendo melhorado.

Após testar os produtos, a equipe deve verificar se a avaliação competitiva técnica está coerente com a avaliação competitiva dos clientes. As avaliações são coerentes quando o desempenho técnico “explica” as notas atribuídas durante a avaliação dos clientes.

Fator de dificuldade técnica (FDT)

É uma nota que expressa a dificuldade tecnológica que a empresa terá para obter o valor determinado para a qualidade projetada das características do produto, com a confiabilidade e custo estimados. Esse fator ajuda a corrigir o peso das características do produto, cuja correção pode ser feita de duas maneiras:

- Atribuindo maior importância às características que implicam em menor dificuldade técnica. Recomendada quando o ciclo de vida do produto (não a vida útil) é breve, em função do lançamento de versões melhoradas;

Atribuindo maior importância às características que implicam em maior dificuldade técnica. Recomendada quando a empresa desenvolve produtos com longos ciclos de vida ou para aquelas que, mesmo tendo produtos de curto ciclo de vida, trabalham com o desenvolvimento de tecnologia em paralelo ao desenvolvimento de produtos. (Devem ser fixados valores de qualidade projetada para as características possíveis de serem obtidas com a tecnologia disponível na empresa).

Qualidade projetada

Projetar os valores das características do produto em desenvolvimento. Os valores meta devem ser capazes de atender as necessidades dos clientes, melhorando a posição competitiva do produto no mercado.

Esses valores devem refletir o planejamento estratégico para o produto que, por sua vez, é representado pelo índice de melhoria da qualidade planejada (da matriz horizontal). Outros autores sugerem que a qualidade projetada seja fixada considerando apenas a avaliação competitiva técnica.

Peso corrigido absoluto (PCA)

É o resultado da multiplicação do peso absoluto de cada característica do produto pelo fator de dificuldade técnica ($PA * FDT$). Ajuda a definir quais características devem ser incorporadas ao produto e quais devem ser descartadas. O significado varia em função da avaliação da dificuldade técnica:

- Pouca importância das características - para o atendimento dos clientes ou porque são tecnicamente difíceis;
- Importância de algumas características - para as quais devem ser alocados maiores recursos por serem importantes para o cliente e tecnicamente difíceis.

Peso corrigido relativo (PCR)

É a conversão do peso corrigido absoluto em percentual, calculado de modo semelhante ao peso relativo das características de qualidade. $PCR = PCA / \Sigma PCA$

Apesar de terem sido apresentados todos os elementos que compõem a Casa da Qualidade, em geral, apenas alguns deles acabam sendo mais utilizados na prática das organizações. A Figura 15 mostra quais são esses elementos.

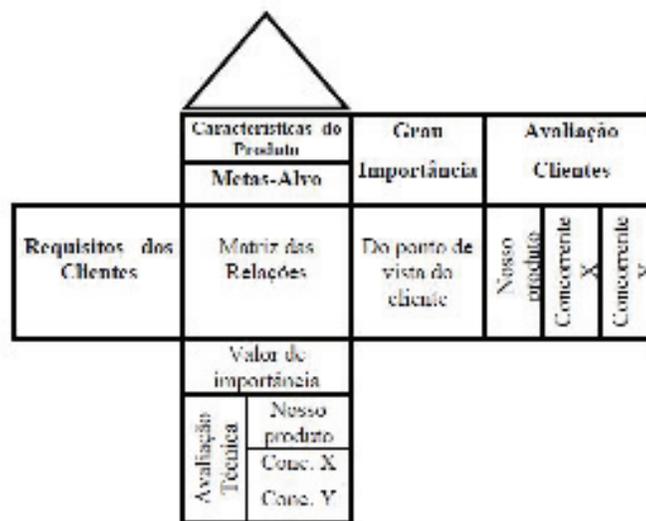


Figura 15: Alguns dos elementos mais utilizados da Casa da Qualidade

Com o objetivo de mostrar como a Casa da Qualidade é preenchida e analisada, dois exemplos práticos serão apresentados no próximo item.

3.2.3. Métodos de Controle no processo

A estatística é, sem dúvidas, uma ferramenta de trabalho poderosíssima para quem trabalha em controle da qualidade e controle de processo. A aplicação de técnicas estatísticas ao controle da qualidade pode ser resumida em dois tipos de ações:

- Aplicação de técnicas matemáticas na análise dos dados de controle;
- Sistematização desses dados de modo a facilitar a análise dos mesmos, auxiliando os responsáveis a tomar decisões.

A aplicação de técnicas estatísticas tem por principal objetivo oferecer aos responsáveis pela tomada de decisões, referências relativas ao grau de confiabilidade dos resultados gerados pelos controles e aos riscos envolvidos nas decisões tomadas. A sistematização dos dados de controle que normalmente é feita sob a forma de “gráficos de controle” tem por objetivo facilitar a “visualização” dos resultados.

São três os principais tipos de gráficos usados em controle da qualidade a saber:

- Gráficos de controle por média;
- Gráficos de controle por amplitude;
- Gráficos de controle para frações defeituosas.

Os controles por média e amplitude são feitos com base na teoria estatística da distribuição normal. Já o controle de frações defeituosas é, mais frequentemente, fundamentado na distribuição de Poisson. Para alguns casos de controle de frações defeituosas, a aplicação de teoria estatística da distribuição binomial pode ser vantajosa.

A definição de controle estatístico de processo pode ser realizada através da junção dos significados de cada uma das palavras.

Controle – manter algo dentro dos limites (padrões) ou fazer algo se comportar de forma adequada.

Estatística – obter conclusões com base em dados e números que trazem informações.

Controle Estatístico – fazer com que os resultados se mantenham conforme o previsto pelos padrões com a ajuda de dados numéricos.

Processo – é a combinação necessária entre o homem, os materiais, as máquinas, os equipamentos e o meio ambiente para fabricar um produto qualquer. Mais especificamente, um processo é qualquer conjunto de condições ou conjunto de causas (sistema de causas) que trabalham simultaneamente para produzir um determinado resultado.

Portanto, Controle Estatístico de Processo (CEP) é um método preventivo de se comparar, continuamente, os resultados de um processo com os padrões, identificando a partir de dados estatísticos as tendências para variações significativas, a fim de eliminar/controlar essas variações. O objetivo principal no CEP é reduzir cada vez mais a variabilidade de um processo.

Dentre os gráficos existentes utilizaremos o Gráfico de Controle por Variáveis, pois utilizam valores contínuos.

| Valor Característico | Tipos de Gráficos |
|----------------------|---|
| Valor discreto | Gráfico np (número de itens defeituosos) Gráfico p (fração defeituosa) Gráfico c (número de defeitos) Gráfico u (número de defeitos por unidade) |
| Valor contínuo | Gráfico \bar{X} - R (média e amplitude) Gráfico \bar{X} - s (média e desvio padrão) Gráfico X (valor individual) |

Tabela VI: Gráficos de controle

Este tipo gráfico é usado para controlar e analisar um processo com valores contínuos de qualidade do produto, como o comprimento, o peso ou a concentração. Tais valores fornecem maior quantidade de informações sobre o processo.

O uso dos gráficos de controle \bar{X} e R devem ocorrer sempre que uma característica da qualidade observada é expressa em unidades reais como peso em quilogramas, comprimento em centímetros, temperatura em graus Celsius.

Define-se o método de amostragem e o tamanho da amostra através de um dos métodos especificados na sequência:

- Método Instantâneo: retira-se a amostra correspondente ao subgrupo da produção, de forma simultânea ou consecutiva;

- Método Periódico: retira-se aleatoriamente a amostra que corresponde ao subgrupo da produção, realizada durante um determinado período, de maneira que ela seja representativa de toda a produção neste período.

A metodologia de Plano de Controle é auxiliar a manufatura (fabricação) de produtos de qualidade de acordo com os requisitos do cliente. Ela faz isso fornecendo um modelo estruturado para o projeto; seleção e implementação dos métodos de controle que adicionam valor para o sistema completo. Os planos de controle fornecem uma descrição resumida dos sistemas usados para minimizar a variação do processo e do produto. Um formulário alternativo pode ser usado caso contenha no mínimo as mesmas informações. O Plano de Controle não substitui a informação contida nas instruções detalhadas do operador. O Plano de Controle é mantido e usado durante todo o ciclo de vida do produto, inicialmente seu primeiro propósito é documentar e comunicar o plano inicial para controle do processo, a seguir ele guia a manufatura em como controlar o processo e assegurar a qualidade e do produto. Finalmente, o Plano de Controle se torna um documento vivo que reflete os atuais métodos de controle e sistema de medição usada. O Plano de Controle é atualizado à medida que os sistemas de medição e os métodos de controle são avaliados e aprimorados.

Capítulo 4: Estudo de Caso

4.1. Apresentação do caso

Apresentação da Empresa:

Empresa de autopeças do setor eletrônico, localizada no interior de São Paulo instalou-se em 1979, como a maior produtora de carburadores à gasolina e a álcool, e logo entrou na era eletrônica, iniciando a produção de injeções eletrônicas e, posteriormente, em 1995, informativos de bordo.

A divisão de sistemas eletrônicos foi criada em 1991 com uma joint-venture entre a empresa e um grupo brasileiro, com o objetivo de ser uma empresa de tecnologia de ponta na área eletrônica. Essa associação durou até julho de 1995, quando a empresa adquiriu 100% do controle.

Em 1998, a divisão iniciou um processo de racionalização industrial, fundindo-se a outra divisão então chamada Divisão instrumentação, cuja produção era baseada em componentes eletrônicos também, e muda-se para o interior de São Paulo, onde já existia outra divisão do grupo, a Divisão Controle de motor. Finalizando esse processo, em abril de 1999, a unidade operativa da Argentina também foi transferida para Hortolândia.

O ano de 2000 foi, para a empresa, um ano de consolidação. As atividades de reforço de seu core business, ou seja, dos setores que escolheu para atuação prioritária no mercado mundial, foram implantadas com sucesso. Ao celebrar alianças, vender alguns de seus negócios e comprar outros, a empresa preparou-se para atender, a partir de 2000, as novas exigências da produção de veículos. Os clientes (as montadoras) exigem o fornecimento de sistemas completos e, ao concentrar suas atividades em um número menor de áreas, a empresa ampliou sua capacidade de atender à nova tendência.

A filial brasileira acompanhou a estratégia da empresa no mundo. Hoje, a empresa fornece aos seus clientes sistemas completos nas áreas de powertrain (sistemas de gerenciamento do motor, escapamento e controle eletrônico da caixa de câmbio), suspensão

(conjuntos de suspensão e amortecedores), habitáculo (iluminação e painéis) e eletrônica (computador de bordo, sistema de navegação, informações a bordo e quadros de instrumentos). Além disso, atua de forma pesada no setor de reposição e serviços.

Uma das mais visíveis ações, dentro desta nova estrutura, vem da parceria entre a empresa e outra empresa da região (que uniram suas atividades no setor de iluminação automotiva), um alinhamento de forças que permite à empresa redução de custos e ganho de competitividade.

A concentração permite também mais recursos para pesquisa e desenvolvimento. No setor de powertrain, por exemplo, a empresa desenvolveu o novo coletor de ar para os motores de uma montadora. Feitos em plástico de alta resistência, mais leves que os de alumínio, eles têm modelagem mais rápida (as peças saem dos moldes praticamente prontas) e mais precisa (os dutos tem melhor acabamento interno). Além disso, permitem a integração, em seu corpo, de outros componentes, como a injeção eletrônica, o corpo de borboletas, a galeria de combustível, os bicos injetores, formando uma peça completa e de altíssima tecnologia.

A empresa assumiu totalmente a produção das suspensões dos modelos de uma montadora e passou a ser fornecedor integral de diversos outros fabricantes nacionais. Com fábricas em seis cidades brasileiras, e 5.273 empregados, a empresa é reconhecida com uma das maiores fabricantes de componentes automotivos do País.

4.2. Aplicação da metodologia

A metodologia é constituída em três etapas principais:

- Pesquisa;
- Desdobramento da função qualidade;
- Métodos de Controle no processo.

4.2.1. Pesquisa

Inicialmente foi elaborado o diagrama da árvore de objetivos com suas relações hierárquicas como mostra a figura 16. A árvore de objetivos é um instrumento importante para a definição da natureza da ação a ser empreendida na medida em que correlaciona os problemas identificados com as ações possíveis de serem desenvolvidas para equacioná-los. A utilização destes instrumentos não é obrigatória, mas altamente recomendável uma vez que, quase sempre, fornece pistas valiosas para a seleção final do projeto a ser desenvolvido.

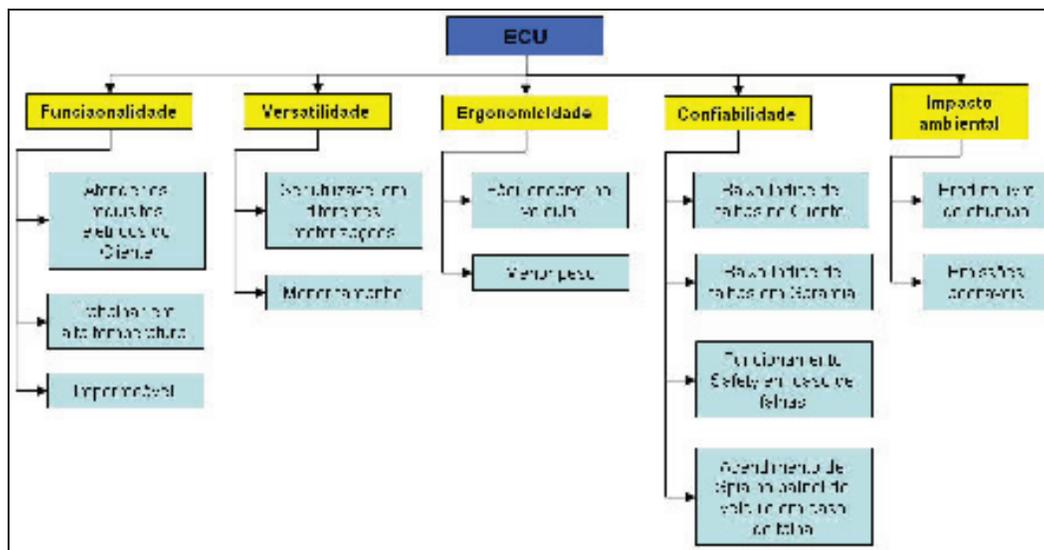


Figura 16: Árvore de objetivos da Injeção Eletrônica

Logo após esta etapa foi realizada uma pesquisa (Questionário), para a confirmação das necessidades dos clientes de forma ponderada.

Foi utilizada a pesquisa descritiva, pois caracteriza frequentemente como estudos que procuram determinar status, opiniões ou projeções futuras nas respostas obtidas. A sua valorização está baseada na premissa que os problemas podem ser resolvidos e as práticas podem ser melhoradas através de descrição e análise de observações objetivas e diretas. O levantamento utilizou informações práticas ou opiniões atuais de uma população específica.

O questionário, realizado em três montadoras diferentes, consistiu de treze perguntas que foram respondidas por três pessoas que trabalham dentro das montadoras, totalizando nove questionários respondidos.

Segue questionário utilizado na pesquisa:

Pesquisa de Opinião – Atributos de uma Injeção Eletrônica

Nome: _____

Responsável: _____

Selecione para cada item abaixo o grau de importância conforme sua opinião pessoal, variando de (1) – *Pouco Importante* a (4) – *Muito Importante*. Considere critérios que você consideraria no momento de escolher um liquidificador para uso próprio.

1. Atender requisitos de funcionamento:

| | | | | |
|------------------|---|---|---|------------------|
| Pouco Importante | 1 | 2 | 3 | Muito Importante |
| | | | | |

2. Impermeável:

| | | | | |
|------------------|---|---|---|------------------|
| Pouco Importante | 1 | 2 | 3 | Muito Importante |
| | | | | |

3. Trabalhar em altas temperaturas:

| | | | | |
|------------------|---|---|---|------------------|
| Pouco Importante | 1 | 2 | 3 | Muito Importante |
| | | | | |

4. Utilizável em diferentes motorizações:

| | | | | |
|------------------|---|---|---|------------------|
| Pouco Importante | 1 | 2 | 3 | Muito Importante |
| | | | | |

5. Menor tamanho:



6. Fácil encaixe no veículo:



7. Menor peso:



8. Baixo índice de falhas no cliente:



9. Baixo índice de falhas em Garantia:



10. Funcionamento Safety em caso de falhas:



11. Acendimento de Spia no painel do veículo:



12. Produto livre de Chumbo:



13. Níveis de Emissões aceitáveis:



Após a realização da pesquisa os dados foram calculados e o resultado foram utilizados na Matriz 1 como Grau de Importância para os Clientes. Segue exemplo do cálculo para o item 1 - Atender requisitos de funcionamento:

O item recebeu 1 nota 3 e 8 notas 4, sendo assim:

$$1*3 + 8*4 * 16 = 539 \text{ (Grau de importância para o cliente)}$$

Na figura 17 é demonstrado o resultado do questionário demonstrou dois itens fortes, que receberam a pontuação máxima, Produto Livre de Chumbo (12) e Emissões Aceitáveis (13).

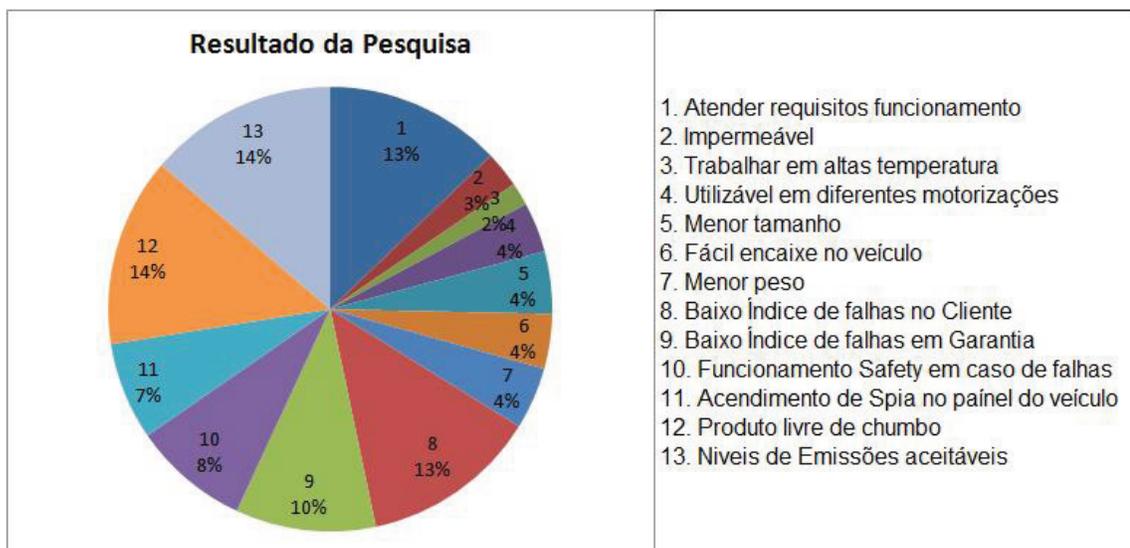


Figura 17: Resultado da pesquisa realizada no cliente

4.2.2. Matriz da Qualidade

Com o modelo conceitual foram aplicadas quatro matrizes:

- Matriz 1 - Necessidades dos Clientes X Requisitos de sistema;
- Matriz 2 - Requisitos de sistema X Características das partes;
- Matriz 3 - Características das partes X Processo de fabricação;
- Matriz 4 - Processo de fabricação X Operação de manufatura.

4.2.2.1. Matriz 1 - Necessidades dos Clientes X Requisitos de sistema

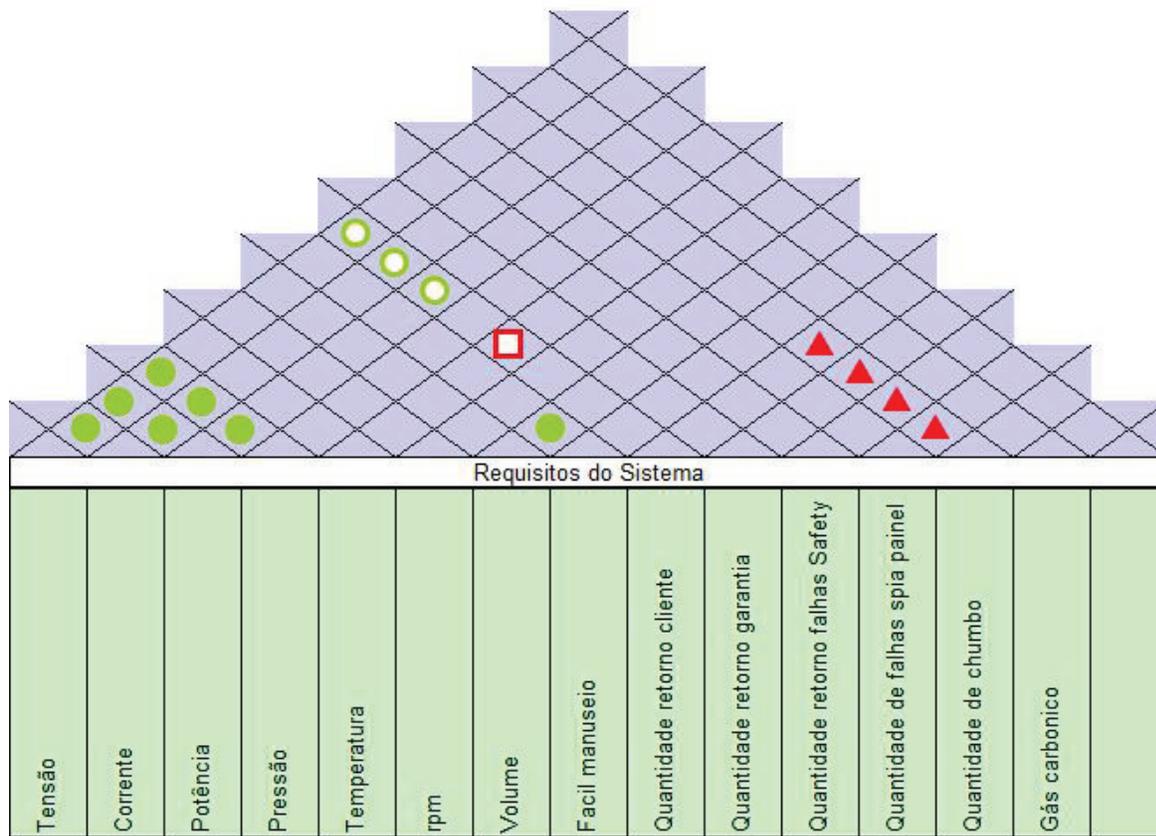
Realizada a pesquisa e com a voz do cliente definida, foi elaborada a primeira matriz do QFD, tabela VII. Onde os dados de entradas foram exatamente a árvore de objetivos, utilizando a pontuação da pesquisa no campo de grau de importância. A escala é absoluta, pois o cliente analisa a influência de cada requisito em sua decisão de compra do produto, sem compará-lo com os demais.

Tabela VII: Necessidades do cliente e a ponderação da importância

| Necessidades do Cliente (Qualidade Exigida) | Importância para os Clientes |
|---|------------------------------|
| Atender requisitos funcionamento | 539 |
| Impermeável | 110 |
| Trabalhar em altas temperatura | 70 |
| Utilizável em diferentes motorizações | 152 |
| Menor tamanho | 190 |
| Fácil encaixe no veículo | 167 |
| Menor peso | 189 |
| Baixo Índice de falhas no Cliente | 539 |
| Baixo Índice de falhas em Garantia | 428 |
| Funcionamento Safety em caso de falhas | 354 |
| Acendimento de Spia no painel do veículo | 298 |
| Produto livre de chumbo | 576 |
| Níveis de Emissões aceitáveis | 576 |
| | |
| | |

Como foi visto dos capítulos anteriores a matriz de correlações é o teto da casa da qualidade. Esta matriz cruza as características de qualidade entre si, sempre duas a duas, permitindo identificar como elas se relacionam. A Tabela abaixo mostra as características da qualidade relacionadas com as necessidades do Cliente. Onde a figura ● significa relacionamento “forte positivo”, a figura ○ realcionamento “médio positivo”, a figura □ significa “médio negativo” e a figura ▲ “forte negativo”.

Tabela VIII: Requisitos dos clientes e matriz de correlação



Na matriz 1, tabela IX, é demonstrada as relações ou dependências das necessidades dos clientes com os requisitos do sistema, onde: a nota “9” uma relação forte, “3” uma relação média, “1” uma relação fraca e em branco sem nenhuma relação. Sua função é permitir a identificação e como e (quanto) cada característica da qualidade influencia no atendimento de cada requisito dos clientes.

Tabela IX: Matriz de relação entre requisitos de qualidade e requisitos do sistema

| Necessidades do Cliente (Qualidade Exigida) | Requisitos do Sistema | | | | | | | | | | | | | | |
|---|------------------------------|--------|----------|----------|---------|-------------|-----|--------|----------------|----------------------------|-----------------------------|----------------------------------|----------------------------------|----------------------|---------------|
| | Importância para os Clientes | Tensão | Corrente | Potência | Pressão | Temperatura | rpm | Volume | Facil manuseio | Quantidade retorno cliente | Quantidade retorno garantia | Quantidade retorno falhas Safety | Quantidade de falhas spia painel | Quantidade de chumbo | Gás carbonico |
| Necessidades do Cliente (Qualidade Exigida) | 539 | 9 | 9 | 9 | | 1 | | | | | | | | | |
| Atender requisitos funcionamento | 110 | 3 | 3 | 3 | 9 | | | | | 3 | | | | 3 | 1 |
| Impermeável | | | | | | | | | | | | | | | |
| Trabalhar em altas temperatura | 70 | 3 | 3 | 3 | | 9 | | | | 1 | | | | 1 | 1 |
| Utilizável em diferentes motorizações | 152 | 1 | 1 | 1 | | | 9 | | | | | | | | 3 |
| Menor tamanho | 190 | | | | | | | 9 | 3 | | | | | | |
| Fácil encaixe no veículo | 167 | | | | | | | 3 | 9 | | | | | | |
| Menor peso | 189 | | | | | | | 9 | 9 | | | | | | |
| Baixo Índice de falhas no Cliente | 539 | | | | | | | | | 9 | | | | | |
| Baixo Índice de falhas em Garantia | 428 | | | | | 1 | | | | | | | | | |
| Funcionamento Safety em caso de falhas | 354 | 1 | 1 | 1 | | 1 | | | | | 9 | | | | |
| Acendimento de Spia no painel do veículo | 298 | 1 | 1 | 1 | | 1 | | | | | | 9 | | | |
| Produto livre de chumbo | 576 | | | | | | | | | | | | | 9 | |
| Níveis de Emissões aceitáveis | 576 | | | | | | | | | | | | | | 9 |
| | | | | | | | | | | | | | | | |

Ainda na matriz 1, tabela X, é apresentada várias informações: 1. Nosso produto – Uma avaliação do nosso produto referente às necessidades do cliente, 2. Produto Concorrente – Avaliação de um produto de um concorrente, 3 – Quantidade Desejada – Pontuação onde gostaríamos que nosso produto estivesse, 4 – Taxa de Melhoria – Cálculo da pontuação da Qualidade Desejada / pontuação no Nosso produto no momento, 5 – Argumento de Vendas – Quais necessidades gostaríamos que nosso produto melhorasse, 6 – Peso Absoluto – Peso recebido pela pesquisa com o cliente e 7 – Peso Percentual – Peso Absoluto em percentual.

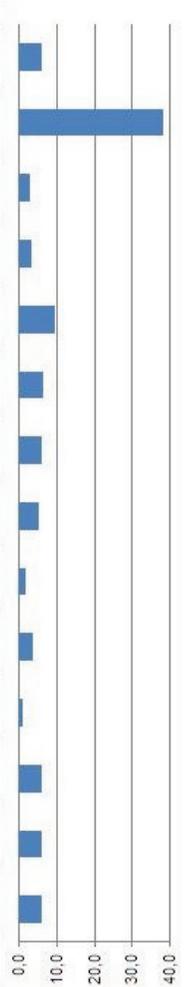
| | Importância para os Clientes | Nosso Produto | Produto Concorrente | Produto Concorrente | Produto Concorrente | Qualidade Desejada | Taxa de Melhoria | Argumento de Vendas | Peso Absoluto | Peso Percentual |
|---|------------------------------|---------------|---------------------|---------------------|---------------------|--------------------|------------------|---------------------|---------------|-----------------|
| Necessidades do Cliente (Qualidade Exigida) | | | | | | | | | | |
| Atender requisitos funcionamento | 539 | 5 | 5 | - | - | 5 | 1 | | 539 | 5.9 |
| Impermeável | 110 | 5 | 5 | - | - | 5 | 1 | | 110 | 1.2 |
| Trabalhar em altas temperatura | 70 | 5 | 5 | - | - | 5 | 1 | | 70 | 0.8 |
| Utilizável em diferentes motorizações | 152 | 4 | 2 | - | - | 5 | 1.3 | | 190 | 2.1 |
| Menor tamanho | 190 | 3 | 4 | - | - | 4 | 1.3 | | 253 | 2.8 |
| Fácil encaixe no veículo | 167 | 3 | 3 | - | - | 5 | 1.7 | ○ | 418 | 4.6 |
| Menor peso | 189 | 4 | 4 | - | - | 4 | 1 | | 189 | 2.1 |
| Baixo Índice de falhas no Cliente | 539 | 4 | 3 | - | - | 5 | 1.3 | | 674 | 7.4 |
| Baixo Índice de falhas em Garantia | 428 | 3 | 3 | - | - | 5 | 1.7 | ○ | 1070 | 11.8 |
| Funcionamento Safety em caso de falhas | 354 | 5 | 5 | - | - | 5 | 1 | | 354 | 3.9 |
| Acendimento de Spia no painel do veículo | 298 | 5 | 5 | - | - | 5 | 1 | | 298 | 3.3 |
| Produto livre de chumbo | 576 | 1 | 1 | - | - | 5 | 5 | ○ | 4320 | 47.7 |
| Níveis de Emissões aceitáveis | 576 | 5 | 5 | - | - | 5 | 1 | | 576 | 6.4 |
| | | | | | | | | | | |

Tabela X: Prioridades técnicas

No rodapé da matriz 1, tabela XI, foram introduzidos as Prioridades Técnicas, onde o cálculo é a somatória do grau de importância multiplicado pelo peso do requisito do sistema. Foi observado e levado para a matriz 2 os itens de maior importância: Quantidade de chumbo, Quantidade retorno garantia, Quantidade retorno cliente, Tensão, Corrente, Potência, Fácil manuseio e Gás Carbônico.

Tabela XI: Prioridades técnicas

| Necessidades do Cliente (Qualidade Exigida) | Requisitos do Sistema | | | | | | | | | | | | | |
|---|-----------------------|----------|----------|---------|-------------|------|--------|----------------|----------------------------|-----------------------------|----------------------------------|----------------------------------|----------------------|---------------|
| | Tensão | Corrente | Potência | Pressão | Temperatura | rpm | Volume | Facil manuseio | Quantidade retorno cliente | Quantidade retorno garantia | Quantidade retorno falhas Safety | Quantidade de falhas spia painel | Quantidade de chumbo | Gás carbonico |
| Prioridades Técnicas | 6233 | 6233 | 6233 | 990 | 3554,8 | 1710 | 5233,5 | 6218,5 | 6463,8 | 9630 | 3186 | 2682 | 39280 | 5934 |
| Percentual total | 6,0 | 6,0 | 6,0 | 1,0 | 3,4 | 1,7 | 5,1 | 6,0 | 6,2 | 9,3 | 3,1 | 2,6 | 37,9 | 5,7 |
| Unidade de Medição | Volts | Ampere | Watts | bar | °C | rpm | m3 | s | peças | peças | peças | peças | g | CO2 |
| Nosso Produto | 12 | 5 | 200 | 0 | 90 | 1000 | 5 | 8 | 12 | 0,1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Produto Concorrente | 12 | 5 | 200 | 0 | 90 | 1000 | 3 | 8 | 16 | 0,1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Metas do Projeto | 12 | 5 | 200 | 0 | 90 | 1000 | 3 | 8 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |



4.2.2.2. Matriz 2 - Requisitos de sistema X Características das partes

Partindo para a matriz 2, tabela XII, foi realizada a relação entre os Requisitos do sistema e as Características das partes. Também recebendo a pontuação de 9 em uma relação forte, 3 uma relação média, 1 uma relação fraca e em branco sem nenhuma relação. Novamente, como na matriz 1, temos o cálculo da prioridade técnica onde foi observado que os itens soldagem dos componentes, componentes e placa de circuito impresso receberam maior pontuação e foram levados para a análise na matriz 3.

Tabela XII: Matriz 2 – Requisitos do sistema X características das partes

| Requisitos do Sistema | Importância para os Clientes | Características das Partes | | | | | | Peso Absoluto | Peso Percentual |
|-----------------------------|------------------------------|----------------------------|----------------------------|--------------------------|-------------------|--|--|---------------|-----------------|
| | | Componentes | Placa de Circuito Impresso | Soldagem dos componentes | Montagem mecânica | | | | |
| Quantidade de chumbo | 37,9 | 1 | 1 | 9 | | | | 37,9 | 45,6 |
| Quantidade retorno garantia | 9,3 | 3 | 3 | 3 | | | | 9,3 | 11,2 |
| Quantidade retorno cliente | 6,24 | 3 | 3 | 3 | | | | 6,24 | 7,5 |
| Tensão | 6,02 | 3 | 1 | 1 | | | | 6,02 | 7,2 |
| Corrente | 6,02 | 3 | 1 | 1 | | | | 6,02 | 7,2 |
| Potência | 6,02 | 3 | 1 | 1 | | | | 6,02 | 7,2 |
| Facil manuseio | 6 | | | | 9 | | | 6 | 7,2 |
| Gás carbonico | 5,73 | | 3 | 3 | | | | 5,73 | 6,9 |
| | | | | | | | | | |
| Prioridades Técnicas | | 155,9 | 119,8 | 423,1 | 54,03 | | | 83,2 | |
| Percentual total | | 20,7 | 15,9 | 56,2 | 7,2 | | | | |

| Característica | Peso Percentual |
|----------------------------|-----------------|
| Componentes | 20,7 |
| Placa de Circuito Impresso | 15,9 |
| Soldagem dos componentes | 56,2 |
| Montagem mecânica | 7,2 |

4.2.2.3. Matriz 3 - Características das partes X Processo de fabricação

Na matriz 3, tabela XIII, é realizada a relação entre as características das partes e os processos de fabricação. Também utilizando o método de pontuação idêntico a matriz 1. No cálculo da prioridade técnica foi observado que os itens serigrafia da pasta de solda e refusão da pasta de solda receberam a maior pontuação e foram levados para a matriz 4.

Tabela XIII: Matriz 3 – Características das partes X Processo de fabricação

| Características das Partes | Importância para os Clientes | Processo de Fabricação | | | | | Peso Absoluto | Peso Percentual |
|----------------------------|------------------------------|------------------------------|-------------------------|---------------------------|-------------------|--|---------------|-----------------|
| | | Serigrafia da pasta de solda | Inserção de Componentes | Refusão da Pasta de Solda | Montagem mecânica | | | |
| Soldagem dos componentes | 56,2 | 9 | | 9 | | | 56,2 | 60,6 |
| Componentes | 20,7 | | 9 | | | | 20,7 | 22,3 |
| Placa de Circuito Impresso | 15,9 | | | | | | 15,9 | 17,1 |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| Prioridades Técnicas | | 505,8 | 186,3 | 505,8 | 0 | | 92,8 | |
| Percentual total | | 42,2 | 15,6 | 42,2 | 0,0 | | | |

| Processo de Fabricação | Percentual Total |
|------------------------------|------------------|
| Serigrafia da pasta de solda | 42,2 |
| Inserção de Componentes | 15,6 |
| Refusão da Pasta de Solda | 42,2 |
| Montagem mecânica | 0,0 |

4.2.2.4. Matriz 4 - Processo de fabricação X Operação de manufatura

Na matriz 4, tabela XIV, é realizada a relação entre os processos de fabricação e a operação da manufatura. Também recebendo a pontuação de 9 em uma relação forte, 3 uma relação média, 1 uma relação fraca e em branco sem nenhuma relação. No cálculo da prioridade técnica foi observado que os itens soldagem abastecimento de pasta de solda e Verificação da temperatura máxima receberam maior pontuação e serão controlados no processo produtivo para garantir a necessidade do cliente.

Tabela XIV: Matriz 4 – Processo de fabricação X operação de manufatura

| Processo de fabricação | Pontuação a partir do cliente | Operação de Manufatura | | | | | | | | Peso absoluto | Peso percentual | |
|-------------------------------|-------------------------------|---------------------------------|-----------------------------|----------------------|---------------------------------|--|----------------------|-------------------------------------|-----------------------------------|---------------|-----------------|------|
| | | Abastecimento de pasta de solda | Temperatura máxima de solda | Temperatura de Solda | Pressão do componente de Feeder | Verificação da temperatura máxima de solda | Temperatura de solda | Verificação da temperatura de solda | Verificação da temperatura máxima | | | |
| Processo de fabricação | | | | | | | | | | | | |
| Temperatura da pasta de solda | 42,2 | 9 | | | | | | | | | 42,2 | 10,0 |
| Temperatura de Solda | 42,2 | | | | | | | | 9 | | 42,2 | 10,0 |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| Pontuação Técnica | | 379,8 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 379,8 | 56,4 | |
| Percentual total | | 10,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 10,0 | | |

| Item | Percentage |
|-------------------------------|------------|
| Temperatura da pasta de solda | 10,0 |
| Temperatura de Solda | 56,4 |

4.2.3. Controle no processo

Após a aplicação das quatro Matrizes da Qualidade ficaram definidos dois principais processos que deverão receber atenção especial, pois estão diretamente ligados a requisitos do cliente, que são:

- Serigrafia da pasta de solda
- Verificação da temperatura Máxima

Sendo assim, será aplicado o CEP (Controle Estatístico do Processo):

Definição da utilização do Gráfico X e R, pois esse tipo de gráfico é usado para controlar e analisar um processo com valores contínuos de qualidade do produto, como o comprimento, o peso ou a concentração. Tais valores fornecem maior quantidade de informações sobre o processo.

O uso dos gráficos de controle X e R devem ocorrer sempre que uma característica da qualidade observada é expressa em unidades reais como peso em quilogramas, comprimento em centímetros, temperatura em graus Celsius.

São descritos a seguir os passos para a construção dos gráficos de controle da média (X) e da amplitude (R).

(1º) Determinar a característica da qualidade a ser controlada.

- Altura (Microns) - Serigrafia da pasta de solda
- Temperatura (Celsius) - Verificação da temperatura Máxima

(2º) Definir o método de amostragem e o tamanho da amostra através de um dos métodos especificados na sequência:

- Foram coletadas 125 amostras, sendo que destas resultaram 25 subgrupos com 5 observações.

(3º) Coletar os dados, utilizando para isso um formulário, no qual os dados são geralmente registrados em colunas.

(4º) Estabelecer o valor central e os limites de controle, que são obtidos usando-se as fórmulas.

Altura da pasta de solda

Temperatura Máxima

$$\bar{X} = 4022,4 / 25 = 160,896$$

$$\bar{X} = 5504,2 / 25 = 220,168$$

$$\bar{R} = 305 / 25 = 12,2$$

$$\bar{R} = 69 / 25 = 2,76$$

$$LSC \bar{x} = \bar{X} + A2\bar{R}$$

$$LSC \bar{x} = \bar{X} + A2\bar{R}$$

$$LSC \bar{x} = 160,896 + 0,729 * 12,2 = 170,44$$

$$LSC \bar{x} = 220,168 + 0,729 * 2,76 = 222,18$$

$$LC \bar{x} = 160,90$$

$$LC \bar{x} = 220,17$$

$$LSC \bar{x} = \bar{X} - A2\bar{R}$$

$$LSC \bar{x} = \bar{X} - A2\bar{R}$$

$$LSC \bar{x} = 160,896 - 0,729 * 12,2 = 151,36$$

$$LSC \bar{x} = 220,17 - 0,729 * 2,76 = 218,17$$

$$LSC \bar{R} = 2,282 * 12,2 = 27,84$$

$$LSC \bar{R} = 2,282 * 2,76 = 6,30$$

(5º) Interpretar os gráficos – Após cálculo e interpretação do gráfico como estável, adota-se o gráfico de controle para monitorar as observações atuais e futuras.

Cartas de Controle do processo de Serigrafia da pasta de solda. Característica: Microns
 (Altura da pasta de solda)

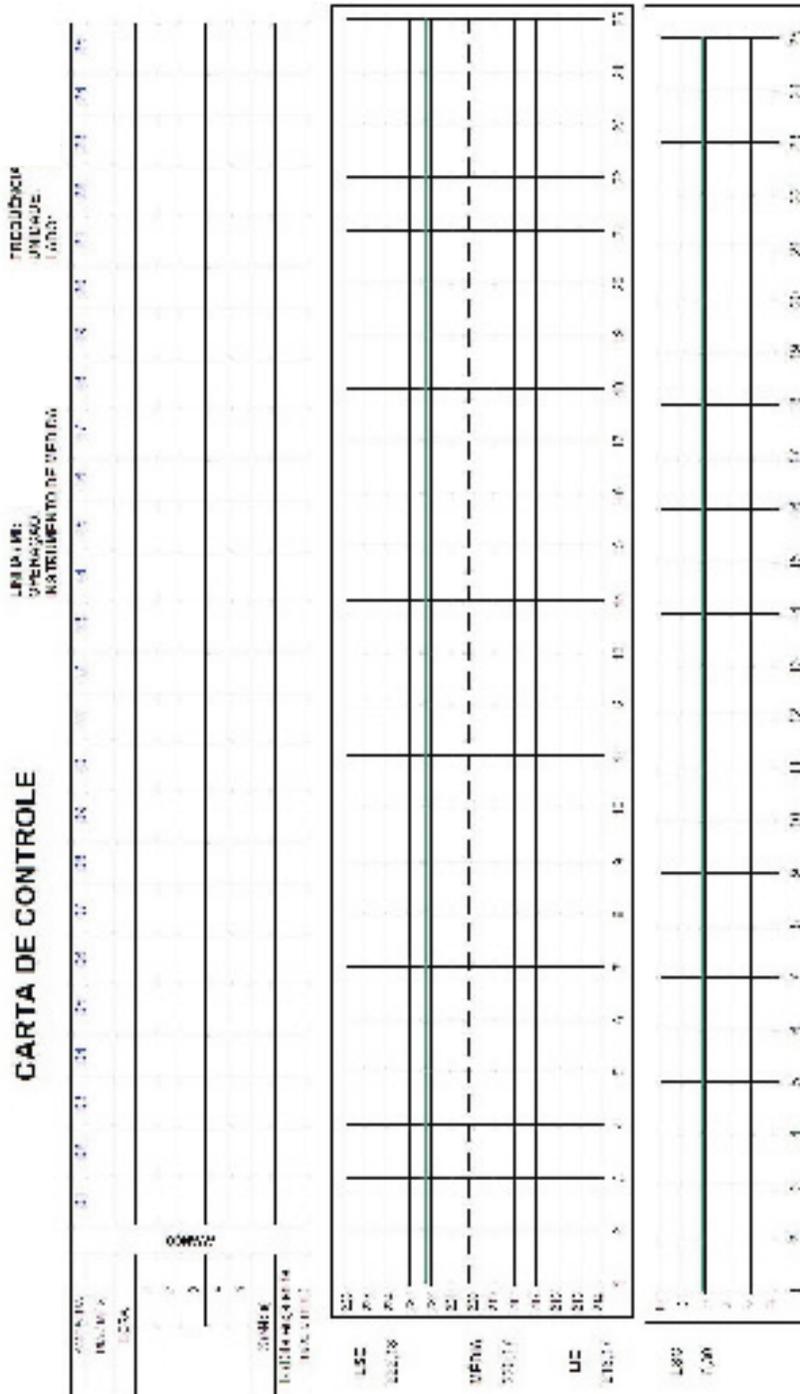


Figura 20: CEP – Nova carta para serigrafia da pasta de solda

Cartas de Controle do processo de Refusão da pasta de solda . Característica: Celsius (Temperatura Máxima)

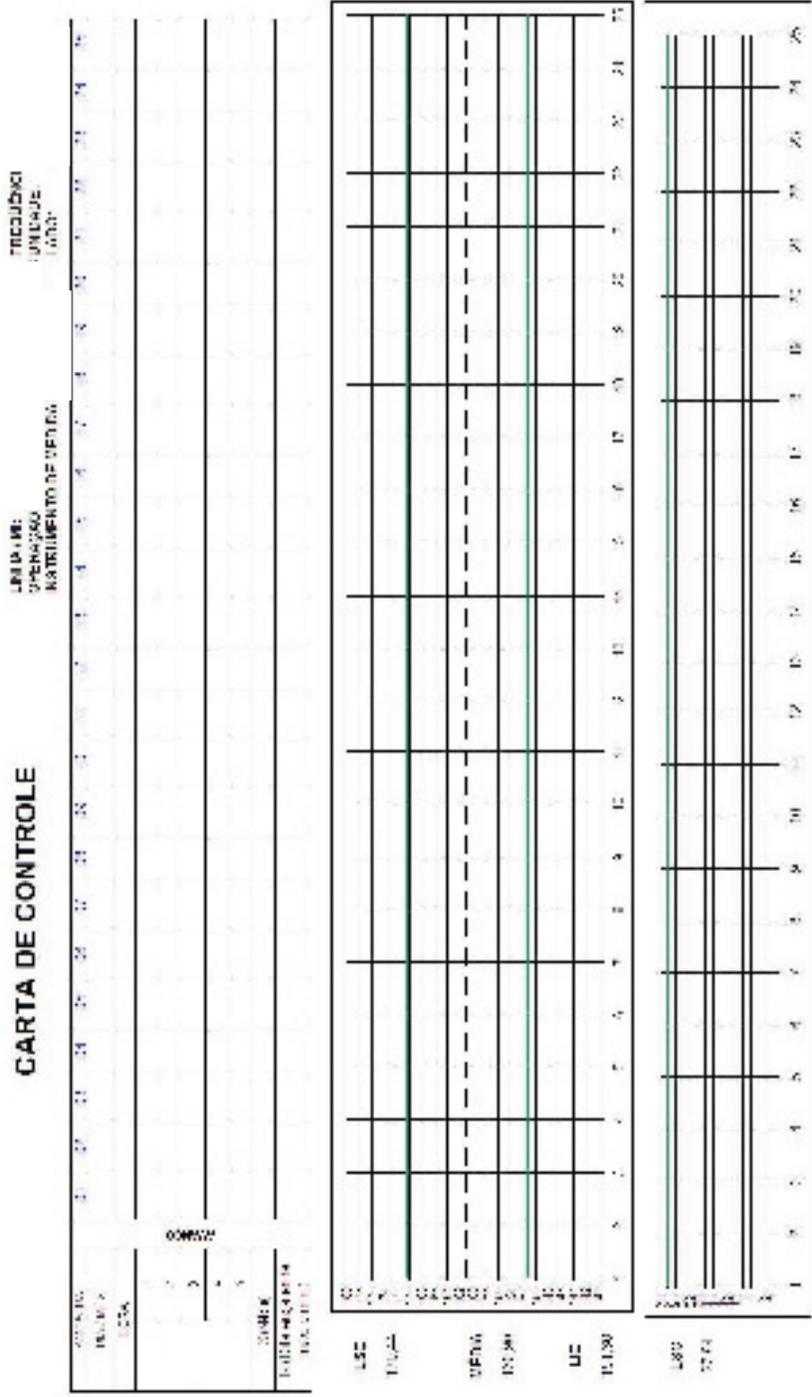


Figura 21: CEP – Nova carta para Refusão da pasta de solda

Para garantir a execução do controle no processo produtivo, serão incluídas documentações nos postos de controle. Este documento é chamado Plano de Controle, onde indica como fazer o controle, registro do mesmo e qual a frequência. Segue abaixo os planos de controles dos dois postos que deverão ser controlados conforme Carta de Controle indicadas anteriormente.

| | | GRADE DE CONTROLE DO PROCESSO | | | | | | | | | | Rev.: X | |
|-----------------|------------------------------|--|--|---|-----------------------------------|------------------------------|--------------------|-------------------|-------------------|----------------------------------|---|---------------------------------|--------------------------|
| | | ELABORADORES: Figurali, Leif, Sidney, Tênisson, Adilson, Anderson, Henrique, Augusto, Genasio, Vagner e Alexandre. | | | | | | | | | | Data: 04/03/11 | |
| N.º Operação | Operação do Processo | Máquina / Posto de Trabalho | Variável Controlada | Especificação / Tolerância | Meio de Medida e Referência | Amostragem | Frequência | | Registro | Respons. Medida / Controle | Classe das Características | Plano de Reação | Documentos Aplicáveis |
| | | | | | | | Prelançamento | Produção | | | | | |
| 40 | Serigrafia de pasta de solda | Serigrafo DEK | Medida da espessura da pasta de solda depositada | Conforme carta de controle CC 744002 - Limites calculados para cada carta de controle | ASC | 2 painéis - Avanço / Retorno | 1 vez a cada placa | 1 vez a cada hora | Carta de controle | Operador SMD |  | Acionar Tecnologia | IT 744219 |
| 80 | Refusão da pasta de solda | Forno de Refusão | Perfil de refusão | Rampa de Slope = 1 a 2 °C/seg Temperatura de Pico = 210 a 220 °C | Conforme Software Slin Kic 24/7 | On-line | 1 vez a cada placa | 1 vez a cada hora | Carta de controle | Operador SMD |  | Acionar Tecnologia / Manutenção | IT 744155 |

Figura 22: Plano de controle

Capítulo 5: Conclusões e Trabalhos Futuros

5.1. Conclusões

Este trabalho teve como objetivo propor a aplicação do QDF e integrar as necessidades dos clientes em todo o ciclo de desenvolvimento de um novo produto. Na aplicação do QFD o método converteu as exigências dos usuários em características da qualidade (especificações) e as transferiu para as etapas subsequentes de desenvolvimento de produto, por meio de desdobramentos sucessivos, até o controle destas especificações no processo produtivo.

Em função deste trabalho obtiveram-se as seguintes conclusões:

- O método demonstrado nos capítulos anteriores é perfeitamente aplicado em qualquer tipo de desenvolvimento de produto;
- A aplicação evidenciou a fácil visualização, para o processo fabril, o porquê de controlar a necessidade do cliente e qual necessidade do cliente que está sendo controlado no processo;
- O tipo de controle de processo ideal para assegurar as especificações definidas pela engenharia seja monitorado.

5.2. Trabalhos Futuros

A linha de estudo que poderia ser seguido para trabalhos futuros seria a inclusão da análise de valor. A análise do valor (AV) é utilizada para produtos já existentes, em fase de produção. A engenharia do valor (EV) é utilizada para projetos e produtos na fase de desenvolvimento. A AV/EV aplica-se, portanto em todas as fases do ciclo do produto. Melhores resultados são obtidos quando a metodologia é aplicada aos novos produtos já na

fase introdutória, onde os custos de mudanças implementadas são menores e o potencial dos resultados é bastante alto.

Capítulo 6: Referências Bibliográficas

- ABREU, F.S. - **QFD - desdobramento da função qualidade** - estruturando a função qualidade. Revista de Administração de Empresas, 1997.

- AKAO, Y.; MAZUR, G. H. - **The leading edge in QFD: past, present and future.** International Journal of Quality & Reliability Management, 2003.

- AKAO, Y. - **Quality function deployment: integrating customer requirements into product design.** Cambridge, Productivity Press, 1990.

- AKAO, Y. - **Quality Function Deployment: integrating, customer's requirements into product design,** 1988.

- BARBAROSOGLU, B.; YAZGAÇ, T. - **An application of the analytic hierarchy process to the supplier selection problem.** Production and Inventory Management Journal, 1997.

- BARKAN, P. - **Productivity in process of product development; an engineering perspective.** Integrating design and manufacturing for competitive advantage, 1992.

- CERVO, AMADO L. e BERVIAN, PEDRO A. - **Metodologia Científica : para uso dos estudantes universitários.** 3.ed. São Paulo : McGraw-Hill do Brasil, 1983.

- CHENG, L.C. et al. - **QFD: planejamento da qualidade**. Belo Horizonte, UFMG, Escola de Engenharia, Fundação Cristiano Ottoni, 1995.

- CHENG, L.C. (coordenador), **QFD: Desdobramento da Função Qualidade na Gestão de Desenvolvimento de Produtos** / Lin Chih Cheng, Leonel Del Rey de Melo Filho – São Paulo: Editora Blücher, 2007.

- CLARK, K.B.; FUJIMOTO, T. **Product development performance: strategy, organization, and management in the world auto industry**. Boston: ed. Harvard Business School Press, 1991.

- CLAUSING, D. - **Total quality development: a step-by-step guide to world-class concurrent engineering**. New York, ASME (ASME press series on international advances in design productivity), 1993.

- COOPER, R.G. - **Winning at new products: accelerating the process from idea to launch**. 2. ed. Reading: Addison-Wesley Publishing, 1993.

- D'AVILA, MARCOS ZAHLER; OLIVEIRA, MARCELO APARECIDO MARTINS D. **Conceitos e técnicas de Controles Internos de Organizações**. São Paulo: Nobel. 2002.

- DIMANCESCU, D.; DWENGER, K. - **O segredo do lançamento de produtos**. HSM Management, 1997.

- ESTORILIO CARLA (Dra) – **QFD Desdobramento da Função Qualidade**, Curitiba-PR, 2003.

- EUREKA, W.E. & RYAN, N.E. - **QFD: Perspectivas gerenciais do desdobramento da função qualidade**. Rio de Janeiro, Qualitymark, 1992.

- FEIGENBAUM, A.V - **Total quality control**. New York, McGraw-Hill Book Company, 1993.

- GEIGER, M. - **Design for manufacturing with generative production processes and a neural test environment**. Computers in Industry, 1995.

- GEILSON LOUREIRO - **QFD Auxilio po Computador em Abordagem por Engenharia Simultânea** (Dissertação Mestrado). 1994.

- GHIYA, K.K. t al – **QFD: Validating robustness**. Quality Engineering, 1999.

- GRIFFIN, A. **PDMA research new product development practices: updating trends and benchmarking best practices**. Journal of Product Innovation Management, New York, 1997.
- HAUSER, J.R.; CLAUSING, D. - **The house of quality**. Harvard Bussiness Review, 1988.

- JACQUES, G.E. et al. **Application of quality function deployment in rehabilitation engineering**. IEEE Transactions On Rehabilitation Engineering, 1994.

- JURAN, J.M.; GRYNA, F.M. - **Quality planning and analysis: from product development through use**. 3.ed. New York, McGraw-Hill, 1993.

- JURAN, J.M.; GRYNA, F.M. **Controle de qualidade handbook**. São Paulo, McGraw-Hill. v.2, 1991

- KERLINGER, Fred N. - **Metodologia da pesquisa em ciências sociais; um tratamento conceitual**. São Paulo : EPU/EDUSP, 1980.

- KHOO, L.P.; HO, N.C. **Framework of fuzzy quality deployment system**. International Journal of Production Research, 1996.

- LIN CHIH CHENG. **QFD Planejamento da Qualidade**. Universidade Federal de Minas Gerais. 1ª Edição 2007.

- LIN CHIH CHENG. **QFD Desdobramento da Função Qualidade na Gestão de Desenvolvimento de Produtos**. 2007.

- LOCKAMY III, A.; KHURANA, A. **Quality function deployment: a case study**. Production and Inventory Management Journal, 1995.

- LOUREIRO GEILSON - **QFD Auxiliado por computador em abordagem por engenharia simultânea**, São José dos Campos, 1994.

- MANOEL OTELINO DA CUNHA PEIXOTO. **Uma Ferramenta de Aplicação da Metodologia Desdobramento da Função Qualidade (QFD) que sintetiza as versões QFD - estendido e QFD das quatro ênfases** (Dissertação Tese Mestrado). 1998.

- MAXIMINIANO, ANTONIO CESAR AMARU. **Introdução à administração. 5. ed. São Paulo: Atlas. 2000.**

- MIGUEL, P.A.C.; CARNEVALLI, J.A. **Aplicações não-convencionais do desdobramento da função qualidade.** São Paulo: Artliber Editora, 2006.

- MOURA, E.C. **As sete ferramentas gerenciais da qualidade: implementando a melhoria contínua com maior eficácia.** São Paulo, Makron Books do Brasil, 1994.

- NELSON BACK et al. (2008) ou ANDRÉ OGLIARI et al. (2008) ou Acires Dias et al. (2008) ou Jonny Carlos da Silva et al. (2008) – **Projeto Integrado de Produtos.** 2008.

- OHFUJI, T.; ONO, M.; AKAO, Y. **Métodos de desdobramento da qualidade.** Trad. por Zelinda Tomie Fujikawa. Belo Horizonte, Escola de Engenharia da UFMG, Fundação Cristiano Ottoni, 1997.

- PHILLIPS, R. et al. **A Comparative Study of Six Stage-gate Approaches to Product Development.** Integrated Manufacturing Systems, 1999.

- RAMOS, ALBERTO WUNDERLEY. **Controle Estatístico de Processo**. In: CONTADOR, José Celso et al, 1997.

- SCHISSATTI, M. L. **Uma metodologia de implantação de cartas de Shewhart para o controle estatístico de processos**. Dissertação de mestrado, UFSC, Florianópolis, 1998.

- SLACK, N. et al. **Operations Management**. London: Pitman Publishing, 2002.

- THOMAS, Jerry R. e NELSON, Jack K. **Research methods in physical activity**. 3.ed. Champaign : Human Kinetics, 1996.

- ULRICH, K.T.; EPPINGER, S.D. **Product design and development**. New York, McGraw-Hill, 1995.

- YOJI AKAO. **Métodos de Desdobramento da Qualidade**. Escola de Engenharia UFMG. 1997.

- YOJI AKAO. **Introdução ao Desdobramento da Qualidade**. Escola de Engenharia UFMG. 1996 .

- WHITELEY, R.C. **A empresa totalmente voltada para o cliente: do planejamento à ação**. Trad. por Ivo Korytowski. Rio de Janeiro, Campus, 1992.