

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

**MÉTODO PARA ANÁLISE CRÍTICA E MELHORIA DO  
CONTROLE DO PROCESSO PRODUTIVO**

Antonio José dos Santos

Florianópolis, abril de 1999

MÉTODO PARA ANÁLISE CRÍTICA E MELHORIA DO CONTROLE DO PROCESSO  
PRODUTIVO

ANTONIO JOSÉ DOS SANTOS

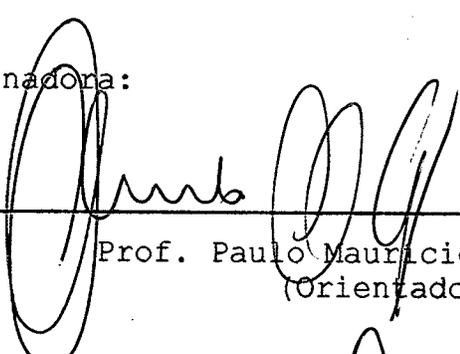
Essa dissertação foi julgada adequada para obtenção do Título de Mestre em Engenharia, Especialidade em Engenharia de Produção e aprovada em sua forma final pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção.



---

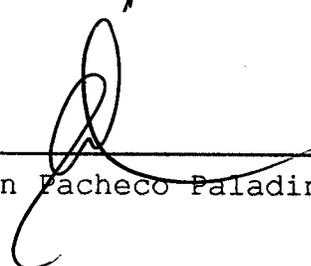
Prof. Ricardo Miranda Barcia, PhD.  
Coordenador do Curso de Pós-Graduação

Banca Examinadora:



---

Prof. Paulo Mauricio Selig, Dr.  
(Orientador)



---

Prof. Edson Facheo Paladini, Dr.



---

Prof. Luiz Veriano Oliveira Dalla Valentina, Dr.

A meus pais, José e Nirce, exemplos de vida.  
A minha esposa Carmensita, pelo carinho e incentivo.  
A meus filhos, Camila e Guilherme.

## **AGRADECIMENTOS**

Gostaria de agradecer a todos aqueles que de alguma forma contribuíram para a realização deste trabalho; especialmente:

- Ao Prof. Paulo Maurício Selig, Dr., pela orientação prestada ao desenvolvimento deste trabalho.

- Ao Prof. Luiz Veriano Oliveira Dalla Valentina, Dr., pelas diversas sugestões e contribuições.

- A Prof. Luísa Cristina dos Santos, MsC., minha irmã, pelo apoio na redação do texto e revisão ortográfica.

- A Multibrás S/A Eletrodomésticos e ao Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção da UFSC, pela oportunidade de realizar este curso.

## SUMÁRIO

<b>DEDICATÓRIA</b> .....	iii
<b>AGRADECIMENTOS</b> .....	iv
<b>SUMÁRIO</b> .....	v
<b>LISTA DE FIGURAS</b> .....	vii
<b>LISTA DE TABELAS</b> .....	ix
<b>RESUMO</b> .....	x
<b>ABSTRACT</b> .....	xi
<b>CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO</b> .....	01
1.1- CONSIDERAÇÕES GERAIS.....	01
1.2- IMPORTÂNCIA DO TRABALHO.....	02
1.3- OBJETIVOS.....	03
1.4- ESTRUTURA DO TRABALHO.....	03
<b>CAPÍTULO 2 - AS BASES DO MÉTODO</b> .....	05
2.1- INTRODUÇÃO.....	05
2.2- ABORDAGEM DA QUALIDADE SEGUNDO SEUS PRINCIPAIS AUTORES.....	05
2.3- A METODOLOGIA DO QFD.....	08
2.3.1- ABORDAGEM DE YOJI AKAO.....	09
2.3.2- ABORDAGEM DE BOB KING.....	11
2.3.3- ABORDAGEM DE HAJIME MAKABE.....	12
2.4- O MODELO DA QUALIDADE ON-LINE.....	14
2.5- CONCLUSÃO.....	15
<b>CAPÍTULO 3 - CONTROLE DO PROCESSO PRODUTIVO</b> .....	16
3.1- INTRODUÇÃO.....	16
3.2- CONCEITUAÇÃO DE PROCESSO.....	16
3.3- CONCEITUAÇÃO DE CONTROLE DO PROCESSO.....	17
3.4- PLANEJAMENTO DO CONTROLE DO PROCESSO VIA QFD.....	21
3.5- PROCEDIMENTOS PARA CONTROLE DO PROCESSO PRODUTIVO.....	23
3.6- METODOLOGIAS PARA A MELHORIA DOS PROCESSOS.....	27
3.6.1- METODOLOGIA DO QC STORY.....	28
3.6.2- METODOLOGIA DO CICLO DE OPORTUNIDADE.....	29

3.6.3-	METODOLOGIA DO PROCESSO DE MELHORIA DA QUALIDADE - PMQ.....	31
3.6.4-	METODOLOGIA DA ABORDAGEM SISTÊMICA DE PROBLEMAS...	32
3.6.5-	METODOLOGIA 6 SIGMAS.....	33
3.6.6-	O EMPREGO DE FERRAMENTAS DA QUALIDADE DENTRO DAS METODOLOGIAS DE MELHORIA DO PROCESSO.....	34
3.6.6.1-	AS SETE FERRAMENTAS DA QUALIDADE.....	35
3.6.6.2-	AS SETE FERRAMENTAS DA ADMINISTRAÇÃO E DO PLANEJAMENTO.....	47
3.6.6.3-	OUTRAS FERRAMENTAS.....	50
3.6.6.4-	FERRAMENTAS PARA O TRABALHO EM EQUIPE....	65
3.7-	CONCLUSÃO.....	67
	<b>CAPÍTULO 4 - A PROPOSTA DE RESOLUÇÃO DO PROBLEMA.....</b>	<b>68</b>
4.1-	O MÉTODO PROPOSTO.....	69
4.2-	CONCLUSÃO.....	82
	<b>CAPÍTULO 5 - APLICAÇÃO DO MÉTODO PROPOSTO.....</b>	<b>84</b>
5.1-	INTRODUÇÃO.....	84
5.2-	ETAPA 1: DETERMINAÇÃO DAS FALHAS EXTERNAS.....	84
5.3-	ETAPA 2: DETERMINAÇÃO DAS FALHAS INTERNAS.....	85
5.4-	ETAPA 3: ESTABELECIMENTO DA AFINIDADE ENTRE AS FALHAS EXTERNAS E AS FALHAS INTERNAS.....	87
5.5-	ETAPA 4: DETERMINAÇÃO DAS ETAPAS DO PROCESSO.....	89
5.6-	ETAPA 5: CORRELACIONAMENTO DAS FALHAS COM O PROCESSO ...	93
5.7-	ETAPA 6: MELHORIA DO CONTROLE DO PROCESSO.....	97
	<b>CAPÍTULO 6 - CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES.....</b>	<b>99</b>
6.1-	CONCLUSÕES.....	99
6.2-	RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.....	100
	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>102</b>
	<b>BIBLIOGRAFIA.....</b>	<b>107</b>
	ANEXO 1- TERMINOLOGIA DA QUALIDADE.....	115
	ANEXO 2- SIMBOLOGIA PARA O MAPEAMENTO DE PROCESSOS.....	119
	ANEXO 3- TABELAS DE UTILIZAÇÃO DAS FERRAMENTAS DA QUALIDADE.....	122

## LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1-	Ciclo da qualidade de Deming.....	05
Figura 2.2-	Ciclo PDCA de melhoria.....	08
Figura 2.3-	Exemplo de modelo conceitual para o QFD segundo Akao.....	10
Figura 2.4-	Matrizes de QFD segundo King.....	12
Figura 2.5-	QFD segundo Makabe.....	13
Figura 3.1-	<i>Inputs</i> e <i>outputs</i> de um processo produtivo.....	17
Figura 3.2-	Controle de um processo.....	19
Figura 3.3-	Controle centrado no produto.....	20
Figura 3.4-	Controle centrado no processo.....	20
Figura 3.5-	O ciclo PDCA no controle do processo.....	21
Figura 3.6-	Ciclo de oportunidade.....	29
Figura 3.7-	Diagrama de Pareto relacionando as causas de erros em pedidos de vendas.....	36
Figura 3.8-	Diagrama de causa e efeito.....	37
Figura 3.9-	Histograma.....	37
Figura 3.10-	Diagrama de dispersão.....	38
Figura 3.11-	Gráfico de controle mostrando sequências.....	43
Figura 3.12-	Gráfico de controle mostrando tendências.....	43
Figura 3.13-	Gráfico de controle com pontos próximos dos limites de controle .....	43
Figura 3.14-	Gráfico de controle mostrando proximidade da linha central.....	44
Figura 3.15-	Gráfico de controle mostrando variações periódicas.....	44
Figura 3.16-	Fluxograma.....	45
Figura 3.17-	Mapa do processo de embalagem do produto .....	46
Figura 3.18-	Diagrama de relações.....	48
Figura 3.19-	Visão geral do uso das 7 ferramentas.....	50
Figura 3.20-	Árvore de falhas para um sistema de controle de temperatura.....	53

Figura 3.21-	Árvore funcional para um sistema de degelo.....	54
Figura 3.22-	FMEA de produto.....	55
Figura 3.23-	Histograma para comparação do processo com as especificações.....	58
Figura 3.24-	Linhas de pré-controle.....	59
Figura 3.25-	Gráfico de frequência de pontos.....	63
Figura 3.26-	Exemplo de gráfico de setor referente a um estudo sobre o peso de um grupo de pessoas.....	64
Figura 3.27-	Exemplo de gráfico de radar mostrando o impacto dos diversos fatores motivacionais.....	64
Figura 3.28-	Análise do campo de forças.....	67
Figura 4.1-	Metodologia para melhoria do controle do processo	70
Figura 4.2-	Etapa 1: determinação das falhas externas.....	70
Figura 4.3-	Ouvir os clientes externos.....	71
Figura 4.4-	Etapa 2: determinação das falhas internas.....	72
Figura 4.5-	Ouvir os clientes internos.....	73
Figura 4.6-	Etapa 3: estabelecimento da afinidade entre as falhas externas e as falhas internas.....	74
Figura 4.7-	Relação de causa e efeito.....	75
Figura 4.8-	Exemplo de diagrama de afinidades.....	75
Figura 4.9-	Etapa 4: determinação das etapas do processo.....	77
Figura 4.10-	Etapa 5: correlacionamento das falhas com o processo.....	78
Figura 4.11-	Matriz de correlação.....	79
Figura 4.12-	Exemplo dos cálculos para a matriz de correlação	80
Figura 4.13-	Etapa 6: melhoria do controle do processo.....	81
Figura 5.1-	Pareto dos maiores problemas de campo.....	85
Figura 5.2-	Diagrama de afinidades.....	87
Figura 5.3-	Mapeamento do processo de manufatura .....	90
Figura 5.4-	Matriz de correlação das falhas com o processo...	93
Figura 5.5-	Matriz de correlação.....	95

## LISTA DE TABELAS

Tabela 3.1- Os propósitos da inspeção.....	26
Tabela 3.2- QC Story.....	28
Tabela 3.3- Passos do PMQ.....	32
Tabela 3.4- Tipos de gráfico de controle.....	41
Tabela 3.5- Simbologia básica para árvore de falhas.....	52
Tabela 3.6- Relacionamento entre cpk, sigma e ppm.....	58
Tabela 3.7- GUT.....	62
Tabela 4.1- Exemplo de tabela de falhas externas.....	72
Tabela 4.2- Exemplo de tabela de falhas internas.....	73
Tabela 4.3- Exemplo de tabela de afinidade de falhas.....	76
Tabela 4.4- Quadro resumo do método.....	83
Tabela 5.1- Tabela de falhas externas.....	84
Tabela 5.2- Tabela de falhas internas.....	86
Tabela 5.3- Tabela de afinidade de falhas.....	88
Tabela 5.4- Tabela do processo.....	92

## RESUMO

O presente trabalho aborda a concepção de um método sistematizado para a melhoria contínua do processo produtivo, tendo sido aplicado em uma empresa que atua no mercado de eletrodomésticos da linha branca.

Esse método parte do princípio de que conhecendo-se os problemas de campo e os problemas internos (embora a relação entre estes não seja muitas vezes tão clara) é possível, com a utilização da filosofia do QFD, efetuar um desdobramento relacionando-os às etapas do processo produtivo visando identificar aquelas que mais influenciam a ocorrência desses resultados indesejados.

Estruturado em 6 fases, o método prevê a utilização de metodologias de melhoria de processo como forma de adequar efetivamente o controle, garantindo os resultados desejados.

O método mostrou-se de fácil aplicabilidade apresentando resultados satisfatórios a curto prazo.

## **ABSTRACT**

The present work involves the conception of a systematic method for the productive process continuous improvement, that had been applied in a company which acts in the market of home appliances.

This method considers that if the field problems and the internal problems were known (although sometime their relationship is not so clear) is possible, using the QFD philosophy, to do a deployment connecting them to the stages of the productive process in order to identify those that have more influence on the unexpected results.

Based on six phases, the method presupposes the use of a process improvement methodology, as a way of adequate effectively the controls, assuring the expected results.

The method showed being of easy applicability presenting satisfactory results in the short term.

## **CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO**

### **1.1- CONSIDERAÇÕES GERAIS**

A realidade do mercado é brutal. Nele só sobrevivem as empresas que, a despeito do tamanho que possam exhibir, estejam verdadeiramente voltadas para seus clientes, vivendo visceralmente a sua relação de negócios.

Essa constatação nos tempos atuais é óbvia, mas sua repetição é cada vez mais necessária, em especial num mundo de negócios globalizado, no qual, muitas vezes, observam-se boas intenções não se concretizarem por descumprimento de regras elementares. A tarefa principal de todos que trabalham numa empresa inserida num ambiente de acirrada competição global, deve ser uma convivência permanente com o cliente nas suas ações.

A sobrevivência de uma empresa está relacionada com a capacidade desta de projetar um produto que conquiste a preferência do consumidor. Porém, as necessidades do mercado mudam constantemente, fazendo com que as organizações busquem rapidez nas suas ações de melhoria, fator este fundamental para a competitividade empresarial.

No planejamento de novos processos o fator escassez de tempo pode comprometer o resultado esperado. São necessários então, dispositivos sistematizados para analisar criticamente essas especificações e corrigi-las a curto prazo.

A questão que se coloca, no entanto, é que as informações sobre o real desempenho dos produtos durante a sua vida útil no campo<sup>1</sup>, muitas vezes chegam à fábrica de forma implícita comprometendo o sucesso das ações corretivas e/ ou

---

<sup>1</sup> O termo "campo" refere-se ao local onde o produto se encontra instalado e sendo utilizado pelo cliente para os fins a que se destina (pode ser uma residência, escritório, hospital, escola, etc).

preventivas tomadas, envolvendo perdas de ordem financeira e motivacionais e prejudicando como um todo o desempenho operacional da organização.

Este trabalho foi desenvolvido e aplicado numa grande empresa nacional que projeta, produz e comercializa eletrodomésticos da linha branca.

## 1.2- IMPORTÂNCIA DO TRABALHO

Os procedimentos de controle estabelecidos ao longo do processo produtivo não têm se mostrado capazes de detectar e/ou evitar a ocorrência de certos tipos de falhas nos produtos, sendo insuficientes para assegurar os níveis de qualidade pretendidos pela organização. Alguns produtos colocados no campo apresentam defeitos de ordem funcional percebidos ainda no período de garantia.

Os defeitos observados nos produtos durante o processo produtivo, bem como as quantidades apontadas, proporcionalmente não retratam a situação das ocorrências de campo; assim, por exemplo, um produto pode apresentar um problema de porta desregulada no campo e não existir registro semelhante na fábrica, ou, um produto pode apresentar um índice de qualidade de 2 PPM (partes por milhão) na fábrica, apresentando no campo um índice de 5 PPM. Essa detecção parcial de anomalias dificulta uma atuação de caráter preventivo inerente ao processo de garantia da qualidade.

A falta do estabelecimento de uma relação entre os defeitos de campo e as falhas observadas na manufatura, dificulta a análise da eficácia do controle do processo produtivo. Isso faz com que o sistema de controle do processo produtivo não esteja totalmente voltado ao atendimento das necessidades dos clientes externos. Este trabalho visa o estabelecimento desta relação e a proposição de um modelo para a melhoria do controle do processo.

### 1.3- OBJETIVOS

O objetivo geral deste trabalho é prover uma metodologia para melhoria contínua do controle do processo através da tradução das falhas de campo em linguagem operacional<sup>2</sup>, o que permitirá a identificação das etapas do processo produtivo que mais influenciam as reclamações de campo.

No sentido de alcançar o objetivo geral, os objetivos específicos são os seguintes:

- Estabelecimento da afinidade existente entre as principais falhas de campo e as falhas detectadas ao longo do processo produtivo;
- Execução de um novo desdobramento segundo a filosofia do QFD;
- Determinação da criticidade das etapas do processo produtivo sob a ótica do campo.

### 1.4- ESTRUTURA DO TRABALHO

Para facilitar a compreensão do tema abordado, procurou-se subdividir este trabalho, em 6 capítulos dispostos em uma sequência lógica.

No capítulo 1, tem-se uma breve explanação sobre o cenário empresarial atual e sobre o problema a ser resolvido. Este capítulo procura mostrar também, resumidamente, a importância da resolução do problema e de que forma isso pode ser feito.

O capítulo 2 consiste de uma revisão bibliográfica da metodologia do QFD (desdobramento da função qualidade). Isto

---

<sup>2</sup> O termo "linguagem operacional" refere-se a linguagem utilizada no dia-a-dia pelo pessoal de todos os setores da organização envolvidos com o processo produtivo (linguagem do chão de fábrica).

porque o QFD possibilita a obtenção das características do produto e do processo, bem como os meios de controle para garantia da qualidade requerida. Tudo isso com base nas necessidades dos clientes.

O capítulo 3 faz um apanhado dos aspectos relativos ao controle do processo produtivo, desde a sua conceituação até as metodologias e ferramentas empregadas no controle e melhoria dos processos.

No capítulo 4 apresenta-se o modelo desenvolvido para a resolução do problema, o qual se utiliza da filosofia do QFD para estabelecer uma correlação dos problemas de campo com os problemas gerados ao longo do processo produtivo.

No capítulo 5, faz-se uma aplicação do modelo proposto.

No capítulo 6, além das conclusões sobre os resultados obtidos, sugerem-se alguns temas que poderão ser alvo de trabalhos futuros.

## CAPÍTULO 2 - AS BASES DO MÉTODO

### 2.1- INTRODUÇÃO

Neste capítulo, far-se-á uma apresentação da metodologia básica, com a qual pretende-se estruturar o trabalho. Contudo, com intuito de caracterizar uma visão mais geral dos conceitos de qualidade, apresenta-se primeiramente uma conceituação de qualidade sob a ótica dos principais autores.

### 2.2- ABORDAGEM DA QUALIDADE SEGUNDO SEUS PRINCIPAIS AUTORES

Deming enfoca a obtenção de melhorias através do uso de técnicas estatísticas para reduzir custos e aumentar a produtividade e qualidade (DEMING, 1990). O autor realça a importância da colaboração mútua entre as funções da companhia para a satisfação das exigências da qualidade do cliente ou mercado. O "ciclo de Deming" (ver figura 2.1) é um conceito de gerenciamento que visa desenvolver um novo produto com base nas exigências demonstradas pelo mercado. O produto é então produzido e disponibilizado para que o departamento de vendas possa introduzi-lo com sucesso no mercado. O ciclo será imediatamente reativado a fim de estabelecer se o objetivo de satisfazer o cliente foi atendido.

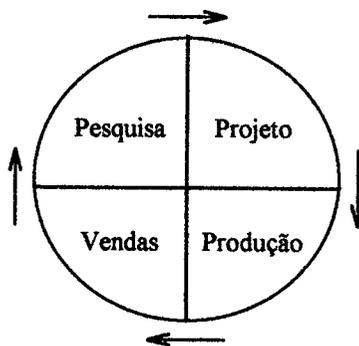


Fig. 2.1 - Ciclo da Qualidade de Deming (DEMING, 1990)

Se houver discrepâncias, a área de desenvolvimento do produto tem que identificar as ações corretivas necessárias e a produção deve colocá-las em vigor. Para garantir que o cliente fique sempre satisfeito, o ciclo requer movimentação contínua.

Para Juran (1993), as atividades que se relacionam a qualidade estão subdivididas em planejamento da qualidade, controle da qualidade e melhoria da qualidade (trilogia de Juran). O planejamento da qualidade contribui para o projeto de produtos, serviços e processos livres de problemas de qualidade. O controle da qualidade monitora constantemente os dados relativos ao produto ou processo, comparando-os com normas definidas. Quando há algum desvio fora dos limites, são tomadas ações corretivas a fim de fazer com que o produto ou processo volte a ser conforme as normas definidas. A melhoria da qualidade (um esforço que necessita ser sustentado no decorrer do tempo, daí o termo "melhoria contínua") age sobre os processos e produtos com o objetivo de garantir que o nível da qualidade seja sempre mais alto que o custo competitivo e, em qualquer caso, pelo menos igual ao do melhor concorrente do mercado.

Juran atribui a responsabilidade pela qualidade final do produto ou serviço à "função qualidade", que segundo ele, "é um conjunto das atividades através das quais atingimos a adequação ao uso, não importando em que parte da organização estas atividades são executadas."

Crosby, o pai da filosofia Zero Defeito, baseia-se na teoria em que a qualidade é assegurada se todos se esforçarem para fazer seu trabalho corretamente da primeira vez. Para Crosby (1990), a qualidade é responsabilidade dos trabalhadores.

Sua filosofia é voltada mais para o comportamento humano, como único meio para se garantir a qualidade. O

comportamento humano "Zero Defeito" é conseguido através de motivação.

Para Crosby (1990, p.191), "as pessoas são seres pensantes que exigem cuidados e podem dizer se você as respeita ou não. Trabalham por apreço e senso da obrigação cumprida ao realizarem bem o trabalho".

Para Feigenbaum (1994), a qualidade deixa de ser responsabilidade de um departamento especializado em controle da qualidade e passa a ser função de todas as áreas da empresa. Para coordenar as atividades de todas as áreas da empresa no controle da qualidade, sugere uma estrutura sistêmica: "há necessidade de um sistema efetivo para integrar esforços relativos ao desenvolvimento, manutenção e melhoria da qualidade a todos os grupos da organização, de forma a habilitar áreas essenciais da empresa, como marketing, engenharia, produção e serviços, a desenvolverem suas atividades a um nível mais econômico possível, com a finalidade primeira de atender, plenamente, às necessidades do consumidor".

Segundo o autor, a qualidade pode ser definida como "a combinação de características de produtos e serviços referentes a marketing, engenharia, produção e manutenção, através das quais produtos e serviços em uso corresponderão às expectativas do cliente".

A abordagem de Ishikawa (1993) nasceu a partir da compilação de diversos aspectos do trabalho de vários especialistas como Deming, Juran e Shewhart, acrescentando a eles uma grande preocupação com a participação do elemento humano e trazendo para o controle da qualidade uma visão humanística sob a influência dos trabalhos de Maslow, Herzberg e McGregor.

O ciclo PDCA (*Plan, Do, Check, Act* - planejar, executar, verificar e agir) é uma adaptação japonesa livre do círculo de Deming (ver figura 2.2). Enquanto que este enfatiza a importância da interação entre pesquisa de mercado,

planejamento, produção e vendas, o ciclo PDCA implica na melhoria de todos os processos de fabricação ou negócio. No Japão, o ciclo PDCA foi usado inicialmente como abordagem à melhoria e foi aplicado a todas as situações, principalmente ao processo de produção.

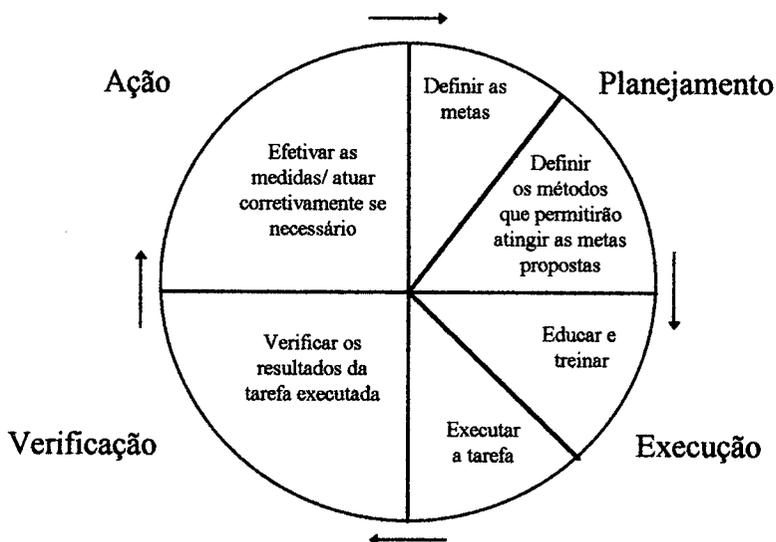


Fig. 2.2 - Ciclo PDCA de melhoria (ISHIKAWA, 1993)

A grande verdade é que a percepção da qualidade se dá através da interação do produto com o cliente.

Dessa maneira, Juran (1993, P.11) cita que "produto é o resultado de qualquer processo, e o cliente é uma pessoa que sofre o impacto do produto".

### 2.3- A METODOLOGIA DO QFD

O QFD, abreviação de *Quality Function Deployment* (Desdobramento da Função Qualidade), é um método utilizado para interpretar desejos do cliente, transformando-os em linguagem de projeto; ou seja: fazer para o consumidor aquele produto que ele deseja.

Segundo Eureka (1993, p.13), "no complexo ambiente industrial de hoje, o cliente e o operador do chão de fábrica,

que executa o produto do cliente, raramente conversam um com o outro. O QFD traz a voz do cliente diretamente para o chão da fábrica”.

É com esse enfoque que se pretende utilizar a metodologia do QFD, neste trabalho. Se não forem bem compreendidas, as reclamações do cliente podem facilmente sofrer distorções, direcionando de forma inadequada todas as ações de melhoria do processo.

Para Feigenbaum (1994, vol.1, p.171), “os dados de falha no campo e as reclamações do consumidor devem ser suficientemente detalhados para permitir uma análise das causas, de modo que uma ação corretiva apropriada possa ser aplicada”; a metodologia do QFD possibilita esse detalhamento.

A seguir serão apresentadas as principais abordagens do QFD.

### 2.3.1- ABORDAGEM DE YOJI AKAO

A abordagem de Akao (1990) é a mais abrangente e contempla quatro perspectivas distintas de desdobramento: desdobramento da qualidade, da tecnologia, da confiabilidade e do custo.

O modelo de Akao sugere a utilização destes quatro desdobramentos para um estudo mais abrangente e completo sobre um dado tema, no entanto a presença ou não das quatro fases do desdobramento num determinado estudo é dependente dos objetivos estabelecidos, ou seja, depende do setor da indústria e da proximidade ao consumidor final.

É importante frisar, neste momento, que os quatro desdobramentos não implicam em quatro matrizes, para cada um dos desdobramentos, o autor sugere uma série de matrizes, que são utilizadas dependentemente dos parâmetros citados.

Para a definição clara do desdobramento a ser realizado, deve-se elaborar um modelo conceitual (ver figura

2.3), que é o caminho a ser percorrido para a obtenção do objetivo proposto. No modelo conceitual estão dispostas em sequência lógica, as matrizes necessárias, conforme o que se pretende.

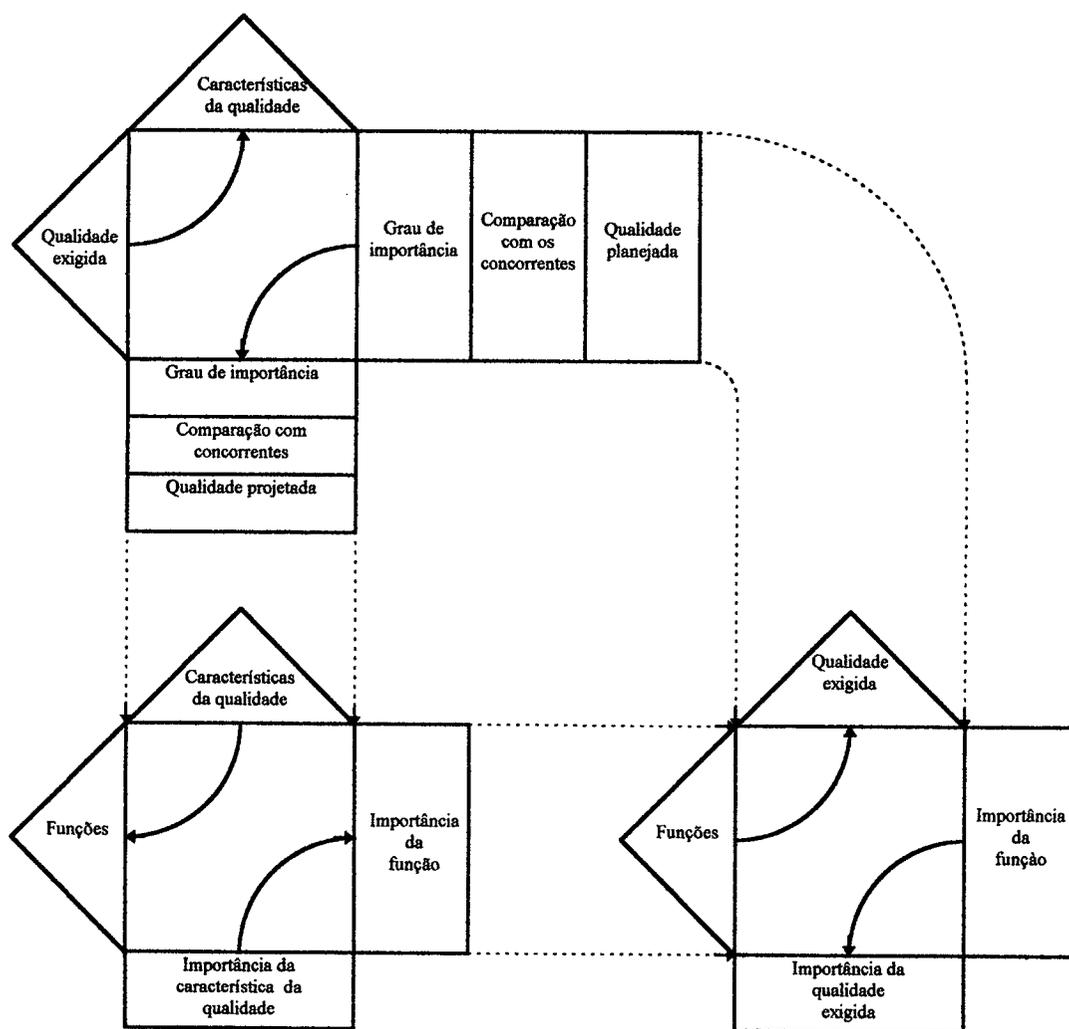


Fig. 2.3 - Exemplo de modelo conceitual para o QFD segundo Akao (AKAO, 1990)

As matrizes mostram os pontos chave que merecem ser trabalhados visando a promoção das melhorias desejadas.

Para auxiliar o tratamento das informações obtidas, o autor sugere a utilização de técnicas como a Engenharia do Valor (CSILLAG, 1995), a Metodologia de Taguchi (ROSS, 1988), Projeto de Experimentos (MOEN, 1991), Análise de Árvore de

Falhas e Análise do Modo e Efeito de Falhas (HELMAN, 1995) e outros, compondo assim um sistema estruturado para gerenciar o desenvolvimento de produtos e serviços com um enfoque voltado para as necessidades do consumidor.

Uma das características mais importantes dessa versão é o entendimento do QFD num sentido mais amplo, separando-o em QD e QFDr.

O QD (desdobramento da qualidade) visa desdobrar a qualidade, utilizando a lógica da causa e efeito, de forma sistematizada. O desdobramento parte da voz do cliente, passando por características da qualidade do produto até chegar a um determinado valor de um parâmetro de controle.

O QFDr (desdobramento da função qualidade no sentido restrito) é o desdobramento de um conjunto de procedimentos gerenciais e técnicos. Estes procedimentos em conjunto formam o padrão gerencial de desenvolvimento de produto e o plano de atividades do desenvolvimento do produto (CHENG, 1995), que descrevem de que forma os times interfuncionais de projeto devem trabalhar para obter o produto desejado pelo consumidor.

### 2.3.2- ABORDAGEM DE BOB KING

Difundida pelo Goal/QPC, a abordagem de Bob King (1987) reorganizou o sistema de Akao agrupando todas as matrizes em uma única matriz chamada de Matriz das Matrizes, conforme figura 2.4. Além disto, procurou esquematizar os desdobramentos passo a passo de maneira mais lógica. Por último, incluiu o novo conceito de Método de Seleção do escocês Stuart Pugh (PUGH, 1995), o qual assegura a introdução do ingrediente inovação no processo do QFD. No modelo de King são propostas 30 matrizes a escolher, conforme a necessidade.

King sugere para cada objetivo uma sequência diferente de utilização das matrizes. Para cada objetivo, como confiabilidade, custos, inovação, métodos de manufatura, são

indicadas também as ferramentas mais apropriadas a serem utilizadas.

	A	B	C	D	E	F
		custo e outras				
		matrizes				
		especiais	mecanismos	h.modos de falha		
	caract. qualidade	funções	1º nível detalham.	do produto	g.novos conceitos	eng. do valor
a.necess. do cliente						
	a.necess. do cliente		f.novas tecnologias			
				a.necess. do cliente		
					a.necess. do cliente	
	caract. qualidade	custo	mecanismos	h.modos de falha	novos conceitos	FTA, FMEA
c.funções			1º nível detalham.	do produto		
	análise competitiva					
			c.funções			
				c.funções		
		breakthrough	mecanismos	h.modos de falha		PDPC, RD
	caract. qualidade	targets	1º nível detalham.	do produto	novos conceitos	Factor Analysis
b.caract. qualidade						
	b.caract. qualidade	detalhamento				
			b.caract. qualidade			
				b.caract. qualidade		
		planejamento	mecanismos	i.modos de falha		projeto de
	caract. qualidade	caract. qualidade	1º nível detalham.	dos componentes	g.novos conceitos	melhoria da planta
e.componentes						
	2º nível detalham.					
		compon. críticos				
			e.componentes			
				e.componentes		
			2º nível detalham.			
				sumário		
	G-1	G-2	G-3	G-4	G-5	G-6
	Tabela de G.Q.	Desdobramento	Planejamento do	FTA	FMEA Processo	C.Q. do
		do Equipamento	Processo			Processo

Fig.2.4 - Matrizes de QFD (KING, 1987)

2.3.3- ABORDAGEM DE HAJIME MAKABE

Em março de 1994, durante uma visita à Fuji-Xerox Ltd., em Tóquio, Japão, Dr. Don Clausing, professor adjunto de

Inovação e Prática em Engenharia, do Instituto de Tecnologia de Massachussets, tomou conhecimento da metodologia de desenvolvimento do produto praticada na empresa da qual o Dr. Hajime Makabe era consultor (EUREKA, 1993). Devido à praticidade da abordagem, esta foi disseminada por Clausing nos EUA, sendo hoje adotada pelo American Supplier Institute - ASI. Das três, é a mais difundida na atualidade, devido à sua simplicidade (figura 2.5).

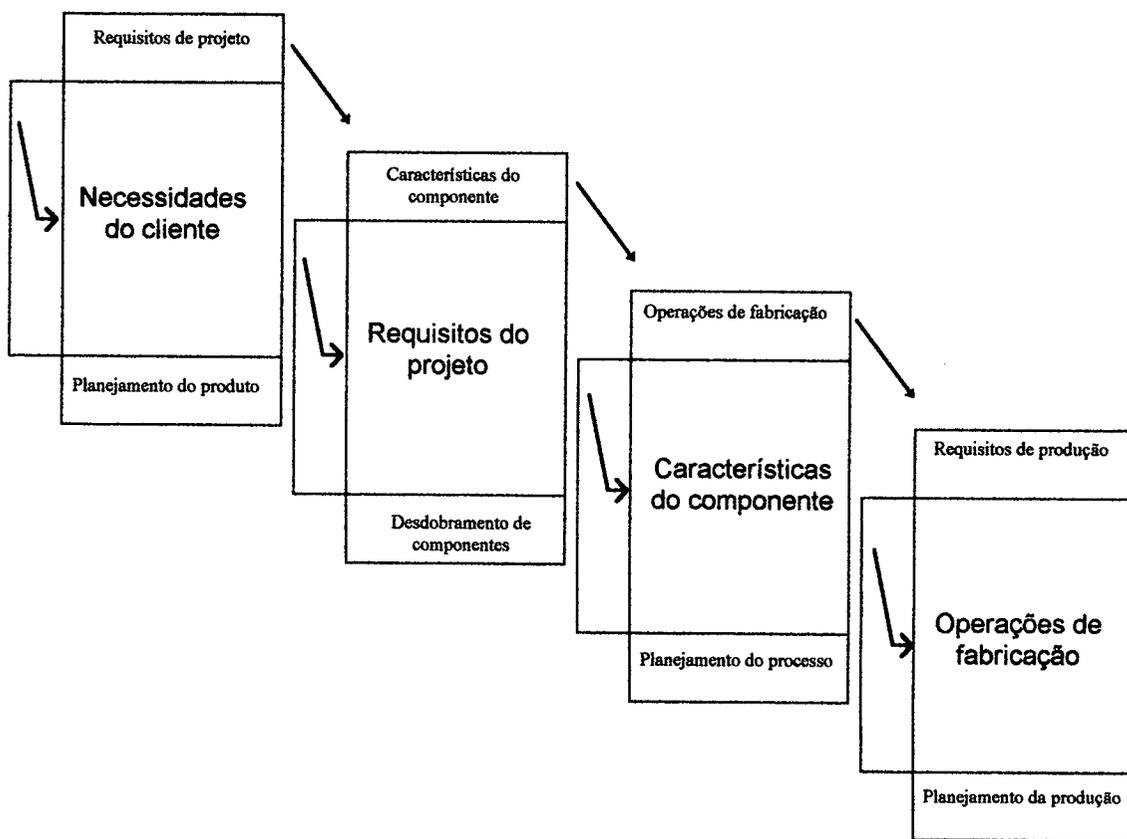


Fig.2.5 - QFD segundo Makabe (EUREKA, 1993)

Apesar de sua grande aceitação junto às empresas, esta abordagem tem sido muito criticada pelos estudiosos japoneses devido a sua limitação, pois como o modelo é reduzido a apenas quatro matrizes, permite apenas uma análise superficial da empresa ou objeto de estudo, sem no entanto, considerar as peculiaridades de cada caso como o tipo de produto ou serviço,

o mercado em que está inserido, as condições de concorrência, etc. Além disto, o método não contempla objetivos mais específicos como desdobramento de custos ou de confiabilidade.

#### 2.4- O MODELO DA QUALIDADE ON-LINE

A aplicação bem sucedida de qualquer uma das três abordagens citadas depende em grande parte da correta interpretação das necessidades dos clientes e da manutenção destes requisitos ao longo do ciclo de desenvolvimento do produto. Para Paladini (1994, p.20), "o modelo da qualidade on-line procura viabilizar, em termos práticos, a ênfase que se confere ao cliente no conceito da qualidade. Pode-se definir este modelo como o esforço feito pela empresa para captar, o mais rapidamente, possíveis alterações em preferências, hábitos ou comportamentos de consumo, e repassá-las ao processo produtivo, de forma a adaptar, no menor espaço de tempo, o processo à nova realidade do mercado. Cria-se assim um produto sempre adequado ao consumidor".

Assim, o processo deve ser suficientemente flexível para viabilizar as alterações que se fizerem necessárias no produto e a empresa deve desenvolver um sistema de informações para captar constantemente as necessidades do mercado.

O nível de adequação do projeto às necessidades dos clientes determina a "qualidade de projeto". A qualidade de projeto então é definida antes mesmo que o produto exista fisicamente. Se durante o processo produtivo o produto sofrer variações em relação a sua qualidade de projeto, poderão surgir duas situações decorrentes dessas variações:

- a) Se as variações provocam alterações de pequeno porte e elas são toleráveis, o projeto poderia absorvê-las. Neste caso, o projeto sofrerá pequenas mudanças, que

poderão ser feitas sempre que o consumidor final também aceitá-las.

- b) Se forem alterações significativas, há dois caminhos: o projeto é modificado (o produto final será diferente daquele que havia sido concebido inicialmente), ou o processo produtivo é adaptado.

Um ponto importante então, a ser observado quando do desenvolvimento de um novo produto, é que paralelamente à fixação das especificações de projeto, seja feito um estudo da viabilidade da produção.

Kotler (1994) e Breen (1991), são algumas das muitas referências típicas da qualidade on-line que podem ajudar os envolvidos na captação das reais necessidades do mercado.

## 2.5- CONCLUSÃO

Fazendo uma análise das três abordagens pode-se observar que o enfoque de Akao é mais abrangente uma vez que, além do desdobramento da qualidade do produto, contempla também o desdobramento das atividades a serem encabeçadas na execução do projeto. Quando King e Makabe propuseram matrizes específicas para o "desdobramento da qualidade", buscavam com isso facilitar a aplicação da metodologia através de uma limitação no uso das matrizes, relacionando aquelas cuja utilização fosse mais frequente, diante das suas necessidades, inclusive direcionando a sua aplicação.

## **CAPÍTULO 3 - CONTROLE DO PROCESSO PRODUTIVO**

### **3.1- INTRODUÇÃO**

Para minimizar a variabilidade inerente a todo processo, as fontes da variação indesejada precisam ser identificadas e eliminadas (ou pelo menos reduzidas). Isto requer conhecimento do processo.

Resoluções rápidas baseadas em informações incompletas e de difícil entendimento podem causar perdas financeiras resultantes de ações incorretas ou falta de ação quando esta ação é necessária.

Um controle do processo adequado permite à organização a obtenção de produtos conforme as especificações e fornece as informações necessárias ao processo de melhoria contínua.

### **3.2- CONCEITUAÇÃO DE PROCESSO**

Segundo Harrington (1993, p.10), "processo é qualquer atividade que recebe uma entrada (*input*), agrega-lhe valor e gera uma saída (*output*) para um cliente interno ou externo".

O autor classifica os processos como sendo basicamente de dois tipos:

a) Processo produtivo - qualquer processo que entra em contato físico com o produto ou serviço que será fornecido a um cliente externo, até o ponto em que o produto é embalado, não incluindo os processos de transporte e distribuição.

b) Processo empresarial - todos os processos que geram serviço e os que dão apoio aos processos produtivos. Um processo empresarial consiste num grupo de tarefas interligadas logicamente, que fazem uso dos recursos da organização, para gerar resultados definidos, em apoio aos objetivos da organização.

Montgomery (1990) mostra o processo produtivo como um sistema composto por *inputs* e *outputs* (ver figura 3.1). Os *inputs*  $X_1, X_2, \dots, X_n$  são fatores controláveis tais como temperatura, pressão e outras variáveis do processo. Os *inputs*  $Z_1, Z_2, \dots, Z_n$  são entradas não controláveis, tais como fatores ambientais. O processo de manufatura transforma estes *inputs* em um produto acabado  $y$  (*output*), cuja qualidade depende da qualidade do processo.

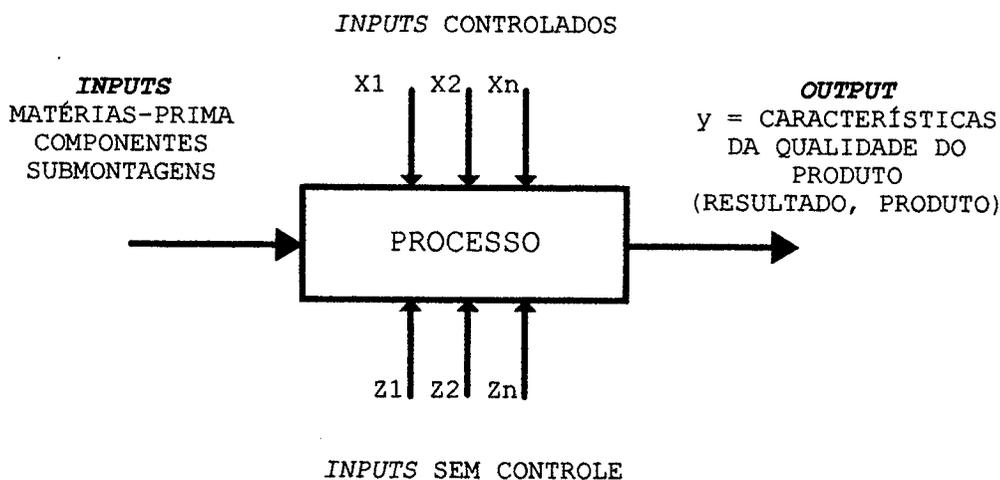


Fig. 3.1 - Inputs e outputs de um processo produtivo (MONTGOMERY, 1990)

Campos (1992, p.17) define processo como "um conjunto de causas que provoca um ou mais efeitos", e a exemplo de Harrington, os divide em processos de manufatura e de serviços (processos produtivos e empresariais).

Assim, estabelecida a relação entre produto e processo, conclui-se que a obtenção de um produto conforme especificado depende de um controle efetivo do processo envolvido.

### 3.3- CONCEITUAÇÃO DE CONTROLE DO PROCESSO

Segundo Juran (1993, p.19), "o controle do processo consiste de três atividades:

- avaliação do desempenho real do processo;
- comparação do desempenho real com as metas;
- tomada de providências a respeito da diferença”.

Em outras palavras, o controle do processo consiste na avaliação sistemática necessária ao desempenho de um processo e as ações corretivas tomadas, necessárias à manutenção das especificações.

Para Feigenbaum (1994), “controle” na indústria, tem o seguinte significado: “é um processo de delegação de responsabilidade e autoridade à atividade gerencial, porém mantendo meios para garantir resultados satisfatórios.

Normalmente existem quatro etapas nesse controle:

- Estabelecimento de padrões. Determinação dos padrões exigidos para custo, desempenho, segurança e confiabilidade na qualidade de um produto;
- Avaliação da conformidade. Confrontação da conformidade do produto fabricado, ou serviço oferecido, com esses padrões;
- Agir quando necessário. Correção dos problemas e de suas causas ao longo de toda série de fatores relacionados com marketing, projeto, engenharia, produção e manutenção, que exercem influência sobre a satisfação do usuário;
- Planejar melhorias. Desenvolvimento de esforço contínuo no sentido de aperfeiçoar padrões de custo, desempenho, segurança e confiabilidade.

Atualmente, um controle efetivo é o elemento principal para um gerenciamento bem sucedido. Falhas nesse controle têm sido responsáveis por aumentos de custo e reduções na receita das empresas. Também têm representado o principal fator colaborador no desenvolvimento da responsabilidade, da segurança e de reclamações, que adicionaram dimensões novas aos problemas de gerenciamento”.

Paladini (1995, p.168) considera o controle do processo como "um conjunto de atividades planejadas e desenvolvidas com a finalidade de conhecer o processo em estudo". O conhecimento do processo, nesse caso, envolve a obtenção de informações sobre ele e uma definição de suas tendências.

Scapin (1997, p.3) mostra através da figura 3.2 a idéia geral de controle do processo produtivo, ou seja, com base nas informações do desempenho do processo obtidas através do monitoramento de seus fatores ou diretamente sobre o seu resultado (produto), devem ser tomadas as devidas ações de melhoria para o alcance das metas do processo.

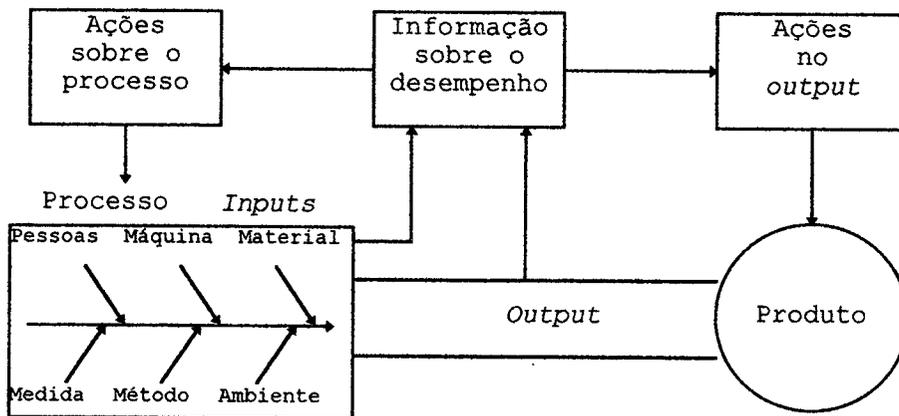


Fig. 3.2 - Controle de um processo (SCAPIN, 1997)

O autor cita ainda que existem duas formas de se obter dados a respeito do processo. Uma forma por ele denominada "inspeção para a detecção de defeitos" (ver figura 3.3), atua sobre o processo após a ocorrência das não-conformidades, incorrendo-se em custos de retrabalho e/ou refugo. Esse tipo de controle está centrado no produto.

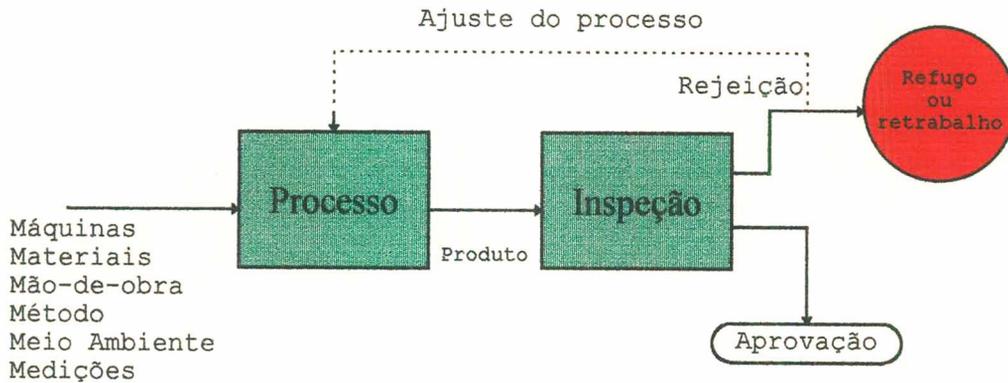


Fig. 3.3 - Controle centrado no produto (SCAPIN, 1997)

A outra forma, mais ofensiva, denominada "controle por prevenção" (figura 3.4), evita a fabricação de produtos defeituosos. Para Kume (1993), isso é possível, desde que se identifiquem as características verdadeiras a serem controladas. Este tipo de controle está centrado no processo.

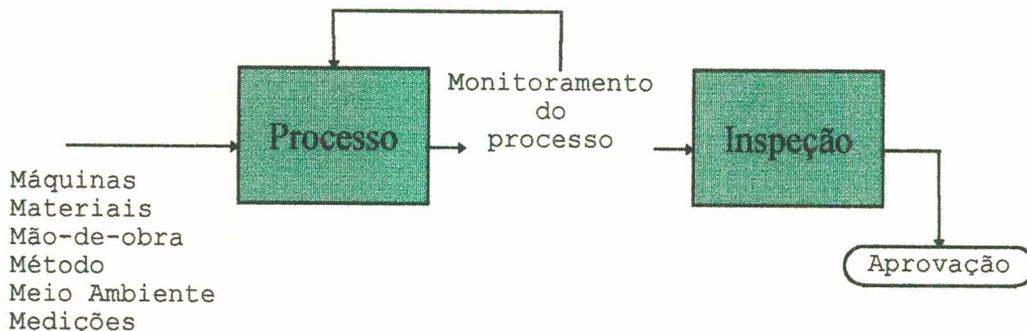


Fig. 3.4 - Controle centrado no processo (SCAPIN, 1997)

Assim, "a idéia básica é a de que, controlando-se o processo, o produto dele resultante estará, também, controlado" (PALADINI, 1990, p.127).

Segundo Crosby (1990, p.114), "precisamos aprender a medir o processo de trabalho enquanto este está em andamento, não ficar esperando até que um produto tangível apareça para então cair sobre ele".

A figura 3.5 ajuda na apreensão do sentido da expressão "controle do processo". Essa figura ilustra o controle do



matriz que correlacione as etapas do processo com as características da qualidade dos componentes.

Cheng lembra sobre a necessidade de (para o pessoal de manufatura) definir claramente quem, quando e como deve ser feita a amostragem dos produtos, o método a ser utilizado na sua medição, os documentos utilizados para registrar os resultados, o tipo de gráfico de controle e quem deve tomar providências em caso de ocorrência de anomalia.

Após a definição dos itens de controle, deve-se preparar o que o autor denomina de Padrão Técnico de Processo (PTP), cujo objetivo é possibilitar o controle dos processos produtivos em nível de chão de fábrica. O PTP consiste de uma planilha onde estão descritas as etapas do processo, seus pontos e métodos de controle, características que devem ser controladas, por quem e onde, com base em quais tipos de dados.

Berwick (1995) faz a seguinte constatação: "No gerenciamento da qualidade, é importante identificar os tipos e componentes de processos mais importantes e controlá-los. Aqueles que tentam controlar tudo frequentemente vêm-se enterrados em medições e acabam não tomando iniciativas em relação a nada. Para garantir a qualidade de cada parâmetro-chave de um processo, deve-se ter uma definição clara do nível desejado de desempenho da qualidade, uma maneira de medir o desempenho, uma maneira de interpretar as medições e uma maneira de pôr em prática ações para restabelecer o controle quando necessário. Estes são os elementos básicos do efetivo controle da qualidade". Assim o controle da qualidade deve concentrar-se nos processos vitais.

Da mesma forma, Juran (1992) enfatiza que os objetos de controle podem ser muito numerosos, devendo os "projetistas" do controle do processo identificar os poucos objetos de controle que são vitais, para que eles recebam prioridade adequada.

A prevenção da ocorrência de falhas deve ser o objetivo principal do planejamento de controle do processo. Cheng (1995)

define falha como sendo "a perda da habilidade de um item em desempenhar uma função exigida". Defeito, segundo a norma ISO 8402 (ABNT, 1993), é "qualquer estado ou condição de inadequabilidade para uso ou não-conformidade com a especificação".

Quando as falhas não implicam em interrupção do funcionamento do produto, estas podem, por divergência de critérios, não ser interpretadas, tanto pelo fabricante (produtor) como pelo consumidor. "Denota-se, inclusive, a mesma dificuldade dentro da própria empresa, ou seja, a divergência de conceito entre dois setores. Estes fatos constantemente ocorrem quando se trata da análise sensorial, dependente dos 5 sentidos do elemento humano. Por exemplo, em relação a um risco na pintura, alguns dirão que é um defeito, enquanto outros, pelo fato de esta característica não afetar a performance do conjunto, dirão que não é" (ISHIKAWA, 1993, p.48). Isso reforça a necessidade de objetividade para os critérios de avaliação. Assim, uma avaliação do sistema de medição deve ser feita sempre que se pretende iniciar um trabalho de avaliação do comportamento de um processo, principalmente, quando se estiver trabalhando com dados medidos por atributo. A confiabilidade do sistema de medição deve ser sempre questionada e apurada.

### 3.5- PROCEDIMENTOS PARA CONTROLE DO PROCESSO PRODUTIVO

Como a qualidade é percebida no produto que interage com o cliente, a inspeção da qualidade tem uma importância fundamental dentro do controle do processo, uma vez que avalia o resultado deste. Para Juran (1993, p.359), a inspeção é definida como: "atividade de medição, exame, teste e classificação de um produto ou serviço em relação a uma ou mais características e sua comparação com necessidades devidamente especificadas para determinar sua conformidade".

De acordo com o autor, a principal função da inspeção é determinar se o produto está de acordo com a especificação. No entanto, este pondera que existem outras razões, conforme a tabela 3.1.

Propósito	Designação comum	Aspectos característicos	
a. Distinguir lotes bons de lotes ruins	Amostragem de aceitação ou inspeção por amostragem; também chamada:	O principal objetivo é o de classificar lotes de produtos para verificar se são aceitáveis ou não. Resultados da amostragem são usados para fazer essa classificação. Os dados da amostragem estão geralmente disponíveis ao departamento de produção.	
	Inspeção de recebimento		Se efetuada pelo comprador no material de outra companhia.
	Inspeção no processo		Se efetuada entre departamentos da mesma companhia.
	Inspeção final		Se efetuada pelo vendedor antes da expedição do produto acabado ao cliente.
b. Distinguir peças boas de peças ruins	Inspeção detalhada, inspeção 100%, ou seleção; também chamada:	O principal objetivo é selecionar o produto entre peças boas e ruins. Qualquer dado será incidental, mas em geral está disponível ao produtor.	
	Classificação		Se o processo não conseguir satisfazer às tolerâncias. Se o processo for adequado, mas as dificuldades da fábrica ocasionaram defeitos desnecessariamente.

Propósito	Designação comum	Aspectos característicos
c. Determinar se o processo está mudando	Amostragem de controle (Controle estatístico do processo - CEP)	A principal finalidade é ver se o processo está mudando. Normalmente se faz por meio de gráficos de controle de Shewhart que comparam a média de amostras com os limites estatísticos. Detecta a ocorrência de causas significativas de variação. Qualquer classificação do produto é incidental.
d. Determinar se o processo está próximo dos limites de especificação	Pré-controle	A principal finalidade é ver se a tendência de mudança dentro do processo é tal que haja perigo de produção de produto defeituoso. Em geral feita através de gráficos que comparam medidas de unidades individuais com limites de especificação estreitos.
e. Classificar a qualidade do produto	Auditoria do produto ou classificação de qualidade	O principal propósito é "fotografar" a qualidade do produto. Normalmente a relevância dos defeitos é reconhecida pela atribuição de deméritos ou pesos dependendo da relevância dos defeitos. Os resultados geralmente são mostrados como deméritos por unidade de produto.

Propósito	Designação comum	Aspectos característicos
f. Classificar a acurácia dos inspetores	Inspeção de acurácia, ou inspeção de verificação	O principal objetivo é medir a efetividade dos inspetores em achar defeitos. É feita comparação entre (1) defeitos achados pelo inspetor e (2) defeitos que deveriam ter sido encontrados pelo inspetor. A razão de (1) para (2) é a acurácia do inspetor.
g. Medir a precisão do instrumento de medição		O principal objetivo é medir a capacidade de o instrumento reproduzir suas próprias leituras em condições semelhantes. Geralmente requer verificações repetidas através do mesmo instrumento na mesma unidade de produto. Pode envolver verificações através de mais de um instrumento na mesma unidade de produto.
h. Assegurar informação produto-projeto	Teste de qualificação	O objetivo principal é julgar a aptidão de serviço do produto. Algumas vezes envolve testes de severidade crescente.
i. Medir a capacidade estatística do processo	Medição da capacidade estatística	Quantifica variação inerente ao processo.

Tab. 3.1 - Os propósitos da inspeção (adaptado de JURAN, 1993)

Devido à sua importância crescente e ao seu emprego cada vez mais freqüente, é oportuno comentar um pouco mais sobre a condução da inspeção via autocontrole.

O autocontrole nada mais é que a inspeção realizada pelo próprio executante do seu próprio trabalho, de acordo com

regras especificadas. Essa forma de verificação da qualidade é muito utilizada pelo pessoal operacional, fazendo uso dos procedimentos operacionais padronizados.

Em relação ao auto-controle, é importante citar o que Juran (1993, p.202) descreve e conceitua como sendo o auto-controle: "idealmente, o planejamento da qualidade para qualquer trabalho deve colocar o funcionário em estado de auto-controle. Quando o trabalho é organizado de modo a permitir que a pessoa tenha domínio completo sobre a obtenção dos resultados planejados, diz-se que essa pessoa está em estado de auto-controle e pode, portanto, ser adequadamente responsável pelos resultados." O autor menciona que, para colocar as pessoas em estado de auto-controle, estas devem ter conhecimento do que fazer, conhecimento do que estão fazendo e conhecimento de meios para regularizar o que estão fazendo, caso não estejam cumprindo com os seus objetivos. Cabe aqui uma reflexão sobre a forma como está se fazendo essa transferência de informação em níveis operacionais.

### 3.6- METODOLOGIAS PARA MELHORIA DOS PROCESSOS

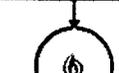
Para Kume (1993, p.202), "um problema é o resultado indesejável de um trabalho". Logo, para melhorar os resultados das atividades desenvolvidas, é necessário eliminar os problemas. Nesse ponto vale ressaltar que, em qualidade, talvez tão importante quanto a solução de um problema é a forma pela qual ele foi solucionado. Se isso ocorreu na base da experiência ou da intuição, há um grande risco de que o problema venha a se repetir, devido a alguma falha na determinação da causa real deste e/ou da solução empregada para sua eliminação.

Algumas metodologias já propostas por especialistas procuram delinear um caminho mais fácil e seguro para a resolução de problemas.

### 3.6.1- A METODOLOGIA DO QC STORY

O QC Story é um procedimento adotado pela JUSE (*Union of Japanese Scientists and Engineers*) para resolução de problemas. Consiste de uma história ou enredo das atividades do controle da qualidade, devendo a isso a sua denominação.

Divulgada mundialmente por estudiosos japoneses como Kaoru Ishikawa e Hitoshi Kume, essa metodologia é muito difundida entre as empresas brasileiras. Kume (1993) apresenta a metodologia do QC Story, também conhecida como "Método de Análise e Solução de Problemas". Essa abordagem está centrada na realização de sete passos, conforme descrito na tabela 3.2.

Fluxo	Processos	Objetivo
	Identificação do problema	Definir claramente o problema e reconhecer a sua importância
	Observação	Investigar as características específicas do problema com uma visão ampla e sob vários pontos de vista
	Análise	Descobrir as causas fundamentais
	Ação	Bloquear as causas fundamentais
	Verificação	Verificar se o bloqueio foi efetivo
	(O bloqueio foi efetivo?)	
	Padronização	Prevenir contra o reaparecimento do problema
	Conclusão	Recapitular todo o processo de solução do problema para o trabalho futuro

Tab. 3.2 - QC Story (KUME, 1993)

Durante a aplicação da metodologia, várias ferramentas estatísticas básicas são empregadas para auxiliar nas análises necessárias.

### 3.6.2- A METODOLOGIA DO CICLO DE OPORTUNIDADE

Harrington (1988, p.129) descreve o que intitula "Ciclo de Oportunidade", como sendo "um meio sistemático para resolver problemas e evitar que os mesmos ocorram novamente". Segundo o autor, cada problema investigado deve passar pelas cinco diferentes fases indicadas na figura 3.6.

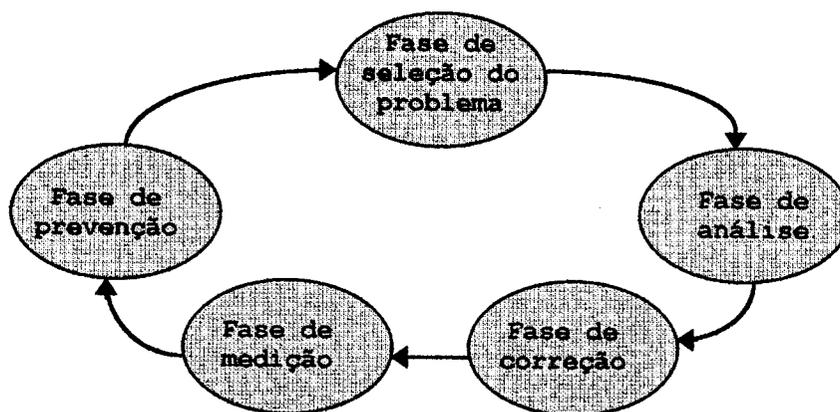


Fig. 3.6 - Ciclo de oportunidade (HARRINGTON, 1988)

A fase de seleção do problema: A primeira fase do ciclo de oportunidade é a de selecionar o problema (ou oportunidade), que representa um gargalo ou um desperdício na área. Para poder iniciar o ciclo, a equipe deve fazer uma lista dos problemas em potencial. Depois, deve colher dados que medirão a magnitude de cada problema.

O passo mais importante para resolver um problema é reconhecer que se está enfrentando um deles. O princípio de Pareto pode ajudar a determinar quais problemas devem ser resolvidos em primeiro lugar.

A fase de análise: O próximo passo é fazer uma análise detalhada para obter o máximo de informações possíveis sobre o

problema. Primeiro, deve-se fazer uma verificação cuidadosa dos dados reunidos para garantir correção. Este é um passo crítico, porque frequentemente dados enganosos podem causar muitos esforços perdidos.

Uma vez que se esteja seguro de que os dados básicos são válidos, deve-se determinar o mecanismo da falha. Isto pode representar uma análise detalhada de falhas no item defeituoso ou a realização de experimentos controlados, planejados para salientar a origem do problema.

A fase de correção: Uma vez que a causa real do erro tenha sido encontrada, a equipe estará pronta para desenvolver um plano que evitará permanentemente a repetição do problema ou, no mínimo, o reduzirá a um nível compatível com as metas da equipe. A fase de correção consiste em seis passos:

1. Determinar se pode ser implantada uma correção provisória;
2. Desenvolver soluções alternativas;
3. Selecionar a melhor solução;
4. Estabelecer um plano de execução da solução, que deverá incluir o tempo de programação para a implantação;
5. Obter a aprovação da gerência;
6. Executar o plano.

A fase de medição: O impacto do plano de ação corretiva deve ser medido, de modo a termos certeza de que a solução realmente resolveu o problema. Se a solução não resolver o problema ou o nível de correção for insatisfatório, a equipe deverá voltar ao início da fase de correção, para desenvolver abordagem alternativa. Se o plano for bem sucedido, a equipe deverá preparar um relatório resumido, descrevendo o problema, os métodos de correção e os ganhos de qualidade, custo e

produtividade. Deverá também suspender qualquer ação temporária.

A fase de prevenção: Após o problema ter sido resolvido, os membros da equipe entrarão na fase de prevenção do ciclo de oportunidade. Durante esse estágio, deverão fazer uma revisão do conhecimento adquirido acerca do problema e então aplicá-lo ao resto das linhas de produção e/ou atividades da companhia, em condições semelhantes. Essa fase final do ciclo de oportunidade permite que a experiência adquirida em um único problema possa ser aplicada à solução global. O objetivo dessa fase é alterar os sistemas de forma que o problema possa ser eliminado definitivamente das atividades futuras. Esta provavelmente será a fase mais difícil do ciclo, mas é a fase onde poderão surgir as consequências mais importantes.

A primeira fase das atividades de prevenção deve ser focalizada nos procedimentos que controlam o problema (especificações de engenharia, folhas de processo, procedimentos gerenciais, etc.). Esses procedimentos devem ser modificados para refletir as soluções de forma apropriada. Segundo Harrington, "com muita frequência as pessoas escolhem um problema, analisam sua origem, executam ações para corrigí-lo e depois passam para o próximo problema, falhando na medição do quanto a ação foi eficaz e nunca aplicando o conhecimento que adquiriram em outras situações. A prevenção ocorre através da aplicação do conhecimento apreendido e não através da resolução de problemas individuais".

### 3.6.3- A METODOLOGIA DO PROCESSO DE MELHORIA DA QUALIDADE - PMQ

O Instituto Juran apresenta uma seqüência geral de passos do Processo de Melhoria da Qualidade (PMQ), conforme mostra a tabela 3.3 (BERWICK, 1995).

Definição e Organização do Projeto	Listar e estabelecer prioridades para os problemas Definir o projeto e a equipe
Jornada de Diagnóstico	Analisar os sintomas Formular teorias sobre as causas Testar as teorias Identificar as causas fundamentais
Jornada para a Solução	Considerar soluções alternativas Projetar soluções e controles Cuidar da resistência a mudança Implementar soluções e controles
Manter os Ganhos	Verificar o desempenho Monitorar o sistema de controle

Tab. 3.3 - Passos do PMQ (BERWICK, 1995)

A figura 3, do anexo 3, apresenta uma matriz indicando a adequação ao uso de algumas ferramentas de melhoria da qualidade, em cada fase do PMQ.

#### 3.6.4- A METODOLOGIA DA ABORDAGEM SISTÊMICA DE PROBLEMAS

Jean-Marie DOUCHY (1992) sugere a melhoria progressiva da competitividade de uma empresa mediante a resolução de um problema por vez, objetivando o "zero defeito". Os problemas devem ser atacados por equipes através da "abordagem sistêmica de problemas", procedimento este, composto por doze etapas, como segue.

1. Reconhecer que há um problema;
2. Identificar o problema;
3. Informar-se sobre a natureza do problema identificado;
4. Reparar a não-conformidade;
5. Procurar as causas possíveis;
6. Imaginar as soluções;

7. Escolher a solução;
  - procurar os critérios de escolha
  - ponderar esses critérios;
8. Definir e experimentar o sistema de controle
9. Decidir - obter a concordância do *management* sobre a solução proposta;
10. Aplicar a solução escolhida;
11. Controlar se o objetivo é atingido, se o processo é confiável;
12. Oficializar, generalizar a solução encontrada.

### 3.6.5- A METODOLOGIA 6 SIGMAS

A abordagem seis sigmas foi desenvolvida pela Motorola, na década de oitenta, com o objetivo de reduzir a taxa de falhas em seus produtos eletrônicos manufaturados. A metodologia foi elaborada com o severo desafio do "desempenho livre de defeitos" e tinha como principais objetivos o aprimoramento da confiabilidade do produto final e a redução de sucata.

Uma possível estratégia de *breakthrough* é o que preconiza a metodologia (HARRY, 1998), visando à melhoria sustentada do processo através da aplicação de ferramentas estatísticas avançadas para a solução de problemas.

As melhorias são obtidas por uma equipe coordenada por um *black belt*, que é um indivíduo com elevada capacidade para resolver problemas na empresa, desde os mais simples aos mais complexos, devido a um treinamento intensivo em ferramentas para a solução de problemas.

Esta metodologia consiste das seguintes fases:

Fase 1 - Medição: Nesta fase, o *black belt* faz a seleção de uma ou mais características críticas da qualidade, mapeia o respectivo processo, executa todas as medições

necessárias, registra os resultados, e estima a capacidade do processo a curto e longo prazos.

Fase 2 - Análise: Nesta fase o *black belt* busca encontrar o produto *benchmark* para definição dos valores de desempenho esperados. Em seguida, é feita uma análise para identificar os fatores comuns determinantes para um desempenho satisfatório; em outras palavras, que fatores explicam ou justificam a performance dos melhores na classe. Em alguns casos isso é necessário para reprojeter o produto ou o processo.

Fase 3 - Melhoria: Esta fase guia o *black belt* em direção às características específicas do produto que devem ser melhoradas para atingimento dos objetivos de desempenho e custo. Uma vez feito isso, as características são analisadas para revelar onde estão as maiores fontes de variação. Em seguida, as variáveis críticas do processo são identificadas através do planejamento de experimentos. Para cada variável do processo que comprovar ser influente, especificações de desempenho (tolerâncias) são estabelecidas.

Fase 4 - Controle: Esta fase é estabelecida para ajudar o *black belt* a documentar e monitorar as novas condições do processo através de métodos de controle estatístico do processo. Após um período de operação, a capacidade do processo é reavaliada para garantir que as melhorias estão sendo mantidas. Dependendo do resultado, pode ser necessário retornar a uma das fases anteriores.

#### 3.6.6- O EMPREGO DE FERRAMENTAS DA QUALIDADE DENTRO DAS METODOLOGIAS DE MELHORIA DOS PROCESSOS

Embora cada metodologia indique o caminho a ser percorrido na resolução de problemas, estas por si só, não os resolvem. Há a necessidade então do emprego de ferramentas (técnicas) adequadas em cada etapa do processo de melhoria. São

muitas as ferramentas existentes para tal, porém cada uma com uma determinada finalidade. Nas seções seguintes, algumas dessas ferramentas serão apresentadas, bem como, o fim a que se destinam.

#### 3.6.6.1- AS 7 FERRAMENTAS DA QUALIDADE

##### a) FOLHA DE VERIFICAÇÃO

As folhas de verificação (DOTY, 1996) constituem uma ferramenta de fácil compreensão, usada para responder a pergunta "Com que frequência certos eventos acontecem?". Ela inicia o processo transformando opiniões em fatos. A construção da folha de verificação envolve as seguintes etapas:

1. Estabelecer exatamente qual evento está sendo estudado.

2. Definir sobre o período durante o qual os dados serão coletados.

3. Construir um formulário claro e de fácil manuseio, reservando espaço suficiente para o registro de dados.

4. Coletar os dados consistente e honestamente, observando o tempo necessário para tal.

##### b) DIAGRAMA DE PARETO

O diagrama de Pareto (DOTY, 1996) é uma forma especial do gráfico de barras verticais que nos permite determinar quais problemas resolver e qual a prioridade. Elaborado com base em uma folha de verificação ou em uma outra fonte de coleta de dados, nos ajuda a dirigir nossa atenção e esforços para problemas verdadeiramente importantes. Baseia-se no "Princípio de Pareto" cujas causas de maior impacto são denominadas "poucas vitais"; as várias causas restantes são ditas "muitas triviais" (ver figura 3.7).

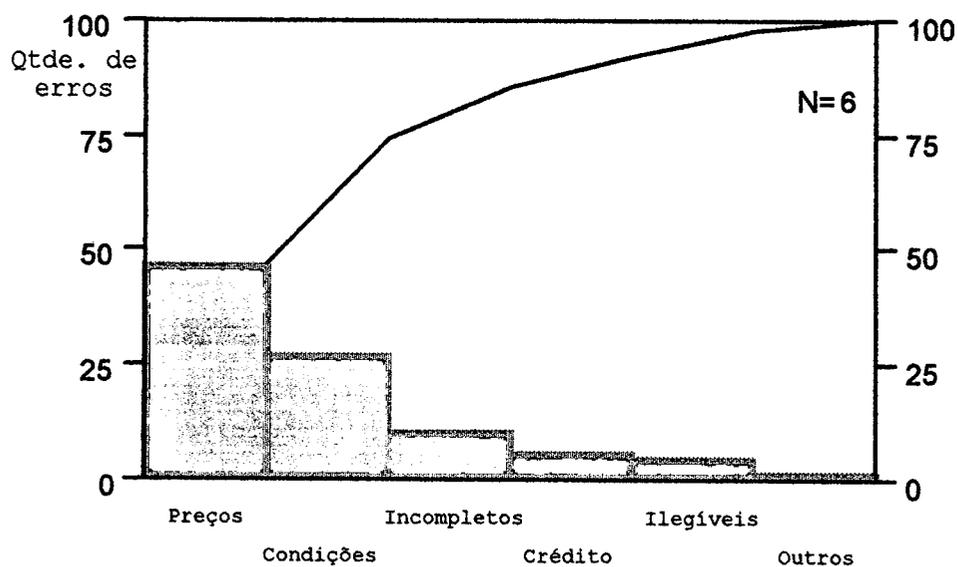


Fig. 3.7 - Diagrama de Pareto relacionando as causas de erros em pedidos de vendas (ALMEIDA, 1993)

#### c) DIAGRAMA DE CAUSA E EFEITO

O diagrama de causa e efeito, também conhecido como "diagrama de Ishikawa" ou "diagrama de espinha de peixe" (DOTY, 1996), foi desenvolvido para representar a relação entre um efeito e todas as possibilidades de causa que podem contribuir para a ocorrência deste efeito (ver figura 3.8). As causas principais podem ser agrupadas sob seis categorias conhecidas como os 6Ms: método, mão-de-obra, material, máquina, medida e meio ambiente.

Cada uma dessas principais causas é agora tratada como efeitos que devem ser novamente desdobrados. Esse procedimento é continuado até a obtenção de todas as causas propriamente ditas.

Quando do exame de cada causa, deve-se observar o que mudou (fatos). É importante lembrar de se eliminar a causa e não o sintoma do problema.

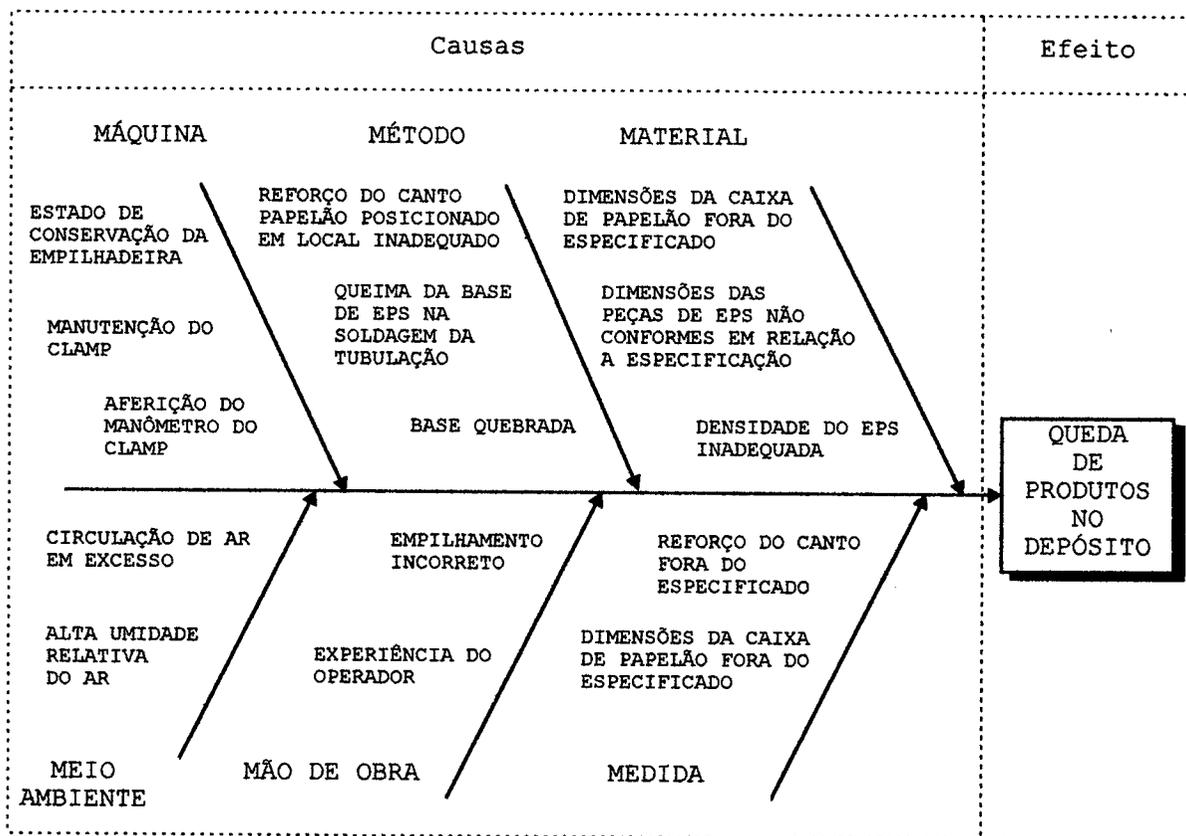


Fig. 3.8 - Diagrama de Causa e Efeito

## d) HISTOGRAMA

O histograma é uma forma de representação gráfica que revela quanto de variação existe em qualquer processo (DOTY, 1996). Um histograma típico tem a forma mostrada na figura 3.9.

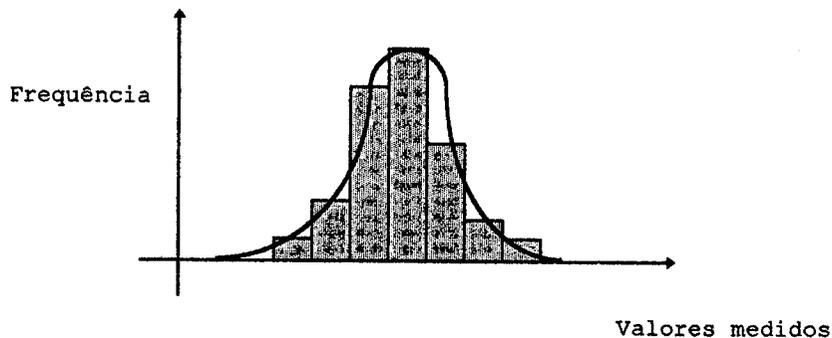


Fig. 3.9 - Histograma

A curva mostrada nesta figura é a "normal", na qual a maioria das medidas concentra-se em torno da medida central e, a grosso modo, um igual número de medidas situa-se de cada lado deste ponto. Várias amostras aleatórias de dados sob controle estatístico seguem este modelo, conhecido como "curva do sino". Outras formas ocorrem, com um acúmulo de dados em pontos afastados da medida central. Tais distribuições são chamadas "inclinadas", ou seja, nem sempre os processos avaliados se comportam segundo uma curva normal.

#### e) DIAGRAMA DE DISPERSÃO

O diagrama de dispersão é utilizado para estudar a possível relação entre duas variáveis (DOTY, 1996). Este diagrama é usado para se verificar uma possível relação de causa e efeito. Isto não prova que uma variável afeta a outra, mas torna claro se uma relação existe e em que densidade.

O diagrama de dispersão é construído de forma que o eixo horizontal (eixo x) represente os valores medidos de uma variável e o eixo vertical (eixo y) represente as medições da segunda variável. Um diagrama de dispersão típico possui o aspecto mostrado na figura 3.10.

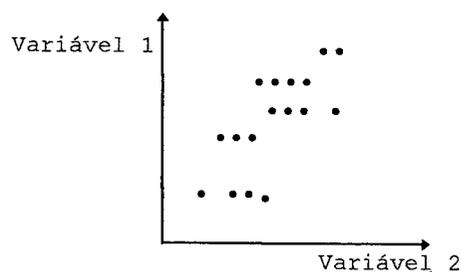


Fig. 3.10 - Diagrama de dispersão

Os pontos marcados tendem a formar um padrão. A direção e espessura do grupamento indicam a intensidade da relação

entre as variáveis 1 e 2. Quanto mais o grupamento tender a uma linha reta, maior será a relação entre as duas variáveis. Isso significa que toda vez que uma variável se altere, a outra variável também mudará na mesma intensidade.

#### f) GRÁFICOS DE CONTROLE

O gráfico de controle foi concebido por W. A. Shewhart, com a intenção de eliminar variações anormais pela diferenciação entre variações devidas a causas assinaláveis e aquelas devidas a causas aleatórias. "Um gráfico de controle consiste em uma linha central, um par de limites de controle, um dos quais localiza-se abaixo e outro acima da linha central, e valores característicos marcados no gráfico representando o estado de um processo. Se todos esses valores marcados estiverem dentro dos limites de controle, sem qualquer tendência particular, o processo é considerado sob controle. Entretanto, se os pontos incidirem fora dos limites de controle ou apresentarem uma disposição atípica; o processo é julgado fora de controle" (KUME, 1993, p.98).

A qualidade de um produto fabricado por um processo está, inevitavelmente, sujeita a variação. Existem várias causas de tal variação. Elas podem ser classificadas nos dois seguintes tipos:

a) Causas aleatórias: a variação devida à causa aleatória é inevitável e, fatalmente, ocorre num processo, mesmo que a operação seja executada com o uso de matérias-primas e métodos padronizados. Por ora, consideraremos não factível, técnica e economicamente, eliminar as causas aleatórias.

b) Causas assinaláveis: a variação devida à causa assinalável significa que existem fatores relevantes a serem investigados. É evitável e não deve ser negligenciada. Existem

casos gerados pelo não cumprimento de certos padrões ou pela aplicação de padrões inadequados.

Quando os pontos incidem fora dos limites de controle ou mostram uma tendência particular, diz-se que o processo está fora de controle, o que equivale a dizer que existem causas assinaláveis de variação e o processo não está sob controle. A fim de controlar um processo, devemos eliminar as causas assinaláveis, evitando a sua repetição. As variações devidas a causas aleatórias são admissíveis.

Para construir um gráfico de controle, é necessário estimar a variação devida a causas aleatórias. Para esta finalidade, dividimos os dados em subgrupos nos quais os lotes de matérias-primas, as máquinas, os operadores e outros fatores são comuns, dessa forma a variação dentro de um subgrupo será considerada aproximadamente igual à variação devida a causas aleatórias.

Existem vários tipos de gráficos de controle, conforme os valores característicos ou finalidade. Em qualquer tipo de gráfico de controle, os limites de controle são calculados pela fórmula:

$$(\text{valor médio}) \pm 3 \times (\text{desvio-padrão})$$

onde o desvio-padrão é o da variação devida a causas aleatórias. Este tipo de gráfico é chamado de gráfico de controle 3 sigmas.

Existem dois tipos de gráficos de controle: um para valor contínuo e outro para valor discreto. Os tipos de gráficos existentes são mostrados na tabela 3.4.

Valor característico	Nome
Valor contínuo	Gráfico $\bar{x}$ - R (média e amplitude) Gráfico x (valor individual)
Valor discreto	Gráfico pn (número de itens defeituosos) Gráfico p (fração defeituosa) Gráfico c (número de defeitos) Gráfico u (número de defeitos por unidade)

Tab. 3.4 - Tipos de gráfico de controle (KUME, 1993)

a) Gráfico  $\bar{x}$  - R

Este gráfico é usado para controlar e analisar um processo com valores contínuos da qualidade do produto, tais como comprimento, peso ou concentração e isso fornece maior quantidade de informações sobre o processo.  $\bar{x}$  representa o valor médio de um subgrupo e R representa a amplitude do subgrupo. Um gráfico R é geralmente usado em combinação com um gráfico  $\bar{x}$ , para controlar a variação dentro de um subgrupo.

b) Gráfico x

Quando os dados de um processo são obtidos num longo intervalo ou quando a formação de subgrupos não é eficaz, estes são marcados individualmente e o resultado pode ser usado como um gráfico de controle.

c) Gráfico pn, gráfico p

Esses gráficos são usados quando a característica da qualidade é representada pelo número de itens defeituosos ou fração defeituosa. Para amostras de tamanho constante, usa-se um gráfico pn do número de itens defeituosos, enquanto um

gráfico p da fração defeituosa é utilizado para amostras de tamanho variável.

d) Gráfico c, gráfico u

Esses gráficos são usados para controlar e analisar um processo através dos defeitos em um produto, tais como riscos em gabinetes pintados, número de soldas defeituosas numa unidade de refrigeração ou irregularidades em peças plásticas. Um gráfico c do número de defeitos é utilizado para um produto de tamanho constante, enquanto um gráfico u é utilizado para um produto de tamanho variável.

O mais importante do controle do processo é captar o estado do processo com exatidão, interpretando o gráfico de controle e tomando ações apropriadas quando algo suspeito for encontrado. Um processo sob controle é dito estável e sua média e variação não mudam. Segundo Kume (1993), um processo é considerado sob controle ou não pelos seguintes critérios a partir do gráfico de controle:

a) Fora dos limites de controle

Observam-se pontos fora dos limites de controle.

b) Sequência

Sequência é a situação em que pontos consecutivos incidem em um dos lados da linha central. Uma sequência de sete pontos em um dos lados é considerada anormal (ver figura 3.11). Mesmo que a sequência seja menor que 6 pontos, os seguintes casos são considerados anormais:

- 10 de 11 pontos consecutivos incidindo num mesmo lado da linha central;

- 12 de 14 pontos consecutivos incidindo num mesmo lado da linha central;

- 16 de 20 pontos consecutivos incidindo num mesmo lado da linha central.

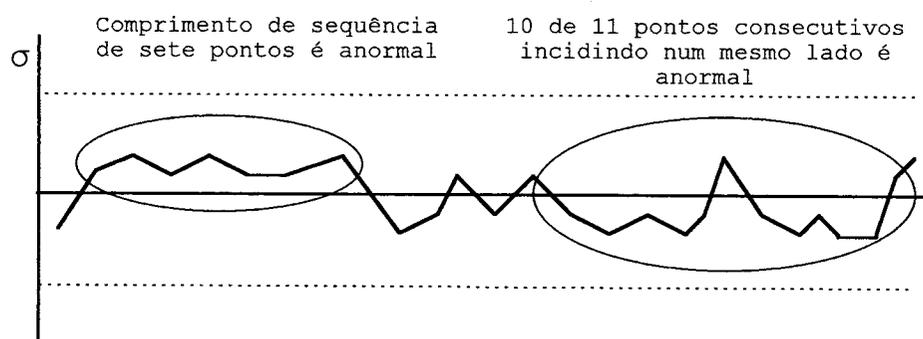


Fig. 3.11 - Gráfico de controle mostrando sequências

c) Tendência

Quando os pontos formam uma linha contínua ascendente ou descendente (ver figura 3.12).

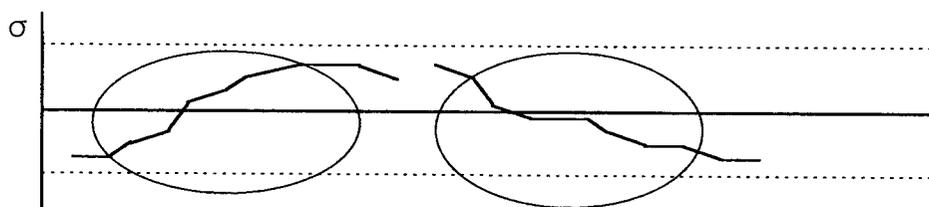


Fig. 3.12 - Gráfico de controle mostrando tendências

d) Proximidade dos limites de controle

Observando os pontos que estão próximos dos limites de controle  $3\sigma$ , será considerado anormal o processo que apresentar 2 em 3 pontos consecutivos além das linhas  $2\sigma$  (figura 3.13).

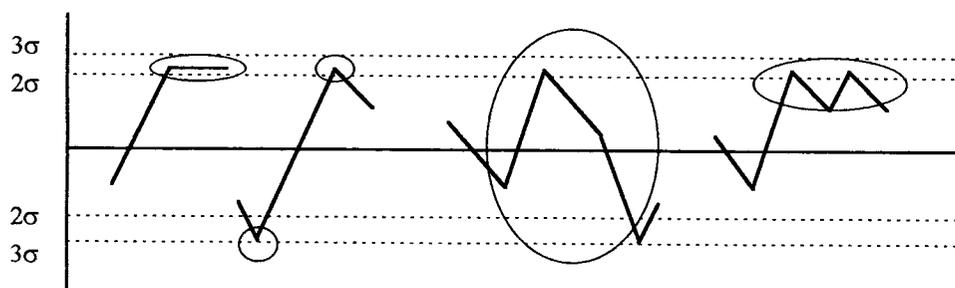


Fig. 3.13 - Gráfico de controle com pontos próximos dos limites de controle

e) Proximidade da linha central

Quando a maioria dos pontos estão posicionados entre as linhas 1,5 sigma (as duas faixas entre a linha central e cada uma das linhas 1,5 sigma), isto demonstra uma maneira inadequada na formação de subgrupos (ver figura 3.14). A proximidade da linha central não significa um processo sob controle, mas uma mistura de dados de diferentes populações em um mesmo subgrupo, o que torna o intervalo entre os limites de controle muito amplo. Nesta situação, faz-se necessário mudar a maneira de formar os subgrupos.



Fig. 3.14 - Gráfico de controle mostrando proximidade da linha central

f) Periodicidade

Considerada como anormal, quando o traçado mostra repetidamente uma tendência para cima e para baixo em intervalos quase sempre iguais, conforme mostrado na figura 3.15.

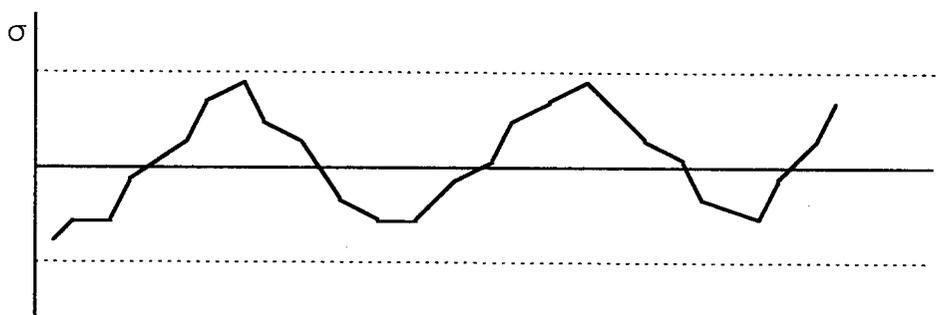


Fig. 3.15 - Gráfico de controle mostrando variações periódicas

Por trabalharem com valores médios, os gráficos de controle não permitem a comparação direta dos valores plotados com os valores da especificação de engenharia.

“A utilização de gráficos de controle, para analisar um processo ou suas saídas a fim de tomar ações adequadas para obter e manter o estado de controle estatístico e para melhorar a capacidade do processo, denomina-se Controle Estatístico do Processo” (BRASSARD, 1985, p.82).

#### g) FLUXOGRAMA

O fluxograma ou mapa do processo, é uma representação gráfica mostrando todos os passos de um processo. Tal ferramenta apresenta uma excelente visão do processo e pode ser útil para verificar como as etapas se relacionam entre si. O fluxograma utiliza símbolos reconhecidos facilmente para representar cada etapa do processo, conforme mostrado na figura 3.16. Há na seção de anexos, a simbologia básica para a construção destes fluxogramas.

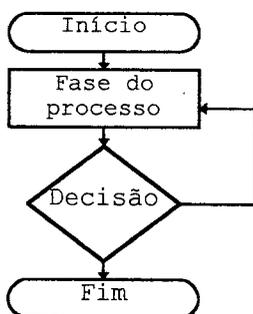


Fig. 3.16 - Fluxograma

O fluxograma deve ser elaborado pelas pessoas com um maior conhecimento sobre o processo. Além de facilitar a visualização do que está sendo feito na realidade, visa reunir o maior número de informações conhecidas da equipe, tais como, fatores a controlar, fatores influentes de difícil controle,

padrões de operação e resultados esperados, facilitando assim a identificação de pontos de melhoria. À atividade de elaboração de fluxogramas do processo, denomina-se mapeamento de processos (HARRINGTON, 1993). Um exemplo de mapa do processo é mostrado na figura 3.17.

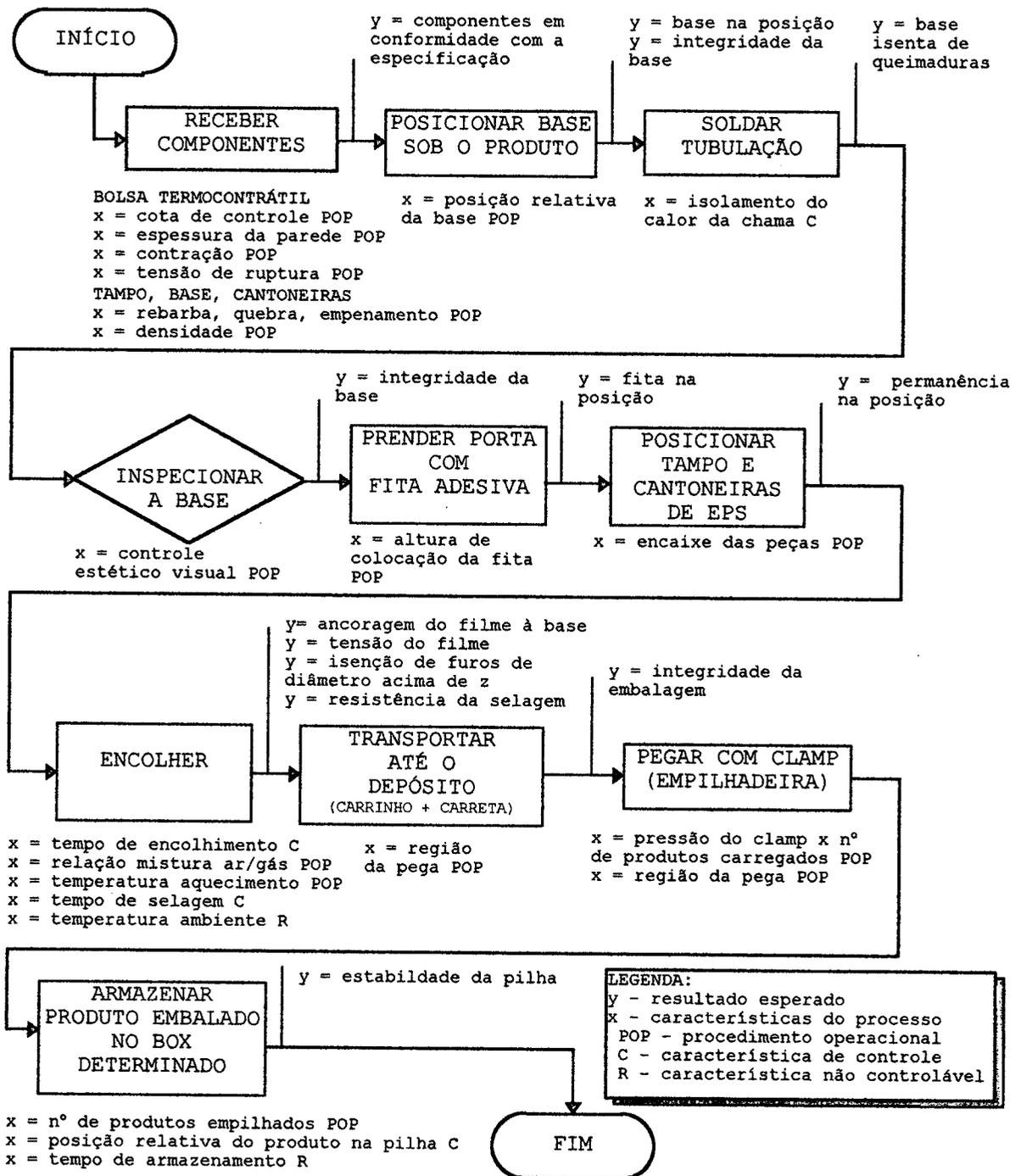


Fig.3.17 - Mapa do processo de embalagem do produto

Neste mapa foram incluídas além das etapas do processo, algumas características da qualidade importantes (x) a serem observadas para a obtenção das respostas em cada fase (y).

### 3.6.6.2- AS 7 FERRAMENTAS DA ADMINISTRAÇÃO E DO PLANEJAMENTO

Delaretti (1994) denomina como sendo as 7 ferramentas da administração e do planejamento, as 7 novas ferramentas de controle da qualidade apresentadas por Mizuno(1993).

#### a)DIAGRAMA DE AFINIDADES

O diagrama de afinidade ou método KJ, desenvolvido e popularizado por Kawakita Jiro, ajuda no esclarecimento de problemas importantes através da reunião das diversas opiniões emitidas a respeito do problema, quando o cenário é confuso e desorganizado.

O diagrama de afinidade se destina a reunir fatos opiniões e idéias acerca de áreas desconhecidas e inexploradas, agrupando-os de acordo com a afinidade existente entre eles. Os dados são expressados de forma narrativa em vez de quantitativa.

#### b)DIAGRAMA DE RELAÇÕES

O diagrama de relações apresentado por Mizuno (1993) é uma ferramenta que auxilia no esclarecimento das relações de causa e efeito de um problema visando a obtenção de uma solução adequada. Este diagrama, quando utilizado para relacionar as questões surgidas ao longo do desenvolvimento do problema, ajuda na formulação de novas perguntas a cada questão respondida. Ele mostra à equipe qual o melhor caminho a ser seguido, direcionando-a para a resolução do problema. A figura 3.18, ilustra um exemplo desta aplicação.

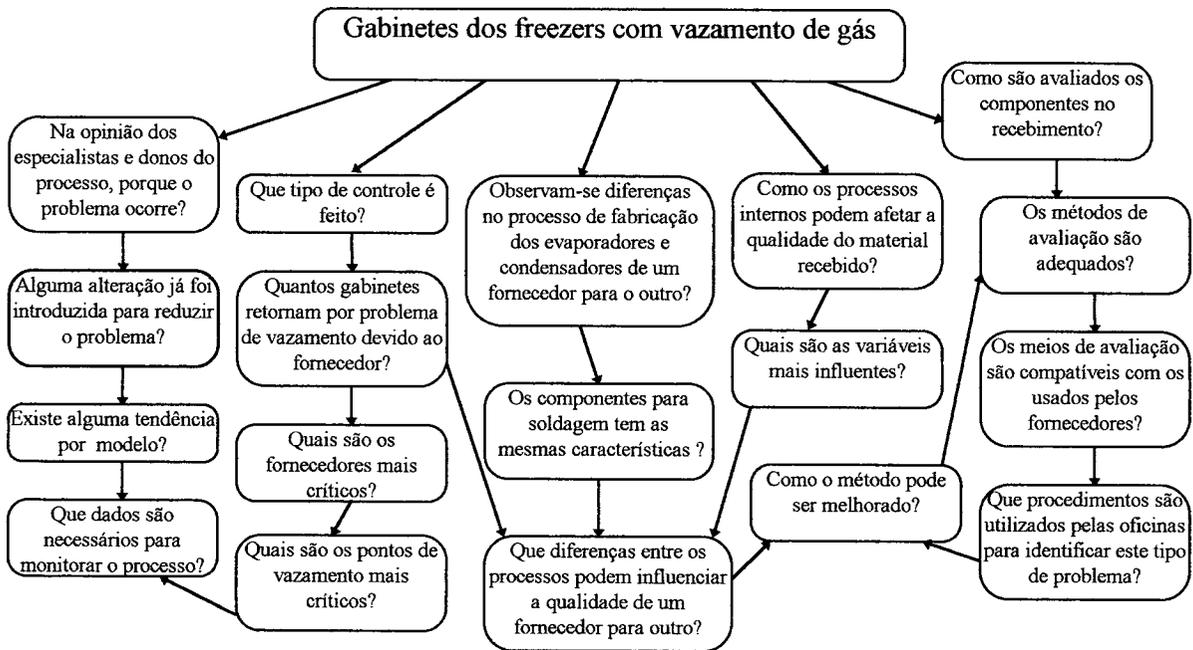


Fig. 3.18 - Diagrama de relações

O diagrama de relações é uma ferramenta que pode auxiliar a equipe na formulação das questões surgidas quando do início de um novo projeto.

#### c) DIAGRAMA DE ÁRVORE

A partir de um objetivo principal, faz-se o desmembramento deste em objetivos menores e assim sucessivamente, respondendo sempre as questões "o que e como". Este diagrama é complementado pelo método de planejamento 5W1H. Nesta ordem de idéias, quando se chega ao menor nível de objetivo ou atividades, estes são considerados como sendo o primeiro W, "o que", e para cada um deles responde-se as perguntas: por que, quando, quem, onde e como.

#### d) DIAGRAMA DE MATRIZ

O método do diagrama de matriz esclarece pontos problemáticos através do pensamento multidimensional. É um

método que se destina à análise da existência e o grau de relacionamento entre dois ou mais grupos de dados. Há vários tipos de diagramas de matriz, em função da quantidade de grupos de dados a serem analisados.

#### e) DIAGRAMA DE PRIORIZAÇÃO

Esse diagrama permite estabelecer uma ordem numérica de prioridade para possíveis soluções, tarefas ou questões, segundo critérios de pesos pré-definidos.

#### f) DIAGRAMA DE PROCESSO DECISÓRIO (PDPC)

Esse diagrama faz o mapa de todos os eventos de possível ocorrência quando se parte de uma situação inicial e se quer alcançar um objetivo. Por exemplo, na solução de um problema é preciso planejar todos os possíveis eventos, favoráveis ou não, que podem ocorrer durante esta solução, e as correspondentes contra-medidas necessárias para garantir a melhor solução.

#### g) DIAGRAMA DE SETAS

É utilizado para planejar um cronograma mais conveniente para a execução das tarefas de um plano, quando se conhece o tempo de duração de cada tarefa. Sua força reside, principalmente, na identificação do caminho crítico associado ao plano e, assim, permite antecipar possíveis atrasos.

Cada uma dessas 7 ferramentas é muito eficiente quando usada de forma conveniente. Esta eficiência aumenta sensivelmente quando usadas em conjunto na solução de problemas. A figura 3.19 mostra as principais fases do trabalho gerencial nas quais as sete ferramentas da administração e do planejamento podem ajudar.

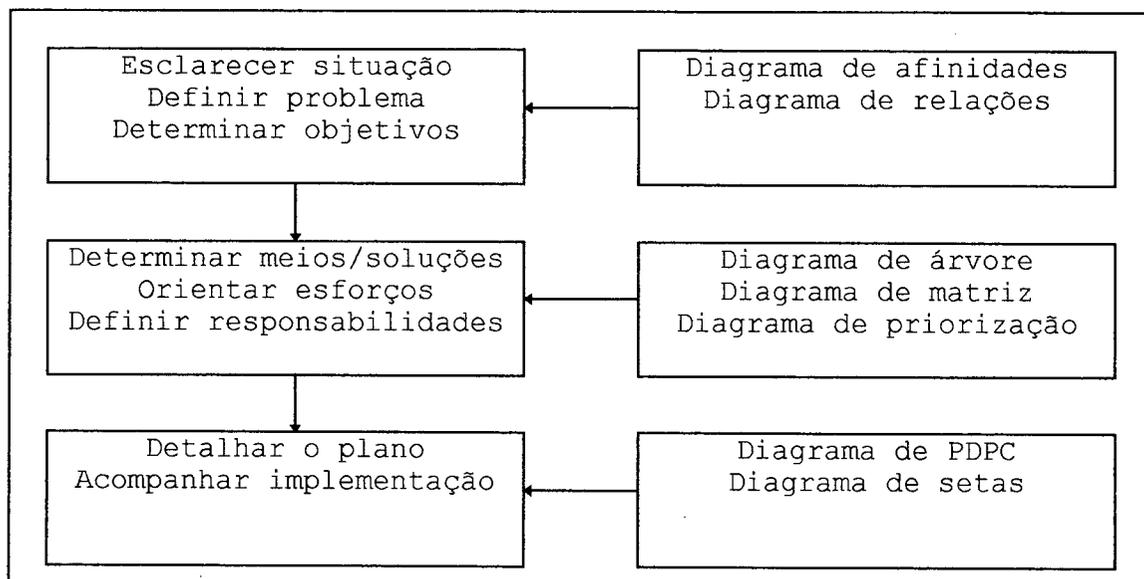


Fig. 3.19 - Visão geral do uso das 7 ferramentas (MOURA, 1994)

### 3.6.6.3- OUTRAS FERRAMENTAS

#### a) ANÁLISE DE VALOR

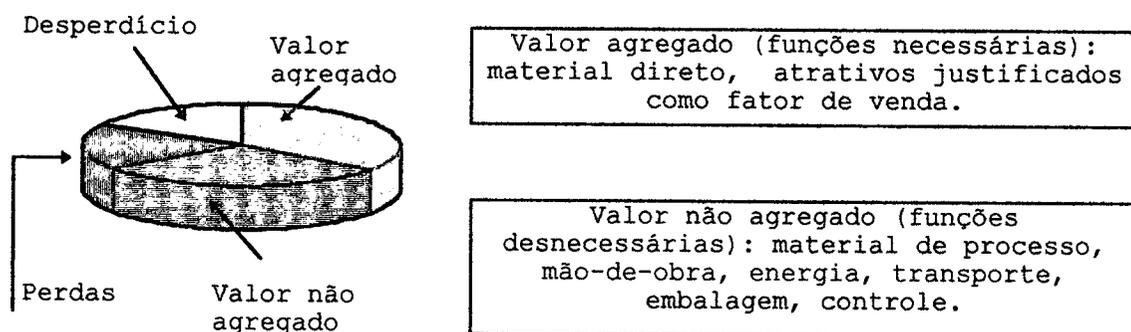
A Análise de Valor, também conhecida como Engenharia de Valor, é uma técnica utilizada para a redução de custos de produção de produtos. Consiste basicamente em identificar as funções de determinado produto, avaliá-las e finalmente propor uma forma alternativa de desempenhá-las a um custo menor que o da maneira conhecida (CSILLAG, 1995).

O conceito de valor visa determinar um custo mínimo para a realização de uma função, com confiança e qualidade às expectativas do usuário; valor é o nível de satisfação do usuário. Aumentar ou enriquecer as funções, sem elevação de custos, é uma forma de aumentar o valor.

Função define-se como toda e qualquer identidade constituída em uma peça, serviço ou sistema, que atenda uma necessidade real do usuário. É uma finalidade a ser obtida no desempenho de um item, o qual atinge as necessidades e desejos do consumidor. Se o objetivo é desempenhar a função pelo seu

custo mínimo, torna-se indispensável definir com clareza a função do item.

A idéia básica está centrada em agregar o máximo valor, sob o ponto de vista do usuário:



Em outras palavras:

Valor agregado: refere-se as funções esperadas pelo usuário, para o atendimento pleno de sua necessidade. É o custo que ele paga, para cuja finalidade última o bem é produzido.

Valor não agregado: são variáveis intangíveis na percepção do consumidor, cujas agregações de custo, pelo consumidor, não são reconhecidas.

## b) ANÁLISE DA ÁRVORE DE FALHAS

As metodologias da FTA e da FMEA, como será visto adiante, são utilizadas para proporcionar uma maior compreensão do mecanismo das falhas nos produtos e processos. Como falha entende-se, o não cumprimento de determinada função "estabelecida" para o produto ou etapa do processo.

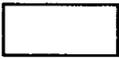
A FTA, do inglês "fault tree analysis", é uma técnica cujo objetivo é auxiliar na identificação das causas fundamentais das falhas de um produto/ processo.

Na construção da FTA, deve-se raciocinar de cima para baixo, ou seja, a falha do produto ou do processo que está sendo analisado, denominado de "evento topo", é desdobrado a

partir do nível superior para os inferiores, na forma de galhos de árvore (CHENG, 1995).

Pode-se observar que, a partir do evento topo, as falhas são desdobradas para os níveis inferiores até chegar às falhas primárias; parte-se do efeito e chega-se às causas.

Na construção das árvores, é utilizada uma simbologia gráfica para fornecer aos estudiosos informações relativas à interação entre os sistemas, os efeitos indesejados e às falhas terminais (tabela 3.5).

Símbolo	Significado
	Efeitos (eventos superiores ou de topo) - podem ser desdobrados
	Falhas básicas (eventos terminais) - não podem ser desdobrados
	Porta "ou"
	Porta "e"

Tab. 3.5- Simbologia básica para árvore de falhas (CHENG, 1995)

A figura 3.20 exemplifica uma análise qualitativa do sistema de controle de temperatura de um refrigerador de uso doméstico; nela podem-se observar as interações entre os componentes e suas falhas potenciais, e seus efeitos sobre o sistema. Numa análise mais abrangente os efeitos sobre o produto, conseqüentemente, direcionam com sistematicidade ações preventivas seguras e efetivas.

O cálculo da probabilidade de ocorrência dos eventos superiores pode ser feito a partir do conhecimento das probabilidades dos eventos básicos, obtidas através da análise

de dados históricos, testes, estudos, avaliação de produtos semelhantes, etc.

Para valorizar a árvore a partir dos eventos terminais, é preciso observar o tipo de porta lógica utilizada para a conexão com o evento imediatamente superior. No uso das portas "ou", as probabilidades serão adicionadas; no uso das portas "e", as probabilidades serão multiplicadas.

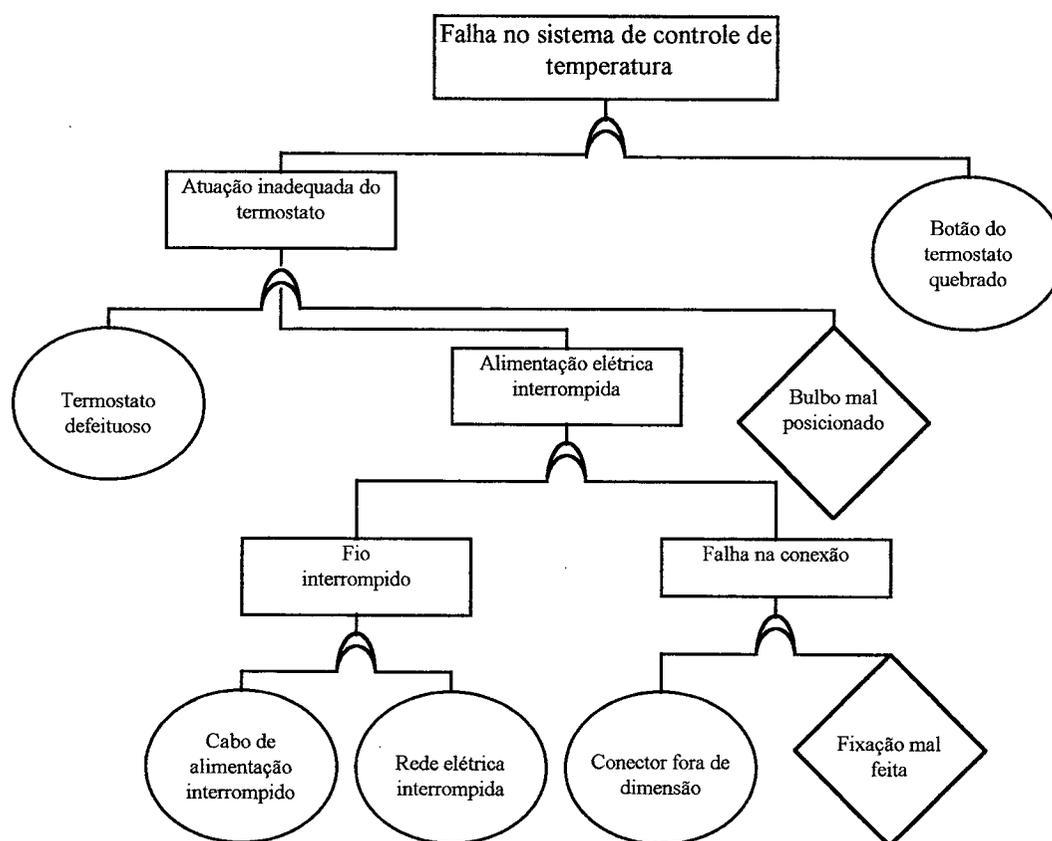


Fig. 3.20 - Árvore de falhas para um sistema de controle de temperatura

### c) DIAGRAMA FAST

Uma outra forma de analisar o desempenho do produto é enxergá-lo como um sistema, através da elaboração de uma FTA reversa (R-FTA). Na R-FTA desdobra-se o produto em suas respectivas funções (também chamada árvore funcional do produto). Daí o termo "reversa", significando o oposto à árvore

de falhas. Nos USA, é mais conhecida por diagrama FAST (*functional analysis system technique* - técnica de sistemas de análise funcional, desenvolvida em 1965 por Charles Bytheway) (MIZUNO, 1993). É usada no desenvolvimento do novo produto para permitir principalmente a visualização da questão custo/função através da decomposição da sua função básica.

Na árvore funcional, faz-se uma análise do tipo *top-down* (decomposição) das funções do ponto de vista positivo.

Exemplificando, através do desdobramento da missão do sistema de degelo de um congelador do tipo *no frost* (degelo automático), seria obtida uma árvore funcional com a configuração apresentada na figura 3.21.

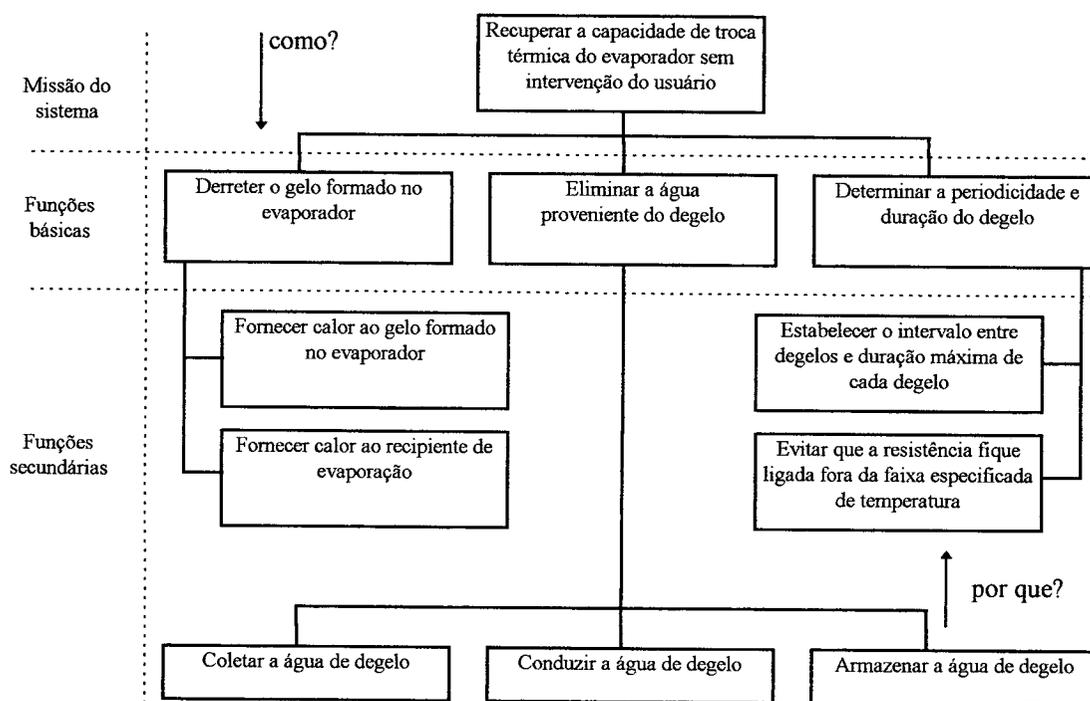


Fig. 3.21 - Árvore funcional para um sistema de degelo

Na árvore de falhas, a análise também é do tipo *top-down*, porém, analisam-se as falhas, tidas como aspectos negativos das funções. Na FMEA a análise dos modos de falha é do tipo *bottom-up*, considerando também os aspectos negativos.

## d) ANÁLISE DOS MODOS E EFEITOS DAS FALHAS

A FMEA, do inglês *failure mode and effect analysis*, tem por objetivo identificar as falhas críticas em cada componente do produto ou etapa do processo de nível mais elementar, bem como, suas causas e seus efeitos nos níveis hierárquicos superiores. Opondo-se à FTA, na FMEA, deve-se raciocinar a partir da falha na direção do efeito (CHENG, 1995).

Através do preenchimento do formulário do FMEA, explicita-se o procedimento utilizado para identificação das causas dos modos de falhas, sua influência no sistema e no produto e as contramedidas que devem ser tomadas para evitá-las. A figura 3.22 mostra um exemplo deste tipo de análise.

FMEA Produto  Processo		Grupo de trabalho: Equipe de Eng. Simultânea - Projeto Ω				Data: xx/xx/99 Revisão: 00			
COMPONENTE	FUNÇÃO	MODO DE FALHA	EFEITO	CAUSA	GRAVIDADE				AÇÕES
					O	S	D	R	
Porta do congelador	Reter temperatura no interior do congelador	Não retém temperatura adequadamente	Temperatura fora do especificado no painel e/ou no congelador	Isolamento insuficiente	1	4	1	4	- Testar desempenho do produto em laboratório (aumentar a espessura ou reduzir K) - Fazer análise do fluxo de ar
				Posição inadequada da porta (refer. cota proj.)	1	4	1	4	
				Dimensão incorreta da porta (refer. cota proj.)	3	4	3	36	- Fazer experimento variando a distância da porta ao aparador e da porta ao congelador

Fig. 3.22 - FMEA de produto

Analisa-se as falhas sob três aspectos:

- b.1) Ocorrência (O): índice que mede a probabilidade da falha ocorrer em função de determinada causa;

b.2) Severidade (S): índice que avalia o grau de descontentamento do cliente considerando-se que a falha tenha ocorrido;

b.3) Detecção (D): índice que mostra a capacidade atual de detecção da falha antes que esta chegue até o cliente.

Os três índices obedecem uma escala numérica que varia de 1 a 5 pontos, dependendo da gravidade da falha. O índice de risco é resultado da multiplicação desses índices. Ações corretivas devem ser propostas quando o índice de severidade for  $\geq$  a 3 ou quando o índice de risco for  $\geq$  a 25.

#### e) AVALIAÇÃO DA CAPACIDADE DE PROCESSOS

Quando se faz a comparação dos dados do processo com os limites de especificação, isto deve ser feito com a unidade de medida determinada na especificação. Se os limites de especificação são aplicados a cada item individualmente, os limites de especificação devem ser comparados com os dados de cada item, não com  $\bar{x}$  ou com os limites de controle. O termo *capability* diz respeito exatamente à capacidade do processo em atender as especificações de projeto. Isso é feito observando-se a disposição da distribuição do processo (histograma) em relação aos limites de especificação.

Se o histograma posiciona-se entre o limite superior e o limite inferior de especificação com certa margem, ele pode ser julgado satisfatório com os padrões.

Por outro lado, se o histograma vai além dos limites superior e inferior, isto significa que o processo não é satisfatório. São necessárias ações corretivas.

Ainda que um processo esteja sob controle, produtos não-conformes poderiam resultar do processo, e vice-versa. Os limites de controle são estabelecidos para tornar possível avaliar se o processo está sob controle ou não, enquanto os

limites de especificação existem para tornar possível avaliar se cada produto é defeituoso ou não. No estado sob controle, as causas assinaláveis já foram eliminadas e a variação do processo se deve apenas às causas aleatórias. Ele pode ser obtido executando a operação de acordo com as instruções de trabalho. O intervalo entre os limites de controle é determinado com base na variação devida às causas aleatórias. Por outro lado, os limites de especificação são definidos pela expectativa dos consumidores ou usuários.

Para medir objetivamente até que ponto o processo está ou não atendendo às especificações, são utilizados índices de capacidade para indicar graficamente esta medida. Os índices de capacidade comparam a distribuição do processo com os limites de especificação.

A primeira avaliação que se faz do processo é a comparação da sua dispersão com a amplitude da especificação do projeto do produto, através do cálculo do índice  $C_p$ .

$$C_p = \frac{LSE - LIE}{6\sigma}$$

LIE = limite inferior de especificação  
LSE = limite superior de especificação  
 $6\sigma$  = desvio padrão do processo

Uma vez que  $C_p$  relaciona a dispersão do processo com a amplitude da especificação, este não deve servir para verificar se a média do processo, está centrada com o valor nominal.  $C_p$  está geralmente relacionado com a medida do potencial do processo.

A segunda estimativa do processo é o cálculo de  $C_{pk}$ . O índice  $C_{pk}$  não só mede a variação do processo com relação à especificação disponível, como também considera a posição da média do processo.

$$C_{pi} = \frac{\bar{X} - LIE}{3\sigma}$$

$C_{pi}$  = índice de capacidade em relação ao LIE  
 $C_{ps}$  = índice de capacidade em relação ao LSE  
 $\bar{X}$  = média do processo  
 $3\sigma$  = desvio padrão do processo

$$Cps = \frac{LSE - \bar{X}}{3\sigma}$$

Obs: adota-se sempre o menor valor entre Cpi e Cps ( $Cpk = \min \{Cpi, Cps\}$ ) para estimativa da capacidade do processo, por ser esta a condição mais crítica, como mostra a figura 3.23.

Se o processo aproxima-se de uma distribuição normal e está sob controle estatístico, o índice Cpk pode ser utilizado para estimar a probabilidade de se obter material defeituoso.

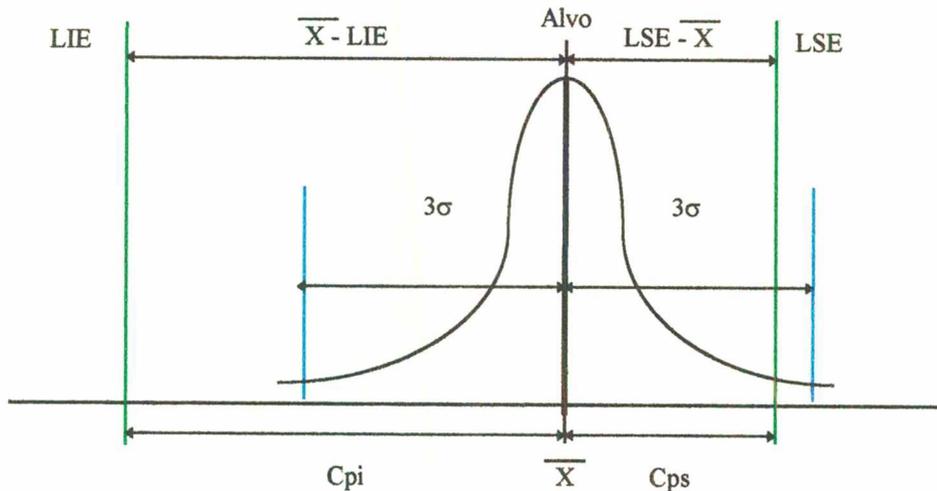


Fig. 3.23 - Histograma para comparação do processo com as especificações (BRASSARD, 1985)

A tabela 3.6, apresentada por O'Hanlon (1994, p.40), estabelece uma relação entre os valores de Cpk e as respectivas probabilidades de encontrar materiais fora de especificação.

Valor de Cpk	Dispersão ( $\pm \sigma$ )	PPM
2,0	$\pm 6\sigma$	< 10
1,67	$\pm 5\sigma$	50
1,33	$\pm 4\sigma$	100
1,0	$\pm 3\sigma$	2700
0,67	$\pm 2\sigma$	45500
0,33	$\pm 1\sigma$	317310

Tab. 3.6 - Relacionamento entre cpk, sigma e ppm (O'HANLON, 1994)

## f) PRÉ-CONTROLE

Conforme Shainin (JURAN, 1993, p.236), "o pré-controle é um algoritmo simples para controlar um processo baseado nas tolerâncias". Ele supõe que o processo está produzindo um produto com uma característica de qualidade mensurável e ajustável, que varia de acordo com alguma distribuição, não importando a forma e a estabilidade real da distribuição. Zonas de atenção são designadas dentro de cada extremo da tolerância.

Um novo processo é qualificado tomando-se amostras consecutivas de indivíduos até que cinco sucessivas caiam dentro da zona central (que não exige atenção) antes que duas sucessivas caiam nas zonas de atenção. Isto nos certifica de que a distribuição é limitada o suficiente e próxima o bastante do centro para produzir um produto dentro dos limites de tolerância. Isto não é controle estatístico; é controle de aptidão; sabe-se agora que o processo está apto para produzir um produto dentro da tolerância. Se o processo não pode ser qualificado, o trabalho de diagnóstico para identificar e controlar o X vermelho deve começar imediatamente.

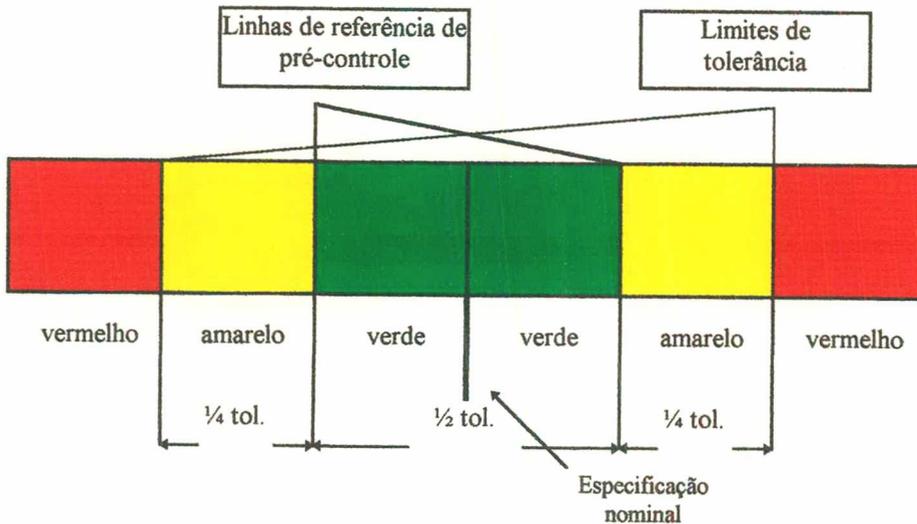


Fig. 3.24 - Linhas de pré-controle (JURAN, 1993)

Uma vez qualificado o processo, ele é monitorado pela coleta de amostras periódicas consistindo em dois indivíduos cada (chamado par A,B). Este pequeno subgrupo e a informação imediata que ele proporciona diretamente ao operador do processo constitui um ciclo de *feedback* muito rápido. Toma-se uma atitude somente se ambos, A e B, estão na zona de atenção.

Deve-se medir toda peça produzida até que se obtenha cinco verdes sucessivas. Se uma amarela é encontrada, deve-se recomeçar a contagem. Se duas amarelas sucessivas ou qualquer vermelha forem encontradas, deve-se ajustar o processo e recomeçar a contagem. Este passo substitui a inspeção da primeira peça.

Para utilização do pré-controle, deve-se medir duas peças consecutivas (chamadas par A, B). Se ambas forem amarelas do mesmo lado, deve-se fazer o ajuste. Se forem amarelas em lados opostos, deve-se solicitar ajuda, uma vez que esta condição normalmente exige uma correção mais sofisticada. Se qualquer uma das duas forem vermelhas, deve-se fazer o ajuste. No caso de duas amarelas, o ajuste deve ser feito imediatamente para evitar peças não-conformes. No caso da ocorrência de uma vermelha, deve-se parar, pois peças não-conformes devem estar sendo produzidas.

#### g) PLANEJAMENTO DE EXPERIMENTOS (DOE)

Conforme Moen (1991), o planejamento de experimentos (*DOE - Design of experiments*) consiste de uma metodologia destinada a otimização do projeto do produto ou do processo, desde a fase de seu desenvolvimento. Baseia-se na utilização da análise de variâncias para determinar a influência das variáveis independentes e suas interações no comportamento de uma variável dependente. Consiste basicamente, das seguintes etapas:

- Definição do problema e identificação da resposta;

- Escolha dos fatores e níveis;
- Planejamento dos experimentos e escolha da matriz;
- Condução dos ensaios sob condições controladas;
- Análise dos resultados de cada ensaio;
- Sumário dos cálculos;
- Determinação dos níveis ideais;
- Experimento confirmatório;
- Retorno a etapas anteriores se necessário;
- Delineamentos consecutivos.

O método clássico contempla a realização de todas as combinações possíveis entre variáveis e suas interações, ou a execução de um experimento fracionado, onde algumas interações não são avaliadas em função dos custos e tempo envolvidos. Taguchi (ROSS, 1988) propõe um método que faz uso de arranjos ortogonais e leva muito em consideração a experiência dos envolvidos com o processo, visando eliminar inicialmente fatores com pouca probabilidade de influência. Quando há muitas variáveis, principalmente quando estas interagem, o método de Taguchi torna possível a obtenção de respostas (apesar de que com um nível de confiança um pouco mais baixo do que o planejamento clássico de experimentos) com uma quantidade reduzida de ensaios e, conseqüentemente, em menos tempo e com menos recursos.

h)GUT (Gravidade, urgência e tendência)

São parâmetros tomados para se estabelecer prioridades na eliminação de problemas, especialmente se forem vários e relacionados entre si. A técnica de GUT foi desenvolvida com o objetivo de orientar decisões que envolvem muitas questões. A mistura de problemas gera confusão. Nesse caso, é preciso separar cada problema que tenha causa própria. Depois disso, deve-se buscar a priorização na solução dos problemas detectados. Isto se faz com três perguntas:

1ª) Qual a gravidade do desvio?

2ª) Qual a urgência de se eliminar o problema?

3ª) Qual a tendência do desvio e seu potencial de crescimento?

Utiliza-se uma matriz conforme tabela 3.7, para quantificar e priorizar o problema.

VALOR	GRAVIDADE	URGÊNCIA	TENDÊNCIA
5	Os prejuízos e as dificuldades são extremamente graves	É necessária uma ação imediata	Se nada for feito a situação irá piorar rapidamente
4	Muito graves	Com alguma urgência	Vai piorar em pouco tempo
3	Grave	O mais cedo possível	Vai piorar a médio prazo
2	Pouco grave	Pode esperar um pouco	Vai piorar a longo prazo
1	Sem gravidade	Não tem pressa	Não vai piorar e pode até melhorar
GxUxT			

Tab. 3.7 - GUT

## i) GRÁFICOS

O gráfico é uma forma de dispor as informações que facilita o entendimento do comportamento do fenômeno que está sendo analisado e permite da mesma forma uma melhor compreensão dos resultados obtidos durante a aplicação das metodologias e ferramentas para a solução de problemas. Embora sejam inúmeras as opções disponíveis, neste trabalho serão referenciados, como segue, mais três gráficos além dos já mencionados no decorrer deste capítulo.

### i.1) GRÁFICO DE FREQUÊNCIA DE PONTOS

O gráfico de frequência de pontos, a exemplo dos gráficos de controle, também utiliza subgrupos para análise do comportamento do processo com base nas amostras. Para o nível operacional, o gráfico é de melhor compreensão porque não envolve cálculo de limites de controle estatístico e por não trabalhar com médias, permite, então, a comparação direta dos valores obtidos do processo com especificação de engenharia.

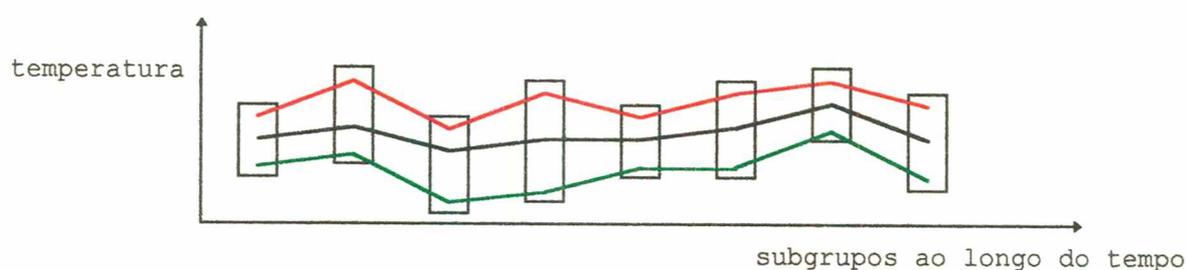


Fig. 3.25 - Gráfico de frequência de pontos

A figura 3.25 mostra um gráfico onde foram tomados 8 subgrupos, cada um registrando 3 valores de temperatura. Podem ser observados os valores máximos e mínimos de cada subgrupo e a distância existente entre eles. Se necessário, pode-se calcular a média de cada subgrupo para a plotagem da curva das médias para toda a população.

Uma informação importante, comum aos gráficos de controle e ao gráfico de frequência de pontos, diz respeito à noção da variação do processo a curto e a longo prazos, ou seja, dentro e entre os subgrupos.

### i.2) GRÁFICO DE SETOR

Gráficos de setor são instrumentos simples nos quais a circunferência completa representa 100% (não 360°) dos dados

a serem apresentados. O círculo (torta ou pizza, como também é conhecido) é dividido em setores (fatias) percentuais para mostrar claramente a participação dos dados no conjunto (ver figura 3.26). São usados da mesma forma que os diagramas de Pareto.

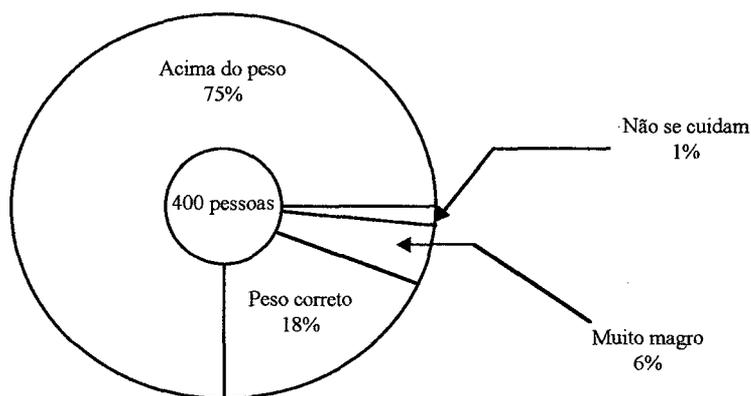


Fig. 3.26 - Exemplo de gráfico de setor referente a um estudo sobre o peso de um grupo de pessoas (BRASSARD, 1985)

### i.3) GRÁFICO DO RADAR

O gráfico da figura 3.27 mostra o resultado de um exercício voltado a verificação dos fatores motivacionais no trabalho, desenvolvido em uma série de empresas e em níveis hierárquicos diversos.

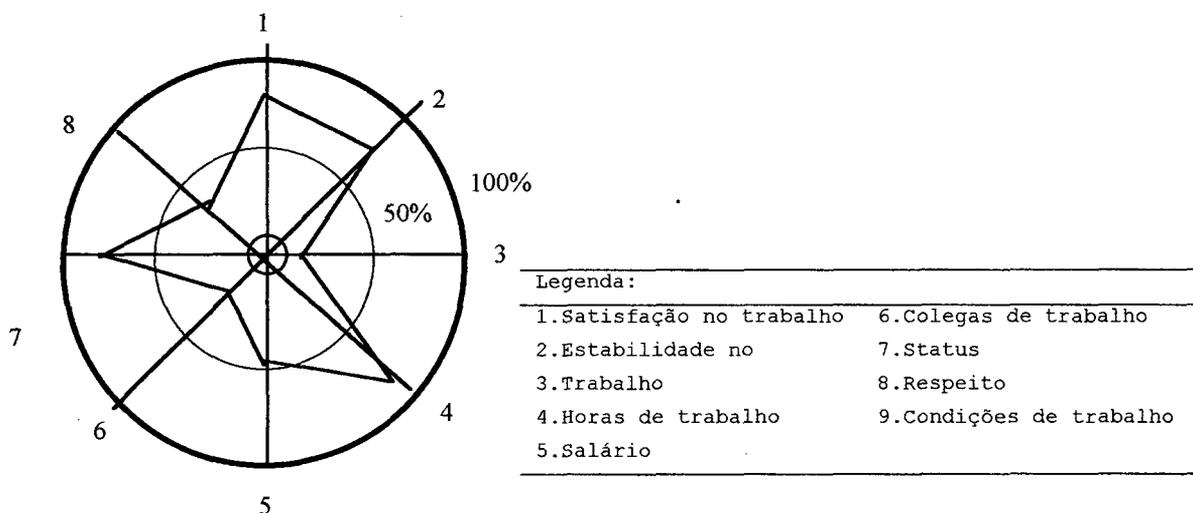


Fig. 3.27 - Exemplo de gráfico do radar mostrando o impacto dos diversos fatores motivacionais (O'HANLON, 1994)

#### 3.6.6.4- FERRAMENTAS PARA O TRABALHO EM EQUIPE

Embora muitas das ferramentas científicas possam ser usadas apenas algumas vezes durante um projeto, há algumas que a equipe usará em quase todas as reuniões: aquelas que ajudam a explorar idéias e tomar decisões.

##### a) *BRAINSTORMING*

O *brainstorming* é utilizado para auxiliar um grupo a suscitar o máximo de idéias no menor espaço de tempo possível. Pode ser usado de duas formas:

a.1) Estruturado - nesta forma, todas as pessoas do grupo devem dar uma idéia a cada rodada ou "passar" até que chegue sua próxima vez. Isto geralmente obriga até mesmo os tímidos a participarem, por outro lado pode também criar certa pressão sobre a pessoa requisitada.

a.2) Não estruturado - nesta forma, os membros do grupo simplesmente dão as idéias conforme elas surgem em suas mentes. Isto tende a criar uma atmosfera mais relaxada, mas também há o risco de dominação pelos participantes mais extrovertidos.

O *brainstorming* pode ser conduzido oralmente, com um dos participantes anotando as idéias geradas, ou pode ser manuscrito (*brainwriter*), onde cada participante anota suas idéias em papel, entregando-as a um coordenador que as centraliza sem a necessidade da identificação do participante.

##### b) TÉCNICA NOMINAL DE GRUPO (NGT)

Ao selecionar qual problema atacar ou em que ordem, geralmente ocorre que o problema selecionado foi influenciado por pessoas que falaram mais alto ou que têm maior autoridade.

Isto cria no grupo o sentimento de que "seu" problema nunca será abordado. Este sentimento pode gerar uma falta de comprometimento com a solução do problema eleito, e também a escolha do problema "errado". A Técnica Nominal de Grupo (BRASSARD, 1985, p.70) permite a todos do grupo uma igual participação na seleção de problemas.

A referida seleção é feita através da elaboração de uma relação de problemas por parte de cada participante. Cada um então, deve classificar os problemas pelo seu grau de importância segundo a sua ótica. O item com a maior soma de pontos, será considerado como prioritário sob o ponto de vista de toda a equipe.

#### c) ANÁLISE DO CAMPO DE FORÇAS

As mudanças ocorrem, sejam pessoais ou organizacionais. É um processo dinâmico, sugere movimento, seja do "período A" para o "período B" ou da "condição X" para a "condição Y", etc. De onde vem a energia para este "movimento"? Uma ótica seria encarar as mudanças como resultante de um confronto de forças que procuram influenciar as condições atuais. Tal forma de análise é baseada no trabalho de Kurt Lewin, que desenvolveu a técnica "Análise do Campo de Forças" (BRASSARD, 1985, p.72). Lewin sugere que "forças indutoras" atuam promovendo as mudanças, enquanto "forças restritivas" bloqueiam este movimento (ver figura 3.28). Quando não ocorrem mudanças, as forças opostas são iguais ou as forças restritivas são suficientes para impedir o movimento.

Se as forças restritivas forem maiores que as forças indutoras, as mudanças não ocorrerão. Isto explica porque algumas mudanças ocorrerão se forças indutoras superarem as forças do outro lado do campo.

Por que a análise do campo de forças auxilia nas mudanças?

- a) Porque força as pessoas a pensarem juntas sobre todos os aspectos da mudança desejada. Por outro lado, incentiva o pensamento criativo;
- b) Porque encoraja as pessoas a chegarem a um consenso sobre a prioridade relativa dos fatores envolvidos em cada lado do "campo". A técnica nominal de grupo pode ser usada para auxiliar o grupo a chegar a um consenso com maior rapidez;
- c) Porque é um ponto de partida para a ação.

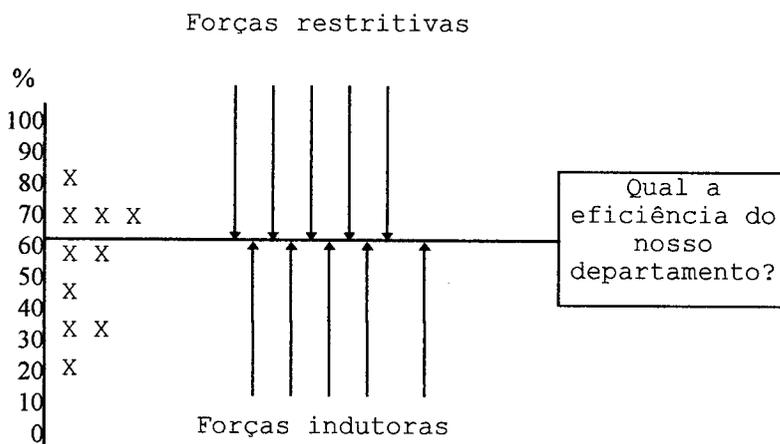


Fig. 3.28 - Análise do campo de forças (HARRINGTON, 1988)

### 3.7- CONCLUSÃO

O uso concatenado das ferramentas inseridas nas metodologias de melhoria do processo, garantirá maior sucesso na aplicação, embora cada ferramenta apresentada tenha utilidade isoladamente. O anexo 3 deste trabalho, relaciona ferramentas de fins, natureza e estratégia de aplicação similares.

O emprego das metodologias e ferramentas descritas agrega um maior conhecimento do processo auxiliando as equipes na decisão de alterá-lo ou simplesmente readequar os procedimentos usuais de controle.

## **CAPÍTULO 4 - A PROPOSTA DE RESOLUÇÃO DO PROBLEMA**

O propósito deste capítulo é apresentar um método para a identificação dos processos mais críticos com base no comportamento dos produtos em campo. Através da priorização desses processos, o método irá resgatar a curto prazo o seu controle, buscando a obtenção de produtos adequados à especificação.

Harrington (1993, p.42) ressalta que os processos a serem selecionados, ditos processos críticos, "devem ser aqueles com que a gerência ou os clientes não estejam satisfeitos". O autor sugere, que na seleção dos processos, um ou mais dos motivos listados abaixo, estará sempre envolvido:

- Problemas e/ ou reclamações de clientes externos;
- Problemas e/ ou reclamações de clientes internos;
- Processos de alto custo;
- Processos com longo ciclo de execução;
- Sabe-se que existe um meio melhor de executar o processo (*benchmarking*);
- Disponibilidade de novas tecnologias;
- Orientação administrativa baseada no interesse de um gerente específico em aplicar a metodologia ou envolver uma área que, de outra forma, não seria envolvida.

O fato de ter sido desenvolvido segundo a filosofia do QFD, permitirá ao método a tradução dos problemas de campo em linguagem operacional, ou seja, em linguagem do chão de fábrica.

A visão do processo produtivo e dos seus reflexos sobre os problemas de campo favorecerá a observação, no processo, dos pontos de melhoria que necessitam de um controle mais efetivo.

Essa melhoria será feita mediante aplicação sistemática de algumas metodologias e ferramentas, já descritas nos capítulos precedentes.

#### 4.1- O MÉTODO PROPOSTO

O modelo proposto (ver figura 4.1) está fundamentado nas informações sobre o desempenho dos produtos em campo, como forma de corrigir a curto prazo, as distorções decorrentes, entre outras coisas, do planejamento inadequado do processo. Ouvindo-se as reclamações de campo (voz do cliente) é possível correlacioná-las com as falhas percebidas ao longo do processo produtivo (voz do processo) e com as etapas desse processo mais relacionadas com a sua ocorrência, através do uso de uma matriz.

Para análise crítica da eficiência dos procedimentos de controle utilizados, são incluídos nesta matriz (falhas X etapas do processo), alguns critérios específicos como o número de ocorrências das falhas e os índices de detecção destas durante o processo. Para adequação dos processos identificados como críticos, o modelo propõe a aplicação de uma das metodologias de melhoria de processos existente.

Além destes aspectos, na implementação do método, é fundamental a formação de uma equipe multifuncional composta por membros provenientes de diversas funções da empresa, envolvidos direta ou indiretamente com o processo. "As equipes devem ser grandes o suficiente para que todas as pessoas-chave sejam envolvidas, mas pequenas o suficiente para tornar gerenciável a condução do trabalho. O número ideal está entre 5 a 7 pessoas" (Moura, 1994, p.8).

O método consiste de 6 etapas interligadas, cada qual com um objetivo específico. Uma descrição das atividades a realizar em cada etapa será feita a seguir, com o objetivo de elucidar o método.

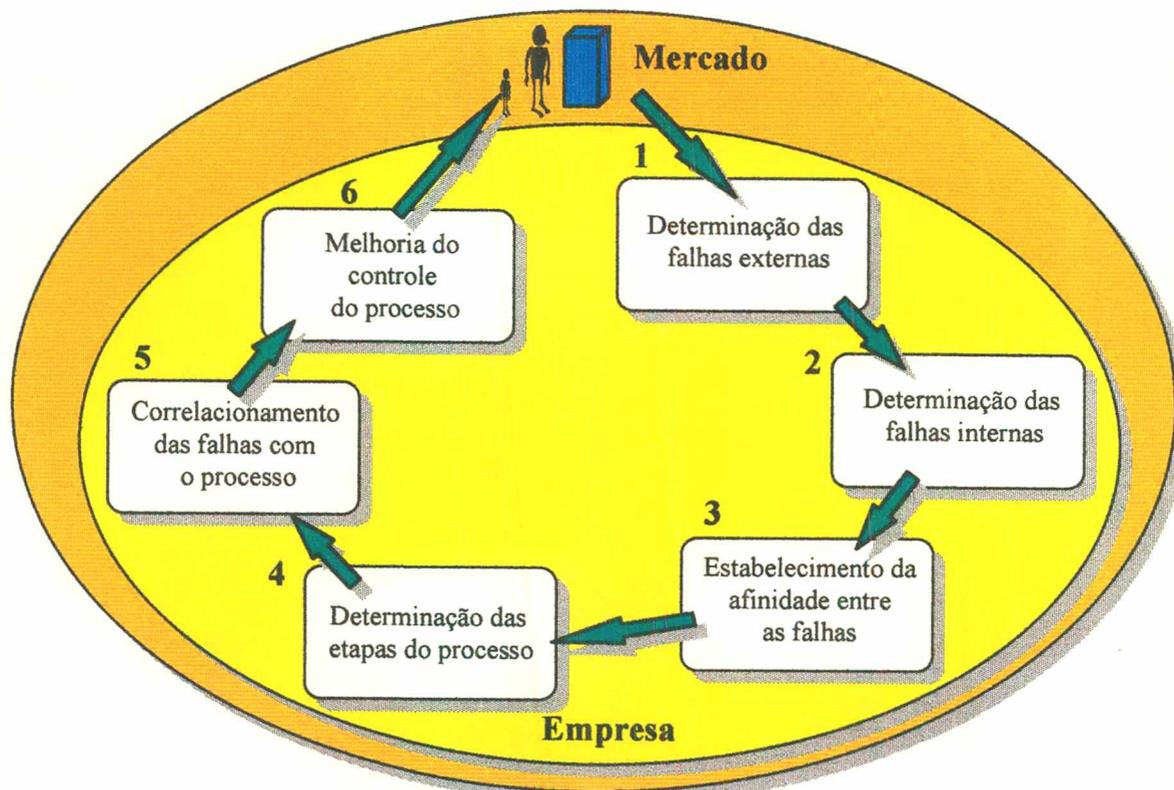


Fig. 4.1 - Metodologia para melhoria do controle do processo

#### ETAPA 1 - Determinação das falhas externas

A primeira etapa do método estabelece as premissas necessárias à identificação e priorização das falhas de campo ocorridas em determinado período de tempo. Pode-se dividi-la em duas atividades básicas, conforme mostra a figura 4.2.

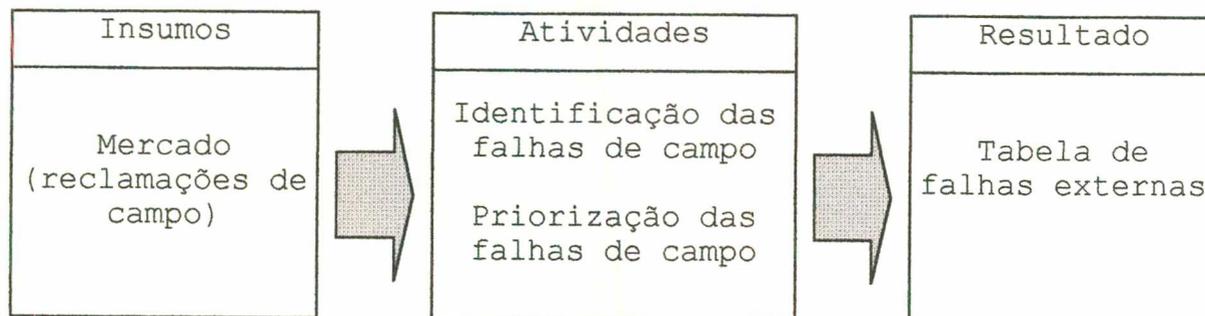


Fig. 4.2 - Etapa 1: determinação das falhas externas

#### a) Identificação das falhas de campo

A atividade de identificação das falhas de campo aborda a coleta de informações dos problemas apresentados pelos produtos em campo (figura 4.3.).

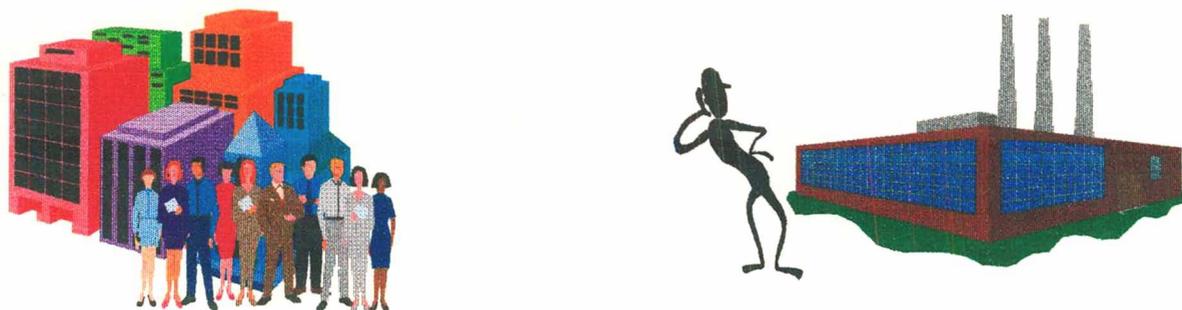


Fig. 4.3 - Ouvir os clientes externos

Essas informações serão obtidas junto às oficinas de assistência técnica mediante consulta às ordens de serviço emitidas, ou através do uso de algumas ferramentas e instrumentos de comunicação com clientes, como: caixa de sugestões, linha direta com clientes, grupo de clientes, carta de avaliação, auditoria de serviço e pesquisas de atendimento (conforme Cobra, 1992).

Além de qualitativa, a relação de problemas de campo será também quantitativa, isto é, cada problema relacionado deve vir acompanhado do número de ocorrências (ver exemplo da tabela 4.1).

#### b) Priorização das falhas de campo

Inicialmente seleciona-se o produto mais crítico segundo seu desempenho de campo. Para analisar a criticidade das falhas são considerados critérios como número de ocorrências, custo de reparo, gravidade da ocorrência, tendências ascendentes, etc.

Na organização dessas informações podem ser utilizadas ferramentas como o diagrama de Pareto, a técnica do GUT, a FMEA, etc, que de forma sistematizada ajudam a equipe na tomada de uma decisão.

Período de ocorrência: Jan a Jun/98		Modelo de produto: R50
Sequência	Defeito	N°de ocorrências
1	Não refrigera	53
2	Barulho	27
3	Não liga	10
4	Oxidação	6
5	Não desliga	4
Total		100

Tab. 4.1 - Exemplo de tabela de falhas externas

#### ETAPA 2 - Determinação das falhas internas

A fim de identificar as falhas internas, sugere-se a construção de uma tabela (ver figura 4.4). Essa tabela de falhas internas deve ser elaborada pela equipe multifuncional, tendo como base os problemas ocorridos em nível operacional.

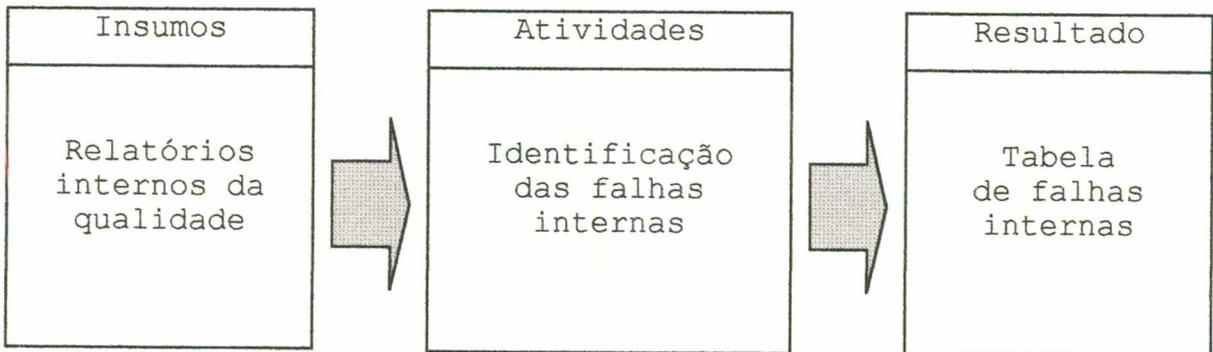


Fig. 4.4 - Etapa 2: determinação das falhas internas

Os referidos dados para a elaboração da tabela podem ser obtidos a partir de relatórios de qualidade fabril, relatórios de recebimento de materiais, testes, simulações, etc (figura 4.5.).

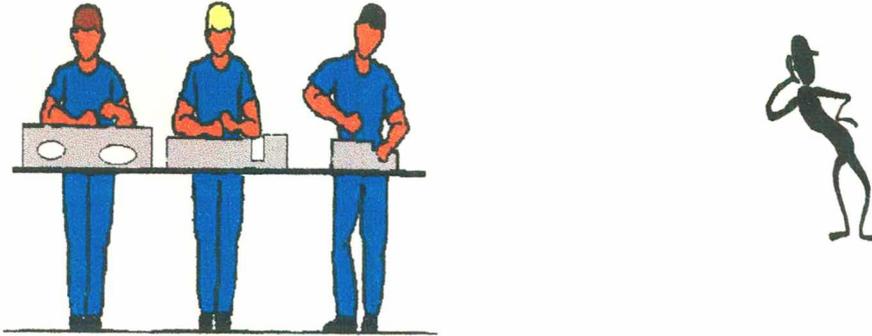


Fig. 4.5 - Ouvir os clientes internos

A tabela 4.2 apresenta um exemplo de tabela de falhas internas.

Período de ocorrência: Jan a Jun/98		Modelo de produto: R50	
Seq.	Defeito	Componente	Nº de ocorr.
1	Vazamento de gás	Evaporador	20
2	Vazamento de gás	Condensador	9
3	Entupimento	Evaporador	7
4	Baixa carga de gás	Unidade	11
5	Deformação	Gaxeta	6
6	Solto	Batente	10
7	Fora de posição	Condensador	17
8	Mau fixado	Cabo de alimentação	10
9	Insuficiência de tinta	Porta	6
10	Descalibrado	Termostato	4
Total			100

Tab. 4.2 - Exemplo de tabela de falhas internas

### ETAPA 3 - Estabelecimento da afinidade entre as falhas externas e as falhas internas

A terceira etapa do método (ver figura 4.6) diz respeito ao estabelecimento da relação existente entre as falhas externas (falhas de campo) e as falhas internas (falhas observadas no ambiente fabril).

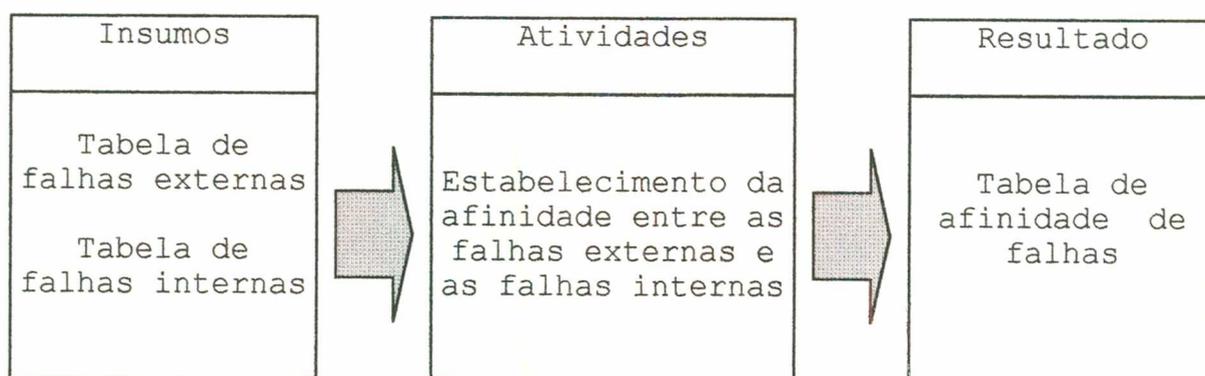


Fig. 4.6 - Etapa 3: afinidade entre as falhas externas e as falhas internas

Para estabelecer a afinidade existente entre uma e outra tabela, a equipe multifuncional pode utilizar inicialmente um *brainstorming* ou outras ferramentas que estimulem a participação dos envolvidos. Essa contribuição deve ser feita com base em fatos e dados. Num segundo momento, utiliza-se um diagrama de afinidades para agrupar as falhas internas relacionadas a um determinado tipo de falha externa.

Como as falhas externas são decorrentes de uma ou mais falhas internas, caracterizando uma relação de causa e efeito (ver exemplo da figura 4.7), outras ferramentas como um diagrama de Ishikawa ou um diagrama de árvore também podem ser utilizados com esta finalidade.

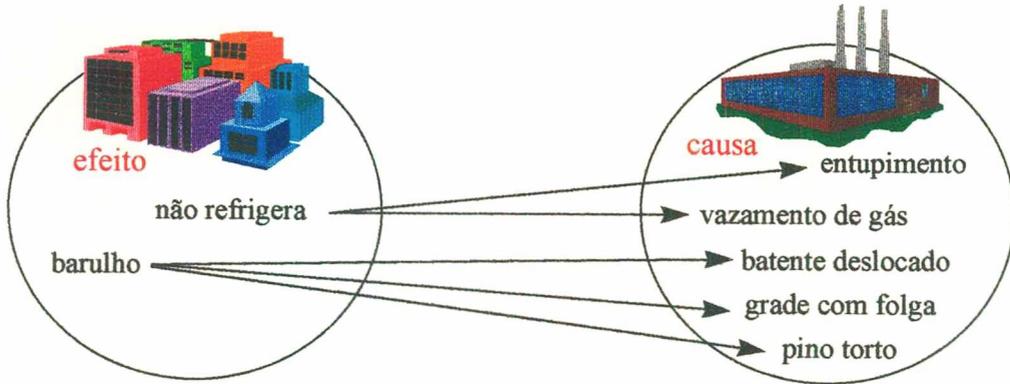


Fig. 4.7 - Relação de causa e efeito

A figura 4.8 apresenta um exemplo de diagrama de afinidade tomando como base as tabelas já citadas. Os rótulos contém as falhas externas e sob estes encontram-se as falhas internas. Moura (1994, p.26) sugere que sejam seguidos os seguintes passos na construção do diagrama de afinidades:

1. Escolher o tema;
2. Coletar os dados verbais;
3. Transferir os dados para cartelas;
4. Agrupar as cartelas;
5. Rotular os grupos de cartelas;
6. Desenhar o diagrama.

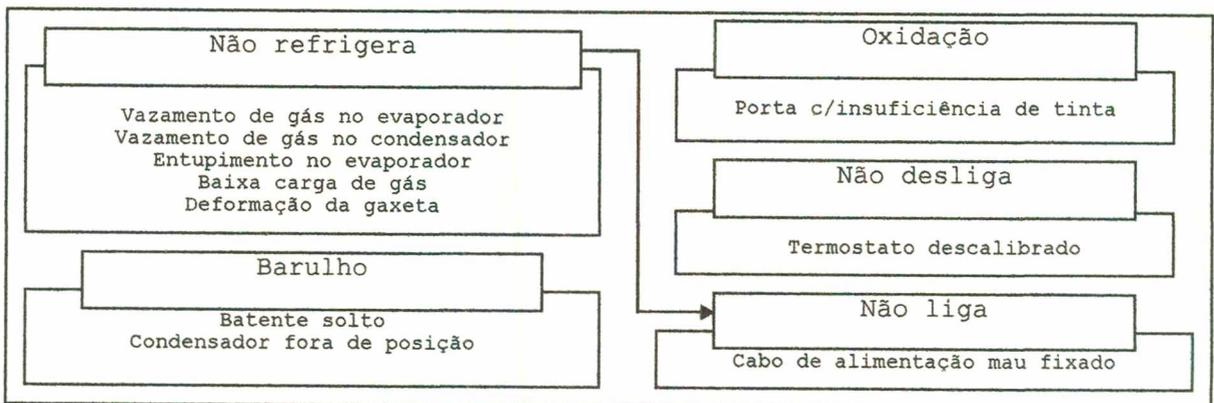


Fig. 4.8 - Exemplo de diagrama de afinidades

Após o estabelecimento das afinidades existentes, torna-se necessária a construção de uma tabela onde se possa visualizar lado a lado as falhas externas e as falhas internas correspondentes. Essa tabela será denominada de "tabela de afinidade de falhas" (ver exemplo da tabela 4.3) e deverá apresentar para cada falha interna um valor de importância dito "grau de importância das falhas" resultante da multiplicação do número de falhas externas pelo número de falhas internas.

Falhas externas	Nº de casos (A)	Falhas internas	Nº de casos (B)	Grau de importância das falhas (AxB)
Não refrigera	53	Vazamento de gás no evaporador	20	1060
		Vazamento de gás no condensador	9	477
		Entupimento no evaporador	7	371
		Baixa carga de gás	11	583
		Deformação da gaxeta	6	318
Barulho	27	Batente solto	10	270
		Condensador fora de posição	17	459
Não liga	10	Cabo de alimentação mal fixado	10	100
Oxidação	6	Porta c/ insuficiência de tinta	6	36
Não desliga	4	Termostato descalibrado	4	16
Total	100	Total	100	3690

Tab. 4.3 - Exemplo de tabela de afinidade de falhas

Uma vez estruturada a tabela, uma análise acurada é de fundamental importância com vistas ao aprimoramento da mesma, vale dizer: para verificar a consistência e coerência das informações agrupadas.

#### ETAPA 4 - Determinação das etapas do processo

Para relacionar as falhas com o processo, além da tabela de falhas, há a necessidade da elaboração de uma tabela com as etapas do processo; essa tabela denominada "tabela do processo" será obtida mediante o mapeamento do processo

envolvido (ver figura 4.9). Para a confecção do mapa do processo podem ser utilizadas informações constantes de planos de fabricação, procedimentos operacionais padrão, especificações de processo, relatórios de auditoria de processo, etc. Os documentos e registros citados, entre outros, possibilitam à equipe, um ponto de partida na execução do mapa do processo.

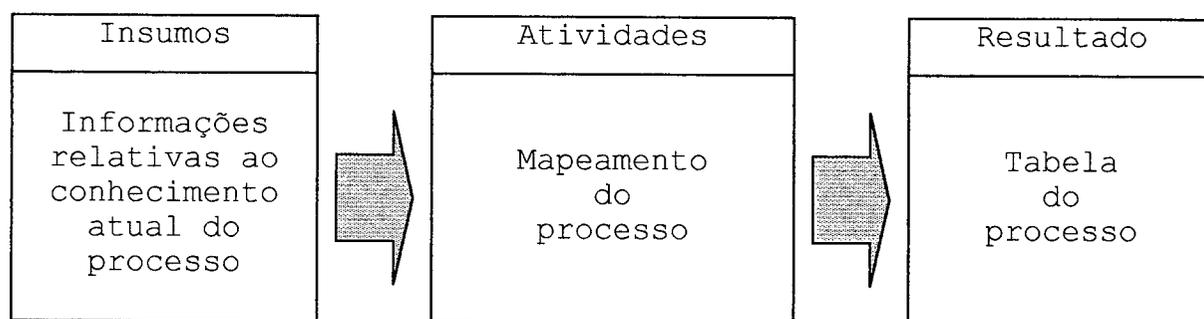


Fig. 4.9 - Etapa 4: determinação das etapas do processo

Segundo Harrington (1993), para a realização do mapeamento do processo, deve-se observar também o seguinte:

- Delimitar o processo, identificando seu início e fim;
- Definir as etapas do processo, listando as atividades, entradas e saídas;
- Listar as etapas definidas em ordem sequencial;
- Analisar criticamente, verificando se as etapas definidas estão dispostas corretamente e se as atividades listadas correspondem à realidade de produção;
- Com base na análise fazer as correções necessárias, utilizando a simbologia adequada, indicando a direção do fluxo, as etapas iniciais e finais, os pontos de decisão, enfim todas as referências necessárias ao entendimento completo do processo.

Na próxima fase, serão correlacionadas as tabelas elaboradas pela equipe multifuncional.

#### ETAPA 5 - Correlacionamento das falhas com o processo

A quinta etapa do método tem a finalidade de estabelecer um elo entre as falhas e o processo produtivo identificando as etapas do processo que mais necessitam de melhorias. Pode-se dividi-la em três atividades básicas, conforme exposto na figura 4.10.

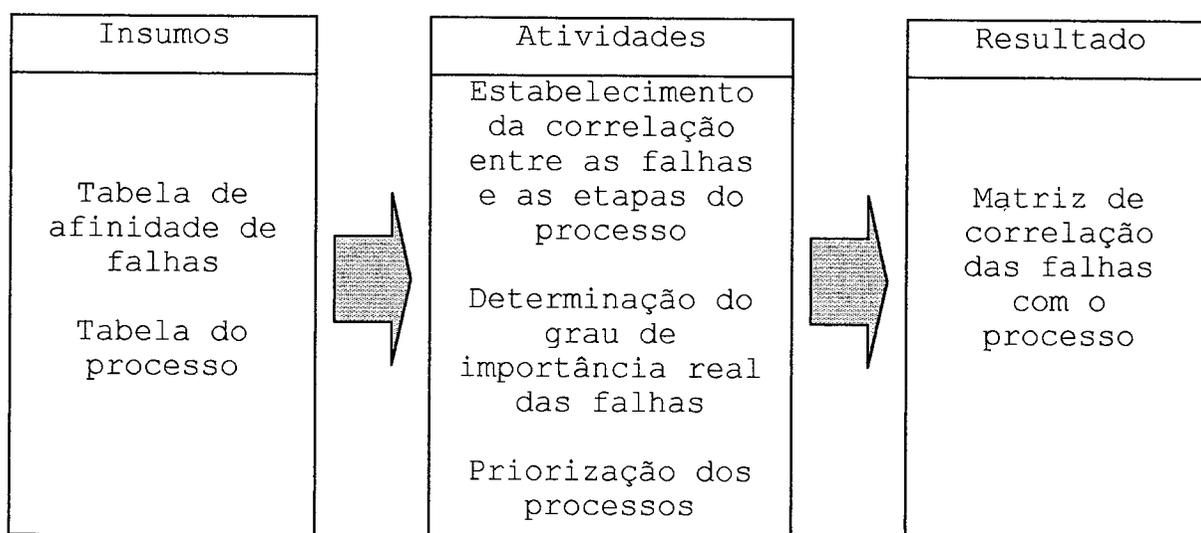


Fig. 4.10 - Etapa 5: correlacionamento das falhas com o processo

#### a) Estabelecimento da correlação entre as falhas e as etapas do processo

Nessa fase, deve-se estabelecer a correlação existente entre os itens constantes da tabela de afinidade de falhas e aqueles da tabela do processo, mediante o uso de uma matriz específica, conforme a figura 4.11.

O objetivo aqui é mostrar com que intensidade cada etapa do processo é responsável pela ocorrência de determinada

falha, uma vez que, nem todas as falhas têm origem unicamente no processo produtivo.

A comparação entre as duas tabelas citadas e a utilização da simbologia usual do QFD ( $\odot$ ,  $\circ$  e  $\Delta$ ), graduando-se respectivamente com os valores 6, 3 e 1 (por exemplo), as correlações forte, média e fraca, permitirá uma definição clara do grau de envolvimento do processo em relação a uma dada falha.

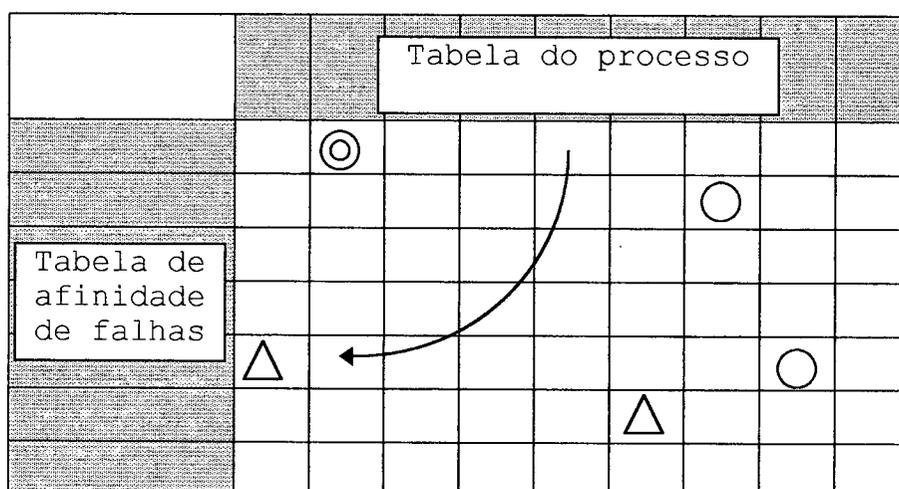


Fig. 4.11 - Matriz de correlação

#### b) Determinação do grau de importância real das falhas

O grau de importância real será obtido mediante uma equação onde ao grau de importância (extraído da tabela de afinidade de falhas) se multiplicará o índice de detecção das falhas ao longo do processo produtivo (ver figura 4.12.).

O estabelecimento do índice de detecção de falhas objetiva fazer com que a equipe pense criticamente em relação às formas de controle ora em uso, isso porque, algumas falhas podem ser observadas durante a execução da atividade e outras mais tarde, somente quando da obtenção do produto acabado.

No tocante ao índice de detecção, ele é atribuído da seguinte forma:

- Alto índice de detecção (1 ponto) - o defeito foi detectado durante as verificações e testes ao longo do processo produtivo. Não foi observado durante auditorias do produto (ver capítulo 3 - tabela 3.1).
- Médio índice de detecção (3 pontos) - o defeito foi detectado durante as verificações e testes realizados ao longo do processo produtivo e também, em auditorias do produto.
- Baixo índice de detecção (9 pontos) - o defeito só foi detectado em auditorias do produto. Defeitos não percebidos internamente serão incluídos nessa faixa.

	Tabela do Processo				Grau de importância das falhas	X	Índice de detecção	=	Grau de importância real
	3				100		3		300
Tabela de afinidade de falhas			1		20		9		180
Total	900		180						
Grau de criticidade	83%		17%						

Fig. 4.12 - Exemplo dos cálculos para a matriz de correlação

### c) Priorização dos processos

O grau de criticidade de cada etapa do processo em relação à importância das falhas resultará, num primeiro momento, da multiplicação do grau de importância real pelo valor atribuído à correlação forte, média ou fraca e, em seguida, da somatória dos valores encontrados em cada coluna da matriz.

Dar-se-á prioridade aos processos cujos valores obtidos (graus de criticidade) forem os mais elevados e estiverem na faixa de seleção estipulada pela equipe segundo os recursos e diretrizes envolvidas.

#### ETAPA 6 - Melhoria do controle do processo

Na sexta e última etapa, a equipe tem a tarefa de, sobre os processos selecionados, propor melhorias. Segundo Paladini (1994, p.43), "a melhoria decorre da alteração de características de processo, observadas no próprio processo ou em seus resultados (produto, serviço ou método)". Essa etapa consiste basicamente de duas atividades, conforme apresenta a figura 4.13.

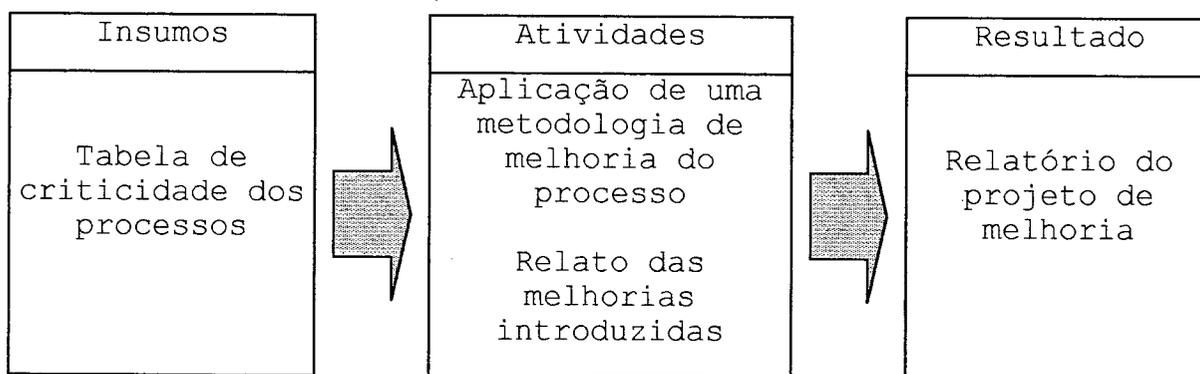


Fig. 4.13 - Etapa 6: melhoria do controle do processo

##### a) Aplicação de uma metodologia de melhoria do processo

Após a identificação dos processos críticos, a equipe definirá qual o objetivo a que se propõe. Este objetivo deve ser corretamente estruturado de forma que se possa verificar o seu alcance, ou seja, deve ser mensurável para que permita a caracterização da melhoria desejada.

São muitos os objetivos que podem ser fixados, normalmente estruturados considerando-se um objetivo gerencial, um valor de melhoria e um prazo para a sua obtenção. Como exemplos de objetivos gerenciais pode-se citar a redução do número de reclamações de campo, a redução de custos de fabricação, a eliminação de refugos, a minimização de desperdícios, etc.

Aplica-se então, sobre o processo identificado como crítico, uma das metodologias de análise e solução de problemas mencionadas no capítulo 3, com o intuito de identificar os meios para o alcance da meta determinada. A metodologia deve indicar se para o alcance da meta proposta, uma alteração na forma de controle é suficiente ou uma mudança do próprio processo em questão é requerida.

#### b) Relato das melhorias introduzidas

Após a conclusão do projeto de melhoria, deve-se relatar as informações que possam contribuir com a qualidade do desenvolvimento de novos produtos e processos. Esse *feedback* para as equipes de desenvolvimento de novos produtos visa não só compartilhar mas também perpetuar o conhecimento adquirido com o estudo, atitude essa imprescindível ao processo de melhoria contínua da organização.

#### 4.2- CONCLUSÃO

O método descrito sistematiza a utilização das informações disponíveis sejam elas internas ou externas a empresa, permitindo que estas sejam trabalhadas de forma a obter em curto espaço de tempo os resultados esperados. A tabela 4.4 mostra um resumo das etapas que compõe o método apresentado.

Etapa		Insumos	Atividades	Resultados
1	Determinação das falhas externas	Mercado (reclamações de campo)	Identificação das falhas de campo  Priorização das falhas de campo	Tabela de falhas externas
2	Determinação das falhas internas	Relatórios internos da qualidade	Identificação das falhas internas	Tabela de falhas internas
3	Estabelecimento da afinidade entre as falhas externas e as falhas internas	Tabela de falhas externas  Tabela de falhas internas	Estabelecimento da afinidade entre as falhas externas e as falhas internas	Tabela de afinidade de falhas
4	Determinação das etapas do processo	Informações relativas ao conhecimento atual do processo	Mapeamento do processo	Tabela do processo
5	Correlacionamento das falhas com o processo	Tabela de afinidade de falhas  Tabela do processo	Estabelecimento da correlação entre as falhas e as etapas do processo  Determinação do grau de importância real das falhas  Priorização dos processos	Matriz de correlação das falhas com o processo
6	Melhoria do controle do processo	Tabela de criticidade dos processos	Aplicação de uma metodologia de melhoria do processo  Relato das melhorias introduzidas	Relatório do projeto de melhoria

Tab. 4.4 - Quadro resumo do método

## CAPÍTULO 5 - APLICAÇÃO DO MÉTODO PROPOSTO

### 5.1- INTRODUÇÃO

O método proposto foi aplicado numa empresa que atua no mercado de eletrodomésticos da linha branca que compreende produtos tais como refrigeradores, freezers, condicionadores de ar, fogões, fornos de microondas, lavadoras de roupa, lava-louças e secadoras de roupa. Para a sua implementação foi formada uma equipe multifuncional que recebeu a incumbência de reduzir o número de reclamações de clientes externos relativas a um modelo específico de produto da empresa.

### 5.2- ETAPA 1: Determinação das falhas externas

#### a) Identificação das falhas de campo

Buscando atender o objetivo proposto, a equipe relacionou os 10 maiores problemas de campo no tocante ao número de casos existentes. Para isso realizou uma pesquisa junto às ordens de serviço emitidas no período de 1 ano pela rede de serviços autorizados, obtendo a relação mostrada na tabela 5.1.

Seqüência	Defeito	Nº de ocorrências
1	Não desliga	12
2	Não fecha	31
3	Não refrigera	325
4	Porta desregulada	43
5	Sudação externa	40
6	Barulho	132
7	Não liga	17
8	Formação de gelo em excesso	45
9	Oxidação	15
10	Não parte	2

Tab. 5.1- Tabela de falhas externas (parcial)

## b) Priorização das falhas de campo

Visando concentrar os esforços e obter resultados em menor espaço de tempo, as informações de campo foram organizadas na forma de um diagrama de Pareto (figura 5.1) levando em consideração o número de reclamações por defeito.

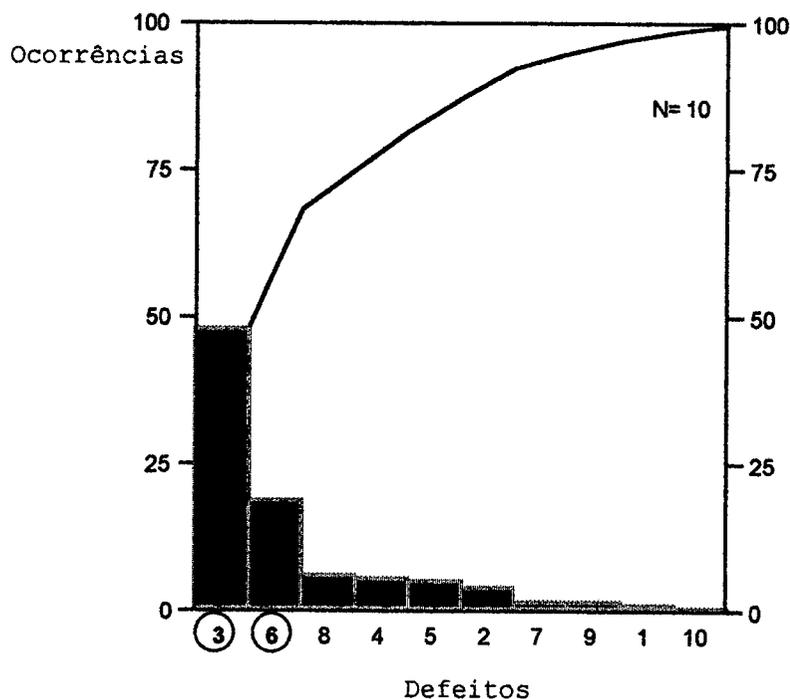


Fig.5.1- Pareto dos maiores problemas de campo

Foram escolhidos para o desenvolvimento do estudo os dois maiores problemas reclamados, não refrigera(3) e barulho(6), que juntos representavam 68,5% das chamadas em relação ao total de ocorrências no período.

### 5.3- ETAPA 2: Determinação das falhas internas

#### a) Identificação das falhas internas

Uma relação de falhas foi organizada utilizando informações dos relatórios de qualidade das áreas de

fabricação, montagem e auditoria da qualidade dos produtos. Essas informações foram reunidas numa única tabela dando origem a tabela de falhas internas (tabela 5.2) e foram tomadas no mesmo período de aquisição das informações usadas no estabelecimento da tabela de falhas externas.

Seq.	Defeito	Componente	Ocorr.	Seq.	Defeito	Componente	Ocorr.
1	Deslocado	Base frontal	8	38	Encostando no gabinete	Linha de sucção	6
2	Furação inferior deslocada	Capa externa	7	39	Fora de esquadro	Painel da porta	5
3	Alinhamento inadequado	Porta	23	40	Trincada	Caixa interna	6
4	Espanado	Parafuso dobradiça superior	15	41	Empenada	Porta	6
5	Quebrado	Suporte do evaporador	5	42	Varição dimensional recorte	Painel da porta	9
6	Fora do especificado	Flange	11	43	Quebrado	Botão do termostato	1
7	Não permite vedação	Travessa inferior	4	44	Furada	Linha de sucção	2
8	Vazamento na solda	Compressor/ tubo de carga	3	45	Furado	Filtro secador	2
9	Vazamento na solda	Filtro secador	12	46	Quebrado	Aparador d'água	3
10	Vazamento na solda	Compressor/ linha de sucção	4	47	Dimensões fora do especificado	Caixa interna	3
11	Vazamento na solda	Conector/ linha de sucção	5	48	Dimensões fora do especificado	Componentes internos	7
12	Furação superior deslocada	Capa externa	3	49	Espiras em atrito	Capilar	4
13	Interferência	Componentes internos	5	50	Haste torta	Termostato	2
14	Vedação defic. após reversão	Porta	2	51	Abaulada	Porta	4
15	Fora de posição	Tira de fixação	8	52	Oxidada	Base frontal	2
16	Abas fora de esquadro	Caixa interna	7	53	Empenada	Base frontal	4
17	Climpado fora do especif.	Gabinete	9	54	Interferência	Botão pendular	2
18	Montagem inadequada	Gaxeta	3	55	Fora especificação	Espuma de isolamento	2
19	Varição dimensões recorte	Painel da porta	16	56	Amassado	Gabinete	21
20	Vazamento na solda	Compressor/ condensador	4	57	Desalinhada	Cabeceira	5
21	Vazamento na solda	Tubo de carga	11	58	Errada	Carga de gás	23
22	Vazamento na solda	Linha de sucção/ evaporador	2	59	Entupimento por solda	Unidade selada	19
23	Conexão mal feita	Cabo de alimentação	10	60	Falta amolgamento c/ capilar	Evaporador	3
24	Defeituosa	Dobradiça inferior	2	61	Fixação incorreta	Suporte cx termostato	7
25	Defeituosa	Dobradiça superior	1	62	Ombros fora de dimensão	Painel da porta	15
26	Dimensão fora após injeção	Porta	8	63	Defeituoso	Interruptor	5
27	Encostando no filtro secador	Capilar	4	64	Resíduo e umidade	Unidade selada	5
28	Defeituoso	Termostato	3	65	Curto circuito	Rede elétrica	6
29	Mal fixado	Bulbo do termostato	19	66	Defeituosa	Gaxeta	2
30	Encostando na tela do filtro	Capilar	5	67	Encostando na entrada do evaporador	Capilar	2
31	Furando a tela do filtro	Capilar	17	68	Estrangulamento	Linha de sucção	3
32	Fora de posição	Dobradiça	11	69	Fora de posição	Filtro secador	5
33	Encostando no pé do gabin.	Filtro secador	7	70	Montagem inadequada	Condensador	4
35	Furação deslocada	Caixa interna	2	71	Montagem inadequada	Interruptor	3
36	Interferência - push botton travado	Botão do termostato	3	74	Solta	Gaxeta	3
37	Batendo no condensador	Linha de sucção	5				

Tab. 5.2- Tabela de falhas internas (parcial)

#### 5.4- ETAPA 3: Estabelecimento da afinidade entre as falhas externas e as falhas internas

Após a escolha dos principais defeitos de campo a serem estudados, mediante algumas sessões de *brainstorming* extraiu-se da tabela de falhas internas aquelas falhas com grande probabilidade de gerar os defeitos priorizados. Para melhor visualizar essa relação de causa e efeito a equipe elaborou o diagrama de afinidades mostrado na figura 5.2.

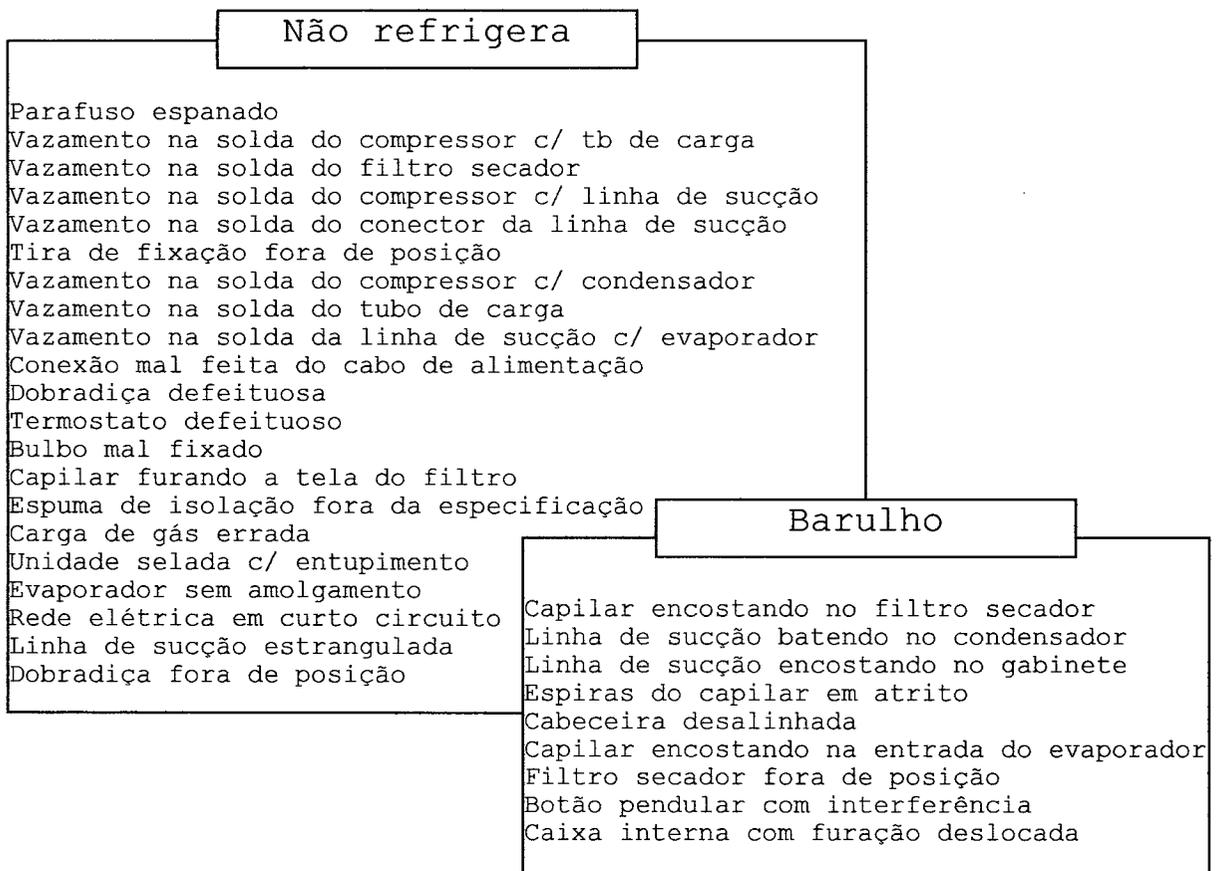


Fig. 5.2- Diagrama de afinidades

Determinada a afinidade presente entre as falhas externas e internas, deu-se continuidade ao trabalho através da execução da tabela de afinidade de falhas (tabela 5.3).

Tabela de falhas externas		Tabela de falhas internas			Grau de importância das falhas
Falhas externas	Ocorrências (A)	Falhas internas	Componente	Ocorrências (B)	A x B
Não refrigera	325	Espanado	Parafuso	15	4875
		Vazamento na solda	Compressor com tubo de carga	3	975
		Vazamento na solda	Filtro secador	12	3900
		Vazamento na solda	Linha de sucção com compressor	4	1300
		Vazamento na solda	Linha sucção com conector	5	1625
		Fora de posição	Tira de fixação	8	2600
		Vazamento na solda	Compressor com condensador	4	1300
		Vazamento na solda	Lacre do tubo de carga	11	3575
		Vazamento na solda	Linha de sucção com evaporador	2	650
		Conexão mal feita	Cabo de alimentação	10	3250
		Defeituosa	Dobradilha	3	975
		Defeituoso	Termostato	3	975
		Mal fixado	Bulbo	19	6175
		Furando a tela do filtro	Capilar	17	5525
		Fora de posição	Dobradilha	11	3575
Barulho	132	Fora da especificação	Espuma de isolamento	2	650
		Errada	Carga de gás	23	7475
		Entupimento	Unidade selada	19	6175
		Falta amolgamento	Evaporador com capilar	3	975
		Curto circuito	Rede elétrica	6	1950
		Estrangulamento	Linha de sucção com evaporador	1	325
		Encostando no pé do gabinete	Filtro secador	7	924
		Furação deslocada	Caixa interna	2	264
		Batendo no condensador	Linha de sucção	5	660
		Encostando no gabinete	Linha de sucção	6	792
		Em atrito	Capilar	4	528
		Com interferência	Botão pendular	2	264
Desalinhada	Cabeceira	5	660		
Encostando na entrada do evaporador	Capilar	2	264		
Fora de posição	Filtro secador	5	660		

Tab. 5.3- Tabela de afinidade de falhas

#### 5.5- ETAPA 4: Determinação das etapas do processo

A construção da tabela do processo requer o mapeamento do mesmo. Com esse intuito a equipe acompanhou etapa por etapa do processo produtivo *in loco*, além de utilizar-se de alguns procedimentos operacionais já existentes, para retratar no mapa do processo a realidade ora existente na fábrica. O desenho do mapa (figura 5.3) foi concebido com base na simbologia do anexo 2 deste trabalho.

Buscando agilidade o grupo estabeleceu por consenso que maiores detalhes relacionados a cada etapa do processo, como características da qualidade ou entradas e saídas por exemplo, só seriam acrescentados no mapeamento mais adiante na fase de melhoria do processo.

O mapa do macroprocesso de manufatura do produto selecionado para o estudo, foi elaborado considerando inicialmente os principais componentes adquiridos de terceiros simbolizados com um triângulo correspondente ao armazenamento de material, as operações de fabricação de subconjuntos e na seqüência a entrada desses materiais e/ou subconjuntos, na linha de montagem propriamente dita.

Os principais pontos de inspeção estão simbolizados através de losangos ao longo do fluxo. Embora no mapa não tenha sido mencionado, a empresa utiliza o sistema de autocontrole em diversas operações, atribuindo aos operadores (funcionários) a responsabilidade pela verificação da qualidade do seu próprio trabalho (ver capítulo 3, p.27).

Após a confirmação das informações contidas no mapa, foram relacionadas então, todas as atividades descritas, obtendo-se dessa forma a tabela do processo de manufatura, do produto selecionado (tabela 5.4).

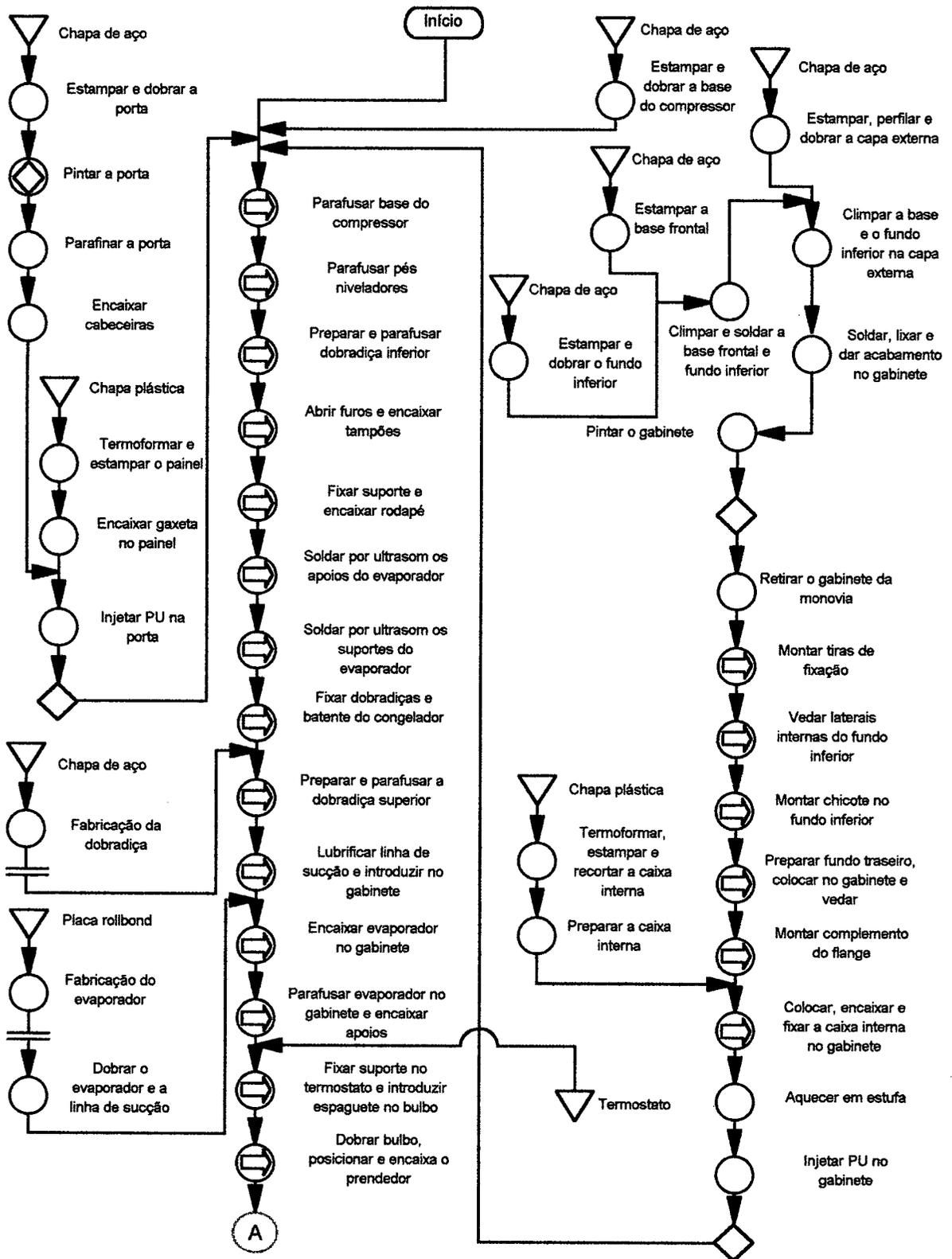


Fig. 5.3 - Mapeamento do processo de manufatura

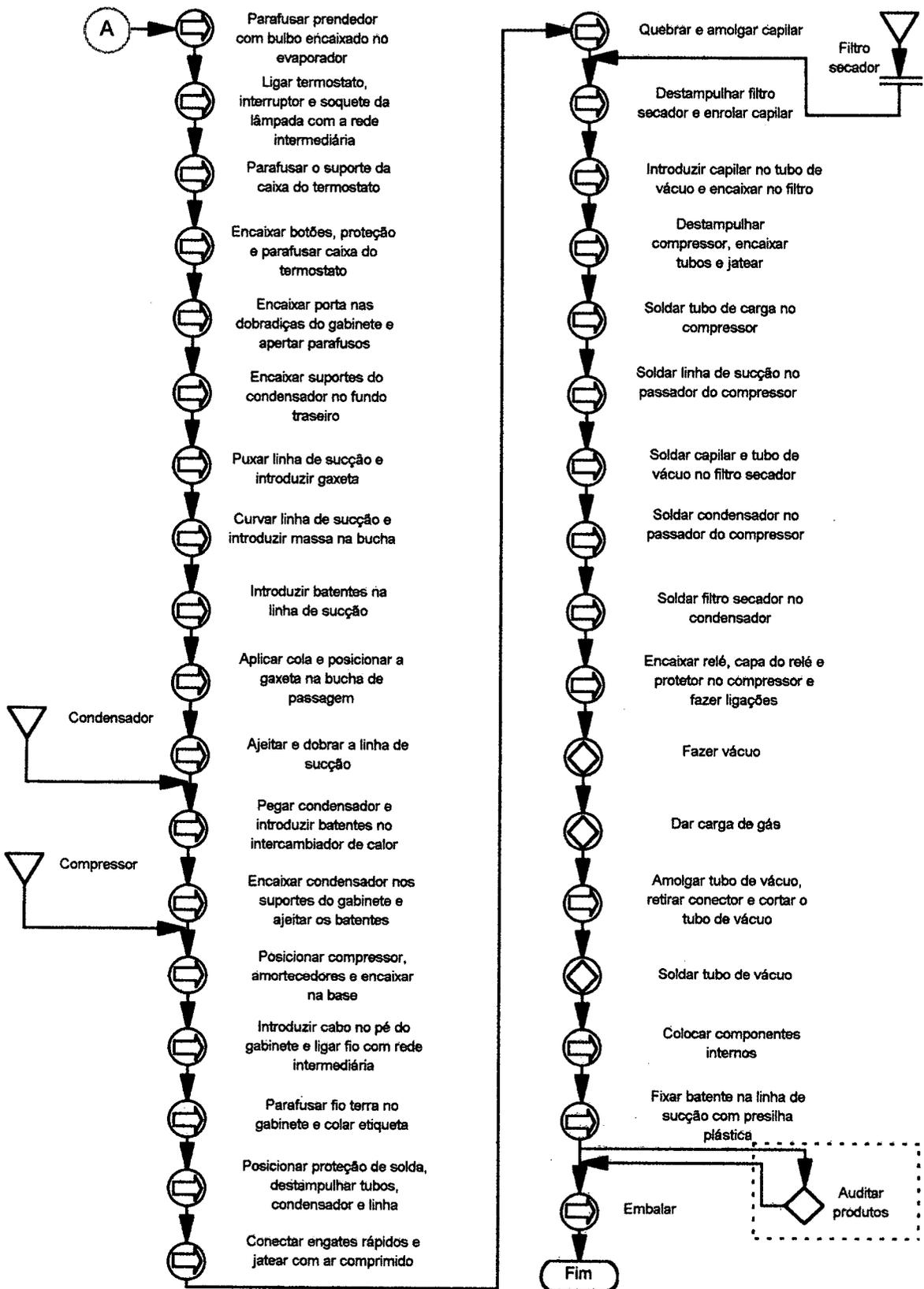


Fig. 5.3 - Mapeamento do processo de manufatura (continuação)

Seq.	Etapa do processo	Seq.	Etapa do processo	Seq.	Etapa do processo
1	Estampar e dobrar porta	28	Injetar PU no gabinete	55	Aplicar cola e posicionar a gaxeta na bucha
2	Pintar porta	29	Parafusar base do compressor	56	Ajeitar e dobrar linha de sucção
3	Parafinar porta	30	Parafusar pés niveladores	57	Introduzir batentes no intercambiador
4	Injetar cabeceiras	31	Preparar e Parafusar dobradiça inferior	58	Encaixar cond. nos suportes e ajeitar bat.
5	Encaixar cabeceiras	32	Abriu furos e encaixar tampões	59	Introduzir cabo no pé e ligar fio com rede
6	Encaixar gaxeta no painel	33	Fixar suporte e encaixar rodapé	60	Parafusar fio terra no gab. e colar etiqueta
7	Termoformar, estampar e recortar painel	34	Soldar por ultrasom apoios do evaporador	61	Posic. proteção, destamp. tb., cond. e linha
8	Injetar PU na porta	35	Soldar por ultrasom suportes evaporador	62	Conectar engates rápidos e jatear
9	Fabricação de dobradiças	36	Fixar dobradiças e batente do congelador	63	Quebrar e amolgar capilar
10	Estampar e dobrar base do compressor	37	Preparar e parafusar dobradiça superior	64	Destamp. filtro secador e enrolar capilar
11	Estampar a base frontal	38	Fabricação de evaporador	65	Inserir capilar no tb de vácuo e montar filtro
12	Estampar e dobrar o fundo inferior	39	Dobrar evaporador e linha de sucção	66	Destamp. compressor, montar tubos, jatear
13	Estampar, perfilar e dobrar capa externa	40	Lubrificar linha e introduzir no gabinete	67	Soldar tubo de carga no compressor
14	Climpar e soldar base frontal e fundo	41	Encaixar evaporador no gabinete	68	Soldar linha de sucção no compressor
15	Climpar base e fundo inferior na capa	42	Parafusar evaporador no gabin. e encaixar apoios	69	Soldar capilar e tubo de vácuo no filtro
16	Soldar, lixar e dar acabamento no gabinete	43	Fixar suporte termostato e inserir espaguete	70	Soldar condensador no compressor
17	Pintar gabinete	44	Dobrar bulbo, posicionar e encaixar prendedor	71	Soldar filtro secador no condensador
18	Retirar gabinete da monovia	45	Parafusar prendedor c/ bulbo encaixado no evap.	72	Realizar teste de continuidade
19	Montar tiras de fixação	46	Ligar termostato, interruptor e soquete na rede	73	Testar vazamento com hélio
20	Vedar laterais internas do fundo inferior	47	Parafusar suporte da caixa termostato	74	Encaixar capa, protetor, relé e fazer ligações
21	Montar chicote no fundo inferior	48	Encaixar termostato, interruptor e soquete na caixa	75	Fazer vácuo
22	Preparar fundo, colocar no gabin. e vedar	49	Encaixar botões, proteção e parafusar caixa	76	Dar carga de gás
23	Montar complemento do flange	50	Encaixar porta nas dobradiças e apertar parafusos	77	Amolgar tb de carga, retirar conector, cortar
24	Termoformar, estampar e recortar caixa	51	Encaixar suportes do condensador no fundo	78	Soldar tubo de carga
25	Preparar caixa interna	52	Puxar linha de sucção e introduzir gaxeta	79	Colocar componentes internos
26	Colocar, encaixar e fixar cx. int. no gabin.	53	Curvar linha e introduzir massa na bucha	80	Fixar batente na linha com presilha plástica
27	Aquecer em estufa	54	Pegar cond. e introduzir batentes no intercamb.	81	Embalar

Tab.5.4- Tabela do processo

5.6- ETAPA 5: Correlacionamento das falhas com o processo

a) Estabelecimento da correlação entre as falhas e as etapas do processo

Dando continuidade ao trabalho, o grupo elaborou a matriz de correlação, cruzando a tabela de afinidade de falhas com a tabela do processo (ver figura 5.4).

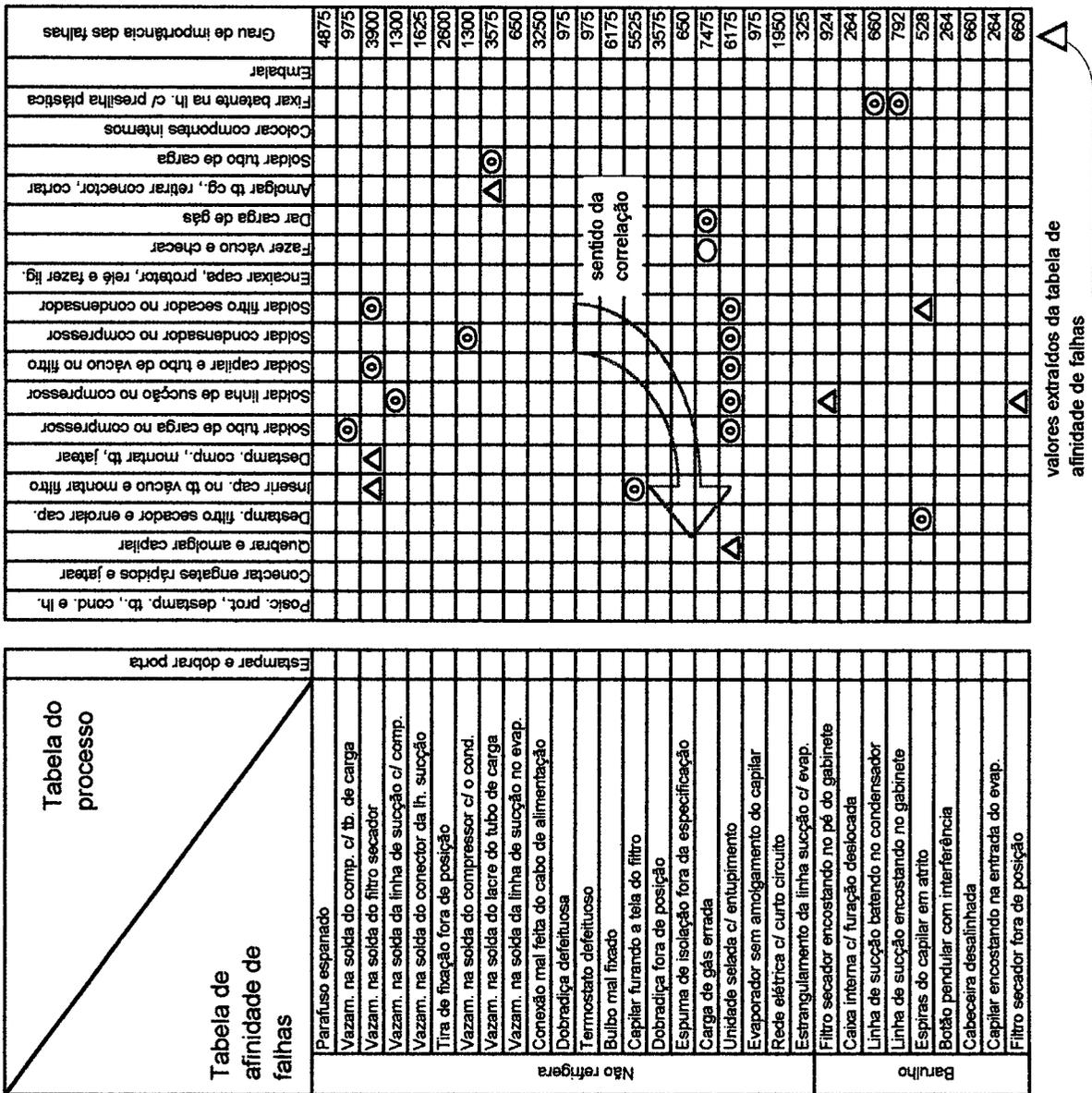


Fig. 5.4 - Matriz de correlação das falhas com o processo

Partindo da tabela do processo, a equipe passou à fase de atribuição de responsabilidade pela ocorrência de cada falha, utilizando-se novamente do *brainstorming* embasado nas informações procedentes principalmente da experiência da equipe multifuncional e dos técnicos da rede de serviços autorizados. Assim para descrever a probabilidade de que determinada fase do processo era responsável por certo tipo de falha, o grupo usou a escala de correlações padrão da metodologia do QFD: correlação forte, média e fraca (como visto na figura 5.4).

Nessa fase observou-se a importância da diversidade funcional da equipe e da participação ativa dos seus membros.

#### b) Determinação do grau de importância real das falhas

Para a determinação do grau de importância real das falhas, os valores do grau de importância obtidos anteriormente na tabela de afinidade de falhas, foram multiplicados pelo índice de detecção dessas falhas (ver figura 5.5).

O índice de detecção foi atribuído a cada falha, com base na aparição das falhas nos relatórios utilizados para a montagem da tabela de falhas internas. Assim atribuiu-se grau 1 às falhas que foram citadas nos relatórios de fabricação e montagem, grau 3 para aquelas citadas nos relatórios tanto de fabricação/ montagem quanto nos da auditoria do produto e grau 9 para aquelas mencionadas somente nos relatórios da auditoria do produto.

#### c) Priorização dos processos

Para definir a criticidade do processo, os valores do grau de importância real das falhas foram multiplicados pelos valores das correlações da matriz (ver figura 5.5). Exemplificando, o grau de criticidade para a operação de





"soldar o filtro secador no condensador" (constante da figura 5.5, p.93) foi obtido da seguinte forma:

$$(3900 \times \textcircled{\circ}) + (6175 \times \textcircled{\circ}) + (4752 \times \triangle) = 65202 \text{ (que representa 2,5\% do total de pontos das etapas)}$$

Essa operação faz com que além da capacidade de detecção, leve-se em consideração também para priorizar, o nível de envolvimento de cada etapa do processo com o montante de falhas.

A matriz mostrada na figura 5.5 sinalizou que nas operações de "dobrar bulbo, posicionar e encaixar o prendedor" e "parafusar prendedor com bulbo encaixado no evaporador" os procedimentos de controle não são adequados, responsabilizando-as pela ocorrência de uma parcela dos casos de produto não refrigera.

#### 5.7- ETAPA 6: Melhoria do controle do processo

O processo de fixação do bulbo do termostato tem reflexo direto sobre o funcionamento indadequado do sistema de refrigeração no produto. Esse componente executa a função de sensor de temperatura interna no produto, comunicando ao termostato o momento correto para ligar e desligar o compressor mantendo assim a temperatura interna desejada.

Quando o bulbo do termostato não se encontra devidamente fixado, perde sensibilidade, informando de forma inadequada a temperatura.

Observou-se que mesmo quando seguidos todos os procedimentos especificados, não se conseguia um contato perfeito em 100% dos casos.

Através da aplicação da metodologia do QC Story a equipe identificou que o sistema de fixação atual do bulbo, não

era robusto o suficiente para garantir o resultado esperado. Dada a importância do componente para o funcionamento do sistema de refrigeração como um todo, o grupo optou por reprojeter o subsistema de fixação do bulbo do termostato.

## **CAPÍTULO 6 - CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES**

### **6.1- CONCLUSÕES**

O trabalho propôs uma forma sistematizada para se analisar criticamente os procedimentos de controle do processo produtivo através da identificação dos processos mais relacionados aos problemas de campo. Isso foi feito mediante o desdobramento das reclamações de campo em linguagem do processo, graças ao emprego da filosofia do QFD e da aplicação de uma metodologia de melhoria aos processos selecionados. O método embora reativo (baseia-se em problemas que já ocorreram), permite a obtenção de resultados a curto prazo e fornece informações para o desenvolvimento de novos processos de maneira mais adequada.

Comparando-se as falhas de campo com as falhas internas foi possível estabelecer a afinidade entre ambas. Observou-se que a percepção das falhas pelos clientes externos se dá de maneira diferente do público interno.

Estabelecida a afinidade, o método permitiu que a equipe pudesse correlacionar as falhas com as etapas do processo, identificando assim os pontos a melhorar.

O uso da matriz de correlação com a inserção de critérios específicos permitiu a determinação do grau de criticidade de cada fase em relação as reclamações de campo, ou seja, conseguiu-se determinar a parcela de responsabilidade de cada etapa no tocante a probabilidade da falha ocorrer.

Através da aplicação de uma metodologia de melhoria de processos pôde-se identificar que características da qualidade mais impactavam nos problemas de campo e conseqüentemente requeriam um controle mais efetivo no sentido de alcançar os valores especificados.

A seguir destacam-se mais alguns aspectos relevantes sobre a proposta desenvolvida e sua aplicação prática:

- O modelo desenvolvido fundamentou-se numa abordagem sistêmica o que pressupõe um trabalho de melhoria contínua, na busca por melhores resultados junto ao cliente;
- O emprego do método permite que pessoas de diferentes áreas da organização trabalhem em equipe, concentrando seus esforços para o alcance de um objetivo comum;
- O método consiste de um processo participativo incidindo sobre a sua aplicação menores resistências à mudança, promovendo a efetiva eliminação de barreiras departamentais;
- O método foi desenvolvido de forma a permitir sua aplicação imediata;
- Tempo e recursos (pessoal treinado em ferramentas da qualidade) para planejamento do trabalho são fatores de fundamental importância para a obtenção dos resultados propostos. Durante a fase de planejamento do trabalho cada integrante da equipe deve dedicar ao projeto de melhoria pelo menos 70% do seu tempo para atingir os resultados esperados a curto prazo;
- Essa metodologia vem sendo utilizada sistematicamente pela empresa citada, apresentando bons resultados em relação à melhoria contínua de seus produtos e processos.

## 6.2- RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Durante a execução deste trabalho, foram observados alguns aspectos que, sem dúvida, se aprofundados trariam grandes contribuições científicas. Por limitações de tempo e sem querer desvirtuar o trabalho de sua proposta original,

estes aspectos não foram abordados, mas serão deixados aqui como sugestões para temas de futuros trabalhos:

- Aperfeiçoar a metodologia de desenvolvimento de novos processos, buscando progressivamente menores *lead time* na obtenção de processos com baixa variabilidade, mais confiáveis.
- Desenvolver junto aos serviços autorizados um modelo que lhes permita um diagnóstico mais rápido e preciso do tipo de defeito constatado no produto, aumentando a velocidade das ações por parte da empresa.
- Implementar um estudo de confiabilidade para a definição do tempo de ocorrência de determinados tipos de falha para avaliar a capacidade de detecção destas durante o processo produtivo.

**REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

- AKAO, Yoji. **QFD: integrating customer requirements into product design**. Cambridge: Massachussets, Productivity Press, 1990.
- ALMEIDA, Léo G. **Gerência de processo: mais um passo para a excelência**. Rio de Janeiro: Qualitymark Editora, 1993.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Gestão da qualidade e garantia da qualidade - Terminologia**, NBR ISO 8402. Rio de Janeiro, 1993.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Gestão da qualidade e elementos do sistema da qualidade - Parte 1: Diretrizes**, NBR ISO 9004-1. Rio de Janeiro, 1994.
- BERWICK, Donald M., GODFREY, A. Blanton, ROESSNER, Jane. **Melhorando a qualidade dos serviços médicos, hospitalares e da saúde**. São Paulo: Makron Books, 1995.
- BRASSARD, Michael. **The memory jogger: qualidade ferramentas para uma melhoria contínua**. Rio de Janeiro: Qualitymark Editora Ltda, 1985.
- BREEN, George Edward; Blankenship, Albert B. **Faça você mesmo pesquisas de mercado**. São Paulo: Makron, McGraw-Hill, 1991.
- CAMPOS, Vicente Falconi. **TQC: Controle da qualidade total (no estilo japonês)**. Belo Horizonte: UFMG, Escola de Engenharia, Fundação Christiano Ottoni, 1992.
- CHENG, Lin Chih [et al]. **QFD: planejamento da qualidade**. Belo Horizonte: UFMG, Escola de Engenharia, Fundação Christiano Ottoni, 1995.

- COBRA, Marcos; Rangel, Alexandre. **Serviços ao cliente: uma estratégia competitiva**. São Paulo: Marcos Cobra, 1992.
- CROSBY, Philip B. **Qualidade: falando sério**. São Paulo: McGraw-Hill, 1990.
- CSILLAG, João Mário. **Análise do valor**. São Paulo: Atlas, 1995.
- DELLARETTI Filho, Osmário. Curso "**Utilização das 7 Ferramentas da Administração e do Planejamento**". Belo Horizonte: UFMG, Escola de Engenharia, Fundação Christiano Ottoni, 1994.
- DEMING, W. Edwards. **Qualidade, a revolução da administração**. Rio de Janeiro: Marques Saraiva, 1990.
- DOTY, Leonard A. **Statistical process control**. New York: Industrial Press Inc., 1996.
- DOUCHY, Jean-Marie. **Em direção ao zero defeito na empresa: da qualidade total (TQC) aos círculos de qualidade**. São Paulo: Atlas, 1992.
- EUREKA, William E. **QFD: perspectivas gerenciais do desdobramento da função qualidade**. Rio de Janeiro: Qualitymark Ed., 1993.
- FEIGENBAUM, Armand V. **Controle da qualidade total**. São Paulo, Makron Books, 1994.
- HARRINGTON, H. J. **O processo do aperfeiçoamento: como as empresas americanas, líderes de mercado, aperfeiçoam controle de qualidade**. São Paulo: McGraw-Hill, 1988.

- HARRINGTON, James. **Aperfeiçoando processos empresariais**. São Paulo: Makron Books, 1993.
- HARRY, Mikel J. Artigo: "**Six sigma: a breakthrough strategy for profitability**". Revista Quality Progress, pg.60, may 1998.
- HELMAN, Horácio; Andery, Paulo Roberto Pereira. **Análise de falhas (aplicação dos métodos de FMEA e FTA)**. Belo Horizonte: UFMG, Escola de Engenharia, Fundação Christiano Ottoni, 1995.
- ISHIKAWA, Kaoru. **Controle de qualidade total: à maneira japonesa**. Rio de Janeiro: Editora Campus, 1993.
- JURAN, J. M. **A qualidade desde o projeto: novos passos para o planejamento da qualidade em produtos e serviços**. São Paulo: Pioneira, 1992.
- JURAN, J. M., Gryna, Frank M. **Controle da qualidade**. São Paulo: Makron Books, 1993.
- KING, Robert. **Better designs in half the time**. Massachussets: GOAL QPC, 1987.
- KOTLER, Philip. **Administração de marketing: análise, planejamento, implementação e controle**. São Paulo: Atlas, 1994.
- KUME, Hitoshi. **Métodos estatísticos para melhoria da qualidade**. São Paulo: Editora Gente, 1993.
- MIZUNO, Shigeru. **Gerência para melhoria da qualidade: as sete novas ferramentas de controle da qualidade**. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos Editora, 1993.

- MOEN, Ronald D./ Nolan, Thomas W./ Provost, Lloyd P. **Improving quality through planned experimentation.** USA: McGraw-Hill, 1991.
- MONTGOMERY, Douglas C. **Introduction to statistical quality control.** USA: John Wiley & Sons, Inc., 1990.
- MOURA, Eduardo C. **As sete ferramentas gerenciais da qualidade - implementando a melhoria contínua com maior eficácia.** São Paulo: Makron Books, 1994.
- O'HANLON, Tim. **O auditor líder: uma história sobre auditoria de sistemas da qualidade.** São Paulo: Pioneira, 1994.
- PALADINI, Edson Pacheco. **Controle de Qualidade: uma abordagem abrangente.** São Paulo: Atlas, 1990.
- PALADINI, Edson Pacheco. **Qualidade total na prática: implantação e avaliação de sistemas de qualidade total.** São Paulo: Atlas, 1994.
- PALADINI, Edson Pacheco. **Gestão da qualidade no processo: a qualidade na produção de bens e serviços.** São Paulo: Atlas, 1995.
- PUGH, Stuart. **Total design: integrated methods for successful product engineering.** Great Britain: Addison-Wesley Publishing Company, Inc., 1995.
- ROSS, Phillip J. **Taguchi techniques for quality engineering: loss function, orthogonal experiments, parameter and tolerance design.** USA: McGraw-Hill Book Company, 1988.

SCAPIN, Carlos Alberto. **Curso de controle estatístico do processo**. Joinville: Multibrás S/A, 1997.

**BIBLIOGRAFIA**

- AKAO, Yoji. **QFD: integrating customer requirements into product design**. Cambridge: Massachussets, Productivity Press, 1990.
- ALMEIDA, Léo G. **Gerência de processo: mais um passo para a excelência**. Rio de Janeiro: Qualitymark Editora, 1993.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Gestão da qualidade e garantia da qualidade - Terminologia**, NBR ISO 8402. Rio de Janeiro, 1993.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Sistemas da qualidade - Modelo para garantia da qualidade em projeto, desenvolvimento, produção, instalação e serviços associados**, NBR ISO 9001. Rio de Janeiro, 1994.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Gestão da qualidade e elementos do sistema da qualidade - Parte 1: Diretrizes**, NBR ISO 9004-1. Rio de Janeiro, 1994.
- BERWICK, Donald M., GODFREY, A. Blanton, ROESSNER, Jane. **Melhorando a qualidade dos serviços médicos, hospitalares e da saúde**. São Paulo: Makron Books, 1995.
- BHOTE, Keki R. **World class quality: using design of experiments to make it happen**. New York: NY, AMACOM, 1991.
- BRASSARD, Michael. **The memory jogger: qualidade ferramentas para uma melhoria contínua**. Rio de Janeiro: Qualitymark Editora Ltda, 1985.
- BREEN, George Edward; Blankenship, Albert B. **Faça você mesmo pesquisas de mercado**. São Paulo: Makron, McGraw-Hill, 1991.

CAMPOS, Vicente Falconi. **Gerência de qualidade total: estratégia para aumentar a competitividade da empresa brasileira.** Belo Horizonte: UFMG, Escola de Engenharia, Fundação Christiano Ottoni, 1990.

CAMPOS, Vicente Falconi. **TQC: Controle da qualidade total (no estilo japonês).** Belo Horizonte: UFMG, Escola de Engenharia, Fundação Christiano Ottoni, 1992.

CAMPOS, Vicente Falconi. **Qualidade total: Padronização de empresas.** Belo Horizonte: UFMG, Escola de Engenharia, Fundação Christiano Ottoni, 1992.

CAMPOS, Vicente Falconi. **TQC: gerenciamento da rotina do trabalho do dia-a-dia.** Belo Horizonte: UFMG, Escola de Engenharia, Fundação Christiano Ottoni, 1994.

CHENG, Lin Chih [et al]. **QFD: planejamento da qualidade.** Belo Horizonte: UFMG, Escola de Engenharia, Fundação Christiano Ottoni, 1995.

CLAUSING, Don. **Total quality development: a step-by-step guide to world-class concurrent engineering.** New York: ASME Press, 1994.

COBRA, Marcos; Rangel, Alexandre. **Serviços ao cliente: uma estratégia competitiva.** São Paulo: Marcos Cobra, 1992.

CROSBY, Philip B. **Qualidade: falando sério.** São Paulo: McGraw-Hill, 1990.

CSILLAG, João Mário. **Análise do valor.** São Paulo: Atlas, 1995.

- DALLA VALENTINA, Luiz Veriano Oliveira. Tese de Doutorado: **Desenvolvimento de um modelo integrado de reengenharia de processos com melhoria contínua para o redesenho de processos**. UFSC, maio de 1998.
- DAVIDOW, William H. **Serviço total ao cliente: a arma decisiva**. Rio de Janeiro: Campus, 1991.
- DELLARETTI Filho, Osmário. Curso **"Utilização das 7 Ferramentas da Administração e do Planejamento"**. Belo Horizonte: UFMG, Escola de Engenharia, Fundação Christiano Ottoni, 1994.
- DEMING, W. Edwards. **Qualidade, a revolução da administração**. Rio de Janeiro: Marques Saraiva, 1990.
- DOTY, Leonard A. **Statistical process control**. New York: Industrial Press Inc., 1996.
- DOUCHY, Jean-Marie. **Em direção ao zero defeito na empresa: da qualidade total (TQC) aos círculos de qualidade**. São Paulo: Atlas, 1992.
- EDWARDS, George D. Artigo: **"Some basic concepts of quality control"**. Revista Quality Engineering, pg.697-699, 1998.
- EUREKA, William E. **QFD: perspectivas gerenciais do desdobramento da função qualidade**. Rio de Janeiro: Qualitymark Ed., 1993.
- FEIGENBAUM, Armand V. **Controle da qualidade total**. São Paulo, Makron Books, 1994.

FREITAS, Marta Afonso, COLOSIMO, Enrico Antonio. Curso **"Confiabilidade: análise de tempo de falha e testes de vida acelerados"**. Belo Horizonte: UFMG, Depto de Estatística, Fundação Christiano Ottoni, 1996.

FIATES, Gabriela Gonçalves Silveira. Dissertação: **A utilização do QFD como suporte à implementação do TQC em empresas do setor de serviços**. UFSC, fevereiro de 1994.

FONTENELLE, Joaquim da Cunha. Artigo **"Confiabilidade e seus custos"**. Revista CQ - Qualidade, outubro de 1996.

GASS, Kenneth C. Artigo: **"How to make procedures work"**. Revista Quality Engineering, pg.337-343, 1995.

HARRINGTON, H. J. **O processo do aperfeiçoamento: como as empresas americanas, líderes de mercado, aperfeiçoam controle de qualidade**. São Paulo: McGraw-Hill, 1988.

HARRINGTON, James. **Aperfeiçoando processos empresariais**. São Paulo: Makron Books, 1993.

HARRY, Mikel J. Artigo: **"Six sigma: a breakthrough strategy for profitability"**. Revista Quality Progress, pg.60, may 1998.

HAUSER, John R., CLAUSING, Don. Artigo **"The house of quality"**. Revista Harvard Business Review, may-june 1988.

HAVENER, Clifton L. Artigo **"Improving the quality of quality"**. Revista Quality Progress, pg 41, november 1993.

HELMAN, Horácio; Andery, Paulo Roberto Pereira. **Análise de falhas (aplicação dos métodos de FMEA e FTA)**. Belo Horizonte: UFMG, Escola de Engenharia, Fundação Christiano Ottoni, 1995.

- HOERL, Roger W. Artigo: "**Six sigma and the future of the quality profession**". Revista Quality Progress, pg.35, june 1998.
- ISHIKAWA, Kaoru. **Controle de qualidade total: à maneira japonesa**. Rio de Janeiro: Editora Campus, 1993.
- JURAN, J. M. **A qualidade desde o projeto: novos passos para o planejamento da qualidade em produtos e serviços**. São Paulo: Pioneira, 1992.
- JURAN, J. M., Gryna, Frank M. **Controle da qualidade**. São Paulo: Makron Books, 1993.
- KING, Robert. **Better designs in half the time**. Massachussets: GOAL QPC, 1987.
- KOTLER, Philip. **Administração de marketing: análise, planejamento, implementação e controle**. São Paulo: Atlas, 1994.
- KUME, Hitoshi. **Métodos estatísticos para melhoria da qualidade**. São Paulo: Editora Gente, 1993.
- MARANHÃO, Mauriti. Artigo: **Uma fronteira entre avanço e retrocesso**. São Paulo: Revista Controle da Qualidade, Editora Banas, 1998.
- MARTINS, Márcia Copello, CERQUEIRA, Jorge Pedreira de. **Formação de auditores internos da qualidade**. São Paulo: Pioneira, 1996.

- MILLS, Charles A. **A auditoria da qualidade: uma ferramenta para avaliação constante e sistemática da manutenção da qualidade.** São Paulo: Makron Books, 1994.
- MIZUNO, Shigeru. **Gerência para melhoria da qualidade: as sete novas ferramentas de controle da qualidade.** Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos Editora, 1993.
- MOEN, Ronald D./ Nolan, Thomas W./ Provost, Lloyd P. **Improving quality through planned experimentation.** USA: McGraw-Hill, 1991.
- MONTGOMERY, Douglas C. **Introduction to statistical quality control.** USA: John Wiley & Sons, Inc., 1990.
- MOURA, Eduardo C. **As sete ferramentas gerenciais da qualidade - implementando a melhoria contínua com maior eficácia.** São Paulo: Makron Books, 1994.
- O'HANLON, Tim. **O auditor líder: uma história sobre auditoria de sistemas da qualidade.** São Paulo: Pioneira, 1994.
- PALADINI, Edson Pacheco. **Controle de Qualidade: uma abordagem abrangente.** São Paulo: Atlas, 1990.
- PALADINI, Edson Pacheco. **Qualidade total na prática: implantação e avaliação de sistemas de qualidade total.** São Paulo: Atlas, 1994.
- PALADINI, Edson Pacheco. **Gestão da qualidade no processo: a qualidade na produção de bens e serviços.** São Paulo: Atlas, 1995.

- PUGH, Stuart. **Total design: integrated methods for successful product engineering.** Great Britain: Addison-Wesley Publishing Company, Inc., 1995.
- ROSS, Phillip J. **Taguchi techniques for quality engineering: loss function, orthogonal experiments, parameter and tolerance design.** USA: McGraw-Hill Book Company, 1988.
- SCAPIN, Carlos Alberto. **Curso de controle estatístico do processo.** Joinville: Multibrás S/A, 1997.
- SNODGRASS, Thomas J., KASI, Muthiah. **Function Analysis: the stepping stones to good value.** Madison: Universidade de Wisconsin, 1986.
- SPENDOLINI, Michael J. **Benchmarking.** São Paulo: Makron Books, 1993
- TOWNSEND, Patrick L., GEBHARDT, Joan E. **Qualidade em ação: 93 lições sobre liderança, participação e medição.** São Paulo: Makron Books, 1993.
- WHEELER, Donald J., CHAMBERS, David S. **Understanding statistical process control.** Knoxville, Tennessee (USA): SPC Press, Inc, 1992.
- WHITELEY, Richard C. **A empresa totalmente voltada para o cliente: do planejamento a ação.** Rio de Janeiro: Campus, 1992.
- WOMACK, James P., JONES, Daniel T., ROOS, Daniel. **A máquina que mudou o mundo.** Rio de Janeiro: Campus, 1992.

UCHIMARU, Kiyoshi, OKAMOTO, Susumu, KURAHARA, Bunteru. **TQM for technical groups: total quality principles for product development.** Portland, Oregon, Productivity Press, 1993.

ANEXO 1  
TERMINOLOGIA DA QUALIDADE

Com o objetivo de esclarecer e padronizar termos utilizados no decorrer do trabalho, esta seção apresenta a definição de alguns destes, conforme terminologia adotada pela ABNT de acordo com a norma NBR ISO 8402 (1993):

a) Produto: Termo geral que indica o que é gerado por um processo. Neste contexto, um produto pode ser um bem tangível ou um serviço.

b) Cliente: Pessoa ou organização que usa ou possa estar envolvida de alguma forma com os produtos que fornecemos. Dentro de uma empresa, o "cliente interno" é a pessoa ou organização que recebe nosso produto semi-acabado. A pessoa ou organização que fornece o produto semi-acabado é o fornecedor. Desta forma, numa empresa, cada pessoa ou organização é, em momentos diferentes, um fornecedor ou um cliente. O "cliente externo" é a pessoa que usa o produto fornecido pela companhia. Também definido como aquele que é impactado por um processo ou produto; neste texto cliente externo, consumidor e usuário, têm o mesmo significado.

c) Fornecedor: No nível da companhia, as pessoas, organizações ou firmas que fornecem a companhia materiais ou serviços. Dentro da companhia, todos aqueles que produzem objetos ou serviços usados por uma ou mais pessoas internamente. De modo geral, dentro de uma companhia, todos são fornecedores de alguém, e ao mesmo tempo, todos são clientes.

d) Ação preventiva: Ação implementada para eliminar as causas de uma possível não-conformidade, defeito ou outra situação indesejável, a fim de prevenir a sua ocorrência.

e) Ação corretiva: Ação implementada para eliminar as causas de uma não-conformidade, de um defeito ou de outra

situação indesejável existente, a fim de prevenir sua repetição.

f)Retrabalho: Ação implementada sobre um produto não-conforme de modo que ele atenda aos requisitos especificados.

g)Qualidade percebida: Características positivas que o cliente "vê" num produto. É um aspecto muito subjetivo da qualidade. Esta é uma situação difícil de ser definida, mensurada, atingida e mantida. Reputação e opinião que o cliente tem de um objeto ou marca.

h)Não-conformidade: Estado ou condição de um produto em que há uma ou mais características não-conformes com a especificação.

Da mesma forma, os termos que seguem são citados por Juran (1993), conforme minuta da norma A3 da ANSI/ASQC, "Terminologia dos Sistemas da Qualidade" de 1987.

a)Auditoria da qualidade: Um exame e avaliação sistemático e independente para determinar se os resultados e atividades da qualidade são compatíveis com grupos de ações planejadas e se estes estão efetivamente implementados e são apropriados para o alcance dos objetivos.

b)Auditoria da qualidade do processo: Uma análise dos elementos de um processo e sua avaliação em relação à abrangência, correção das condições e provável eficácia.

c)Auditoria da qualidade do produto: Um julgamento baseado em valores objetivos da conformação às características especificadas para um produto.

d)Conformidade: A plena satisfação por um item ou serviço, das especificações das necessidades expressas.

e)Controle da qualidade: As técnicas e atividades operacionais usadas para satisfazer às necessidades especificadas da qualidade.

f)Controle estatístico da qualidade: A aplicação de técnicas estatísticas ao controle da qualidade.

g)Controle estatístico do processo: A aplicação de técnicas estatísticas ao controle dos processos.

h)Especificação: O documento que estabelece formalmente as necessidades a serem satisfeitas, com as quais o produto ou serviço tem de estar conforme.

i)Medida da qualidade: Uma medida quantitativa do desempenho em função e das características de um produto ou serviço.

j)Teste: Uma forma de determinar a aptidão de um item em alcançar especificações sujeitando-o a um conjunto de condições físicas, químicas e ambientais ou mesmo ações operacionais.

k)Verificação: O ato de revisar, inspecionar, testar, comparar, auditar ou, de outra forma, o ato de estabelecer e documentar se os itens, processos, serviços ou documentos são conformes com as especificações.

## ANEXO 2

### SIMBOLOGIA PARA O MAPEAMENTO DE PROCESSOS

Nº	PROCESSO ELEMENTAR	DESIGNAÇÃO DO SÍMBOLO	SÍMBOLO	SIGNIFICADO	OBSERVAÇÕES
1	TRABALHO	TRABALHO		ESTE SÍMBOLO INDICA UM PROCESSO QUE PROVOCA MUDANÇAS NAS FORMAS E PROPRIEDADES DE MATERIAIS, COMPONENTE OU PRODUTO.	
2	TRANSPORTE	TRANSPORTE		ESTE SÍMBOLO INDICA UM PROCESSO QUE PROVOCA MUDANÇAS NA POSIÇÃO DE MATÉRIAS-PRIMAS, MATERIAIS, COMPONENTES OU PRODUTO.	O DIÂMETRO DO SÍMBOLO DE TRANSPORTE DEVE SER ½ OU 1/3 DO SÍMBOLO DE TRABALHO. O SÍMBOLO ⇄ TAMBÉM PODE SER USADO AO INVÉS DE ○, DESDE QUE NÃO INDIQUE A DIREÇÃO DO TRANSPORTE.
3	ESTOCAGEM	ESTAGNAÇÃO		ESTE SÍMBOLO INDICA O PROCESSO DE ESTOCAR A MATÉRIA-PRIMA, MATERIAIS, COMPONENTES OU PRODUTOS DE ACORDO COM UM PLANO.	
4		CONGESTÃO		ESTE SÍMBOLO INDICA UM ESTADO DE CONGESTÃO DE MATÉRIAS-PRIMAS, MATERIAIS, COMPONENTES OU PRODUTOS, AO CONTRÁRIO DO QUE FOI PLANEJADO.	
5	INSPEÇÃO	INSPEÇÃO DE QUANTIDADE		ESTE SÍMBOLO INDICA O PROCESSO PARA OBTER A DIFERENÇA DOS RESULTADOS COMPARANDO-SE A REFERÊNCIA COM A QUANTIDADE DE MATÉRIA-PRIMA, MATERIAIS, COMPONENTES E PRODUTOS.	
6		INSPEÇÃO DE QUALIDADE		ESTE SÍMBOLO INDICA O PROCESSO DE JULGAR A CONFORMIDADE DO LOTE OU BOA QUALIDADE DA PEÇA, TESTANDO AS CARACTERÍSTICAS DA QUALIDADE DA MATÉRIA-PRIMA, MATERIAIS, COMPONENTES OU PRODUTO E COMPARANDO OS RESULTADOS COM A REFERÊNCIA.	

Figura 1 - Símbolos básicos para fluxograma (CAMPOS, 1992)

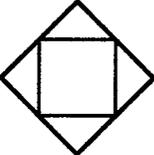
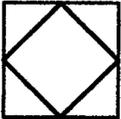
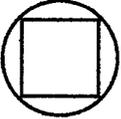
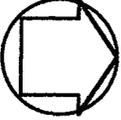
SÍMBOLO COMPOSTO	SIGNIFICADO
	ENQUANTO SE CONDUZ PRINCIPALMENTE A INSPEÇÃO DE QUALIDADE, A INSPEÇÃO DE QUANTIDADE TAMBÉM É CONDUZIDA.
	ENQUANTO SE CONDUZ PRINCIPALMENTE A INSPEÇÃO DE QUANTIDADE, A INSPEÇÃO DE QUALIDADE TAMBÉM É CONDUZIDA.
	ENQUANTO SE CONDUZ PRINCIPALMENTE O TRABALHO, A INSPEÇÃO DE QUANTIDADE TAMBÉM É CONDUZIDA.
	ENQUANTO SE CONDUZ PRINCIPALMENTE O TRABALHO, TAMBÉM É CONDUZIDO O TRANSPORTE.

Figura 2 - Símbolos compostos para fluxograma (CAMPOS, 1992)

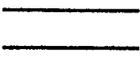
Nº	DESIGNAÇÃO DO SÍMBOLO	SÍMBOLO	SIGNIFICADO	OBSERVAÇÕES
1	LINHA DE FLUXO		ESTE SÍMBOLO INDICA O RELACIONAMENTO DE SEQUÊNCIA PARA PROCESSOS ELEMENTARES	SE O RELACIONAMENTO DE SEQUÊNCIA FOR AMBÍGUO, A DIREÇÃO DEVE SER INDICADA CLARAMENTE COLOCANDO-SE UMA SETA NO FINAL OU NA PARTE INTERMEDIÁRIA DA LINHA DE FLUXO. A INTERSEÇÃO DE LINHAS DE FLUXO DEVE SER INDICADA POR 
2	DIVISÃO		ESTE SÍMBOLO INDICA A DIVISÃO DE CONTROLES NUMA SÉRIE DE PROCESSOS.	
3	OMISSÃO		ESTE SÍMBOLO INDICA A OMISSÃO DE UMA PARTE DE UMA SÉRIE DE PROCESSOS.	

Figura 3 - Símbolos auxiliares (CAMPOS, 1992)

ANEXO 3  
TABELAS DE UTILIZAÇÃO DAS FERRAMENTAS DA  
QUALIDADE

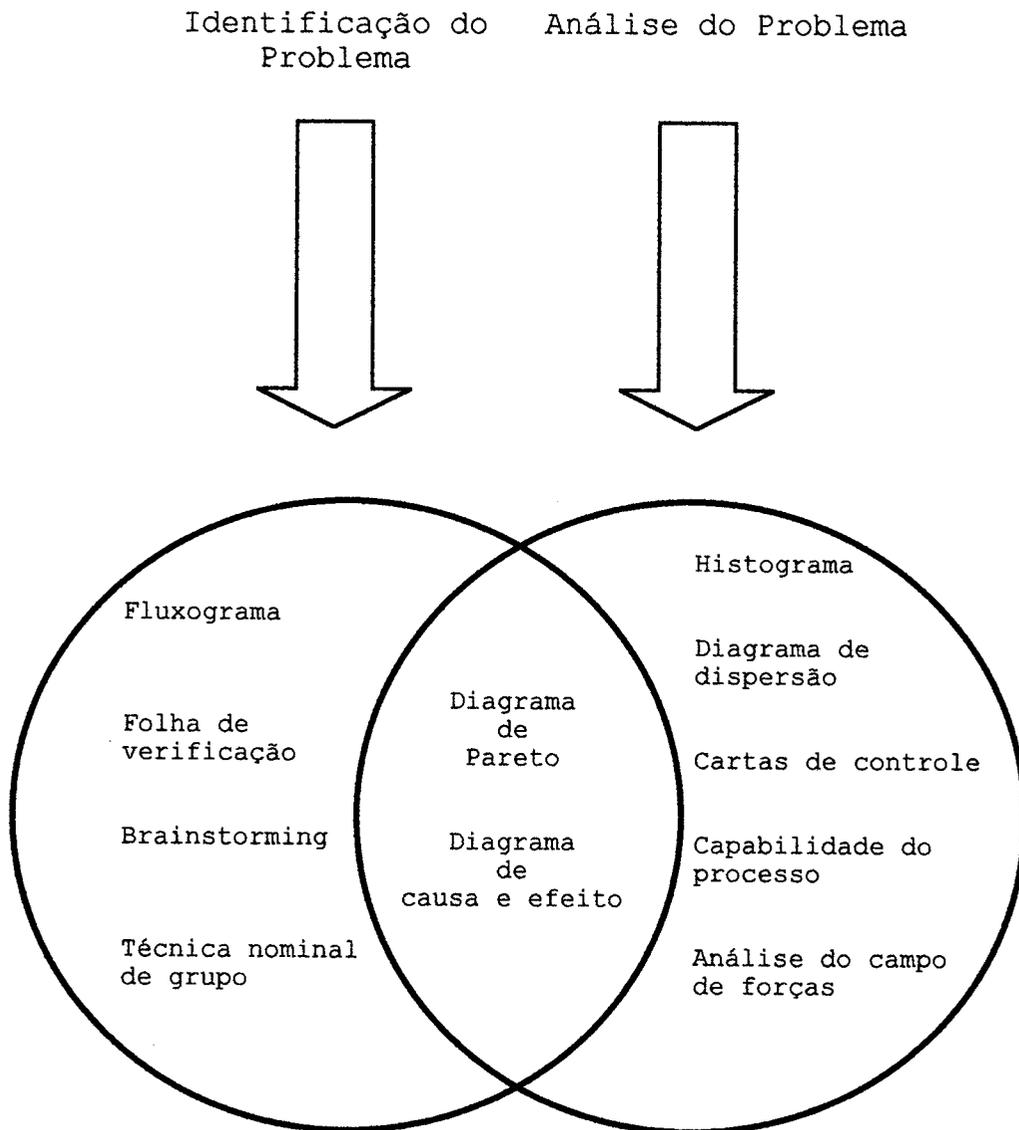


Figura 1 - "Diagrama de Venn" com ferramentas e indicação para utilização (adaptado de BRASSARD, 1985)

ÁREAS DE UMA EMPRESA E AS 7 FERRAMENTAS DO PLANEJAMENTO							
ÁREAS DE APLICAÇÃO	Diagrama de afinidades	Diagrama de relações	Diagrama de árvore	Diagrama de matriz	Diagrama de priorização	Diagrama do PD	Diagrama de setas
	Controle das diretrizes	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
Educação e treinamento	<input type="radio"/>		<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>		<input type="radio"/>
Relações pessoais e trabalhistas		<input type="radio"/>				<input checked="" type="radio"/>	
Finanças e contabilidade					<input type="radio"/>		
Promoção do TQC	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>		<input type="radio"/>
Atividades de CCQ	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>			
Análise de mercado	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>		<input checked="" type="radio"/>		
Projeto e garantia da qualidade	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	
Avaliação e desenvolvimento de testes preliminares		<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>		<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	
Estocagem e compras		<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>		<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Controle de estoque		<input checked="" type="radio"/>			<input type="radio"/>		
Controle e melhoria da qualidade		<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>		
Controle e melhoria da produtividade		<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
Controle e redução de custo		<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>				
Controle e melhoria das utilidades			<input type="radio"/>			<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
Controle de segurança	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>			<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	
Registro de vendas e controle de lucros					<input type="radio"/>		
Serviço de assistência ao consumidor		<input type="radio"/>		<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>		

publicado

usado e não publicado

potencial de uso

Figura 2 - Aplicação das 7 ferramentas da administração e do planejamento em diversas áreas da empresa (DELARETTI, 1994)

ETAPAS NA RESOLUÇÃO DE PROBLEMAS		FERRAMENTAS DE MELHORIA DA QUALIDADE									
		Macrofluxo/ Fluxograma	Brainstorming	Diagrama de causa e efeito	Coleta de dados	Gráficos e Diagramas	Estratificação	Diagrama de Pareto	Histogramas	Diagrama de Dispersão	Gráficos de Controle
Definição do Problema	1. Alistar e priorizar os problemas	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>		<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>			
	2. Definir o projeto e a equipe	<input type="radio"/>				<input type="radio"/>	<input type="radio"/>				
A Jornada de Diagnóstico	3. Analisar os sintomas	<input checked="" type="radio"/>			<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>		<input type="radio"/>
	4. Formular teorias sobre as causas	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>			<input type="radio"/>				
	5. Testar as teorias	<input type="radio"/>			<input checked="" type="radio"/>						
	6. Identificar as causas primárias	<input type="radio"/>			<input checked="" type="radio"/>						
A Jornada para a Solução	7. Considerar soluções alternativas	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>			<input type="radio"/>				
	8. Idealizar soluções e controles	<input type="radio"/>			<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>		<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
	9. Encaminhar a resistência a mudança	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>							
	10. Implementar soluções e controles	<input type="radio"/>				<input type="radio"/>		<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
Manter os Ganhos	11. Verificar o desempenho	<input type="radio"/>			<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>				
	12. Monitorar o sistema de controle	<input type="radio"/>			<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>		<input type="radio"/>		<input checked="" type="radio"/>

Legenda	<input checked="" type="radio"/> Aplicação primária ou frequente da ferramenta
	<input type="radio"/> Secundária, infrequente ou circunstancial
	<input type="checkbox"/> Nenhuma ou muito rara

Figura 3 - Matriz com indicação de aplicação de algumas ferramentas no PMQ (BERWICK, 1995)

	Descrição da aplicação	Pré-requisitos
1	Aplicação isolada de uma das ferramentas por uma única pessoa	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Conhecimento individual da ferramenta</li> </ul>
2	Aplicação combinada ou seqüencial das ferramentas, individualmente	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Conhecimento individual das ferramentas e suas inter-relações</li> </ul>
3	Aplicação isolada de uma das ferramentas por uma equipe	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Conhecimento coletivo da ferramenta</li> <li>• "Cultura" da empresa adequada ao trabalho em equipe</li> <li>• Habilidades para trabalho em equipe</li> </ul>
4	Aplicação combinada ou seqüencial das ferramentas por uma equipe	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Conhecimento coletivo das ferramentas e suas inter-relações</li> <li>• Autoridade dada ao grupo para resolução do problema (<i>empowerment</i>)</li> <li>• "Cultura" da empresa adequada ao trabalho em equipe</li> <li>• Habilidades para trabalho em equipe</li> </ul>
5	Aplicação coordenada das ferramentas por equipes de um mesmo departamento da empresa	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Conhecimento coletivo das ferramentas e suas inter-relações</li> <li>• Autoridade dada ao grupo para resolução do problema (<i>empowerment</i>)</li> <li>• "Cultura" da empresa adequada ao trabalho em equipe</li> <li>• Habilidades para trabalho em equipe</li> <li>• Liderança por parte do gerente do departamento</li> </ul>
6	Aplicação ampla e coordenada das ferramentas em toda a empresa, por equipes de gerentes e funcionários, direcionando todas as atividades em torno dos objetivos estratégicos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Conhecimento coletivo das ferramentas e suas inter-relações</li> <li>• Autoridade dada ao grupo para resolução do problema (<i>empowerment</i>)</li> <li>• "Cultura" da empresa adequada ao trabalho em equipe</li> <li>• Habilidades para trabalho em equipe</li> <li>• Liderança por parte de toda a gerência, a partir do principal executivo</li> </ul>

Figura 4 - Pré-requisitos para a aplicação das ferramentas do planejamento da qualidade (MOURA, 1994)