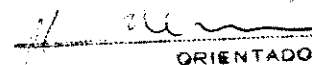


ESTE EXEMPLAR CORRESPONDE A REDAÇÃO FINAL E
TESE DEFENDIDA POR LUÍZ RIBEIRO
BACELLAR E APROVADA PELO
COMISSÃO JULGADORA EM 27/08/02.


ORIENTADOR

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

AGF – Análise de Geradores de Falhas

(QFD aplicado à produção)

Autor: Luiz Ribeiro Bacellar
Orientador: Prof. Dr. Charly Künzi
Patrocinador: Robert Bosch Ltda.

07/02

UNICAMP

UNICAMP
BIBLIOTECA CENTRAL
SEÇÃO CIRCULANTE

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

AGF – Análise de Geradores de Falhas

(QFD aplicado à produção)

Autor: Luiz Ribeiro Bacellar
Orientador: Prof. Dr. Charly Künzi
Patrocinador: Robert Bosch Ltda.

Curso: Engenharia Mecânica - Mestrado Profissional
Área de Concentração: Gestão em Qualidade Total

Trabalho Final de Mestrado Profissional apresentado à comissão de Pós Graduação da Faculdade de Engenharia Mecânica, como requisito para a obtenção do título de Mestre Profissional em Engenharia Mecânica / Gestão em Qualidade Total.

Campinas, 2002
S.P. – Brasil

0226904

UNIDADE	BC
Nº CHAMADA	T/UNICAMP
	B121a
V	EX
TOMBO BC/	51621
PROC.	16-837/02
C	☐ D ☒
PREÇO	2811,00
DATA	09-12-02
Nº CPD	

CM00176905-5

BIB ID 27/565

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

B121a

Bacellar, Luiz Ribeiro

AGF- Análise de geradores de falhas (QFD aplicado à produção) / Luiz Ribeiro Bacellar.--Campinas, SP: [s.n.], 2002.

Orientador: Charly Künzi.

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Mecânica.

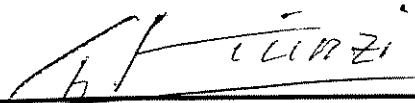
1. Desdobramento da função qualidade. 2. Controle de qualidade. 3. Planejamento de produção. 4. Satisfação do consumidor. I. Künzi, Charly. II. Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Engenharia Mecânica. III. Título.

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

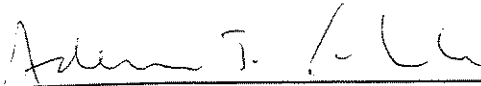
Trabalho Final de Mestrado Profissional

AGF – Análise de Geradores de Falhas
(QFD aplicado à produção)

Autor: Luiz Ribeiro Bacellar
Orientador: Prof. Dr. Charly Künzi
Patrocinador: Robert Bosch Ltda.



Prof. Dr. Charly Künzi, Presidente
Instituto de Matemática Estatística e Computação Científica - Unicamp



Prof. Dr. Ademir Petenate
Instituto de Matemática Estatística e Computação Científica - Unicamp



Prof. Dr. Paulo Corrêa Lima
Faculdade de Engenharia Mecânica - Unicamp

Campinas, 27 de junho de 2002

Dedicatória:

Este trabalho é dedicado à minha esposa Rosely e aos nossos filhos Ana Paula e Luiz Fernando, que muito apoiaram e incentivaram o desenvolvimento deste experimento, abdicando de nosso tempo comum, com muita paciência, compreensão e sabedoria.

Agradecimentos

Este trabalho não poderia ter sido concluído sem a ajuda de diversas pessoas às quais presto minha homenagem:

Aos meus pais, Léa e Luiz, que sempre incentivaram meus estudos e em especial à meu Pai, que infelizmente, não pôde ver a conclusão deste trabalho.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Charly Künzi, por sua paciência, sabedoria e lição de vida.

Ao meu chefe Engº. Gerson José de Lima, pelo fundamental e decisivo apoio para a realização deste trabalho.

À diretoria da Robert Bosch Ltda., fábrica Campinas, que patrocinou toda esta pesquisa e aplicação prática.

Aos membros da Banca Examinadora, que contribuíram de forma incisiva para o enriquecimento deste material.

Aos professores e colegas deste Mestrado, que ajudaram de forma direta e indireta no desenvolvimento desta tese.

À Deus por permitir a realização deste trabalho.

*O mundo não deve ter fronteiras,
mas sim, horizontes*

Resumo

BACELLAR, Luiz Ribeiro, *AGF – Análise de Geradores de Falhas (QFD aplicado à produção)*, Campinas, Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual de Campinas, 2002, 112 p. Trabalho Final de Mestrado Profissional.

O presente trabalho estuda a aplicação dos conceitos básicos do QFD (Quality Function Deployment), para orientar a escolha de ferramentas estatísticas à serem utilizadas, em uma grande indústria multinacional de auto peças.

Foi desenvolvido um método, para analisar as influências dos dados de projeto, processo e produção, nas falhas ocorridas em um produto, durante a fabricação em série.

Associando-se as informações das falhas ocorridas, com os dados de projeto, processo e produção, obtém-se um direcionamento correto e eficaz das ações e alterações propostas.

Experimentou-se o novo método, chamado de AGF – Análise de Geradores de Falhas e verificou-se uma melhora significativa dos índices da qualidade, na fabricação de motores elétricos, conforme apresentado por meio do estudo de caso.

Palavras Chave

- AGF – Análise de Geradores de Falhas
- QFD aplicado à produção

Abstract

BACELLAR, Luiz Ribeiro, AGF - Analysis of Failure's Generators (QFD applied in manufacturing), Campinas, Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual de Campinas, 2002, 112 p. Trabalho Final de Mestrado Profissional.

The present work studies the application of the basic concepts of QFD (Quality Function Deployment), to guide the choice of the statistical tools to be used, in a great multinational auto parts industry.

A method was developed, to analyze the influences of the project data, process and production, in the failure's product, during the series manufacturing.

Associating the information of the failure, with the project data, process and production, be obtained a correct and effective actions and proposed alterations.

The new method, called AGF - Analysis of Failure's Generators, result in a significant improvement in the quality performance in the assembly of electric motors, as presented through the case study.

Key Words

- AGF - Analysis of Failure's Generators
- QFD Applied in manufacturing

Índice

Lista de Figuras	ii
Lista de Tabelas	v
Lista de Gráficos	vi
1 Introdução	1
2 A evolução das técnicas de gestão na indústria automotiva	9
3 A concepção do AGF – Análise de Geradores de Falhas	26
4 Passos para se aplicar a sistemática AGF	39
5 Estudo de caso: Motor elétrico para exportação	75
6 Próximos trabalhos	107
Referências Bibliográficas	110

Lista de Figuras

1 Visão integrada das ferramentas da qualidade (baseado na visão IMS)	15
2 Representação esquemática do QFD, baseado na teoria de Yogi Akao	18
3 Ilustração da Matriz da Qualidade QFD	19
4 Ilustração da Inversão das Matrizes da Qualidade QFD	20
5 Fluxograma para a elaboração da Matriz QFD	25
6 Ilustração esquemática comparativa entre os conceitos QFD x AGF	29
7 Detalhamento do AGF – Análise de Geradores de Falhas	30
8 Representação gráfica da fase I – Planejamento do Produto, do AGF	36
9 Representação gráfica da fase II – Planejamento do Processo, do AGF	36
10 Representação gráfica da fase III – Planejamento da Produção, do AGF	37
11 Representação gráfica da fase IV – Planejamento das Ações, do AGF	37
12 Modelo de uma folha de coleta de dados	43
13 Modelo para Matriz de Planejamento – Fase 0	45
14 Ilustração da coluna A, na matriz fase 0	46
15 Ilustração da pontuação da coluna A, da matriz fase 0	47

16 Ilustração da coluna B, na matriz fase 0	49
17 Ilustração da pontuação da coluna B, da matriz fase 0	50
18 Ilustração da coluna C, na matriz fase 0	52
19 Ilustração da pontuação da coluna C, da matriz fase 0	53
20 Ilustração da coluna D, na matriz fase 0	54
21 Ilustração da coluna E, na matriz fase 0	56
22 Ilustração da pontuação da coluna E, da matriz fase 0	58
23 Ilustração da coluna F, na matriz fase 0	59
24 Ilustração da coluna Estratégia de Melhoria, na matriz fase 0	60
25 Ilustração do gráfico Situação Atual x Expectativa do Cliente, na matriz fase 0	62
26 Ilustração do gráfico Situação Atual (B) x Expectativa do Cliente (C)	62
27 Modelo para coleta de dados de informações do produto	64
28 Modelo para Casa da Qualidade – Fase I	65
29 Modelo para Casa da Qualidade – Fase II	67
30 Modelo para Casa da Qualidade – Fase III	70
31 Modelo para Casa da Qualidade – Fase IV	72

32 Exemplos de transformações das ferramentas da fase III em ações da fase IV	73
33 Casa da Qualidade – Planejamento do Produto – Fase I	92
34 Casa da Qualidade – Planejamento do Processo – Fase II	97
35 Casa da Qualidade – Planejamento da Produção – Fase III	100
36 Casa da Qualidade – Planejamento das Ações – Fase IV	102

Lista de Tabelas

1 Referência para a pontuação da coluna A (Importância / Função)	47
2 Referência para a pontuação da coluna B	50
3 Correspondência entre a pontuação da coluna B e a pontuação FMEA	51
4 Referência para a pontuação da coluna C	54
5 Valores da pontuação da coluna D	55
6 Referência para a pontuação da coluna E	58
7 Levantamento dos defeitos reclamados e os postos de trabalho correspondentes	80
8 Matriz de planejamento fase 0	84
9 Informações do produto	86
10 Relação das ações à serem tomadas	103

Lista de Gráficos

1 Evolução do nº de reclamações de defeitos	104
2 Evolução do índice de ocorrência de falhas	105
3 Evolução do índice de ocorrência de falhas do componente de maior custo	105
4 Custo de defeitos internos	106

Capítulo 1

Introdução

O AGF – Análise de Geradores de Falhas foi concebido à partir da compreensão das idéias básicas do **QFD**¹ – Quality Function Deployment (Desdobramento da Função Qualidade), que é uma ferramenta voltada para o desenvolvimento de novos produtos.

O QFD – Desdobramento da Função Qualidade, foi criado para assegurar que as informações dos clientes, referentes ao desenvolvimento de um produto, sejam repassadas por vários setores de uma organização, chegando de forma clara e traduzida até o local de fabricação física. Desta forma, o QFD passa a ser uma ferramenta muito adequada para o desenvolvimento de novos produtos, pois é um meio confiável para se transmitir os desejos do cliente para o chão de fábrica, com o objetivo de se atingir de forma efetiva a verdadeira qualidade exigida. De acordo com Akao², “O Desdobramento da Função Qualidade é uma série de atividades que engloba desde a identificação das exigências do cliente até a completa introdução e formação destas exigências no produto. É um sistema concreto para a Garantia da Qualidade.”

¹ Ohfuji, T., Ono, M., Akao, Y. *Método de desenvolvimento da qualidade (1) - QFD*. Belo Horizonte (MG): Fundação Christiano Ottoni, 1997, 256p.

² Ohfuji, T., Ono, M., Akao, Y., 1997, p.21.

Na década de 60, Akao ³ desenvolveu a metodologia do QFD, com a finalidade de transformar os desejos do cliente, em relação à um determinado produto, em dados de projeto. Estes dados de projeto, devem ser transformados em dados de processo, que por sua vez serão transformados em dados de produção. Como consequência, tem-se a incorporação das reais exigências do cliente ao produto.

As preocupações principais desta metodologia (QFD) são:

- A clareza no entendimento dos requisitos dos clientes,
- A comparação entre os produtos concorrentes, e
- A tradução precisa da Voz do Cliente, para os diversos estágios de desenvolvimento e fabricação.

O resultado final é a incorporação das necessidades e desejos do cliente, ao produto ofertado.

O AGF – Análise de Geradores de Falhas é uma ferramenta que incorpora conceitos do QFD (Desdobramento da Função Qualidade), com o objetivo de visualizar e compreender as contribuições dos dados de **Projetos, Processos e Produção**, nas falhas ocorridas em um produto.

A finalidade do desenvolvimento deste trabalho é proporcionar uma metodologia, para disciplinar a utilização de técnicas conhecidas para a melhoria e controle da qualidade de um produto. A idéia é fornecer subsídios para a correta utilização de ferramentas da qualidade, tais como: cartas CEP (Controle Estatístico do Processo), controle de parâmetros de processos

³ Akao, Yoji prof., graduado pela Tokyo Kogyo Daigaku (premio Deming em 1978).

(monitoramento do processo), desenvolvimento de dispositivos à prova de erros (Poka Yoke), DFMA (Design for Manufacturing and Assembly / Projeto para Fabricação e montagem), entre outras⁴.

O conceito básico é disciplinar e direcionar a utilização de ferramentas da qualidade, visando a minimização ou a eliminação definitiva de falhas geradas durante o processamento de um determinado produto.

O AGF foi idealizado, para se analisar a relação entre o descontentamento do cliente (em forma de reclamações de defeitos) e as especificações de projeto. Sabendo-se o que o cliente **não quer** que seja incorporado ao seu produto, deve-se avaliar a relação das falhas ocorridas com as especificações de projeto. As reclamações de defeitos e as correspondentes especificações de projeto, devem ser transformadas em dados de processo, que por sua vez serão transformados em dados de produção. Como consequência obtém-se a indicação dos controles mais adequados à serem implementados (no projeto, no processo ou na produção), com a finalidade de atender as expectativas do cliente quanto ao produto recebido.

As principais preocupações do AGF, são:

- A clareza no entendimento das reclamações dos clientes e potenciais de falhas,
- A relação entre os defeitos e os requisitos de projeto, com suas respectivas influências no processo de fabricação e na produção física.

O resultado final é a aplicação correta de ferramentas corretivas e preventivas, nos locais mais adequados, visando:

⁴ IQA - Instituto da Qualidade Automotiva, São Paulo (SP), Norma VDA 4 - Parte 1 (3. ed.), 1996, 182p. e Norma QS 9000 (3. ed.), 1998, *Requisitos do Sistema da Qualidade*, p.16.

- Reduzir o número de reclamações dos clientes,
- Reduzir os índices de ocorrência de falhas,
- Reduzir o custo dos defeitos.

Um fato que motivou esta pesquisa, foi a observação de casos reais, em que profissionais capacitados, que acompanham a evolução dos índices da qualidade de produtos industrializados, se deparam com situações em que os defeitos se manifestam, aparentemente de forma imprevisível e incontrolável. Este fenômeno é notado, quando aparecem as chamadas **Causas Especiais** ⁵.

Quando um processo está **fora de controle** (presença de Causas Especiais), as não conformidades podem aparecer em várias características do produto. Em geral, os problemas acabam sendo resolvidos, porém com uma concentração de recursos físicos e humanos acima do necessário. Desta forma, algum tipo de custo será gerado para a empresa, e o desgaste da imagem do produto, quase sempre é inevitável. Para **Wheeler** ⁶, “Os limites naturais do processo, são a voz do processo. Eles definem o que o processo vai fornecer ao longo do tempo, operando de forma consistente.” ... “Devemos procurar as causas especiais.”

O desenvolvimento do **AGF – Análise de Geradores de Falhas**, iniciou-se à partir do trabalho de acompanhamento, de uma transferência de instalações físicas, de uma linha de fabricação, com processos de produção desenvolvidos e aprovados há alguns anos. Entretanto, quando o produto passa à ser fabricado na nova planta, percebe-se que alguma perturbação externa, tende a levar a variabilidade normal do sistema à uma situação caótica.

⁵ Wheeler, J. Donald, *Understanding Variation – The Key to Managing Chaos*. Knoxville (Tennessee): SPC Press Inc, 1993, Cap. 3, *The Purpose of Analysis is Insight*, pp. 33-59.

⁶ Wheeler, 1993, p.43.

É comum no ambiente industrial, notar-se uma enorme movimentação de pessoas, investindo seu precioso e caro tempo em tarefas desconexas e mal estruturadas, do ponto de vista **sistêmico** ⁷, com o objetivo de se resolver problemas, que poderão perseguir o produto de forma cíclica e permanente. Como a pressão sobre as pessoas costuma ser grande, a verdadeira **causa raiz** ⁸ pode não ser bem determinada. **Womack e Jones** ⁹, consideram que, “As atividades que não podem ser medidas não podem ser adequadamente gerenciadas.” ... “As atividades necessárias para criar, pedir e produzir um produto específico que não possam ser precisamente identificadas, analisadas e associadas não podem ser questionadas, melhoradas e, por fim, aperfeiçoadas.”

A intenção deste trabalho é aproveitar ferramentas e conceitos existentes para melhoria da qualidade, aplicadas de forma sistêmica e criteriosa, para separar as ações que devem ser tomadas nos **Projetos**, nos **Processos** ou diretamente na **Produção**. A premissa conceitual do **AGF – Análise de Geradores de Falhas**, é estudar as possíveis causas das falhas, visualizando separadamente as influências do Projeto, do Processo e da Fabricação física, para que possa ser escolhida de forma mais precisa, qual a ferramenta estatística a ser utilizada ou a ação (corretiva ou preventiva) a ser implementada.

Portanto, o **AGF – Análise de Geradores de Falhas** pode ser considerado um método, que tem 3 (três) objetivos principais:

- Aumentar o nível de satisfação dos Clientes.
- Reduzir os níveis de incidência de falhas, durante a execução de um produto.
- Reduzir os custos das falhas geradas durante a execução de um produto.

⁷ Womack, J. P., Jones, D. T., *A Mentalidade Enxuta nas Empresas*, 4. ed. São Paulo (SP): Editora Campus, 1998, Cap. 2, *A cadeia de valor*, pp. 31-44.

⁸ IQA - Instituto da Qualidade Automotiva, São Paulo (SP), Norma *VDA 4 - Parte 1* (3. ed.), 1996, Cap.12 *Meios Auxiliares Básicos – Diagrama Causa-Efeito*, pp. 174-175 .

⁹ Womack, J. P., Jones, D. T., 1998, p.31.

O método é recomendado para os casos onde existir uma insatisfação considerável, por parte dos clientes, em relação a um determinado produto fornecido, ou quando se deseja reduzir as ocorrências de falhas durante a execução de um produto. Como consequência desta aplicação, tem-se a redução dos custos inerentes às falhas e insatisfações geradas pelos defeitos em questão.

Este trabalho foi descrito de forma a mostrar:

- A situação da indústria automotiva nas últimas décadas, quanto à introdução de novas técnicas de gestão.
- A importância de uma visão ampla e sistêmica do desenvolvimento de um produto.
- Uma visão global de algumas ferramentas de apoio à produção.
- A técnica do QFD, utilizada como embasamento teórico para o AGF.
- A diferenciação conceitual do AGF em relação ao QFD.
- A sequência básica para a aplicação do AGF, com as respectivas referências para pontuações e análises.
- O relato de um caso prático de aplicação da técnica do AGF, em uma linha de fabricação e montagem, com os resultados obtidos.
- As novas experiências à que o AGF deve se submeter.

O AGF (Análise de Geradores de Falhas) também contribui para uma melhor compreensão dos problemas existentes em um produto, do ponto de vista do cliente. Pode ser valioso para o início de trabalhos voltados para a aplicação de Metodologia **Six Sigma** ¹⁰.

Para fundamentar os estudos realizados é apresentado, no capítulo 2, um histórico do QFD (Desdobramento da Função Qualidade) desenvolvido por Akao e a integração de varias

¹⁰ Motorola University – *Introduction to the Black Belt Development Program*, 1999.

ferramentas da qualidade conforme visão IMS ¹¹. Para Kersten ¹², IMS é a “Integração dos princípios de gerenciamento da qualidade como orientação do cliente, orientação do processo, prevenção de falhas e melhoria contínua.”

O capítulo 3 mostra como o AGF foi concebido e quais as diferenças básicas em relação ao QFD original de Akao ¹³.

No capítulo 4 é feito um detalhamento da seqüência de utilização da técnica do AGF, em que se demonstra a aplicação da metodologia, passo à passo. Também é apresentada toda a referência para análise e pontuação do sistema, assim como os modelos de formulários.

O capítulo 5 mostra um estudo de caso, envolvendo a aplicação da metodologia proposta (AGF), em uma indústria metalúrgica de auto peças. No estudo de caso, é acompanhada a performance da metodologia, após a detecção de uma série de problemas oriundos da transferência de uma linha de montagem, de uma planta para outra.

São apresentadas as situações e cenários pertinentes e toda a estratégia usada para se obter, de forma rápida e definitiva, a redução drástica das reclamações de defeitos, dos índices de falhas internas e do custo da não qualidade.

¹¹ Kersten, Günter. *Handbuch Qualitätsmanagement*, München (Wien): Carl Hanser, 1994, Cap.21, *Integrierte Methodenentwicklung in der Entwicklung*, pp. 427-444.

¹² Kersten, 1994, p.427.

¹³ Ohfuiji, T., Ono, M., Akao, Y. *Método de desenvolvimento da qualidade (1) - QFD*. Belo Horizonte: Fundação Christiano Ottoni, 1997, 256p.

No capítulo 6 são indicadas as próximas aplicações, onde o AGF deve ser avaliado:

- Desenvolvimento de novos produtos
- Projetos **Six Sigma / Black Belt** ¹⁴.

De forma geral, este trabalho procura definir um novo conceito de utilização do **QFD de Akao** ¹⁵, voltado para o tratamento de não conformidades, para otimizar a utilização das ferramentas estatísticas da qualidade.

Explorar a sinergia das ferramentas da qualidade e visualizar a influência e interação dos dados de **Projeto**, de **Processo** e de **Produção**, para se obter dados para a escolha das ferramentas mais apropriadas à serem implementadas, pode ser uma boa explicação do funcionamento do AGF.

¹⁴ Motorola University – *Introduction to the Black Belt Development Program*, 1999.

¹⁵ Ohfuji, T., Ono, M., Akao, Y. *Método de desenvolvimento da qualidade (1) - QFD*. Belo Horizonte: Fundação Christiano Ottoni, 1997, 256p.

Capítulo 2

A evolução das técnicas de gestão na indústria automotiva

A tendência para a sobrevivência das indústrias automotivas ocidentais e seus fornecedores, à partir da década de 80, tem sido a aplicação das técnicas orientais para melhoria da Qualidade e aumento da Produtividade. **Womack e Jones**¹ demonstram em suas pesquisas, que é possível atingir os níveis de eficiência e qualidade das indústrias automotivas japonesas, em qualquer parte do globo terrestre, desde que se tenha disciplina, conhecimento da **cadeia de valor**² e vontade para se orientar as ações e atitudes das empresas, conforme os desejos dos clientes. Conforme **Womack e Jones**³, seus estudos apresentaram “inúmeros dados de *benchmarking* para mostrar que existe uma forma melhor de organizar e gerenciar nossos relacionamentos com clientes, cadeia de fornecedores, desenvolvimento de produtos e operações de produção, uma abordagem na qual a Toyota foi pioneira após a Segunda Guerra Mundial. Chamamos essa abordagem de *produção enxuta*, pois trata-se de uma forma de fazer cada vez mais com cada vez menos”.

O ponto fundamental é a análise do que realmente agrega valor ao produto, ou seja, o que o

¹ Womack, J. P., Jones, D. T., *A Máquina que Mudou o Mundo*, 2. ed. Rio de Janeiro: Campus, 1996, 342p.

² Womack, J. P., Jones, D. T., *A Mentalidade Enxuta nas Empresas*, 4. ed. Rio de Janeiro: Campus, 1998, Cap.2, *A cadeia de valor*, pp. 31-34.

³ Womack e Jones, 1998, prefácio XIV.

cliente está disposto a pagar pelos produtos ou serviços encomendados. **Womack e Jones** ⁴ concluíram que as empresas precisam eliminar tudo o que não agrega valor ao produto, que deve ser considerado como desperdício.

Enquanto algumas empresas deram prioridade aos trabalhos de melhoria de Produtividade, outras enfatizaram as ferramentas para melhoria da Qualidade de seus produtos e serviços.

As empresas que deram maior importância ao aumento de produtividade, passaram a se espelhar no exemplo da Toyota e seu Sistema de Produção Toyota (**TPS – Toyota Production System** ⁵), introduzindo conceitos de:

- células de manufatura,
- kanban's,
- programas 5 S,
- manutenção produtiva total (TPM),
- troca rápida de ferramentas (Setup),
- programas de melhoria contínua (CIP/Kaizen),

entre outros, que em geral fazem parte dos programas de JIT (Just in Time), onde a finalidade é produzir o que o cliente quer, na hora que ele quer e da forma que ele especificou.

As empresas que seguiram o caminho da melhoria da Qualidade, como forma de aumentar a lucratividade também obtiveram muito sucesso. Segundo **Womack e Jones** ⁶, via de regra, estas empresas “ampliaram continuamente os conceitos originais de controle estatístico da qualidade introduzidos pelos norte-americanos imediatamente após a guerra”. A estratégia foi: “envolver o

⁴ Womack, J. P., Jones, D. T., *A Mentalidade Enxuta nas Empresas*, 4. ed. Rio de Janeiro: Campus, 1998, Cap.1, Valor, pp. 21-29.

⁵ Ohno, T., *The Toyota Production System: Beyond Large-Scale Production*. Portland: Productivity Press, 1988.

⁶ Womack, J. P., Jones, D. T., *A Mentalidade Enxuta nas Empresas*, 4. ed. Rio de Janeiro: Campus, 1998, Cap.10, *A poderosa Toyota; a pequena Showa*, p. 270.

chão-de-fábrica em círculos da qualidade, usando as 7 ferramentas da qualidade e o ciclo de resolução de problemas **PDCA** ⁷ (Plan, Do, Check, Act – Planejar, Executar, Verificar, Agir) de Deming” ... “A vantagem real da Toyota, como se viu, era de que a empresa era capaz de combinar de forma independente o **TQC** ⁸ e o TPS, sobressaindo-se às outras empresas.”

A Toyota foi pioneira em unir as ferramentas para aumento de produtividade com as ferramentas da qualidade: “Ninguém parece ter prestado muita atenção à abordagem única da Toyota até a primeira crise de energia em 1973. Contudo, quando a maioria das empresas começou a perder dinheiro depois de anos de crescimento constante, a Toyota continuou a gerar lucros significativos em um mercado em declínio – evitando a fabricação de produtos indesejáveis e reduzindo continuamente os custos – e as virtudes do sistema enxuto da Toyota tornaram-se repentinamente aparentes.”, conforme concluem **Womack e Jones** ⁹ .

Com a atual disseminação dos trabalhos para melhoria da qualidade, principalmente da metodologia Six Sigma, vale lembrar o conceito de Deming, sobre a **Reação em Cadeia Qualidade – Produtividade** ¹⁰ , em que é constatada a relação direta entre qualidade e custos, da seguinte forma: Eliminando problemas da qualidade, os custos diminuirão devido à menos retrabalho e melhor utilização dos recursos, o que fará a produtividade aumentar.

⁷ API – Associates in Process Improvement. *O Manual de Melhorias – Modelo, Métodos e Ferramentas para Melhorias*. Austin, 1998, Cap.1, *Iniciando a Melhoria*, pp.1.1-1.22.

⁸ TQC – Controle da Qualidade Total (ou TQM – Gerenciamento da Qualidade em Toda a Empresa). Instituto da Qualidade Automotiva - Norma *VDA 4 – Parte 1*, pp. 7-10.

⁹ Womack , J. P., Jones, D. T., *A Mentalidade Enxuta nas Empresas*, 4. ed. Rio de Janeiro: Campus, 1998, Cap.10, *A poderosa Toyota; a pequena Showa*, pp. 270-271.

¹⁰ Langley, Gerald J.; Nolan, Kevin M.; Thomas W. Et al. *The Improvement Guide – A Pratical Approach to Enhancing Organizational Performance*. New York, 1996, Cap. 10, *Eliminating Quality Problems*, pp. 179-180.

2.1 Visão Sistêmica

A melhoria da qualidade deve envolver todas as funções de uma linha de produção. Portanto não se consegue enxergar com facilidade os problemas potenciais, se não existir uma visão mais ampla das entradas e saídas de cada processo que se executa.

Segundo **Deming**¹¹, “a produção deve ser vista como um sistema”.

Rother e Shook¹² afirmam que: “Considerar a perspectiva do fluxo de valor significa considerar o sistema todo, não só os processos individuais”. Deve-se “melhorar o todo, não só otimizar as partes.”

Para melhorar, realmente, o funcionamento de um sistema qualquer, a otimização das partes isoladamente não é suficiente. Então, uma visão mais ampla deve ser perseguida para que uma observação minuciosa possa ser realizada. A partir do momento que se obtém um mapeamento do processo, fica facilitado o entendimento dos acontecimentos e o processo passa a ser mais previsível. Desta forma, a adoção de ações corretivas e/ou preventivas terá uma chance maior de atingir seus objetivos.

Segundo **Ferro**¹³ “As empresas instaladas no país, em geral, deram um salto competitivo nos últimos anos. Mas o formalismo exagerado e a fascinação e a ampla disposição de adotar *técnicas* consideradas modernas ocorreram ao mesmo tempo em que faltava ainda um

¹¹ API – Associates in Process Improvement. *O Manual de Melhorias – Modelo, Métodos e Ferramentas para Melhorias*. Austin, 1998, Cap.3, *Por que Qualidade*, p.3.2.

¹² Rother, M., Shook, J., *Aprendendo a Enxergar*. São Paulo: Lean Institute Brasil, 1999, Parte 1: *Começando*, p.3.

¹³ Rother, M., Shook, J., 1999, *Prefácio da edição em português, por José Roberto Ferro*.

conhecimento mais profundo sobre estas técnicas. As empresas têm lançado mão de instrumentos como o kaizen, o JIT/kanban e outras sem entretanto, ter uma visão mais ampla e profunda de suas implicações.”

Kersten ¹⁴ modelou de forma simples a integração das ferramentas da qualidade para o desenvolvimento de produtos, desde o projeto (planejamento do produto) até a fabricação em série. Esta visão global de Engenharia Simultânea (Engenharia de Valores e Engenharia da Qualidade), chamada de IMS, pode ser vista na **Figura 1** deste capítulo e mostra as interações das ferramentas voltadas para:

- Planejamento da Qualidade
- Análise de Funções
- Solução de Problemas
- Análise de Risco
- Planejamento de Ensaio
- Controle de Processo

As normas internacionais da qualidade, também abordam o tema da visão sistêmica, para o desenvolvimento de produtos, com o objetivo de minimizar ou eliminar definitivamente uma série de problemas que podem comprometer o funcionamento adequado desses produtos. A norma americana QS 9000 dedica um de seus cadernos exclusivamente ao **Planejamento Avançado da Qualidade do Produto** ¹⁵, enquanto a norma alemã VDA 6 – Parte 1 exige, em seu **Elemento nº 8** ¹⁶, que seja assegurada a qualidade na área de construção e desenvolvimento

¹⁴ Kersten, Günter. *Handbuch Qualitätsmanagement*, München (Wien): Carl Hanser, 1994, Cap.21, *Integrierte Methoden Anwendung in der Entwicklung*, pp. 427-444.

¹⁵ Instituto da Qualidade Automotiva - Norma QS 9000 – *Caderno APQP (Planejamento Avançado da Qualidade do Produto e Plano de Controle)*, 1997, 101p.

¹⁶ Instituto da Qualidade Automotiva - Norma VDA 6 – Parte 1, 1998 - *Elemento 8*, pp. 93-100.

do produto. Já a norma VDA 4 – Parte 1, cita tópicos, como: Gerenciamento da Qualidade em toda a Empresa, Gerenciamento do Projeto, Engenharia Simultânea, Gerenciamento do Desenvolvimento, com o objetivo de assegurar a qualidade dos produtos antes do início da fabricação em série.

Todo o raciocínio utilizado para o desenvolvimento do AGF – Análise de Geradores de Falhas, procurou ter uma visão global dos acontecimentos do chão de fábrica, com a finalidade de escolher de forma mais clara e eficiente, as necessidades das técnicas para melhoria da qualidade que devem ser implementadas.

2.2 Sistema de Métodos Integrados - IMS

Kersten ¹⁷ visualizou a integração das ferramentas da qualidade, no IMS – Integriertes Methoden System (Sistema de Métodos Integrados).

Abaixo segue um resumo da visão IMS, considerando o papel do AGF – Análise de Geradores de Falhas, que é o foco deste trabalho:

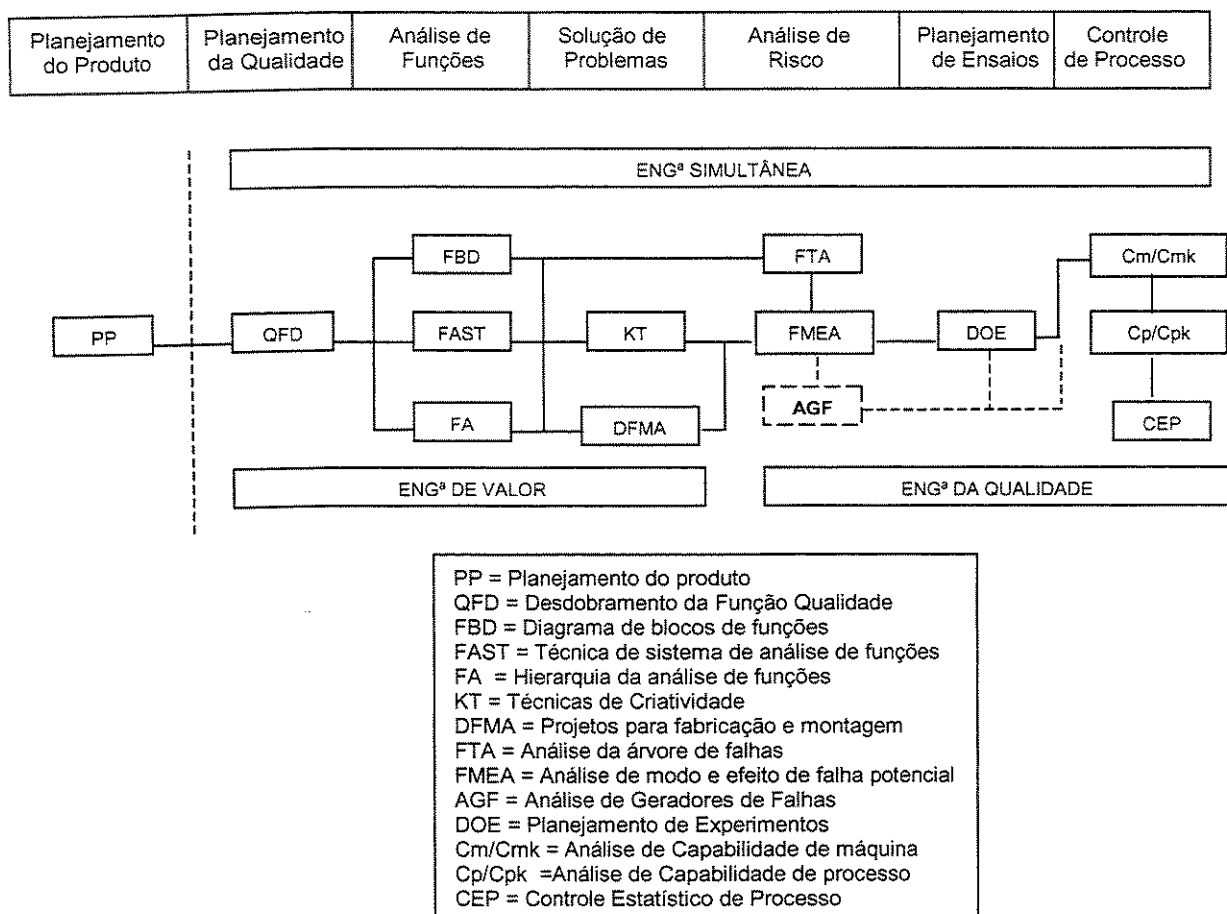


Figura 1: Visão integrada das ferramentas da qualidade, desde o desenvolvimento até o controle de um produto (baseado na visão IMS – Integriertes Methoden System, de Kersten).

¹⁷ Kersten, Günter. *Handbuch Qualitätsmanagement*, München (Wien): Carl Hanser, 1994, Cap.21, *Integrierte Methoden Anwendung in der Entwicklung*, pp. 427-444.

2.3 Desdobramento da Função Qualidade – QFD

O método QFD – Quality Function Deloyment (Desdobramento da Função Qualidade), foi aplicado pela primeira vez nos estaleiros KOBE da Mitsubishi Heavy Industries (Japão) em 1972, por Yoji Akao (que desenvolveu o método em 1966) e teve como objetivo fornecer meios de se traduzir necessidades dos clientes, em requisitos técnicos apropriados para cada estágio do desenvolvimento do produto e da produção.

Na década de 70, este método se difundiu no Japão, principalmente através das aplicações feitas com grande sucesso pela montadora de veículos Toyota e seus fornecedores. Somente na década de 80 é que as empresas americanas começaram a utilizar este método.

O QFD pode ser considerado como um método específico de ouvir o que dizem os clientes, para se descobrir exatamente o que eles querem e para poder-se determinar a melhor forma de satisfazer essas necessidades.

Womack e Jones ¹⁸ avaliam que o QFD é um método que “permite que as equipes de desenvolvimento *padronizem o trabalho* para que a equipe siga sempre a mesma abordagem.” E acreditam que: “Com a formação de uma equipe realmente dedicada, usando rigorosamente o QFD para especificar corretamente o valor e, em seguida, eliminar o retrabalho e os retrofluxos, o projeto avança continuamente até entrar totalmente em produção. O resultado é a redução do tempo de desenvolvimento e do esforço necessário em mais da metade e a obtenção simultânea de produtos com um *índice de sucesso* muito mais alto, que realmente correspondam às necessidades dos clientes.”

¹⁸ Womack, J. P., Jones, D. T., *A Mentalidade Enxuta nas Empresas*, 4. ed. Rio de Janeiro: Campus, 1998, Cap.3, *Fluxo*, pp. 49-50.

Juran ¹⁹ acredita que: “Para grandes projetos, a proliferação de clientes, juntamente com as múltiplas necessidades dos mesmos e os vários graus de impacto, resultam em combinações em grande número. O acompanhamento de todas essas combinações exige algum tipo de memória organizada”. Juran considera que a Casa da Qualidade do QFD é uma planilha que ajuda muito a formação desta “memória organizada”.

O QFD pode ser definido ²⁰ como sendo: “um método específico de ouvir o que dizem os clientes, descobrir exatamente o que eles querem e, em seguida, utilizar um sistema lógico para determinar a melhor forma de satisfazer essas necessidades com os recursos existentes. Permite que todos trabalhem em conjunto para dar aos clientes exatamente o que eles desejam. Igualmente, dá a todos os membros da organização um roteiro como cada fase, desde o projeto até a entrega do produto ou serviço, interage para satisfazer as exigências dos clientes.”

Akao ²¹ afirma que: “O QFD é utilizado em várias empresas e poderá ser considerado como aplicável a qualquer tipo de atividade. No entanto, quanto à sua forma de aplicação prática, acreditamos que varia de acordo com o tipo de atividade e da mercadoria considerada.”, e conclui que os procedimentos para a execução do QFD, podem ser diferenciados, dependendo das características da atividade à ser desdobrada.

¹⁹ Juran, J.M., *A Qualidade desde o Projeto*. São Paulo: Pioneira, 1992, Cap.3, *Identificar os Clientes*, pp. 62-63.

²⁰ QPB – Qualidade Produtividade e Competitividade, MB&A – Consultoria e Treinamento Empresarial, *QFD – Desdobramento da Função Qualidade*. São Paulo, 1998, p. 1.

²¹ Ohfujii, T., Ono, M., Akao, Y. *Método de desenvolvimento da qualidade (I) - QFD*. Belo Horizonte: Fundação Christiano Ottoni, 1997, p.192.

Segue uma representação esquemática do QFD – Desdobramento da Função Qualidade, com base no estudo de Yoji Akao, de 1966 ²²:

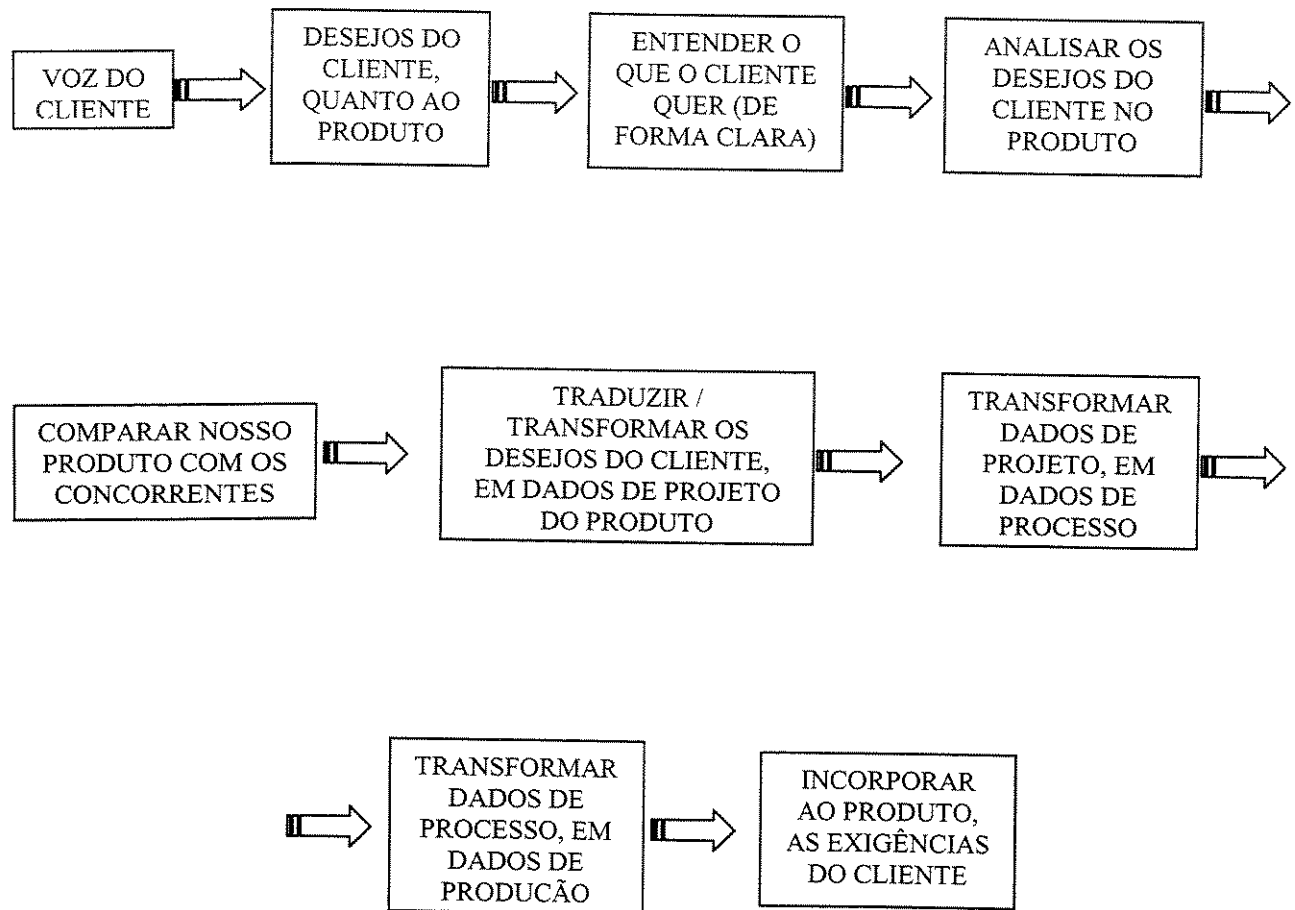


Figura 2: Representação esquemática do QFD, baseada na teoria de Yoji Akao.

²² Ohfujii, T., Ono, M., Akao, Y. *Método de desenvolvimento da qualidade (1) - QFD*. Belo Horizonte: Fundação Christiano Ottoni, 1997, 256p.

O QFD é representado graficamente pelas **Matrizes QFD** ou **Casas da Qualidade QFD**.

Para melhor entendimento, é mostrado à seguir um modelo da Casa da Qualidade do QFD e a Inversão das Matrizes (ou Desdobramentos das Matrizes, ou Tombos das Matrizes).

O modelo clássico de Akao ²³ :

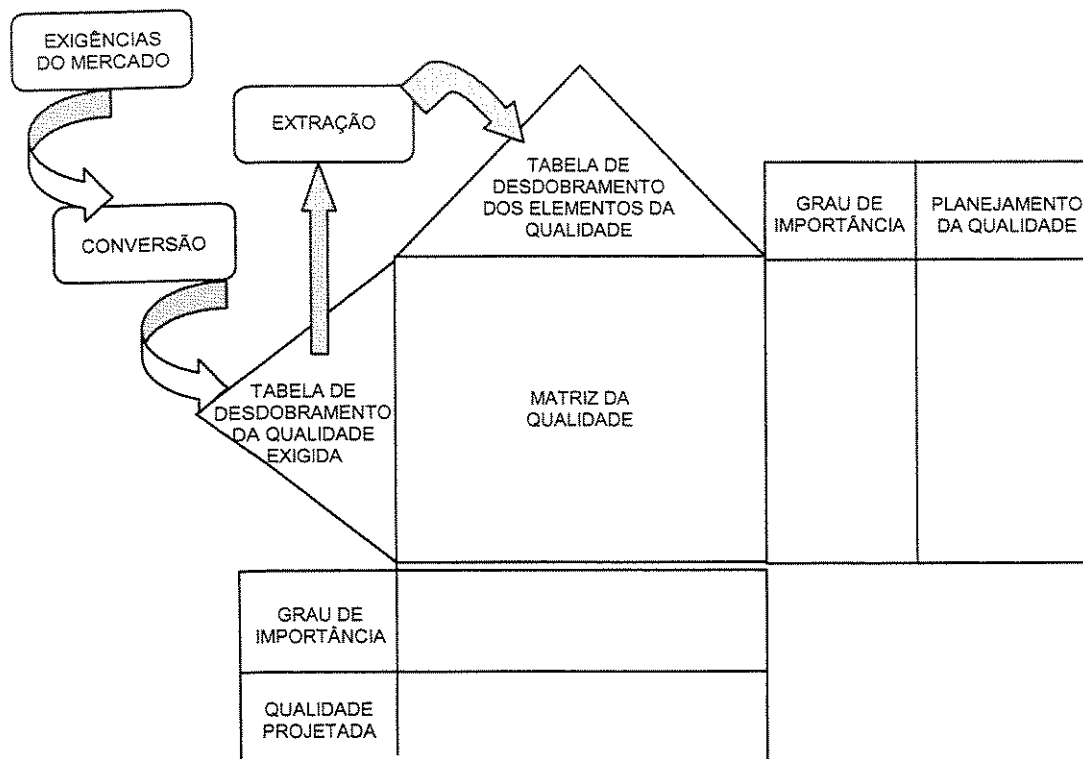


Figura 3: Ilustração da Matriz da Qualidade QFD ou Casa da Qualidade QFD. Modelo clássico de Yoji Akao.

²³ Ohfujii, T., Ono, M., Akao, Y. *Método de desenvolvimento da qualidade (1) - QFD*. Belo Horizonte: Fundação Christiano Ottoni, 1997, Parte II, *Exercícios de Desdobramento da Qualidade*, pp. 53-181.

Abaixo, pode-se observar uma representação simplificada da Inversão das **Matrizes da Qualidade QFD**, conforme o modelo de Akao²⁴:

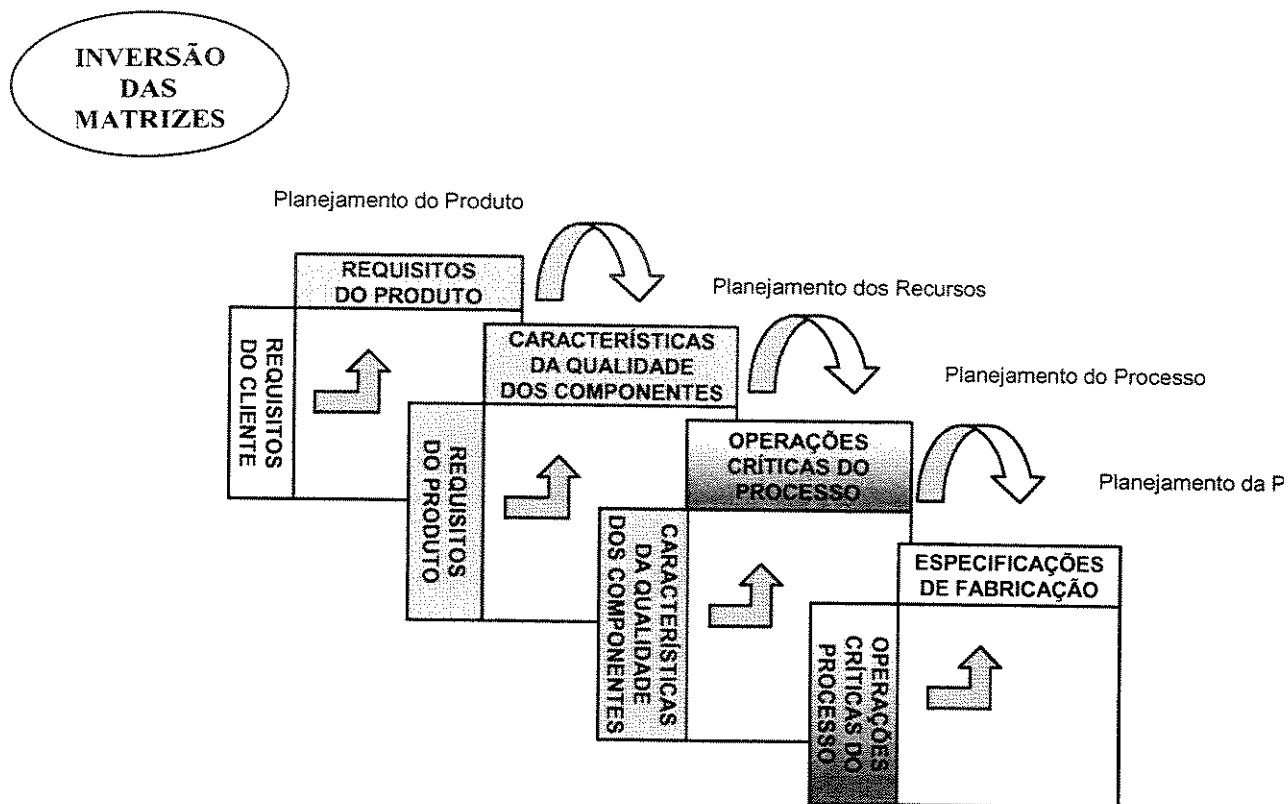


Figura 4: Ilustração da Inversão das Matrizes da Qualidade QFD.

²⁴ Ohfuji, T., Ono, M., Akao, Y. *Método de desenvolvimento da qualidade (1) - QFD*. Belo Horizonte: Fundação Christiano Ottoni, 1997, 256p.

A Inversão das Matrizes da Qualidade QFD, que são os desdobramentos propriamente ditos (ou tombos), é feita da seguinte forma:

1.) Levantamento dos requisitos do cliente

As exigências e necessidades do cliente, em relação à um determinado produto (ou serviço), devem ser pesquisadas. Informações de reclamações dos clientes, cartões de consulta de produtos, informações comerciais, noticiários do meio, análise de produtos concorrentes, pesquisas de mercado, enquetes, entrevistas com clientes e usuários, são de grande auxílio para se construir uma lista de dados primitivos. Esta lista de dados primitivos, deve retratar de forma clara e objetiva os desejos do cliente.

A lista de dados primitivos, deve ser pontuada (**Fase 0 – Matriz de Planejamento**), com o intuito de se verificar o grau de importância de cada requisito levantado. Com base na pontuação de cada item é definida, pelo time de trabalho, a estratégia a ser adotada, ou seja, quais requisitos do cliente devem ser desdobrados no QFD (priorização).

2.) Requisitos do produto

Na construção da 1ª Matriz (**Fase I – Planejamento do Produto**), devem ser associados aos requisitos do cliente (linhas), os requisitos do produto (colunas), ou seja, devem ser analisadas quais as características que o produto deve possuir (os atributos do produto) para satisfazer as exigências e desejos do cliente. Desta maneira, inicia-se o processo de imaginação de como o produto (ou serviço) deveria ser para atender as expectativas do cliente.

A análise da 1ª Matriz do QFD, é feita, avaliando-se a interrelação entre os requisitos do cliente e os do produto. Classifica-se como interrelação **Forte**, **Média** ou **Fraca**, conforme a influência entre linhas e colunas da matriz. O grau de importância de cada requisito do cliente é discutido e pontuado pelo time de trabalho, de forma a mostrar a situação do produto em questão e seus concorrentes.

A correlação entre os vários requisitos do produto também deve ser observada e marcada, na parte superior da Matriz QFD (telhado da casa da qualidade). Deve ser discutido se existe correlação **Positivo Forte**, **Positivo**, **Negativo** ou **Negativo Forte**.

Deve ser questionado, também, a direção da melhoria, isto é, se o requisito do produto é melhor no valor **máximo**, no **mínimo** ou no valor **nominal**.

A idéia básica desta fase, é transformar exigências do cliente em atributos do produto.

3.) Características da qualidade dos componentes

Para a 2ª Matriz (desdobramento **Fase II – Planejamento dos Recursos**), são comparados os requisitos do produto que foram considerados relevantes na 1ª Matriz (Fase I), com as características da qualidade dos componentes do produto. Portanto o que era coluna na 1ª Matriz, passa a ser linha da 2ª Matriz.

São feitas as mesmas comparações, discussões e análises da fase I: Interrelações entre linhas e colunas, correlações entre colunas e direção da melhoria.

Nesta fase, associa-se os atributos mais relevantes do produto às características físicas dos componentes do produto. A idéia básica é transformar atributos do produto (qualidades genéricas) em características palpáveis (quantificáveis).

4.) Operações críticas do processo

Para a 3ª Matriz (desdobramento **Fase III – Planejamento do Processo**), são comparadas as características da qualidade consideradas relevantes na 2ª Matriz (Fase II), com as operações críticas do processo. Portanto o que era coluna na 2ª Matriz, passa a ser linha da 3ª Matriz.

São feitas as mesmas comparações, discussões e análises da fase II: Interrelações entre linhas e colunas, correlações entre colunas e direção da melhoria.

Nesta fase, associa-se as características físicas dos componentes do produto às respectivas operações de fabricação (ou execução). A idéia básica é transformar características palpáveis (quantificáveis) em dados de processo capazes de garantir o resultado planejado. Aqui deve ser respondida a pergunta: Como deve ser planejado o processo de fabricação, para garantir a qualidade dos componentes do produto ?

5.) Especificações de fabricação

Na 4ª Matriz (desdobramento **Fase IV – Planejamento da Produção**), são comparadas as operações críticas do processo consideradas relevantes na 3ª Matriz (Fase III), com as especificações de fabricação. Portanto o que era coluna na 3ª Matriz, passa a ser linha da 4ª Matriz.

São feitas as mesmas comparações, discussões e análises da fase III: Interrelações entre linhas e colunas, correlações entre colunas e direção da melhoria.

Nesta fase, associa-se dados dos processos das operações de fabricação às respectivas instruções (especificações) de produção. A idéia básica é transformar dados de processo em dados de produção. Aqui deve ser respondida a pergunta: O que deve ser feito no posto de trabalho, para garantir que a execução do produto seja feita sem falhas ?

Yoji Akao²⁵, considera que antes de se efetuar o Desdobramento da Função Qualidade, deve-se criar uma organização das atividades do Desdobramento da Qualidade. Em seguida é necessário que os objetivos do trabalho sejam claramente definidos, do mesmo modo que o produto a ser trabalhado deve ser classificado em: Produto novo ou produto existente; produção por encomenda ou produção em série; produto tangível ou intangível; software ou hardware; etc. Estas informações e esclarecimentos serão imprescindíveis, para a escolha da forma de utilização das Matrizes QFD e suas análises.

²⁵ Ohfuji, T., Ono, M., Akao, Y. *Método de desenvolvimento da qualidade (1) - QFD*. Belo Horizonte: Fundação Christiano Ottoni, 1997, Cap. 2, *Parte I - Generalidades*, pp. 33-44.

Os tópicos para o Desdobramento da Qualidade, podem ser:

1. Formação da estrutura para implementação do desdobramento da qualidade,
2. Classificação do produto considerado:
 - Produto existente à ser melhorado / Produto novo à ser desenvolvido
 - Produção seriada / Produção sob encomenda
 - Possuem forma (tangíveis / palpáveis) / Não possuem forma (intangíveis),
3. Selecionar o produto à ser trabalhado,
4. Coletar dados,
5. Transformar dados coletados em itens exigidos,
6. Transformar itens exigidos em qualidades exigidas,
7. Elaborar tabela de desdobramento da qualidade exigida,
8. Extrair elementos da qualidade à partir da qualidade exigida,
9. Elaborar tabela de desdobramento dos elementos da qualidade,
10. Transformar em Matriz as tabelas da qualidade exigida e dos elementos da qualidade,
11. Avaliar correlações,
12. Desdobrar o grau de importância da qualidade exigida, para grau de importância do elemento da qualidade,
13. Extrair elemento da qualidade importante,
14. Estabelecer a qualidade planejada.

Conforme Akao , a elaboração da Matriz Qualidade, deve seguir o seguinte fluxograma:

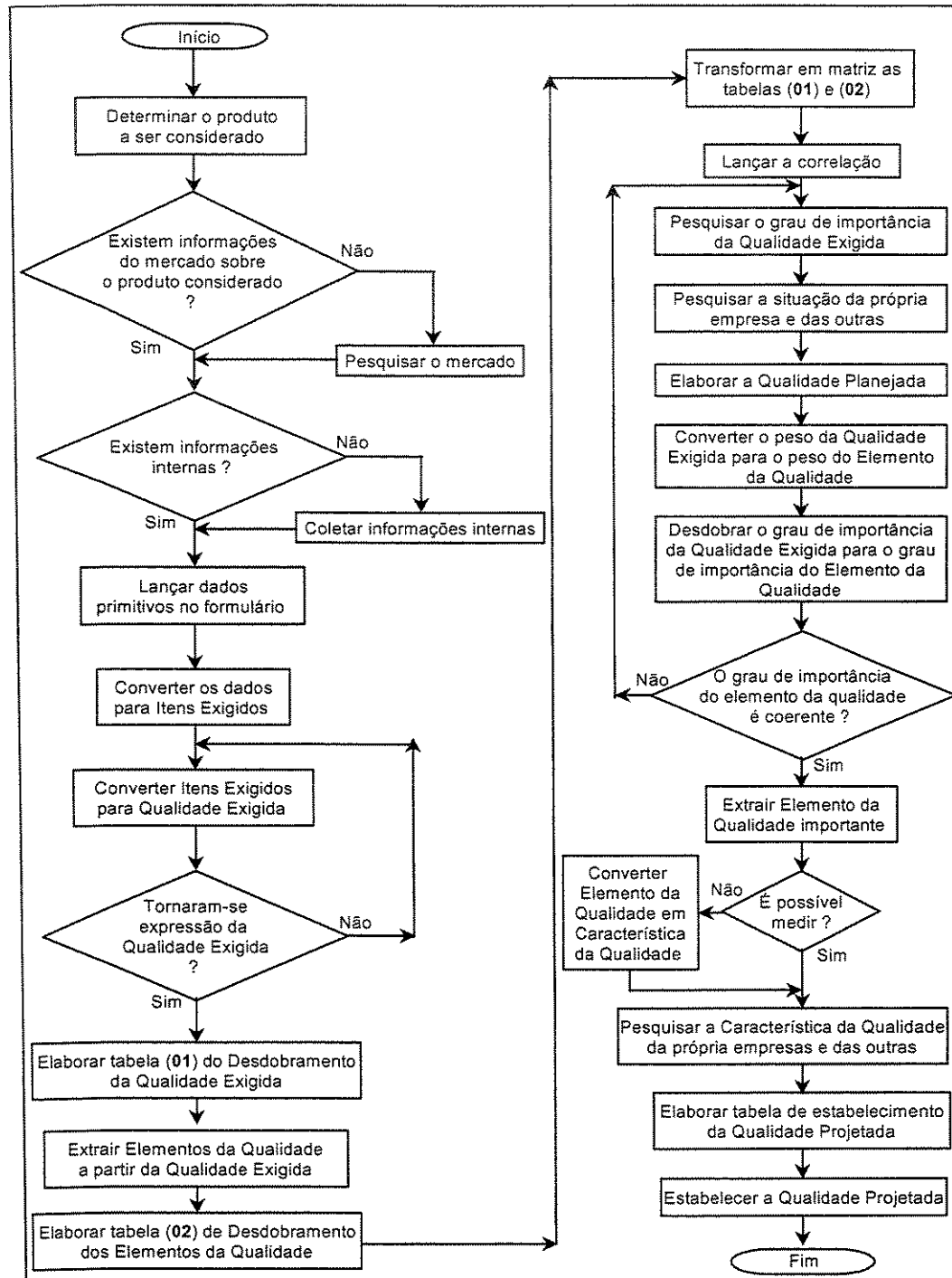


Figura 5: Fluxograma para a elaboração da Matriz QFD.

Capítulo 3

A concepção do AGF – Análise de Geradores de Falhas

Conforme demonstrado nos capítulos anteriores, em linhas gerais, pode-se dizer que o QFD – Desdobramento da Função Qualidade, traduz as exigências dos clientes (voz do cliente), em especificações de projeto, às quais são desdobradas em características ou dados de processo, que por sua vez são desdobrados em requisitos técnicos de fabricação.

Pela visão IMS, mostrada na Figura 1 do capítulo 2, para se desenvolver a qualidade de um produto é necessário fazer as Análises dos Riscos envolvidos, para se Planejar Ensaios e Controlar Processos.

A partir destes princípios, foi desenvolvida uma metodologia para permitir o aproveitamento das informações provenientes de insatisfações de clientes, com a finalidade de se direcionar ações específicas nos projetos, nos processos ou na produção (chão de fábrica), para o aperfeiçoamento de um determinado produto.

Normalmente as equipes de chão de fábrica têm informações sobre as exigências reais dos clientes, através dos relatórios das reclamações e solicitações de ações corretivas (SAC's), do mesmo modo, que possuem informações sobre índices de defeitos internos (refugo / retrabalho), estudos de capacidade de máquinas e processos, resultados de auditorias de produtos e outras informações, que se bem analisadas, podem ser transformadas na **voz do cliente**. Desta forma

tem-se a informação precisa do que o cliente **não** quer. Portanto, se for analisado o que realmente deixa o cliente insatisfeito e for avaliado o local onde a insatisfação pode ser gerada ou detectada (projeto, processo ou produção), consegue-se visualizar e comparar o que o cliente não deseja que aconteça (com o produto adquirido), e as especificações internas de projeto e fabricação (cotas de desenhos / controles de processo / cuidados de fabricação / etc.).

O AGF – Análise de Geradores de Falhas, foi criado para ser um sistema de “auxílio” às investigações de possíveis locais onde uma falha pode ter sido gerada ou facilmente detectada. O objetivo final é o aumento da satisfação dos clientes, às custas da redução da incidência de falhas durante o processo de fabricação. Como consequência obtém-se a redução dos custos envolvidos.

Portanto, com informações de não conformidades de um produto, faz-se os desdobramentos, com o objetivo de se analisar as possíveis fontes geradoras das falhas. Conhecidas as fontes geradoras das não conformidades em questão, obtém-se um cenário propício para as definições das ações pertinentes, de forma estruturada, eficaz e otimizada. Os desdobramentos propostos, levam a um entendimento mais completo das não conformidades, auxiliando de forma decisiva, a identificação dos locais de melhor detecção dos defeitos (que ajudam a visualização das ações de contenção necessárias).

As informações de não conformidades de um produto, podem ser coletadas através de:

- reclamações de clientes internos e externos,
- reclamações de clientes internos,
- estudos de potenciais de falha (**FMEA, Cartas CEP, Capabilidades de Processo ¹**),
- índices de refugo e retrabalho,
- auditorias internas,
- workshop da qualidade.

¹ Instituto da Qualidade Automotiva – Norma QS 9000 (3. ed.), 1998.

A análise das fontes geradoras dos defeitos, deve ser estudada, quanto às contribuições de:

- **projeto** – especificações técnicas / desenhos
- **processo** – recursos disponíveis / parâmetros de produção
- **produção** – operacionalização / métodos / instruções

O QFD de Akao ², é voltado para o desenvolvimento de um produto. A idéia central é desenvolver o produto da forma que o cliente deseja, ou seja, o produto deve ser projetado com os atributos necessários para atender as exigências do cliente. Deste modo, o projeto e os processos de fabricação devem ser desenvolvidos para garantir o atendimento da performance exigida.

O AGF, funciona de forma diferenciada: conhecidos os pontos frágeis do produto, quanto à sua performance, é feita a associação aos dados de projeto e processos de fabricação que devem ser revisados (ou alterados), para evitar a ocorrência de desvios em relação aos atributos para os quais o produto foi desenvolvido.

Enquanto o QFD tem atuação focada na **prevenção**, durante o desenvolvimento de um novo produto, voltado para o aprimoramento das características da qualidade, o AGF tem seu foco principal na atuação **corretiva**, visando o aperfeiçoamento contínuo das características da qualidade de um produto existente.

² Ohfujii, T., Ono, M., Akao, Y. *Método de desenvolvimento da qualidade (1) - QFD*. Belo Horizonte (MG): Fundação Christiano Ottoni, 1997, 256p.

Segue ilustração da diferença básica de conceitos do QFD e do AGF:

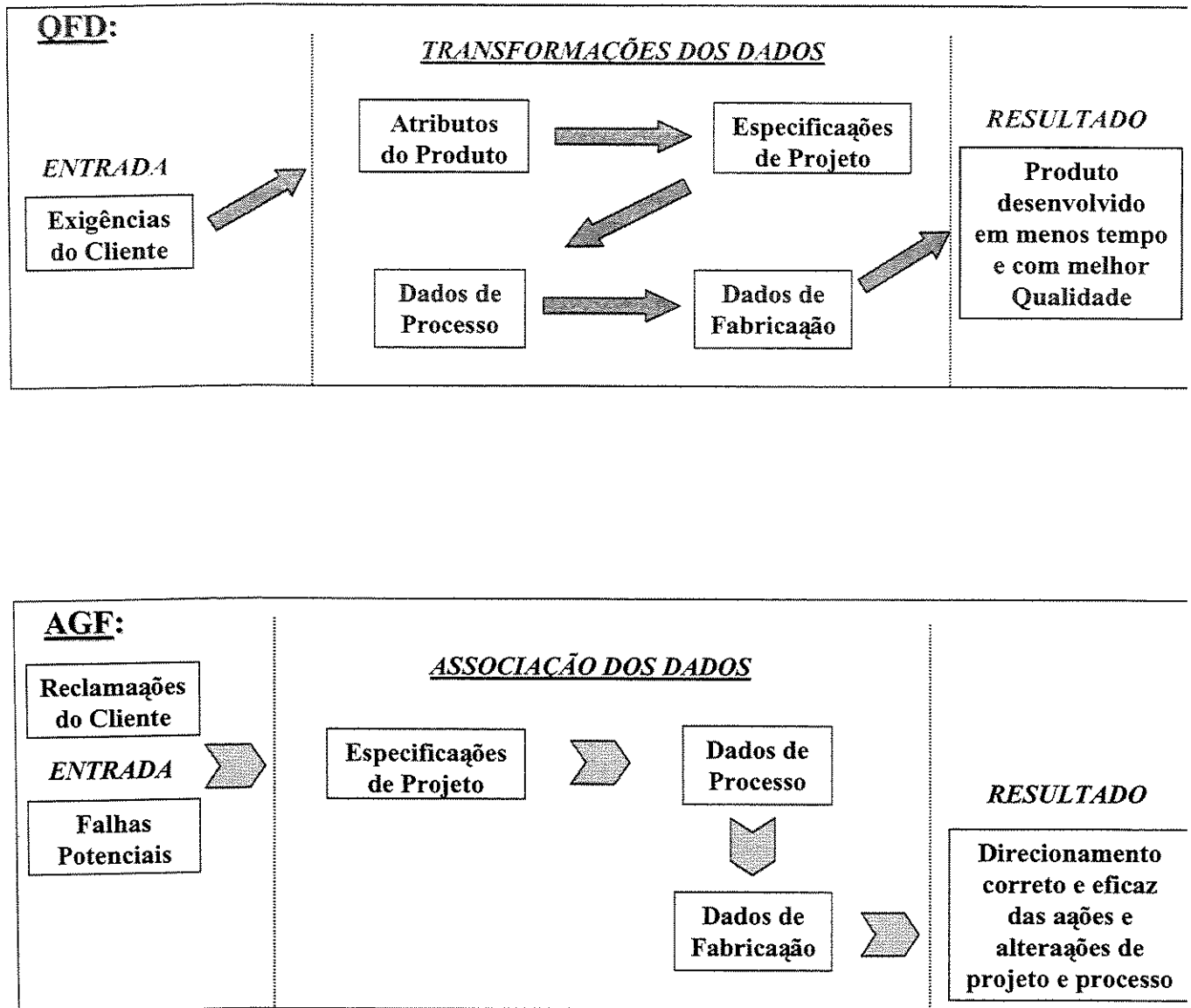


Figura 6: Ilustração esquemática comparativa entre os conceitos QFD x AGF.

3.1 Detalhamento do AGF

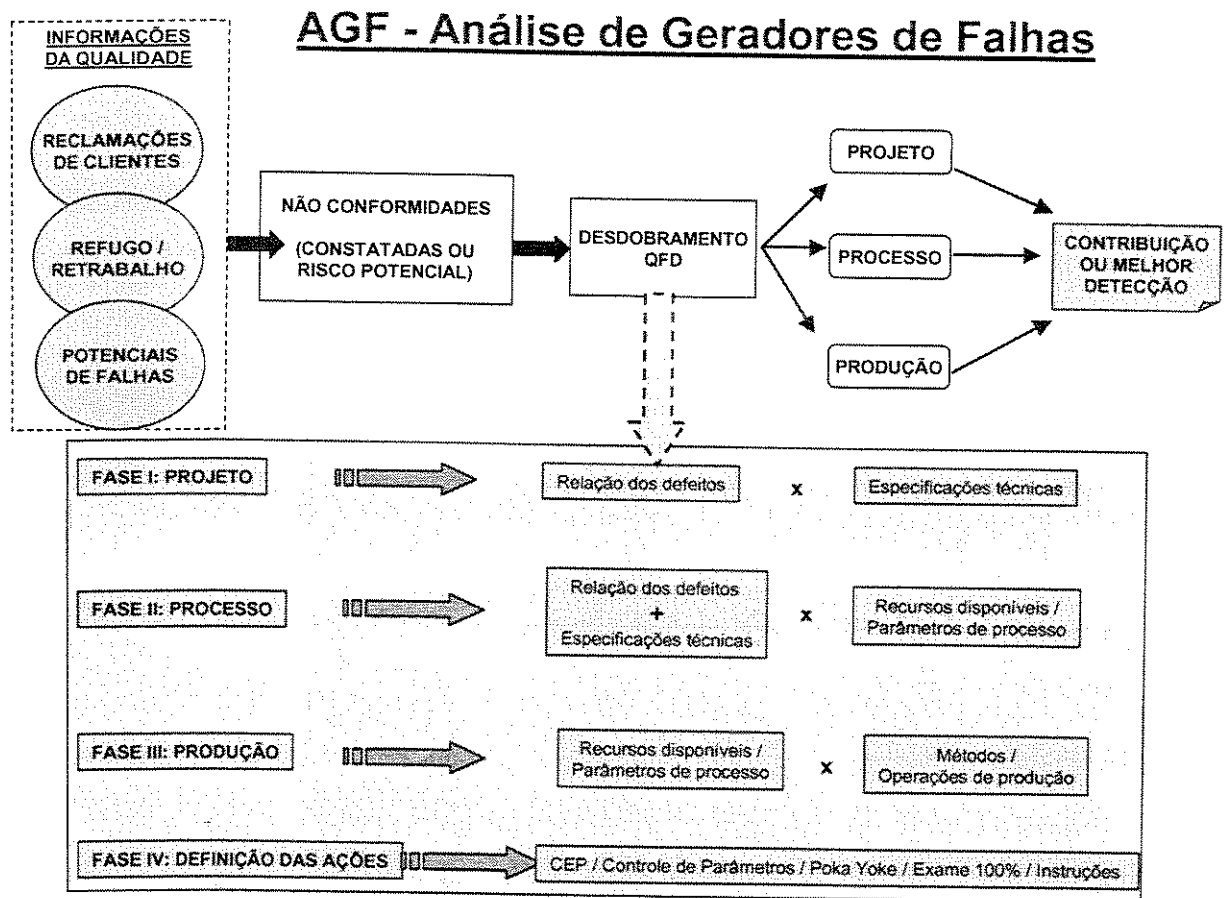


Figura 7: Detalhamento do AGF – Análise de Geradores de Falhas.

O funcionamento do AGF ocorre da seguinte forma:

- Informações sobre a Qualidade do produto devem ser coletadas. Para tanto, devem ser avaliadas as reclamações de clientes, as ocorrências de falhas de fabricação e os potenciais de falhas conhecidos, para um determinado produto.
- As informações da Qualidade levantadas, devem ter as suas respectivas não conformidades desdobradas, de modo à serem associadas aos dados de projeto, processo e fabricação. A finalidade dos desdobramentos é analisar a contribuição de cada um destes dados (projeto, processo e fabricação), para identificar o local onde as falhas podem ser geradas ou facilmente detectadas.

3.2 Detalhamento dos desdobramentos do AGF

3.2.1 Fase I: Planejamento do Produto

Os desdobramentos do AGF, são feitos da seguinte maneira:

- Nas linhas da 1ª matriz (**fase I**), são relacionados os problemas ocorridos ou as falhas em potencial.
- Nas colunas desta 1ª matriz, são listadas as informações do produto que podem ter relação com os defeitos descritos nas linhas da matriz.
- São avaliadas as **interrelações** entre linhas e colunas:
 - o Para interrelações **fortes**, utiliza-se o símbolo , que corresponde à um valor de 9 (nove) pontos.
 - o Para os casos de interrelações **médias**, o símbolo é , que vale 3 (três) pontos.
 - o Quando existir interrelações **fracas**, adota-se o símbolo , que corresponde a pontuação 1 (um).

A classificação das interrelações, serve para ordenar as colunas da matriz (informações do produto que podem ter relação com os defeitos analisados), de modo a priorizar os pontos mais significativos do projeto em relação aos defeitos abordados. A somatória da multiplicação da “Importância na Função” (detalhado no próximo capítulo) pela interrelação, irá gerar um índice de prioridade (%), que será utilizado para a escolha dos quesitos à serem desdobrados.

- Na parte superior da matriz, são analisadas as **correlações** existentes entre as colunas (informações do produto):

- **Positivo forte** deve ser registrado, quando as informações do produto possuírem forte correlação entre si (uma influencia positivamente na outra). O símbolo utilizado é o mesmo da interrelação forte:  .
- **Positivo** deve ser considerado, quando as colunas da matriz possuem correlação fraca entre si (ainda com influência positiva: uma ajuda a outra). O símbolo usado é:  , que é o mesmo da interrelação média.
- **Negativo** será listado, para os casos em que a influência de uma informação do produto tiver efeito oposto à outra (uma prejudica a outra). O símbolo será: **X** .
- **Negativo forte** é utilizado para os casos onde a influência entre as colunas apresenta forte oposição (uma prejudica muito a outra). Neste caso utiliza-se o símbolo **#** .

A classificação das correlações, serve para auxiliar a priorização dos pontos mais significativos do projeto em relação aos defeitos abordados. Após os cálculos dos índices de prioridade (%), as colunas que possuírem correlações entre si devem ter seus índices somados, com o objetivo de participarem com um peso maior na escolha das prioridades para desdobramento.

Para cada coluna descrita, deve ser discutida a **direção da melhoria**, que nada mais é do que avaliar se o item selecionado deve estar em sua nominal (símbolo ), no valor máximo (símbolo ) ou no valor mínimo (símbolo ), para que o produto tenha sua performance otimizada.

3.2.2 Fase II: Planejamento do Processo

Após os cálculos dos índices de prioridade da 1ª matriz (fase I), deve ser definido um ponto de corte para os desdobramentos, ou seja, deve ser estudada a situação, com o objetivo de se avaliar quais as informações de projeto que podem ser descartadas. O que deve ser avaliado é o impacto da retirada de alguma coluna, em relação aos problemas atuais do produto. O objetivo desta fase é considerar somente as colunas que tenham maiores influências sobre os defeitos abordados.

Quando aplicável, podem ser levados para o desdobramento da fase II, todas as colunas listadas na matriz fase I, porém a recomendação é que se faça um filtro nas informações do produto, com a finalidade de se reduzir o volume de informações das matrizes seguintes.

Definidas as prioridades, inicia-se a construção da 2ª matriz (fase II). Esta matriz, terá como linhas as mesmas linhas da 1ª matriz (fase I) acrescidas das colunas que foram consideradas prioritárias. Desta forma, a 2ª matriz terá como linhas os “defeitos à serem estudados” e “as informações do produto consideradas prioritárias na fase I”. As colunas da 2ª matriz serão as informações de **processo** associadas aos defeitos e às informações do produto considerados (linhas da própria matriz).

Nesta fase, também são feitas as análises e cálculos de interrelações, correlações, direção da melhoria e prioridades, conforme demonstrado para a 1ª matriz (fase I). Todo o processo de análise da Fase II é semelhante ao da Fase I e o objetivo é escolher quais as informações de processo que devem ser desdobradas na Fase III.

3.2.3 Fase III: Planejamento da Produção

A 3ª matriz é formada, colocando-se em suas linhas “as informações do processo” que foram priorizadas na Fase II e em suas colunas serão listadas as “ferramentas” e “ações” que podem ajudar a evitar a ocorrência dos defeitos ou simplesmente detectá-los. Nesta fase, somente são consideradas as interrelações.

3.2.4 Fase IV: Planejamento das Ações

Para a 4ª matriz, serão levadas todas as colunas da 3ª matriz, que serão registradas como linhas da fase IV. Esta matriz, somente serve para transformar as ferramentas e ações da fase III, em ações efetivas à serem introduzidas na produção, para eliminar ou minimizar os defeitos existentes.

3.2.5 Representação gráfica dos desdobramentos do AGF

Fase I: Planejamento do Produto

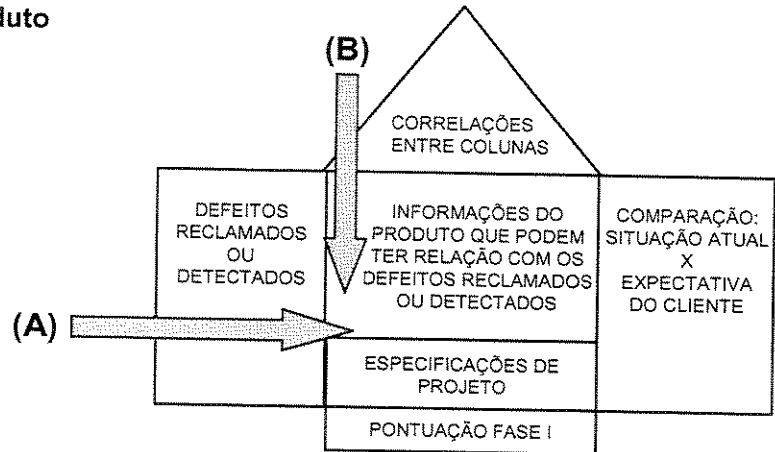


Figura 8: Representação gráfica da Fase I – Planejamento do Produto, do AGF.

Fase II: Planejamento do Processo

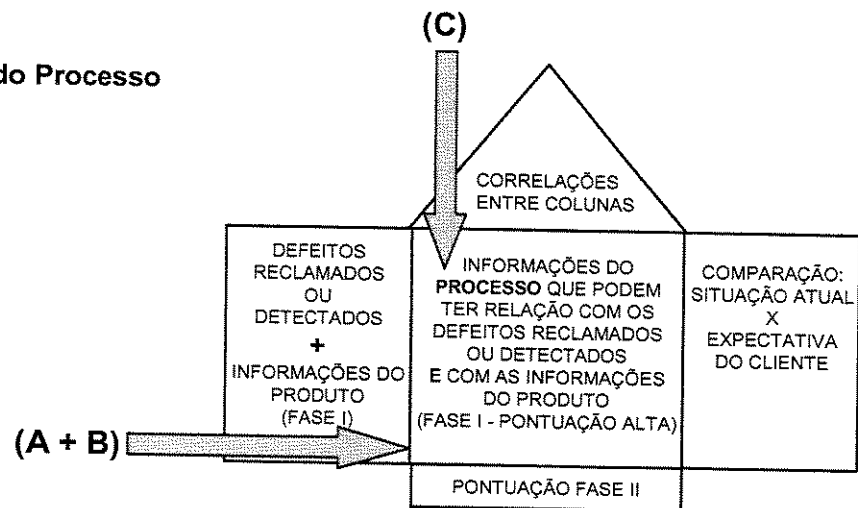


Figura 9: Representação gráfica da Fase II – Planejamento do Processo, do AGF.

Fase III: Planejamento da Produção

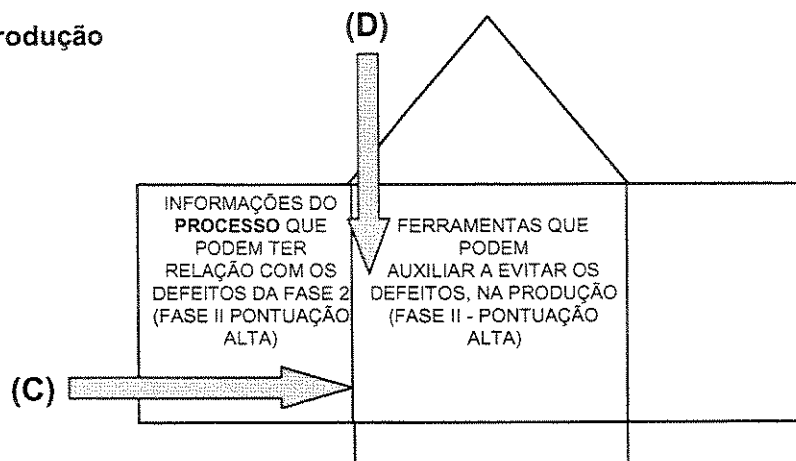


Figura 10: Representação gráfica da Fase III – Planejamento da Produção, do AGF.

Fase IV: Planejamento das Ações

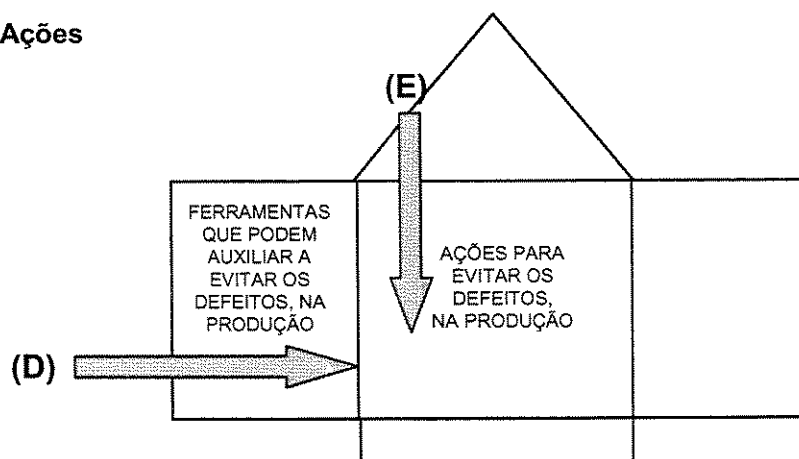


Figura 11: Representação gráfica da Fase IV – Planejamento das Ações, do AGF.

3.2.6 AGF – Uma ferramenta para a produção

O AGF – Análise de Geradores de Falhas, tem como objetivos principais:

- Reduzir o número de reclamações dos clientes.
- Reduzir os índices de ocorrência de falhas.
- Reduzir o custo de defeitos.

Recomenda-se a execução das seguintes medições, antes e após a implantação das ações propostas à partir da análise do AGF - Análise de Geradores de Falhas:

- Medir o número de reclamações dos clientes, recebidas por unidade de tempo (média mensal, por exemplo).
- Medir os índices de ocorrência de falhas, em ppm (partes por milhão).
- Medir o custo de defeitos internos e externos.

O AGF – Análise de Geradores de Falhas, aplicado diretamente à produção, é uma ferramenta desenvolvida para dar maior tranquilidade aos fabricantes (fornecedores), pois é possível ter um controle e um entendimento melhor dos processos de fabricação existentes, permitindo uma utilização correta e otimizada das ferramentas estatísticas disponíveis para a melhoria da Qualidade, conforme demonstrado no estudo de caso do capítulo 5.

A utilização do AGF – Análise de Geradores de Falhas, facilita a forma de se evidenciar aos clientes (internos ou externos), os esforços despendidos para sanar os problemas ocorridos, de forma definitiva, criteriosa, sistêmica e com resultados realmente eficazes.

Como a documentação retrata a forma como os problemas foram analisados e atacados, também são facilitadas as discussões e/ou explicações que freqüentemente existem entre clientes e fornecedores. Ao invés de se perder tempo com discussões sem muito fundamento técnico ou com desculpas que acabam não agradando o cliente, parte-se de imediato para a análise de dados e ações concretas, que estarão relacionadas às ocorrências das não conformidades, conforme pode ser observado no estudo de caso do capítulo 5.

Capítulo 4

Passos para se aplicar a sistemática AGF

A finalidade da aplicação do AGF é a implementação de ações para solucionar, ou pelo menos minimizar, os problemas relativos à Qualidade de um determinado produto, de forma organizada e eficaz. Os trabalhos devem ser realizados em times previamente formados com as pessoas que conhecem bem o projeto, os processos, a fabricação e os problemas da Qualidade envolvidos. Como o objetivo principal é o aumento do nível de satisfação dos clientes, a participação de um representante do principal cliente envolvido, deve ser bem vista pelos membros do time de trabalho, quando possível. Um líder, que detenha um bom conhecimento da técnica do AGF, deve ser escolhido e os demais membros da equipe devem ter os seus papéis e responsabilidades definidas.

Uma formação típica do time de trabalho, deve prever a participação de representantes das seguintes áreas da empresa:

- Controle da Qualidade, que atue junto aos clientes externos (ou o próprio cliente),
- Controle da Qualidade de fábrica,
- Engenharia do Produto,
- Engenharia de Processo,
- Fábrica: Chefias, Supervisões, Operadores,
- Suporte à fabricação, conforme necessidade,

cabendo ao líder do projeto a avaliação da participação de representantes de outras áreas, conforme o caso.

Conceitos básicos de **formação de equipes de trabalho** ¹ devem ser observados, para garantir o bom andamento dos trabalhos de aplicação do AGF. Segundo **Lewin** ², quatro condições devem estar presentes para uma equipe ser bem sucedida:

- Interdependência (projeto importante para os membros do time),
- Liderança (desejo de melhorar / posição de aprendizado),
- Decisões em conjunto (todos participam),
- Influência igual (todos têm oportunidade de influenciar o trabalho).

O comprometimento e a motivação da equipe é essencial para a obtenção dos resultados. O líder do time AGF deve estar preparado para garantir a motivação e o comprometimento necessário dos participantes, no decorrer dos trabalhos, pois as aplicações desta metodologia requerem tempo e paciência de todos. Estima-se que o AGF consuma cerca de 10 (dez) reuniões de trabalho, devendo ser esperado em prazo de 3 (três) meses desde o início dos levantamento até o início da implementação das ações definidas. É recomendado que as reuniões sejam moderadas em formato de Workshop.

Para se estruturar um trabalho de AGF e para se concentrar os esforços despendidos para o objetivo final, deve-se seguir uma sequência lógica de trabalho, que é apresentada à seguir:

- **1º passo:** Levantamento dos defeitos e potenciais de falhas;
- **2º passo:** Análise para desdobramento;
- **3º passo:** Informações do produto;
- **4º passo:** Planejamento do produto (Fase I);
- **5º passo:** Planejamento do processo (Fase II);
- **6º passo:** Planejamento da produção (Fase III);
- **7º passo:** Planejamento das ações (Fase IV);
- **8º passo:** Executar ações definidas.

¹ API – Associates in Process Improvement. *O Manual de Melhorias – Modelo, Métodos e Ferramentas para Melhorias*. Austin, 1998, Cap.2, *Trabalho em Equipe*, pp.2.1-2.35.

² API – Associates in Process Improvement. *O Manual de Melhorias – Modelo, Métodos e Ferramentas para Melhorias*. Austin, 1998, Cap.2, *Trabalho em Equipe*, p.2.1.

4.1 Primeiro passo: Levantamento dos defeitos e potenciais de falhas

Deve-se relatar todo tipo de falha conhecida do produto, sejam defeitos ainda existentes, já solucionados ou potenciais.

As falhas existentes devem ser discutidas cautelosamente, de forma à ficar muito claramente definido o tipo de problema envolvido, ou seja, qual o fator que o cliente realmente não aceita, ou que o produto não suporta para o seu perfeito funcionamento. Neste ponto não pode haver dúvidas quanto ao defeito analisado e a descrição deve ser de tal forma que o time de trabalho possa associá-la diretamente à falha ocorrida.

Para os problemas já solucionados, levantados através do histórico existente, o time de trabalho deverá definir alguns critérios, tais como uma data de corte, ou uma classificação do impacto do defeito, isto é, deve trazer para o AGF os problemas mais recentes ou os mais críticos.

Potenciais de falhas devem ser levantados através de estudos de **FMEA**³ ou outras informações disponíveis, tais como análises de capacidades de processo, análises de risco de postos de trabalho, etc.

Num primeiro momento deve-se pensar em todos os defeitos ocorridos em um determinado produto, que se deseja avaliar. Reclamações de clientes externos (falhas 0-Km e falhas de campo) e defeitos observados internamente (refugo, retrabalho, reclamações de clientes internos, ouvir a fábrica). Em seguida, deve-se coletar dados sobre potenciais de falhas, ou defeitos que podem ocorrer a qualquer momento (pontos frágeis do processo de fabricação), nas seguintes etapas:

³ Instituto da Qualidade Automotiva - Norma QS 9000 – *Caderno FMEA (Análise de Modo e Efeitos de Falha Potencial)*, 1997, 66p.

- **Projeto:** Verificar com o departamento responsável pelo desenvolvimento do projeto do produto (FMEA de projeto é um bom início para a pesquisa);
- **Processo:** Verificar com o departamento responsável pelo desenvolvimento do processo de fabricação do produto (FMEA de processo é um bom início para a pesquisa);
- **Produção:** Verificar junto ao setor de Produção, quais as inseguranças do processo de fabricação (Consultar operadores e supervisores é essencial para a avaliação). Para este levantamento é recomendada a criação de uma folha de verificações (check-list), com o objetivo de padronizar as informações coletadas em cada posto de trabalho.

Os dados coletados devem ser analisados criteriosamente, para que se possa entender os defeito e os potenciais de falha.

À seguir, a figura 12, traz uma ilustração da folha que pode ser utilizada para a coleta de informações sobre falhas reclamadas e/ou potenciais de falhas. Este modelo tem como finalidade documentar os dados iniciais para estudo e é a primeira preparação para a montagem da Matriz de Planejamento do Produto, que corresponde ao 4º passo deste capítulo.



INFORMAÇÕES SOBRE FALHAS RECLAMADAS E/OU POTENCIAIS DE FALHAS		
PRODUTO: _Motor elétrico_____ - PREPARAÇÃO PARA A MATRIZ DE PLANEJAMENTO DO PRODUTO (FASE 0)		
Nº DE DEFEITOS ANALISADOS	DESCRIÇÃO DE DEFEITOS A SEREM ANALISADOS	MOTIVO DA CONSIDERAÇÃO
1	Massa de balanceamento solta	RCE - Reclamação de Cliente Externo
2	Motor com vibração excessiva	FMEA - Análise de Potencial de Falhas
3	Isolação da cordoalha da bobina raspando no induzido	Workshop da Qualidade

Elaborado por CaW1/FEB4 Bacellar

Figura 12: Modelo de uma folha de coleta de dados, para início do levantamento dos dados a serem analisados.

É recomendada uma análise minuciosa dos defeitos listados, para que se possa entender bem as falhas em questão e verificar o que pode ser agrupado em um único defeito, ou seja, avaliar os casos em que as causas e os efeitos são os mesmos, porém a descrição é diferenciada devido à percepção do cliente. Os defeitos devem ser muito bem analisados e podem ser reescritos de forma mais clara, se o time de trabalho achar conveniente.

4.2 Segundo passo: Análise para desdobramento

Para a análise dos defeitos que devem ser desdobrados, deve ser utilizada a Matriz de Planejamento, que também pode ser chamada de Matriz da Fase 0 (zero).

Semelhante à Matriz Fase 0 do QFD, conforme descrito na página 19 do capítulo 2 deste trabalho, a análise para desdobramento dos defeitos, ou seja, a definição das falhas que serão desdobradas nas Matrizes das fases I à IV, deve respeitar o modelo (Figura 13) e a pontuação explicadas à seguir.

Na **matriz de planejamento – fase 0**, devem ser relacionados os defeitos levantados para análise (reclamados pelos clientes, detectados internamente e/ou potenciais de falhas).

Os defeitos selecionados, serão listados na coluna **requisitos do cliente** e devem ser pontuados, conforme item 4.2.1. Para a pontuação são analisadas: a importância na função (funcionamento do produto), a satisfação do cliente (situação atual), a expectativa do cliente (meta) e a influência da falha na imagem do produto (fator). Uma estratégia para o desdobramento deve ser definida pelo time de trabalho, em função do cálculo da prioridade da falha (quando viável podem ser considerados para o desdobramento, todos os defeitos listados).

Quando forem utilizados dados de estudos de **FMEA's**⁴, é recomendada a utilização dos **efeitos** das falhas, ao invés do modo (tipo) da falha.

⁴ Instituto da Qualidade Automotiva - Norma *QS 9000 – Caderno FMEA (Análise de Modo e Efeitos de Falha Potencial)*, 1997, 66p.

MATRIZ DE PLANEJAMENTO - FASE 0

Data: __/__/__

Folha: __/__/__

PRODUTO: Motor elétrico

Linha número	REQUISITOS DO CLIENTE DEFEITOS RECLAMADOS PELOS CLIENTES OU DETECTADOS INTERNAMENTE *	IMPORTÂNCIA / FUNÇÃO	SITUAÇÃO / SITUAÇÃO ATUAL	META / EXPECTATIVA DO CLIENTE	TAXA (C/B)	IMAGEM DO PRODUTO (FAVOR)	PRIORIDADE (AXDXE)	PONTUAÇÃO:					ESTRATÉGIA DE MELHORIA
								1	2	3	4	5	
1	MASSA DE BALANÇAMENTO SOLTA	5	3	5	1,67	1	8,35						Desdobrar - QFD
2	MOTOR COM VIBRAÇÃO EXCESSIVA	4	4	4	1	1	4,00						Não desdobrar
3	ISOLAÇÃO DA CORDEALHA DA BOBINA RASPANDO NO INDUZIDO	5	5	5	1	1	5,00						Não desdobrar
4	SOLGA DO TERMINAL DA BARRA DA BOBINA SOLTA	5	4	5	1,25	1,5	9,38						Desdobrar - QFD
5	BOBINA COM PAPEL ISOLANTE RASGADO	5	3	5	1,67	1	8,35						Desdobrar - QFD
6	BOBINA COM PAPEL ISOLANTE SOLTO	5	4	5	1,25	1	6,25						Desdobrar - QFD
7													
8													
9													
10													
11													
12													
13													
14													
15													
16													
17													
18													
19													
20													
21													
22													
23													
24													
25													
26													
27													
28													
29													
30													
31													
32													
33													
34													
35													
36													
37													
38													
39													
40													
41													
42													
43													
44													
45													

* POTENCIAIS DE FALHAS LEVANTADOS ATRAVÉS DE:

- ☒ RECLAMAÇÕES DE CLIENTES
- ☐ ÍNDICES DE REFUZO E RETRABALHO
- ☒ ANÁLISE DOS POSTOS DE TRABALHO

- ☒ ESTUDOS DE FMEA
- ☒ WORKSHOP DA QUALIDADE
- ☐ BRAINSTORMING
- ☐ CUSTOS DE DEFEITOS

- ☐ AUDITORIAS INTERNAS
- ☐ AUDITORIAS EXTERNAS
- ☐ ESTUDOS POKA-YOKE
- ☐ CARTAS DE CEP

- ☐ ESTUDOS DE CAPABILIDADE
- ☐ ANÁLISES DO PROCESSO
- ☐ ANÁLISES DO PROJETO
- ☐ OUTROS

Elaborado por:
C.W./FEB4 Rev.02

Figura 13: Modelo para Matriz de Planejamento – Fase 0. A indicação dos potenciais de falhas levantados (rodapé), é apenas informativo para ilustrar a forma como os defeitos foram considerados para análise.

4.2.1) Pontuação – Matriz de Planejamento - Fase 0

Deve-se tomar um cuidado especial, quanto aos critérios de pontuação à serem utilizados, pois embora alguns fatores possam parecer subjetivos, o time de trabalho deve discutir e definir critérios de fácil entendimento para todos, para que haja uma boa segurança nos dados à serem trabalhados. É recomendada uma discussão prévia sobre a forma de pontuação, que deve ser específica para cada aplicação, tomando-se como base as tabelas e figuras descritas à seguir. Deve-se sempre questionar a confiabilidade dos dados levantados e a pontuação dada.

Para o preenchimento da matriz de planejamento – fase 0 (zero), devem ser tomadas como referência as pontuações numéricas listadas abaixo.

Coluna A:

Importância / Função (pontuação de 1 à 5)

Linha número	REQUISITOS DO CLIENTE DEFEITOS RECLAMADOS PELOS CLIENTES OU DETECTADOS INTERNAMENTE *	IMPORTÂNCIA / FUNÇÃO	SATISFAÇÃO / SITUAÇÃO ATUAL	META / EXPECTATIVA DO CLIENTE	TAXA (C/B)	IMAGEM DO PRODUTO (FATOR)	PRIORIDADE (AxDxE)	
	Coluna número	A	B	C	D	E	F	
1	MASSA DE BALANCEAMENTO SOLTA	5	3	5	1,67	1	8,35	

Figura 14: Ilustração da coluna A, na matriz fase 0.

Se o defeito relacionado tiver uma influência direta sobre o funcionamento do produto (influencia diretamente alguma função básica do produto), deverá receber pontuação 5 (cinco). Caso o defeito analisado não tenha relação direta com as funções básicas do produto (ou seja, não prejudicam o funcionamento do produto), então a pontuação deverá ser 1 (um). Para influências indiretas, deve ser dada pontuação 2 (dois), 3 (três) ou 4 (quatro), da seguinte forma:

- A pontuação sempre deve ser feita com números inteiros, variando de 1 à 5.

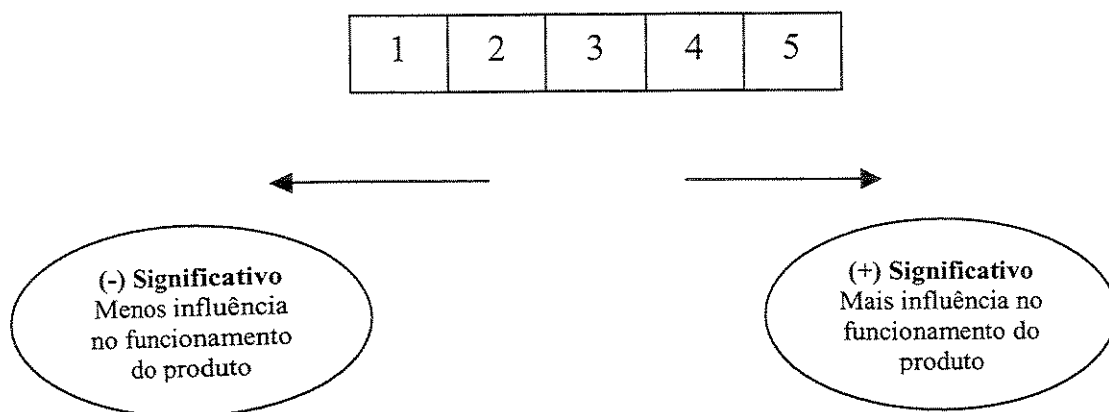


Figura 15: Ilustração da pontuação da coluna A, da matriz fase 0.

Deve ser avaliado o **efeito** do defeito, em relação ao funcionamento do produto, utilizando-se como base a tabela referência à seguir:

1	O efeito do defeito não provoca problemas funcionais no produto em estudo
2	O efeito do defeito pouco atrapalha o funcionamento do produto, que continua funcionando normalmente (atende às especificações)
3	O efeito do defeito atrapalha o funcionamento do produto, mas o produto funciona (não atende totalmente às especificações)
4	O efeito do defeito atrapalha muito o funcionamento do produto (ou de alguma função básica), mas o produto ainda funciona
5	O efeito do defeito provoca o não funcionamento do produto (ou de alguma de suas funções básicas). Não atende às especificações

Tabela 1: Referência para a pontuação da coluna A (Importância / Função).

Obs.1): Para clientes internos e/ou sub conjuntos ou componentes, considerar também o impacto no processo posterior. Portanto, o termo **funcionamento do produto** pode ser entendido como **dificuldades em prosseguir o processo de fabricação** (ou dificuldade em executar alguma operação de fabricação posterior).

Obs.2): Para os casos em que existe o estudo de FMEA de Processo, dividir a pontuação da severidade por 2 (dois), pode ser um bom referencial.

Na coluna A, deve ser discutido o comportamento do funcionamento do produto, em relação à falha analisada. Muitas vezes um problema pode ser reclamado pelo cliente, porém pode não ter influência no funcionamento do produto. Casos típicos, são os problemas estéticos e visuais, tais como: manchas, riscos, marcas de ferramentas, resíduos, tonalidade de cor, entre outros. O time de trabalho deve avaliar o impacto do defeito para o cliente e, se necessário, deve alterar o texto da tabela 1, de: “... **problemas funcionais para o produto**”, para: “... **problemas para o cliente**”, principalmente se a característica em questão for uma característica definida como **item de aparência** ⁵.

⁵ Instituto da Qualidade Automotiva - Norma QS 9000 – Caderno PPAP (Processo de Aprovação de Peça de Produção), 1997, p56.

Coluna B:

Satisfação / Situação Atual (pontuação de 1 à 5)

Linha número	REQUISITOS DO CLIENTE DEFEITOS RECLAMADOS PELOS CLIENTES OU DETECTADOS INTERNAMENTE *	IMPORTÂNCIA / FUNÇÃO	SATISFAÇÃO / SITUAÇÃO ATUAL	META / EXPECTATIVA DO CLIENTE	TAXA (C/B)	IMAGEM DO PRODUTO (FATOR)	PRIORIDADE (AxDxE)	
	Coluna número	A	B	C	D	E	F	
1	MASSA DE BALANCEAMENTO SOLTA	5	3	5	1,67	1	8,35	

Figura 16: Ilustração da coluna B, na matriz fase 0.

Nesta coluna é avaliada a satisfação do cliente, em relação à atual situação de recebimento do produto em estudo. Deve ser levado em conta a incidência do defeito e / ou o grau de descontentamento do cliente.

Se o cliente estiver satisfeito com o fornecimento e não reclama do defeito em questão, a pontuação será 5 (cinco). Caso o cliente demonstre uma grande insatisfação (muito desconforto), em relação ao defeito estudado, a pontuação deverá ser 1 (um).

- A pontuação sempre deve ser feita com números inteiros, variando de 1 à 5.

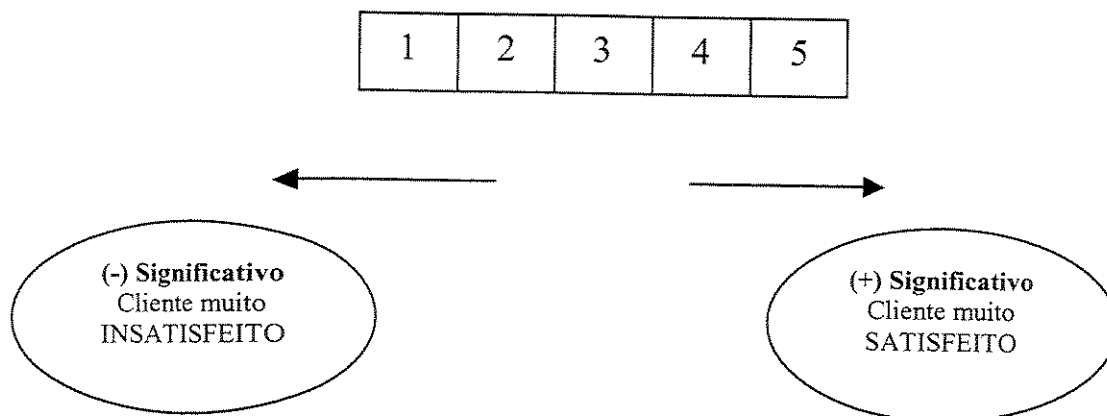


Figura 17: Ilustração da pontuação da coluna B, da matriz fase 0.

Deve ser avaliado o **efeito** do defeito, quanto à satisfação de quem recebe o produto (cliente interno / externo), utilizando-se como base a tabela referência à seguir:

1	Cliente muito insatisfeito (pela criticidade ou pelo alto índice de ocorrência)
2	Cliente insatisfeito com o defeito
3	Cliente começa a ficar insatisfeito com o defeito
4	Cliente sente algum desconforto quanto ao problema analisado
5	Cliente não percebe o defeito (cliente satisfeito com o problema analisado), ou o defeito não ocorre

Tabela 2: Referência para a pontuação da coluna B.

Obs.1): Muitas vezes o defeito não trás conseqüências para o produto, mas o cliente se sente insatisfeito com a ocorrência (por exemplo, problemas de aparência / estética).

Obs.2): O histórico das ocorrências dos defeitos deve ser levado em conta.

Obs.3): Para os casos em que existem estudos de FMEA's de Processo ou estudos de capacidade, um bom referencial pode ser:

<u>PONTUAÇÃO FMEA</u>		<u>PONTUAÇÃO AGF</u>		<u>ÍNDICE CAPABILIDADE</u>
OCORRÊNCIA:		COLUNA B:		VALOR DE Cpk:
1	→	5	←	$Cpk \geq 1,67$
2	→	4	←	$1,67 > Cpk \geq 1,50$
3	→	3	←	$1,50 > Cpk \geq 1,33$
4 ou 5	→	2	←	$1,33 > Cpk \geq 1,00$
6 à 10	→	1	←	$Cpk < 1,00$

Tabela 3: Correspondência entre a pontuação da coluna B e a pontuação da ocorrência da FMEA de processo e os índices de Capacidade do processo.

Para esta coluna (B), a pontuação funciona de forma invertida da convencional, ou seja, a situação **ruim** para o cliente tem pontuação pequena e a situação **boa** para o cliente tem pontuação elevada. Uma atenção especial deve ser dada para este caso, durante as discussões do time de trabalho, para não haver equívocos.

A situação atual da satisfação do cliente, em relação aos defeitos, deve ser analisada, com base na incidência e na criticidade da falha. O líder do grupo de trabalho deve definir quais os critérios para a avaliação da criticidade do problema analisado, sempre do ponto de vista do cliente e não do ponto de vista funcional do produto (coluna A). O foco deve ser: O quanto a falha “perturba” o cliente.

Coluna C:

Meta / Expectativa do cliente (pontuação de 1 à 5)

Linha número	REQUISITOS DO CLIENTE DEFEITOS RECLAMADOS PELOS CLIENTES OU DETECTADOS INTERNAMENTE *	IMPORTÂNCIA / FUNÇÃO	SATISFAÇÃO / SITUAÇÃO ATUAL	META / EXPECTATIVA DO CLIENTE	TAXA (C/B)	IMAGEM DO PRODUTO (FATOR)	PRIORIDADE (AxDxE)	
	Coluna número	A	B	C	D	E	F	
1	MASSA DE BALANCEAMENTO SOLTA	5	3	5	1,67	1	8,35	

Figura 18: Ilustração da coluna C, na matriz fase 0.

A coluna C mede o que o cliente espera em relação ao defeito analisado. Algumas vezes o cliente não percebe o defeito, ou não se importa com a ocorrência (por entender que faz parte do produto). Logicamente deve-se observar este tipo de comportamento, pois corre-se o risco de um concorrente oferecer um produto que não contenha o **defeito** e desperte a atenção do cliente (deve-se pensar em surpreender o cliente, antes que o concorrente o faça).

Os problemas reclamados e considerados graves pelo cliente, mesmo que não sejam graves para o funcionamento do produto, ou seja, os que mais causam desconforto para o cliente, devem ser avaliados com 5 (cinco) pontos. Em geral a pontuação da **satisfação / situação atual (B)** será mais baixa do que a **meta / expectativa do cliente (C)**, porém casos inversos poderão ocorrer, principalmente para defeitos relacionados à partir de análises internas (auditoria internas, estudos FMEA, etc.), onde o cliente não consegue observar o defeito.

Os casos em que a pontuação da **satisfação / situação atual (B)** for mais alta do que a **meta / expectativa do cliente (C)**, podem ser interpretados como potenciais de reduções de custos dos produtos ou exploração de marketing (como diferencial do produto), pois significa que o produto supera as expectativas do cliente. Porém novos estudos devem ser feitos, para verificar as consequências de tal situação, pois corre-se o risco de estar incorporando ao produto um problema até então não observado pelo cliente. Portanto estes casos devem sempre ser avaliados com **causas especiais** ⁶ e o time de trabalho deve iniciar uma discussão, com a finalidade de se entender melhor o que está acontecendo.

- A pontuação sempre deve ser feita com números inteiros, variando de 1 à 5.

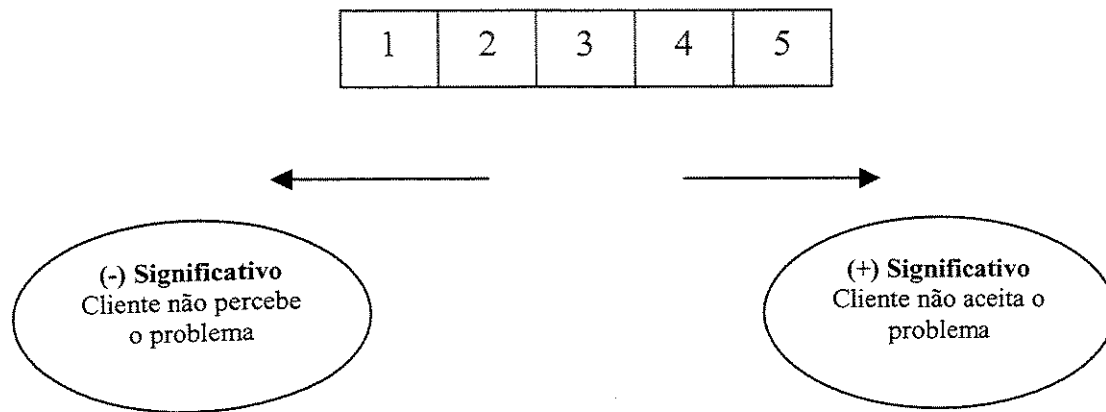


Figura 19: Ilustração da pontuação da coluna C, da matriz fase 0.

Deve ser avaliado o que o cliente espera, em relação ao defeito analisado, utilizando-se como base a tabela referência à seguir:

⁶ Wheeler, J. Donald, *Undrestanding Variation – The Key to Managing Chaos*. Knoxville (Tennessee): SPC Press Inc, 1993, Cap. 3, *The Pourpose of Analysis is Insight*, pp. 33-59.

1	Cliente não se importa com a ocorrência (ou não percebe o defeito)
2	Cliente aceita a ocorrência (não sente desconforto)
3	Cliente começa a sentir desconforto, em relação à ocorrência
4	Cliente não quer o defeito
5	Cliente não aceita a ocorrência do defeito (devido à incidência ou à algum tipo de desconforto durante a utilização)

Tabela 4: Referência para a pontuação da coluna C.

Obs.: Para esta coluna, deve-se considerar tanto a incidência (volume de ocorrência), quanto a criticidade do problema. A questão à ser respondida é: O que o cliente espera deste defeito? Se o cliente não se incomoda ou não percebe a falha, a pontuação será igual à 1 (um) e portanto não deve haver reclamações. Se o cliente não aceita, em hipótese alguma, a ocorrência do defeito analisado, deve-se atribuir pontuação 5 (cinco) e deve-se observar um volume de reclamações alto, e/ou algum tipo de reação que defina o acentuado descontentamento do cliente.

Coluna D:

Taxa (C/B)

Linha número	REQUISITOS DO CLIENTE DEFEITOS RECLAMADOS PELOS CLIENTES OU DETECTADOS INTERNAMENTE *	IMPORTÂNCIA / FUNÇÃO	SATISFAÇÃO / SITUAÇÃO ATUAL	META / EXPECTATIVA DO CLIENTE	TAXA (C/B)	IMAGEM DO PRODUTO (FATOR)	PRIORIDADE (AxDxE)	
	Coluna número	A	B	C	D	E	F	
1	MASSA DE BALANCEAMENTO SOLTA	5	3	5	1,67	1	8,35	

Figura 20: Ilustração da coluna D, na matriz fase 0.

Esta taxa é o resultado da divisão da pontuação dada para a **meta / expectativa do cliente (C)** e a pontuação considerada para a **satisfação / situação atual (B)**.

A taxa C/B mede a “distância” entre a situação atual e a situação que o cliente gostaria de encontrar. Quanto **maior** a taxa, significa que o grau de satisfação do cliente é **menor**.

Para valores da taxa C/B menores do que zero, valem as mesmas considerações do último parágrafo da explicação da Coluna C. Portanto estes casos devem ser estudados à parte.

Como **C** e **B** variam de 1 à 5, a taxa vai variar de 0,20 à 5,00, podendo assumir os seguintes valores:

B	C	C/B	B	C	C/B	B	C	C/B	B	C	C/B	B	C	C/B
1	1	1,00	2	1	0,50	3	1	0,33	4	1	0,25	5	1	0,20
1	2	2,00	2	2	1,00	3	2	0,67	4	2	0,50	5	2	0,40
1	3	3,00	2	3	1,50	3	3	1,00	4	3	0,75	5	3	0,60
1	4	4,00	2	4	2,00	3	4	1,33	4	4	1,00	5	4	0,80
1	5	5,00	2	5	2,50	3	5	1,67	4	5	1,25	5	5	1,00

valores mais comuns / esperados
valores normais
valores pouco comuns / requer análise adicional
rever conceito do cliente / requer análise adicional

Tabela 5: Valores da pontuação da coluna D.

Os valores mais esperados para a taxa C/B, são os valores correspondentes à pontuação 5 (cinco) para a expectativa do cliente (C), pois é previsível que o cliente não aceite a ocorrência de falhas.

Valores intermediários, com **B (satisfação / situação atual)** variando entre 1 e 4 pontos, **C (meta / expectativa do cliente)** variando entre 3 e 4 pontos e os valores de **B** menores do que os valores de **C**, devem ser índices considerados normais de serem encontrados.

Os demais valores da tabela 5, quando encontrados, requerem análises adicionais e revisões de conceitos, para melhor entendimento do processo de pontuação e análise das falhas listadas. É recomendado que o time de trabalho reavalie os conceitos utilizados para a pontuação das colunas **B** e **C**, para verificar a coerência do trabalho. Estes valores podem indicar falta de entendimento ou esclarecimentos do significado da falha para o cliente. A participação do cliente no trabalho ou uma pesquisa de **satisfação do cliente** ⁷ (voltada para os defeitos à serem analisados), podem ajudar a continuidade do estudo.

Coluna E:

Imagem do produto (pontuação de 1,0 à 1,5)

Linha número	REQUISITOS DO CLIENTE DEFEITOS RECLAMADOS PELOS CLIENTES OU DETECTADOS INTERNAMENTE *	IMPORTÂNCIA / FUNÇÃO	SATISFAÇÃO / SITUAÇÃO ATUAL	META / EXPECTATIVA DO CLIENTE	TAXA (C/B)	IMAGEM DO PRODUTO (FATOR)	PRIORIDADE (AxDxE)	
	Coluna número	A	B	C	D	E	F	
1	MASSA DE BALANCEAMENTO SOLTA	5	3	5	1,67	1	8,35	

Figura 21: Ilustração da coluna E, na matriz fase 0.

⁷ Instituto da Qualidade Automotiva - Norma QS 9000 – *Requisitos do Sistema da Qualidade* (3. ed), 1998, p11.

É um fator que deve ser considerado conforme o defeito em análise seja crítico para a imagem do produto. Em alguns casos o defeito pode não ser crítico para o funcionamento do produto, porém o usuário (cliente) pode se sentir desconfortável com a situação e faz propaganda contra o produto. São os casos em que embora o defeito não tenha grandes consequências funcionais para o produto, abala negativamente a sua imagem junto ao público consumidor.

O objetivo principal desta coluna é chamar a atenção para problemas reclamados pelo cliente e que não tenham consequências funcionais para o produto. Porém, devem ser discutidos também os casos onde o cliente não percebe a falha (ou ela ainda não ocorreu), mas pode comprometer a funcionabilidade do produto.

Portanto, se o cliente se sente muito incomodado com o defeito, mesmo não sendo funcional, o fator deve tender à máxima pontuação. Do mesmo modo, para os potenciais de falha levantados (FMEA's, auditorias internas, etc.), onde o problema ainda não chegou para o cliente (consegue-se filtrar, antes do embarque), deve-se buscar a máxima pontuação.

Uma forma simplificada de se avaliar a coluna E, é atribuir fator máximo (1,5) para os casos que o time de trabalho considerar mais polêmicos e fator mínimo (1,0) para os demais. Mas para os casos onde se consegue visualizar uma sensível diferença de abalo da imagem do produto, entre os defeitos em análise, é recomendado adotar a graduação à seguir.

Este fator, chamado de **imagem do produto**, deve ser mais alto, quanto maior for a repercussão negativa na imagem do produto e deve variar de 0,1 em 0,1 ponto.

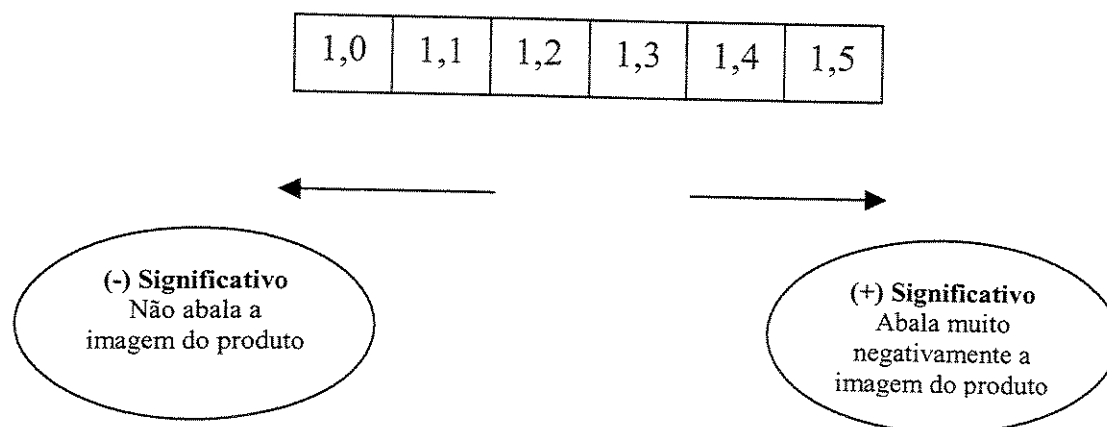


Figura 22: Ilustração da pontuação da coluna E, da matriz fase 0.

Deve ser avaliado o impacto que o defeito pode produzir na imagem do produto, utilizando-se como base a tabela referência à seguir:

1,0	O defeito não abala a imagem do negativamente produto
1,1	O defeito pode abalar a imagem do produto (pouca probabilidade)
1,2	O defeito pode abalar a imagem do produto (grande probabilidade)
1,3	O defeito abala muito pouco a imagem do produto (baixo)
1,4	O defeito abala pouco a imagem do produto (médio)
1,5	O defeito abala muito negativamente a imagem do produto (alto)

Tabela 6: Referência para a pontuação da coluna E.

Coluna F:

Prioridade (pontuação variando de 1,0 à 37,5) $\Rightarrow F = A \times D \times E$.

Linha número	REQUISITOS DO CLIENTE DEFEITOS RECLAMADOS PELOS CLIENTES OU DETECTADOS INTERNAMENTE *	IMPORTÂNCIA / FUNÇÃO	SATISFAÇÃO / SITUAÇÃO ATUAL	META / EXPECTATIVA DO CLIENTE	TAXA (C/B)	IMAGEM DO PRODUTO (FATOR)	PRIORIDADE (AxDxE)	
	Coluna número	A	B	C	D	E	F	
1	MASSA DE BALANCEAMENTO SOLTA	5	3	5	1,67	1	8,35	

Figura 23: Ilustração da coluna F, na matriz fase 0.

A prioridade é calculada através da multiplicação da pontuação das colunas AxDxE (A = Importância / Função; D = Taxa C/B; E = Imagem do Produto; C = Meta / Expectativa do Cliente; B = Satisfação / Situação Atual).

O índice de **prioridade** é o indicador da importância de cada um dos defeitos analisados. Quando desdobrados os problemas, para visualizar as ações corretivas / preventivas necessárias, deve-se dar maior importância para os casos em que os índices de prioridade forem os **maiores**.

Através do grau de prioridade de cada defeito relacionado para análise, é que será discutida a estratégia de desdobramento das matrizes, isto é, o time de trabalho deve analisar a pontuação da prioridade de cada falha e decidir qual será o ponto de corte para desdobramento.

A finalidade da coluna das prioridades é mostrar quais dos defeitos levantados são mais importantes do ponto de vista do cliente, cabendo aos integrantes da equipe de trabalho, definir quais defeitos serão desdobrados e quais podem ser desconsiderados neste estudo.

A idéia básica é descartar alguns defeitos insignificantes, para que o grupo possa concentrar esforços nos problemas de maior repercussão para o cliente ou para o funcionamento do produto. O que se deseja é reduzir o volume de falhas à serem analisadas, para agilizar o estudo, porém se o número de defeitos não for muito elevado, todos os defeitos podem ser desdobrados.

Se o estudo estiver considerando somente falhas ocorridas e reclamadas, pode ser interessante o desdobramento de todas as falhas, mas como em geral os dados de FMEA's e Auditorias Internas são considerados, uma boa estratégia para corte das prioridades menos significativas pode evitar a tomada de ações para evitar defeitos que nunca ocorrerão.

Coluna Estratégia de Melhoria:

Caso ideal: Desdobrar todos os defeitos levantados.

Recomendação: Desdobrar prioridades maiores ou iguais a 6,0 pontos.

PRIORIDADE (AxDxE)	○ Satisfação / Situação Atual (B) △ Meta / Expectativa do cliente (C)					ESTRATÉGIA DE MELHORIA
	1	2	3	4	5	
F						Prioridade > _6_ ⇒ Desdobrar
8,35			○		△	Desdobrar - QFD
4,00				△		Não desdobrar

Figura 24: Ilustração da coluna Estratégia de Melhoria, na matriz fase 0.

Com base na prioridade (F), deve ser traçada uma estratégia para os futuros desdobramentos (produto / processo / produção). Uma boa estratégia é que prioridades maiores ou iguais à 6,0 pontos, sejam desdobradas.

O valor 6,0 para a prioridade (F) é apenas um referencial, onde são previstos alguns casos extremos, tais como:

1. Situação em que A=1 (defeito não tem importância funcional para o produto), B=1 (cliente muito insatisfeito com o problema), C=5 (cliente não aceita mais a ocorrência da falha) e E=1,2 (grande possibilidade de abalar a imagem do produto). Por exemplo, problemas estéticos, como tonalidade de pintura, riscos ou manchas.

$$P = A \cdot D \cdot E = 1 \cdot (5/1) \cdot 1,2 \rightarrow P = 6,0$$

2. Situação em que A=5 (defeito provoca o não funcionamento do produto), B=5 (cliente não percebe o problema), C=5 (cliente não aceita a ocorrência da falha) e E=1,2 (grande possibilidade de abalar a imagem do produto). Por exemplo, problemas de tratamento térmico ou tratamento superficial.

$$P = A \cdot D \cdot E = 5 \cdot (5/5) \cdot 1,2 \rightarrow P = 6,0$$

A princípio devem ser considerados os maiores valores da **prioridade (F)**, mas também é recomendada uma consideração especial para os valores da **importância / função (A) = 5,0** e para os valores da **imagem do produto (E) = 1,5**. Caso não seja um complicador adicional, todos os defeitos com valores de A = 5 e E = 1,5, devem ser desdobrados.

Outra consideração que pode ajudar na definição da estratégia para desdobramento, é a verificação de quais falhas representam uma diferença acima de 2,0 pontos entre a **meta / expectativa do cliente (C)** e a **satisfação / situação atual (B)**. Portanto se $C-B \geq 2,0$, o desdobramento é recomendado.

Gráfico: Situação Atual (B) x Expectativa do Cliente (C)

É a visualização do diferencial entre a satisfação atual do cliente e sua expectativa (que passa a ser a meta). Mostra de forma simples em quais situações (defeitos) atendemos a expectativa do cliente (ou não).

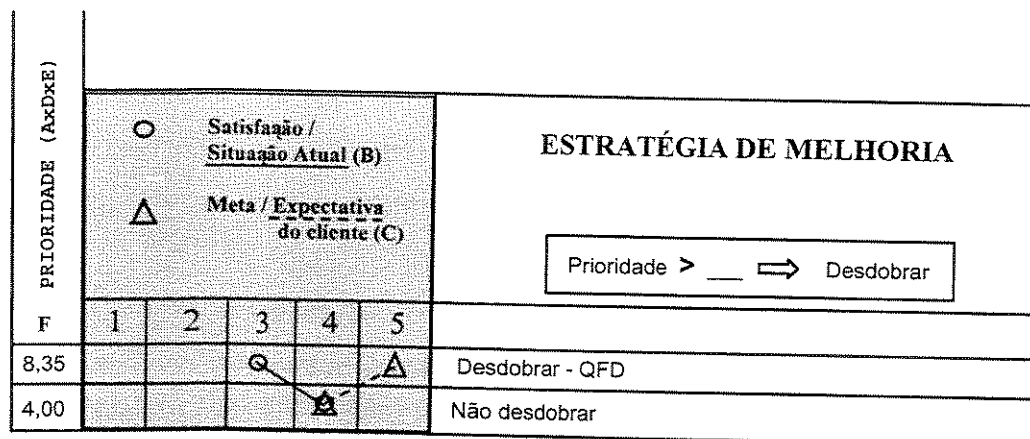


Figura 25: Ilustração do gráfico Situação Atual (B) x Expectativa do Cliente (C), na matriz fase 0.

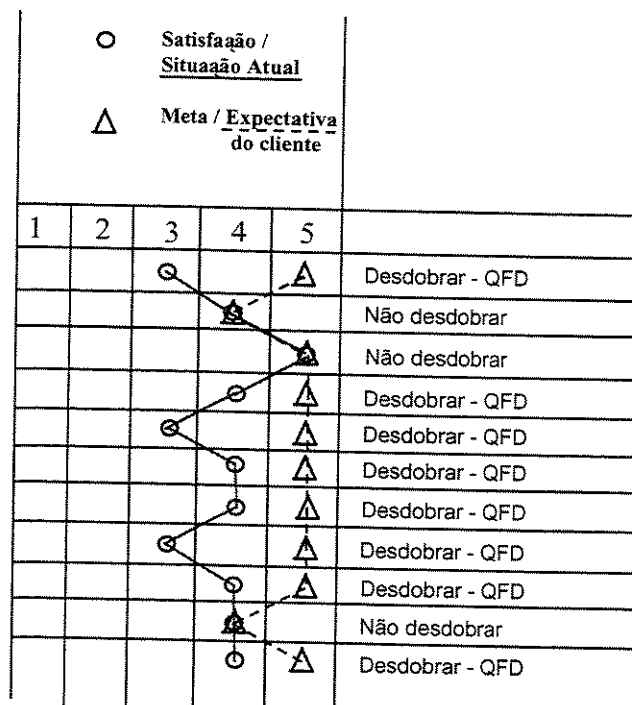


Figura 26: Ilustração do gráfico Situação Atual (B) x Expectativa do Cliente (C).

4.3 Terceiro passo: Informações do produto

Deve-se pesquisar informações sobre o produto (especificações de desenho), que podem ter relação com as falhas selecionadas no 2º passo. Estas informações devem ser avaliadas em função das especificações do projeto do produto.

O objetivo é analisar (conhecer) o processo de fabricação e identificar os locais de trabalho (máquina / operação / processo / montagem / etc.), onde os defeitos (cada defeito) podem ocorrer e/ou onde podem ser melhor detectados.

Nesta etapa deve-se relacionar quais as informações do produto (projeto / engenharia / desenho) que têm relação (direta ou indireta) com os defeitos levantados nos passos anteriores e que foram selecionados para desdobramento (na matriz fase 0).

Para cada descrição de defeito selecionado para desdobramento (conforme passos anteriores), deve-se relacionar todas as informações de projeto relacionadas. É esperado que uma mesma característica de projeto se correlacione com várias falhas.

Obs.1): Não deve-se esquecer que todos estes levantamentos e análises servem também para o time de trabalho entender e conhecer melhor os processos de fabricação envolvidos e relacioná-los com as falhas a serem analisada.

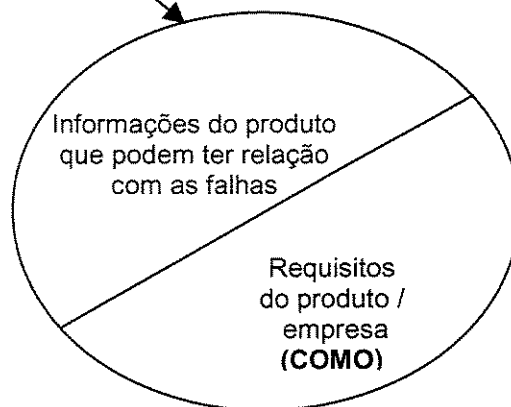
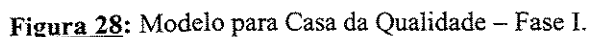
Obs.2): Para os casos de análise de componentes (ou produtos), onde a descrição do defeito analisado for uma dimensão (ou característica) do projeto (desenho), não é necessário acrescentar outras informações. Por exemplo, se o defeito levantado para desdobramento for um **comprimento de $10 \pm 0,2$ mm maior** ou um **diâmetro de $19,2 \pm 0,1$ mm menor** do que o especificado em desenho, basta relacionar a própria característica de projeto (Comprimento $10 \pm 0,2$ ou Diâmetro $19,2 \pm 0,1$, respectivamente).

BOSCHAGF - ANÁLISE DE GERADORES DE FALHAS
QFD - APLICADO À PRODUÇÃO

INFORMAÇÕES DO PRODUTO QUE PODEM TER RELAÇÃO COM AS FALHAS				
PREPARAÇÃO PARA A MATRIZ DE PLANEJAMENTO DO PRODUTO (FASE 1)				
Data: __/__/__				
Folha __/__				
Nº DE DEFEITOS ANALISADOS	DESCRIÇÃO DE DEFEITOS A SEREM ANALISADOS	LOCAL DE OCORRÊNCIA OU DETECÇÃO *	INFORMAÇÕES DO PRODUTO RELACIONADOS AOS DEFEITOS (PROJETO)	Nº INFORMAÇÕES DO PRODUTO
1	Massa de balanceamento solta	BI	Especificação de balanceamento	1
2	Solda do terminal da barra da bobina solta (cabeça do parafuso)	BOB	Especificação do material da massa de balanceamento	2
3	Bobina com papel isolante rasgado	BOB	Especificação do material de impregnação	3
4	Bobina com papel isolante solto	BOB	Especificação da solda da barra de ligação da bobina com o parafuso terminal	4
5	Barra de ligação da bobina em curto com o parafuso traste	BOB	Especificação dos materiais da barra de ligação da bobina e do parafuso terminal	5
6	Bobina de campo com curto à massa	BOB		
7	Bobina de campo em curto com a cabeça do parafuso terminal	BOB		
* LEGENDA		DETALHAMENTO DOS LOCAIS DE TRABALHO ONDE OCORREM OS DEFEITOS OU ONDE SÃO MELHORES DETECTADOS		
BI	BALANCEAMENTO DO INDUZIDO			
BOB	BOBINAGEM			

Figura 27: Modelo para coleta de dados de informações do produto, relacionados à falha.

Montar a casa da qualidade, para analisar o 1º desdobramento (semelhante à matriz QFD).



A elaboração da matriz da **fase I**, chamada de **Planejamento do Produto** é feita da seguinte forma:

- Nas linhas são descritos os defeitos selecionados no 2º passo;
- Nas colunas são listadas as informações do produto, conforme 3º passo;
- A coluna **A – Importância / Função** do 2º passo é colocada como 1ª coluna da matriz;
- O gráfico **Situação Atual (B) x Expectativa do Cliente (C)** é também incorporado à esta matriz.

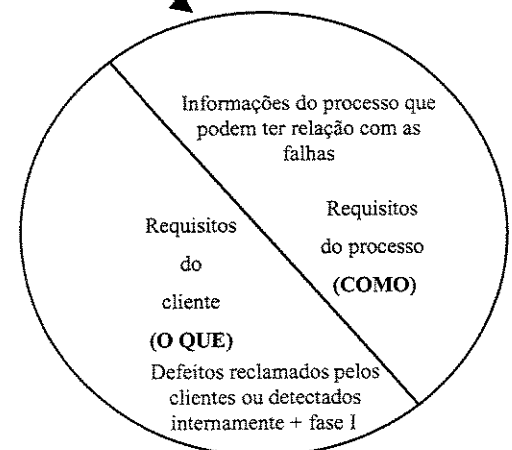
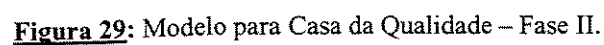
Com a matriz montada, o grupo passa a discutir as Interrelações e as Correlações existentes. Entre as linhas (defeitos selecionados para desdobramento) e as colunas (informações do produto) da matriz, são avaliadas as Interrelações, conforme grau **forte** (9 pontos), **médio** (3 pontos) ou **fraco** (1 ponto). Os símbolos específicos são representados nas linhas e colunas correspondentes.

Na parte superior da matriz, são avaliadas a direção da melhoria (se o desejado é o maior valor, o menor ou a medida nominal) e a Correlação entre as colunas (informações do produto). As correlações entre as colunas são discutidas, conforme exista relação **positivo forte** (uma informação colabora com a outra), **positivo**, **negativo** (uma informação atrapalha a outra) ou **negativo forte**.

Na parte inferior da matriz, são totalizados os resultados, de cada coluna (informações do produto), multiplicando-se o valor dado para a coluna **A – Importância / Função**, pelo valor da Interrelação considerado (forte / média / fraca). Em seguida as somatórias das multiplicações em cada coluna são transformadas em percentuais (%), chamados de **prioridade (%)**. Os maiores valores percentuais serão transportados para a próxima matriz (fase II).

O time de trabalho deve discutir o ponto de corte para as informações do produto (colunas) que serão levadas para a próxima fase. Correlações positivas devem ser consideradas, atribuindo-se o valor da soma das porcentagens, isto é, se uma determinada coluna obtiver somatória equivalente à 2,7 % e apresentar correlação com outra coluna com somatória 2,3 %, então considera-se para as **duas** colunas o valor $2,7 + 2,3 = 5,0$ %.

Montar a casa da qualidade, para analisar o 2º desdobramento (semelhante à matriz QFD).



A elaboração da matriz da **fase II**, chamada de **Planejamento do Processo** é feita da seguinte forma:

- Nas linhas são mantidas as mesmas da matriz fase I e são acrescentadas as **colunas** (informações do produto) selecionadas da matriz fase I (conforme prioridade %);
- Nas colunas são listadas as informações do processo de fabricação, que podem ter relação com as falhas e com as informações do produto selecionadas (que foram transformadas em linhas);
- A coluna **A – Importância / Função** do 2º passo continua como 1ª coluna da matriz;
- O gráfico **Situação Atual (B) x Expectativa do Cliente (C)** também é mantido nesta matriz.

Com a matriz montada, o grupo passa a discutir as Interrelações e as Correlações existentes. Entre as linhas (defeitos selecionados para desdobramento e informações do produto transportados da matriz anterior) e as colunas (informações do processo) da matriz, são avaliadas as Interrelações, conforme grau **forte** (9 pontos), **médio** (3 pontos) ou **fraco** (1 ponto). Os símbolos específicos são representados nas linhas e colunas correspondentes.

Na parte superior da matriz, são avaliadas a direção da melhoria (se o desejado é o maior valor, o menor ou a medida nominal) e a Correlação entre as colunas (informações do processo). As correlações entre as colunas são discutidas, conforme exista relação **positivo forte** (uma informação colabora com a outra), **positivo**, **negativo** (uma informação atrapalha a outra) ou **negativo forte**.

Na parte inferior da matriz, são totalizados os resultados, de cada coluna (informações do processo), multiplicando-se o valor dado para a coluna **A – Importância / Função**, pelo valor da Interrelação considerado (forte / média / fraco). Em seguida as somatórias das multiplicações em cada coluna são transformadas em percentuais (%), chamados de **prioridade (%)**. Os maiores valores percentuais serão transportados para a próxima matriz (fase III).

O time de trabalho deve discutir o ponto de corte para as informações do processo (colunas) que serão levadas para a próxima fase. Correlações positivas devem ser consideradas, atribuindo-se o valor da soma das porcentagens, isto é, se uma determinada coluna obtiver somatória equivalente à 0,5 % e apresentar correlação com outra coluna com somatória 4,4 %, então considera-se para as **duas** colunas o valor $0,5 + 4,4 = 4,9$ %.

Para a definição do ponto de corte, o grupo deve levar em conta quais as informações de processo que serão desconsideradas e conseqüentemente os defeitos correlatos.

Em casos de difícil consenso entre o grupo, quanto ao ponto de corte (à partir de que valor da prioridade % deve ser transportado para a próxima matriz), é recomendado fazer um comparativo de quantos defeitos ainda temos relacionados com as informações de processo e escolher um valor para corte, que abranja cerca de 75 % dos defeitos selecionados para desdobramento (princípio de **Pareto** ⁸).

⁸ Instituto da Qualidade Automotiva - Norma *VDA 4 – Parte 1* (3. ed), 1996, pp.176-178.

4.6 Sexto passo: Planejamento da produção (fase III)

Montar a casa da qualidade, para analisar o 3º desdobramento (semelhante à matriz QFD).




AGF - ANÁLISE DE GERADORES DE FALHAS

FOLHA 1/_
 QFD - CASA DA QUALIDADE
 PLANEJAMENTO DA PRODUÇÃO - FASE 3

DIREÇÃO DA MELHORIA

↑ MÁXIMO

↓ MÍNIMO

○ NOMINAL

CORRELAÇÃO

● POSITIVO FORTE

○ POSITIVO

× NEGATIVO

NEGATIVO FORTE

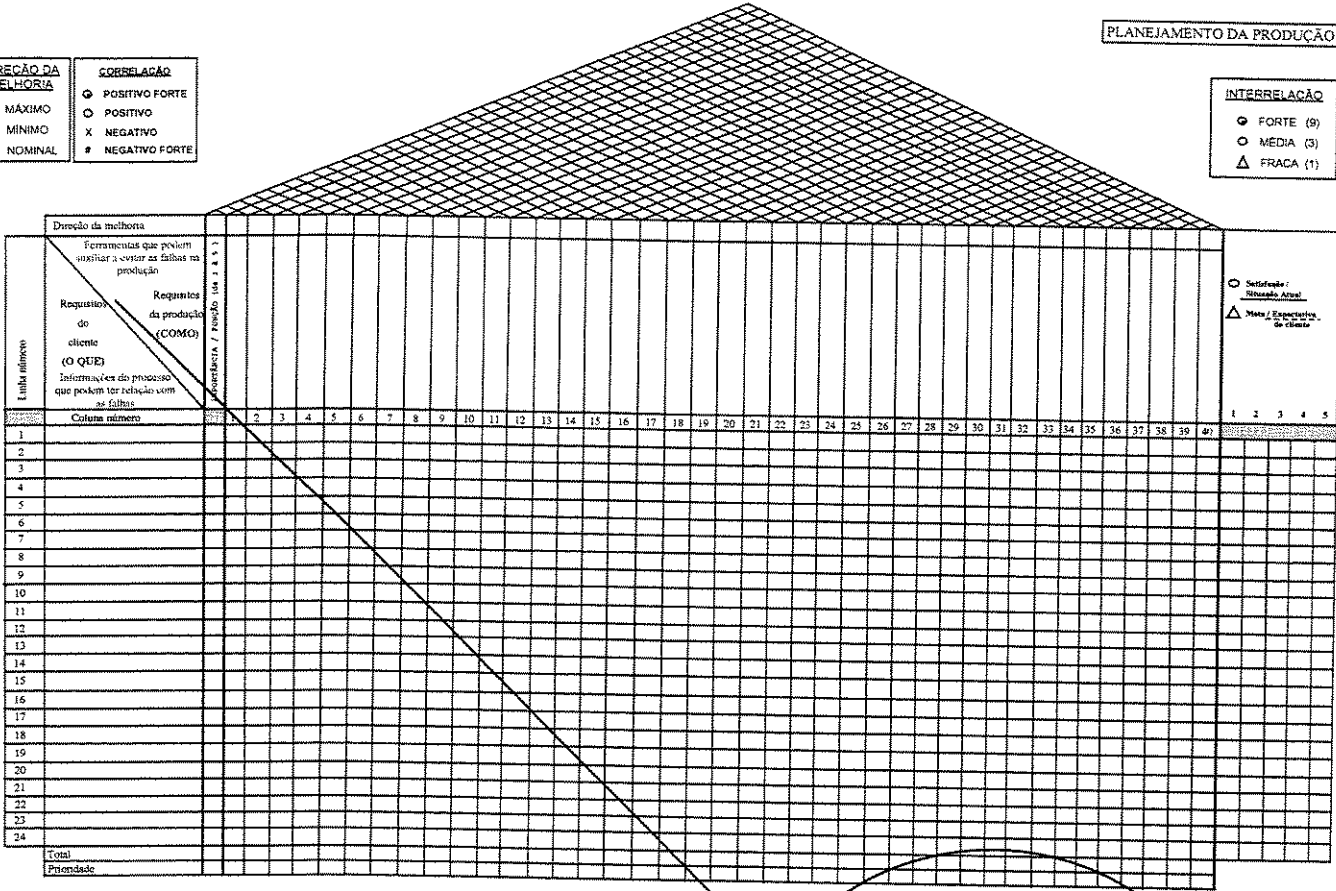
INTERRELAÇÃO

● FORTE (9)

○ MÉDIA (3)

△ FRACA (1)

Modelo para Casa da Qualidade – Fase III.



A elaboração da matriz da **fase III**, chamada de **Planejamento da Produção** é feita da seguinte forma:

- Nas linhas são transportadas as colunas da matriz fase II (informações do processo), selecionadas pelas maiores prioridades %;
- Nas colunas são listadas as ferramentas (ou controles), que podem auxiliar a evitar (ou identificar) as falhas na produção, que podem ter relação com as informações do processo selecionadas na fase II;
- A coluna **A – Importância / Função** do 2º passo é suprimida;
- O gráfico **Situação Atual (B) x Expectativa do Cliente (C)** também é suprimido.

Com a matriz montada, o grupo passa a discutir as Interrelações existentes. Entre as linhas (informações do processo) e as colunas (ferramentas que podem auxiliar a evitar as falhas na produção) da matriz, são marcadas as Interrelações fortes, com o símbolo específico.

As partes superior e inferior da matriz não são mais utilizadas nesta fase.

Todas as colunas desta matriz serão transportadas para a próxima fase.

4.7 Sétimo passo: Planejamento das ações (fase IV)

Montar a casa da qualidade, para analisar o 4º desdobramento (semelhante à matriz QFD) e avaliar ações à serem tomadas, com base em ferramentas estatísticas.

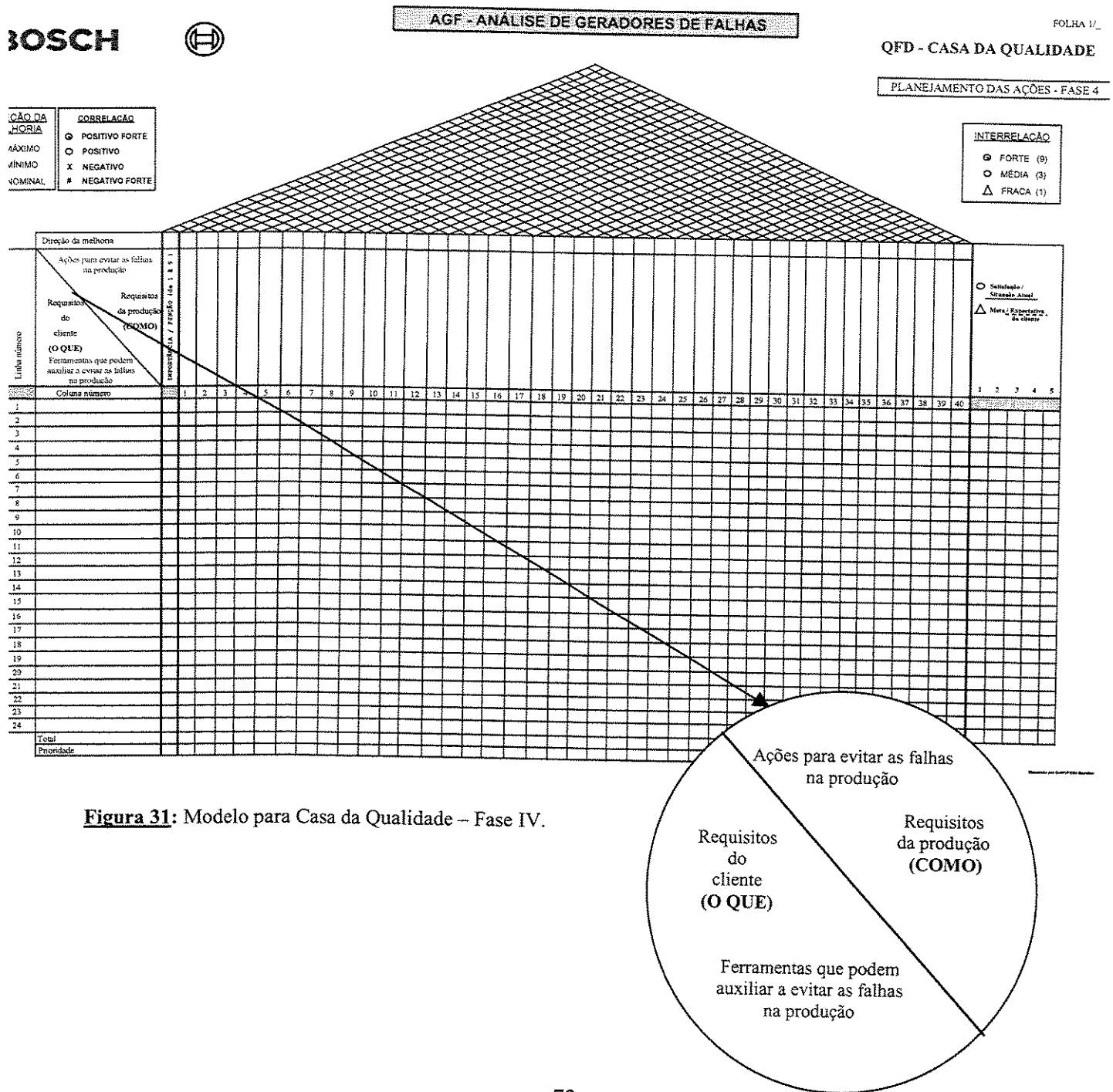


Figura 31: Modelo para Casa da Qualidade – Fase IV.

A elaboração da matriz da **fase IV**, chamada de **Planejamento das Ações** é feita da seguinte forma:

- Nas linhas são transportadas **todas** as colunas da matriz fase III (ferramentas que podem auxiliar a evitar falhas na produção);
- Nas colunas são detalhadas ações para evitar as falhas na produção.

Com a matriz montada, o grupo passa a discutir quais devem ser as ações à serem implementadas na produção, de tal forma que os atributos e parâmetros de produção listados anteriormente (ferramentas que podem auxiliar a evitar falhas na produção) sejam atendidos.

As partes superior e inferior da matriz também não são mais utilizadas nesta fase.

Esta é a discussão final do grupo sobre as ações à serem tomadas. O que se pretende é transformar ferramentas genéricas em ações concretas.

Alguns exemplos de transformação das ferramentas (fase III) em ações (fase IV):

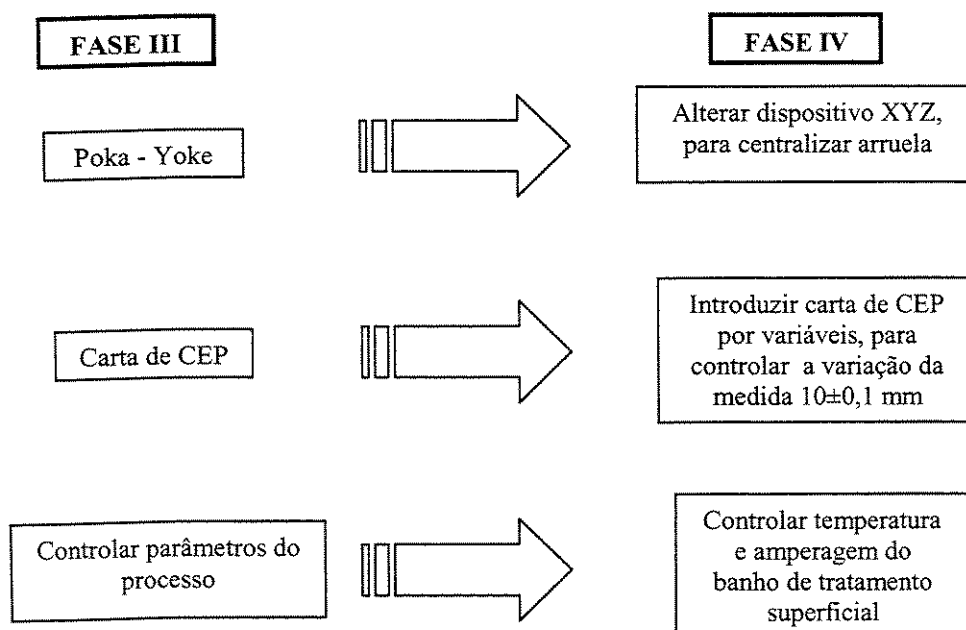


Figura 32: Exemplos de transformações das ferramentas da fase III em ações da fase IV.

4.8 Oitavo passo: Executar ações definidas

Após definidas as ações à serem introduzidas, conforme análise da matriz fase IV, o grupo de trabalho deve providenciar os recursos e acompanhar as implementações na fábrica, assim como monitorar os resultados obtidos.

Um cronograma para as atividades à serem introduzidas é de grande auxílio, para a coordenação dos trabalhos.

Para acompanhamento dos resultados são aconselháveis os seguintes levantamentos (histórico):

- nº de reclamações de defeitos recebidas dos clientes,
- índices internos de ocorrência de falhas,
- custo da não qualidade.

Capítulo 5

Estudo de caso: Motor elétrico para exportação

Uma primeira aplicação de AGF (Análise de Geradores de Falhas / QFD aplicado à produção) foi modelada no final de 1999. Nesta ocasião foi imaginada uma forma diferenciada de se abordar problemas da qualidade no fornecimento de um produto, para exportação, pois o tratamento convencional mostrava-se insuficiente para a magnitude da repercussão das falhas observadas pelo cliente.

Conforme os problemas ocorriam, os fatos eram relatados pelos clientes e ações eram tomadas pelo fornecedor após avaliações das possíveis **causas das falhas**¹. Porém os problemas continuavam a aparecer nos lotes recebidos: alguns se repetiam; outros eram diferentes entre si, mas percebia-se uma ligação na causa ou no local de geração da falha; e ainda contribuíam negativamente para o contexto, o surgimento de falhas nunca ocorridas anteriormente.

Observou -se a formação de uma situação caótica, aparentemente sem lógica e sem controle. O fornecedor gastando muito tempo e dinheiro, com análises, refugos e retrabalhos. Os defeitos continuavam a ocorrer e os clientes cada vez mais insatisfeitos.

A explicação para esta situação dramática era o fato de ter havido uma alteração no estado inicial do sistema: a fabricação deste produto acabava de sofrer uma transferência de planta e

¹ IQA - Instituto da Qualidade Automotiva, São Paulo (SP), Norma *VDA 4 - Parte 1* (3. ed.), 1996, pp.60-80 e 174-175.

estas falhas começaram a aparecer após o reinício da produção. Notava-se também que internamente o índice de defeitos observados em auditorias da Qualidade e os níveis de refugo e retrabalho aumentavam significativamente.

Notou-se que problemas nunca ocorridos, começaram a aparecer de forma aleatória, em conjunto com outras falhas que já haviam sido eliminados anteriormente. O caso era crítico e a situação estava fora de controle. As análises e ações eram tomadas de forma convencional: equipes multi-disciplinares eram reunidas, os problemas eram analisados, várias ações eram tomadas, mas mesmo assim, novos defeitos apareciam e nem todos os defeitos atacados eram totalmente eliminados. Era preciso ordenar as análises e ações tomadas e trabalhar de forma mais sistêmica.

Para estruturar este trabalho, inicialmente foi pensado em escolher uma ferramenta para melhoria da qualidade, que tivesse o poder de proporcionar uma visão sistêmica ao mesmo tempo que pudesse fornecer informações precisas do que realmente perturba o cliente. Estes dados sendo analisados em conjunto com a sequência de fabricação, teriam que ser capazes de indicar pontos de melhoria desde o projeto até à entrega do produto para o cliente.

A ferramenta para melhoria da qualidade escolhida para ser a base de uma força tarefa especial, foi o **QFD de Akao** ². Mas, o QFD original deve ser aplicado durante o desenvolvimento de um produto e o que se desejava, naquele instante, era determinar quais correções deveriam ser feitas desde o projeto até à expedição do produto, de modo a minimizar o impacto dos problemas para os clientes.

O trabalho foi realizado em 8 etapas, às quais foram chamadas de **passos**, conforme relatado à seguir.

² Ohfuji, T., Ono, M., Akao, Y. *Método de desenvolvimento da qualidade (1) - QFD*. Belo Horizonte (MG): Fundação Christiano Ottoni, 1997, 256p.

5.1 Primeiro passo: Levantamento dos defeitos e potenciais de falha

Inicialmente foi definido um time de trabalho e foram relacionados os defeitos ocorridos, da seguinte forma:

- Workshop para discutir e entender os principais defeitos que estavam sendo encontrados interna e externamente:
 - O objetivo foi trazer para o time de trabalho esclarecimentos sobre a situação do produto entregue aos clientes e as ocorrências durante a fabricação. Este evento foi essencial para equalizar o nível de informações entre os participantes e para o profundo entendimento das principais reclamações dos clientes.
- Levantamento de potenciais de falhas, com base em FMEA de processo:
 - Os estudos de FMEA's de processo existentes foram analisados pelo grupo de trabalho e os casos com **severidade** ³ acima de 5 (cinco) pontos foram selecionados para análise de desdobramento (matriz fase 0).
- Análise e esclarecimentos sobre todas as reclamações dos clientes:
 - O histórico das reclamações dos clientes foi analisado e as falhas que ainda tinham possibilidades de acontecer, conforme discussão do grupo, foram levadas para análise de desdobramento (matriz fase 0).

³ Instituto da Qualidade Automotiva - Norma QS 9000 – *Caderno FMEA (Análise de Modo e Efeitos de Falha Potencial)*, 1997, pp.31-34.

- Análise e esclarecimentos de todos os defeitos encontrados internamente:
 - A análise completa dos defeitos encontrados internamente, pelo pessoal da produção e do controle da qualidade, garantiu que falhas até então somente detectadas internamente (não existiam para os clientes) fossem consideradas para desdobramento (matriz fase 0).
- Os defeitos foram analisados e relacionados aos postos de trabalho correspondentes:
 - Todas os defeitos e os potenciais de falhas discutidos, foram relacionados aos respectivos locais de fabricação onde poderiam ser gerados, ou onde fosse possível a sua detecção.

Obs.: Um agrupamento por **afinidades** ⁴ pode ser também utilizado, dependendo de avaliação do time de trabalho. Neste caso, o grupo não visualizou vantagens.

Desta maneira foi elaborada a relação de defeitos para serem avaliados na matriz de planejamento – fase 0.

Os impressos apresentados à seguir, são diferentes dos que são sugeridos no Capítulo 4, porque este caso de utilização da ferramenta AGF, foi desenvolvido sem a preocupação de se ter planilhas específicas para coletas de dados. É recomendada a utilização dos modelos do Capítulo 4, pois foram desenvolvidos após esta primeira experiência e facilitam a organização e a documentação dos dados de entrada do trabalho.

O levantamento dos defeitos e potenciais de falha foram listados, conforme tabela à seguir:

⁴ API – Associates in Process Improvement. O Manual de Melhorias – Modelo, Métodos e Ferramentas para Melhorias. Austin, 1998, Cap.17, Diagrama de Afinidades, pp.17.1-17.9.

ITEM	QFD / PRODUÇÃO - MOTORES BIC / MM	CLASSE
LEVANTAMENTO:		
RELAÇÃO DOS DEFEITOS RECLAMADOS - MATRIZ DE PLANEJAMENTO (FASE 0)		
1	Massa de balanceamento solta	BI
2	Motor com vibração excessiva	BI
3	Isolação da cordoalha da bobina raspando no induzido	BOB
4	Solda do terminal da barra da bobina solta	BOB
5	Bobina com papel isolante rasgado	BOB
6	Bobina com papel isolante solto	BOB
7	Barra de ligação da bobina em curto com o parafuso tirante	BOB
8	Bobina de campo com curto à massa	BOB
9	Bobina de campo com curto com a cabeça do parafuso terminal	BOB
10	Carcaca com rosca oxidada	CC
11	Carcaca sem rosca	CC
12	Falhas de solda na carcaça	CC
13	Falha de usinagem nos furos de fixação do solenóide	CC
14	Pallet faltando motores	EMB
15	Pallet com dimensões fora do especificado	EMB
16	Motor mal posicionado no pallet	EMB
17	Manta de plástico menor do que o pallet	EMB
18	Bucha isolante do borne F1 trincada	FCARC
19	Massa polar com rebarbas	FCARC
20	Falta contato massa na carcaça	FCARC
21	Sapata polar com torque abaixo do especificado	FCARC
22	Parafuso terminal com torque abaixo do especificado	FCARC
23	Parafuso terminal A montado errado (trocado)	FCARC
24	Porca de fixação do borne com torque abaixo do especificado	FCARC
25	Trava do rolamento quebrada	FINAL
26	Piloto de calagem danificado	FINAL
27	Massa de balancear em atrito com a cordoalha da bobina	FINAL
28	Cordoalha das escovas presa na tampa	FINAL
29	Motor sem placa de identificação	FINAL
30	Parafuso tirante torto	FINAL
31	Tampa trincada	FINAL
32	Tampa quebrada	FINAL
33	Massa de balancear em atrito com a trava de transporte	FINAL
34	Motores em curto-circuito	FINAL
35	Parafuso tirante com comprimento maior	FINAL
36	Eixo marcado na região da bucha	FINAL
37	Folga axial abaixo do especificado	FINAL
38	Ruído na bucha traseira	FINAL
39	Motor com peças soltas (mola da escova / porca de fixação do porta escovas)	FINAL
40	Eixo do induzido marcado	FINAL
41	Bucha com desgaste excessivo (induzido)	FINAL
42	Motor com desgaste excessivo na região do mancal	FINAL
43	Induzido raspa nas sapatas	FINAL
44	Sensor de temperatura solto	FINAL
45	Sensor de temperatura com trava danificada	FINAL
46	Induzido raspa nas cordoalhas	FINAL
47	Tampa sem feltro	FINAL
48	Barra de ligação da bobina com porta escovas sem parafuso	FINAL
49	Placa de identificação trocada	FINAL
50	Porca alojada entre porta escova e carcaça	FINAL
51	Parafuso de fixação do porta escovas saliente na carcaça	FINAL
52	Parafuso tirante sobressalente no mancal de acionamento	FINAL
53	Altura do pino guia maior	FINAL
54	Não montar pino guia	FINAL
55	Montar pino guia de outro produto	FINAL
56	Parafuso de fixação da barra de ligação ao porta escovas com rosca espanada	FINAL
57	Parafuso de fixação da barra de ligação ao porta escovas com torque abaixo do especificado	FINAL
58	Porta escovas montado fora de calagem	FINAL
59	Parafuso tirante encosta na bobina	FINAL
60	Parafuso tirante solto	FINAL
61	Placa de identificação mal fixada	FINAL
62	Placa de identificação invertida	FINAL

63	Excesso de verniz no pacote	II
64	Eixo com excesso de verniz na ponta	II
65	Furo da ponta do eixo com diâmetro menor	IND
66	Coletor com bandeira deslocada	IND
67	Coletor com bandeira sem simetria	IND
68	Eixo com dureza menor	IND
69	Coletor danificado	IND
70	Eixo com oxidação	IND
71	Eixo com sujeira nas estrias	IND
72	Lamela deslocada	IND
73	Eixo do induzido com dureza menor	IND
74	Eixo com rebarba no furo	IND
75	Eixo com diâmetro do furo fora do especificado	IND
76	Rolamento não assenta corretamente no induzido	IND
77	Rasgo no final do eixo fora de simetria	IND
78	Induzido danificado devida à batida	IND
79	Coletor com bandeira danificada	IND
80	Coletor com lâmina deslocada	IND
81	Eixo com rebarba na entrada do rolamento	IND
82	Coletor com lamela com falha de material	IND
83	Coletor com rebaixo da mica deslocado	IND
84	Motor com rolamento solto no induzido	IND
85	Coletor trincado	IND
86	Barra de ligação com rosca espanada	PE
87	Porta escovas com base empenada	PE
88	Cordoalha das escovas com deficiência de solda	PE
89	Porta escovas com rosca espanada	PE
90	Guia do porta escovas solto	PE
91	Guia das barras do porta escovas quebrado	PE
92	Barra do terminal positivo do porta escovas maior	PE
93	Escova sem mola	PE
94	Alojamento da barra de ligação maior do que o porta escovas	PE
95	Barra de ligação mal soldada	PE
96	Cordoalha das escovas com solda deficiente no parafuso terminal	PE
97	Cordoalha da escova positiva rompida / queimada	PE
98	Carcaça com curto à massa no porta escovas	PE
99	Escova com mola fora de posição	PE
100	Cor cinza com diferença de tonalidade	PINT
101	Falha de pintura na tampa aletada	PINT
102	Pintura da tampa danificada	PINT
103	Motores com ferrugem	PINT
104	Motor com pintura escurida	PINT
105	Motor com falhas de pintura (terminais / parafuso da sapata)	PINT
106	Tinta mal curada	PINT
107	Falha de pintura na borda da carcaça	PINT
108	Placa de identificação suja de tinta	RET
109	Falha de solda no induzido	SI
110	Parafuso terminal danificado por mal contato da máquina de teste	TESTE
111	Motor com ruído	TESTE
112	Fresa da mica deficiente	UI
LEGENDA		LOCAL
BI	BALANCEAMENTO DO INDUZIDO	
BOB	BOBINAGEM	
CC	CÉLULA DE CARCAÇA	
EMB	EMBALAGEM	
FCARC	MONTAGEM FINAL DA CARCAÇA	
FINAL	MONTAGEM FINAL	
II	IMPREGNADORA DO INDUZIDO	
IND	INDUZIDO	
PE	PORTA ESCOVAS	
PINT	CABINE DE PINTURA	
RET	RETRABALHO	
SI	SOLDA DO INDUZIDO	
TESTE	MAQUINA DE TESTE	
UI	USINAGEM DO INDUZIDO	

Tabela 7: Levantamento dos defeitos reclamados e os postos de trabalho correspondentes.

5.2 Segundo passo: Análise para desdobramento

Com os defeitos relacionados para análise, foi montada uma matriz, com o objetivo de se priorizar as ocorrências, com base na importância funcional, na situação atual de satisfação do cliente e sua expectativa. O que se pretendia era pontuar as falhas relacionadas, de forma que fosse possível visualizar a criticidade de cada uma delas.

Como estratégia do trabalho, foi adotado como pontuação para futuro desdobramento, as prioridades maiores ou iguais à 6 pontos. Desta forma, dos 112 defeitos relacionados inicialmente, 74 foram desdobrados e tratados como os mais críticos. Foi então construída a **Matriz de Planejamento – Fase 0**.

O objetivo de se definir uma estratégia para desdobramento (pontuação mínima da coluna das prioridades), é reduzir as entradas (linhas) da casa da qualidade **fase I**, agilizar o processo de análise como um todo e focar a discussão das ações em problemas de maior repercussão funcional ou aborrecimento para o cliente.

Esta matriz – fase 0, foi construída conforme descrito no Segundo Passo do Capítulo 4. O time de trabalho discutiu a pontuação das colunas A (importância / função), B (satisfação / situação atual), C (meta / expectativa do cliente) e E (imagem do produto – fator), calculou a coluna D (taxa: C/B) e a coluna F (prioridade: $A \times D \times E$). Para este estudo, o grupo entendeu que seria interessante desdobrar os defeitos que obtivessem Prioridade (coluna F) igual ou superior à 6 (seis) pontos.

Para este caso, não foram considerados para desdobramento, as falhas com pontuação 5 (cinco) na coluna A (importância / função) e nem a diferença de 2 pontos entre as colunas C (meta / expectativa do cliente) e B (satisfação / situação atual) e prioridade (coluna F) menor do que 6 (seis) pontos, conforme recomendado no Capítulo 4.

MATRIZ DE PLANEJAMENTO - FASE 0

Data: 25/10/99

Folha: 1 / 3

Linha número	REQUISITOS DO CLIENTE DEFEITOS RECLAMADOS PELOS CLIENTES OU DETECTADOS INTERNAMENTE	IMPORTÂNCIA / FUNÇÃO	SATISFAÇÃO / SITUAÇÃO ATUAL	META / EXPECTATIVA DO CLIENTE	TAXA (C/B)	IMAGEM DO PRODUTO (P/ATOR)	PRIORIDADE (A/UXE)	○ Satisfação / Situação Atual △ Meta / Expectativa do cliente					ESTRATÉGIA DE MELHORIA Prioridade maior ou igual a 6 ==> Desdobrar
								1	2	3	4	5	
1	MASSA DE BALANÇAMENTO SOLTA	5	3	5	1,67	1	8,35						Desdobrar - QFD
2	MOTOR COM VIBRAÇÃO EXCESSIVA	4	4	4	1	1	4,00						Não desdobrar
3	ISOLAÇÃO DA CORDOALHA DA BOBINA RASPANDO NO INDUZIDO	5	5	5	1	1	5,00						Não desdobrar
4	SOLDA DO TERMINAL DA BARRA DA BOBINA SOLTA	5	4	5	1,25	1,5	9,38						Desdobrar - QFD
5	BOBINA COM PAPEL ISOLANTE RASGADO	5	3	5	1,67	1	8,35						Desdobrar - QFD
6	BOBINA COM PAPEL ISOLANTE SOLTO	5	4	5	1,25	1	6,25						Desdobrar - QFD
7	BARRA DE LIGAÇÃO DA BOBINA EM CURTO C/ O PARAFUSO TIRANTE	5	4	5	1,25	1,5	9,38						Desdobrar - QFD
8	BOBINA DE CAMPO EM CURTO C/ MASSA	5	3	5	1,67	1,5	12,53						Desdobrar - QFD
9	BOBINA DE CAMPO EM CURTO C/ CABEÇA DO PARAFUSO TERMINAL	5	4	5	1,25	1,5	9,38						Desdobrar - QFD
10	CARCAÇA COM ROSCA QUADADA	4	4	4	1,00	1	4,00						Não desdobrar
11	CARCAÇA SEM ROSCA	5	4	5	1,25	1	6,25						Desdobrar - QFD
12	FALHAS DE SOLDA NA CARCAÇA	5	5	5	1,00	1	5,00						Não desdobrar
13	FALHA DE USINAGEM NOS FUROS DE FIXAÇÃO DO SOLENÓIDE	5	4	5	1,25	1	6,25						Desdobrar - QFD
14	PALLET FALTANDO MOTORES	1	4	4	1	1	1,00						Não desdobrar
15	PALLET COM DIMENSÕES FORA DO ESPECIFICADO	1	4	3	0,75	1	0,75						Não desdobrar
16	MOTOR MAL POSICIONADO NO PALLET	4	4	5	1,25	1	5,00						Não desdobrar
17	MANEJO DE PLÁSTICO MENOR DO QUE O PALLET	4	4	5	1,25	1	5,00						Não desdobrar
18	BUCHA ISOLANTE DO BORNE P1 TRINCADA	4	2	5	2,50	1	10,00						Desdobrar - QFD
19	MASSA POLAR COM REBARBAS	5	4	4	1,00	1	5,00						Não desdobrar
20	FALTA CONTATO MASSA NA CARCAÇA	5	4	5	1,25	1	6,25						Desdobrar - QFD
21	SAPATA POLAR COM TORQUE ABAIXO DO ESPECIFICADO	5	2	5	2,50	1	12,50						Desdobrar - QFD
22	PARAFUSO TERMINAL COM TORQUE ABAIXO DO ESPECIFICADO	5	3	5	1,67	1	8,35						Desdobrar - QFD
23	PARAFUSO TERMINAL A MONTADO ERRADO (TROCADO)	5	4	5	1,25	1	6,25						Desdobrar - QFD
24	PORCA FIXAÇÃO DO BORNE C/ TORQUE ABAIXO DO ESPECIFICADO	5	2	5	2,50	1	12,50						Desdobrar - QFD
25	TRAVA DO ROLAMENTO QUEBRADA	5	3	5	1,67	1	8,35						Desdobrar - QFD
26	PILOTO DE CALAGEM DANIFICADO	5	3	5	1,67	1	8,35						Desdobrar - QFD
27	MASSA DE BALANÇEAR EM ATRITO COM A CORDOALHA DA BOBINA	4	3	5	1,67	1	6,68						Desdobrar - QFD
28	CORDOALHA DAS ESCOVAS PRESA NA TAMPA	5	4	5	1,25	1	6,25						Desdobrar - QFD
29	MOTOR SEM PLACA DE IDENTIFICAÇÃO	3	5	5	1,00	1	3,00						Não desdobrar
30	PARAFUSO TIRANTE TORTO	4	4	5	1,25	1	5,00						Não desdobrar
31	TAMPA TRINCADA	5	4	5	1,25	1	6,25						Desdobrar - QFD
32	TAMPA QUEBRADA	5	5	5	1,00	1	5,00						Não desdobrar
33	MASSA DE BALANÇEAR EM ATRITO COM A TRAVA DE TRANSPORTE	4	2	3	1,50	1	6,00						Desdobrar - QFD
34	MOTORES EM CURTO - CIRCUITO	5	3	5	1,67	1,5	8,35						Desdobrar - QFD
35	PARAFUSO TIRANTE COM COMPRIMENTO MAIOR	5	4	5	1,25	1	6,25						Desdobrar - QFD
36	EIXO MARCADO NA REGIÃO DA BUCHA	4	4	4	1,00	1	4,00						Não desdobrar
37	FOLGA AXIAL ABAIXO DO ESPECIFICADO	5	4	5	1,25	1	6,25						Desdobrar - QFD
38	RUIDO NA BUCHA TRAJEIRA	4	4	4	1,00	1	4,00						Não desdobrar
39	MOTOR COM PEÇAS SOLTAS/MOLA DE ESCOVAPORCA PORTA ESC	5	4	5	1,25	1,5	6,25						Desdobrar - QFD
40	EIXO DO INDUZIDO MARCADO	4	4	4	1,00	1	4,00						Não desdobrar
41	BUCHA COM DESGASTE EXCESSIVO (INDUZIDO)	5	4	5	1,25	1	6,25						Desdobrar - QFD
42	MOTOR COM DESGASTE EXCESSIVO NA REGIÃO DO MANCAL	5	4	5	1,25	1	6,25						Desdobrar - QFD
43	INDUZIDO RASPA NAS SAPATAS	5	4	5	1,25	1,5	6,25						Desdobrar - QFD
44	SENSOR DE TEMPERATURA SOLTO	5	4	5	1,25	1	6,25						Desdobrar - QFD
45	SENSOR DE TEMPERATURA COM TRAVA DANIFICADA	5	4	5	1,25	1	6,25						Desdobrar - QFD

Elaborado por: CAFE84 Becllar
CwFE633 Raipb

MATRIZ DE PLANEJAMENTO - FASE 0

Data: 25/10/99

Folha: 2 / 3

Linha número	REQUISITOS DO CLIENTE DEFEITOS RECLAMADOS PELOS CLIENTES OU DETECTADOS INTERNAMENTE	IMPORTÂNCIA / FUNÇÃO	SATISFAÇÃO / SITUAÇÃO ATUAL	META / EXPECTATIVA DO CLIENTE	T.M.A. (C/B)	IMAGEM DO PRODUTO (FATOR)	PRIORIDADE (NÚMERO)	○ Satisfação / Situação Atual △ Meta / Expectativa do cliente					ESTRATÉGIA DE MELHORIA Prioridade maior ou igual a 6 ==> Desdobrar
								1	2	3	4	5	
	Coluna número	A	B	C	D	E	F						
46	INQUEDO RASPA NAS CORDOALHAS	5	3	5	1,67	1,5	12,53			○	△	△	Desdobrar - QFD
47	TAMPA SEM FELTRO	4	4	4	1,00	1	4,00				△	△	Não desdobrar
48	BARRA DE LIGAÇÃO DA BOBINA O PORTA ESCOVAS SEM PARAFUSO	5	3	5	1,67	1,5	12,53			○	△	△	Desdobrar - QFD
49	PLACA DE IDENTIFICAÇÃO TROCADA	2	5	5	1,00	1	2,00				△	△	Não desdobrar
50	PORTA ALOJADA ENTRE PORTA ESCOVA E CARÇAÇA	5	4	5	1,25	1,5	9,38				○	△	Desdobrar - QFD
51	PARAFUSO DE FIXAÇÃO DO PORTA ESCOVAS SALENTE NA CARÇAÇA	5	4	5	1,25	1	6,25				○	△	Desdobrar - QFD
52	PARAFUSO TIRANTE SOBRESSALENTE NO MANCAL ALCIONAMENTO	5	4	5	1,25	1	6,25				○	△	Desdobrar - QFD
53	ALTURA DO PINO GUIA MAIOR	5	4	5	1,25	1	6,25				○	△	Desdobrar - QFD
54	NÃO MONTAR PINO GUIA	5	5	5	1,00	1	5,00				○	△	Não desdobrar
55	MONTAR PINO GUIA DE OUTRO PRODUTO	5	5	5	1,00	1	5,00				○	△	Não desdobrar
56	PARAFUSO DE FIX DA BARRA DE LIG. AO PORTA ESCOVAS O ROSCA ESPANHADA	5	3	5	1,67	1,5	12,53			○	△	△	Desdobrar - QFD
57	PARAFUSO DE FIX DA BARRA DE LIG. AO PORTA ESCOVAS O TORQUE ADEQUADO EST	5	3	5	1,67	1,5	12,53			○	△	△	Desdobrar - QFD
58	PORTA ESCOVAS MONTADO FORA DE GALAGEM	5	4	5	1,25	1,5	9,38			○	△	△	Desdobrar - QFD
59	PARAFUSO TIRANTE ENCOSTA NA BOBINA	5	4	5	1,25	1	6,25				○	△	Desdobrar - QFD
60	PARAFUSO TIRANTE SÓLTO	5	5	5	1,00	1	5,00				○	△	Não desdobrar
61	PLACA DE IDENTIFICAÇÃO MAL FIXADA	2	4	5	1,25	1	2,50				○	△	Não desdobrar
62	PLACA DE IDENTIFICAÇÃO INVERTIDA	2	4	5	1,00	1	1,00				○	△	Não desdobrar
63	EXCESSO DE VERNIZ NO PACOTE	3	2	4	2,00	1	6,00			○	△	△	Desdobrar - QFD
64	EIXO COM EXCESSO DE VERNIZ NA PONTA	3	3	5	1,67	1	5,01			○	△	△	Não desdobrar
65	FURO DA PONTA DO EIXO COM DIÂMETRO MENOR (IDEM 75)	5	4	5	1,25	1	6,25				○	△	Desdobrar - QFD * já considerado
66	COLETOR COM BANDEIRA DESLOCADA	5	2	4	2,00	1	10,00			○	△	△	Desdobrar - QFD
67	COLETOR COM BANDEIRA SEM SIMETRIA	5	2	4	2,00	1	10,00			○	△	△	Desdobrar - QFD
68	EIXO COM DUREZA MENOR (IDEM 73)	5	3	5	1,67	1	8,35			○	△	△	Desdobrar - QFD * já considerado
69	COLETOR DANIFICADO	5	3	5	1,67	1	8,35			○	△	△	Desdobrar - QFD
70	EIXO COM OXIDAÇÃO	3	4	5	1,25	1	3,75				○	△	Não desdobrar
71	EIXO COM SUJEIRA NAS ESTRIAS	5	5	5	1,00	1	5,00				○	△	Não desdobrar
72	LAMELA DESLOCADA	5	4	5	1,25	1	6,25				○	△	Desdobrar - QFD
73	EIXO DO INDUZIDO COM DUREZA MENOR	5	4	5	1,25	1	6,25				○	△	Desdobrar - QFD
74	EIXO COM REBARBA NO FURO	5	3	5	1,67	1	8,35			○	△	△	Desdobrar - QFD
75	EIXO COM DIÂMETRO DO FURO FORA DO ESPECIFICADO	5	3	5	1,67	1	8,35			○	△	△	Desdobrar - QFD
76	ROLAMENTO NÃO ASSENTA CORRETAMENTE NO INDUZIDO	5	3	5	1,67	1	8,35			○	△	△	Desdobrar - QFD
77	RABO NO FINAL DO EIXO FORA DE SIMETRIA	5	4	5	1,25	1	6,25				○	△	Desdobrar - QFD
78	INDUZIDO DANIFICADO DEVIDO A BATIDA	5	3	5	1,67	1	8,35			○	△	△	Desdobrar - QFD
79	COLETOR COM BANDEIRA DANIFICADA	5	4	5	1,25	1	6,25				○	△	Desdobrar - QFD
80	COLETOR COM LÂMINA DESLOCADA	5	3	4	1,33	1	6,65			○	△	△	Desdobrar - QFD
81	EIXO COM REBARBA NA ENTRADA DO ROLAMENTO	3	3	4	1,33	1	3,99			○	△	△	Não desdobrar
82	COLETOR COM LAMELA COM FALHA DE MATERIAL	5	3	4	1,33	1	6,65			○	△	△	Desdobrar - QFD
83	COLETOR COM REBAIXO DA MICA DESLOCADO	5	3	5	1,67	1	8,35			○	△	△	Desdobrar - QFD
84	MOTOR COM ROLAMENTO SÓLTO NO INDUZIDO	4	3	5	1,67	1	6,68			○	△	△	Desdobrar - QFD
85	COLETOR TRINCAO	5	3	5	1,67	1	8,35			○	△	△	Desdobrar - QFD
86	BARRA DE LIGAÇÃO COM ROSCA ESPANHADA	5	3	5	1,67	1,5	12,53			○	△	△	Desdobrar - QFD
87	PORTA ESCOVAS COM BASE EMPENADA	5	4	5	1,25	1	6,25				○	△	Desdobrar - QFD
88	CORDOALHA DAS ESCOVAS COM DEFICIÊNCIA DE SOLDA	5	4	5	1,25	1,5	9,38				○	△	Desdobrar - QFD
89	PORTA ESCOVAS COM ROSCA ESPANHADA	5	3	5	1,67	1,5	12,53			○	△	△	Desdobrar - QFD
90	GUIA DO PORTA ESCOVAS SÓLTO	5	3	5	1,67	1	8,35			○	△	△	Desdobrar - QFD

Elaborado por: Ca/FEB4 Bacellar
Ca/FEG33 Ralph

MATRIZ DE PLANEJAMENTO - FASE 0

Data: 25/10/99

Folha: 3 / 3

Linha número	REQUISITOS DO CLIENTE DEFEITOS RECLAMADOS PELOS CLIENTES OU DETECTADOS INTERNAMENTE	IMPORTÂNCIA / FUNÇÃO	SATISFAÇÃO / SITUAÇÃO ATUAL	META / EXPECTATIVA DO CLIENTE	TAXA (C/B)	IMAGEM DO PRODUTO (FATOR)	PRIORIDADE (NÚMERO)	Satisfação / Situação Atual Meta / Expectativa do cliente					ESTRATÉGIA DE MELHORIA Prioridade maior ou igual a 6 ==> Desdobrar
								1	2	3	4	5	
	Colocar número	A	B	C	D	E	F						
91	GUIA DAS BARRAS DO PORTA ESCOVAS QUEBRADO	5	3	5	1,67	1	8,35						Desdobrar - QFD
92	BARRA DO TERMINAL POSITIVO DO PORTA ESCOVAS MAIOR	5	4	5	1,25	1	6,25						Desdobrar - QFD
93	ESCOVA SEM MOLLA	5	3	5	1,67	1	8,35						Desdobrar - QFD
94	ALOJAMENTO DA BARRA DE LIGAÇÃO MAIOR DO QUE O PORTA ESC.	3	3	5	1,67	1	5,01						Não desdobrar
95	BARRA DE LIGAÇÃO MAL SOLDADA	5	3	5	1,67	1,5	12,53						Desdobrar - QFD
96	CORDALHA DAS ESCOVAS COM SOLDA DEFICIENTE NO PARAFUSO TERMINAL	5	3	5	1,67	1,5	12,53						Desdobrar - QFD
97	CORDALHA DA ESCOVA POSITIVA ROMPIDA / QUEIMADA	5	3	5	1,67	1	8,35						Desdobrar - QFD
98	CARGA COM CURTO À MASSA NO PORTA ESCOVAS	5	4	5	1,25	1,5	9,38						Desdobrar - QFD
99	ESCOVA COM MOLLA FORA DE POSIÇÃO	5	3	5	1,67	1	8,35						Desdobrar - QFD
100	COR DINZ COM DIFERENÇA DE TONALIDADE	1	4	4	1,00	1	1,00						Não desdobrar
101	FALHA DE PINTURA NA TAMPA ALETADA	3	3	5	1,67	1	5,01						Não desdobrar
102	PINTURA NA TAMPA DANIFICADA	4	4	5	1,25	1	5,00						Não desdobrar
103	MOTORES COM FERRUGEM	5	5	5	1,00	1	5,00						Não desdobrar
104	MOTOR COM PINTURA ESCORRIDA	4	4	5	1,25	1	5,00						Não desdobrar
105	MOTOR C/ FALHAS DE PINTURA (TERMINAIS/PARAFUSO DA SAPATA)	3	3	5	1,67	1	5,01						Não desdobrar
106	TINTA MAL CURADA	3	3	5	1,67	1	5,01						Não desdobrar
107	FALHA DE PINTURA NA BORDA DA CARGAÇA	5	4	5	1,25	1	6,25						Desdobrar - QFD
108	PLACA DE IDENTIFICAÇÃO RUÍDA DE TINTA	1	5	5	1,00	1	1,00						Não desdobrar
109	FALHA DE SOLDA NO INDUZIDO	5	3	5	1,67	1,5	12,53						Desdobrar - QFD
110	PARAFUSO TERMINAL DANIFICADO P/ MAL CONTATO NA MAG. TESTE	3	3	5	2,50	1,5	11,25						Desdobrar - QFD
111	MOTOR COM RUÍDO	5	4	3	0,75	1	3,75						Não desdobrar
112	FRESA DA MICA DEFICIENTE	5	3	5	1,67	1	8,35						Desdobrar - QFD

Tabela 8: Matriz de planejamento fase 0.

Elaborado por: Ca/TEB4 Bevilacqua
Ca/TEC33 Ralph

5.3 Terceiro passo: Informações do produto

Foram analisadas e relacionadas as informações do projeto (especificações de desenho), que podem ter relação com os 74 defeitos selecionados para desdobramento.

Após um bom entendimento dos defeitos, o grupo discutiu quais as especificações de desenho que poderiam ter relação, direta ou indireta, com as falhas selecionadas no segundo passo. Uma tabela foi criada para documentar esta análise.

ITEM	QFD / PRODUÇÃO	MOTORES BIC / MM	CLASSE	PRODUTO
ANÁLISE:				INFORMAÇÕES DO PRODUTO
INFORMAÇÕES DO PRODUTO QUE PODEM TER RELAÇÃO COM AS FALHAS				
MATRIZ DE PLANEJAMENTO DO PRODUTO (FASE 1)				
1	Massa de balanceamento solta	BI	Especificação de balanceamento	1
2	Solda do terminal da barra da bobina solta (cabeça do parafuso)	BOB	Especificação do material da massa de balanceamento	2
3	Bobina com papel isolante rasgado	BOB	Especificação do material de impregnação	3
4	Bobina com papel isolante solto	BOB	Especificação da solda da barra de ligação da bobina com o parafuso terminal	4
5	Barra de ligação da bobina em curto com o parafuso tirante	BOB	Especificação dos materiais da barra de ligação da bobina e do parafuso terminal	5
6	Bobina de campo com curto a massa	BOB	Especificação do papel isolante da bobina	6
7	Bobina de campo em curto com a cabeça do parafuso terminal	BOB	Forma de fixação do papel da bobina	7
8	Carcça sem rosca	CC	Especificação do material da bucha isolante do borne F1	8
9	Falha de usinagem nos furos de fixação do solenóide	CC	Torque da porca do borne F1	9
10	Bucha isolante do borne F1 trincada	FCARC	Torque da sapata polar	10
11	Falta contato massa na carcça	FCARC	Torque do parafuso terminal	11
12	Sapata polar com torque abaixo do especificado	FCARC	Resistência mecânica da trava do rolamento	12
13	Parafuso terminal com torque abaixo do especificado	FCARC	Formato da trava do rolamento	13
14	Parafuso terminal A montado errado (trocado)	FCARC	Dimensões do piloto de calagem	14
15	Porca de fixação do borne com torque abaixo do especificado	FCARC	Material do piloto de calagem	15
16	Trava do rolamento quebrada	FINAL	Comprimento da cordoalha das escovas	16
17	Piloto de calagem danificado	FINAL	Resistência mecânica da tampa	17
18	Massa de balancear em atrito com a cordoalha da bobina	FINAL	Dimensões da trava de transporte	18
19	Cordoalha das escovas presa na tampa	FINAL	Distâncias entre porta escova e tampa	19
20	Tampa trincada	FINAL	Jogo de tolerâncias para definir folga axial	20
21	Massa de balancear em atrito com a trava de transporte	FINAL	Material do mancal do motor	21
22	Motores em curto-circuito	FINAL	Material da bucha do induzido (mancal do motor)	22
23	Parafuso tirante com comprimento maior	FINAL	Encaixe do sensor de temperatura	23
24	Folga axial abaixo do especificado	FINAL	Altura do pino guia (tudo do cliente)	24
25	Motor com peças soltas (mola da escova / porca de fixação do porta escovas)	FINAL	Especificações do parafuso de fixação da barra de ligação ao porta escovas	25
26	Bucha com desgaste excessivo (induzido)	FINAL	Espessura da barra de ligação do porta escovas	26
27	Motor com desgaste excessivo na região do mancal	FINAL	Torque do parafuso de fixação da barra de ligação do porta escovas	27
28	Induzido raspa nas sapatas	FINAL	Especificação do material da cordoalha das escovas	28
29	Sensor de temperatura solto	FINAL	Especificação do parafuso de fixação da cordoalha das escovas	29
30	Sensor de temperatura com trava danificada	FINAL	Torque de fixação da cordoalha do porta escovas	30
31	Induzido raspa nas cordoalhas	FINAL	Especificação da rosca de fixação da cordoalha das escovas	31
32	Barra de ligação da bobina com porta escovas sem parafuso	FINAL	Forma de fixação do guia do porta escovas	32
33	Porca alojada entre porta escova e carcça	FINAL	Espessura do guia das barras do porta escovas	33
34	Parafuso de fixação do porta escovas saliente na carcça	FINAL	Especificação do material do porta escovas	34
35	Parafuso tirante sobresaliente no mancal de acionamento	FINAL	Especificação da solda da cordoalha das escovas com a cabeça do paraf. terminal	35
36	Altura do pino guia maior	FINAL	Especificações da solda do induzido	36
37	Parafuso de fixação da barra de ligação ao porta escovas com rosca espanada	FINAL	Perfil da face do parafuso terminal	37
38	Parafuso de fixação da barra de ligação ao porta escovas com torque abaixo do especificado	FINAL	Desenho do produto	38
39	Porta escovas montado fora de calagem	FINAL		
40	Parafuso tirante encosta na bobina	FINAL		

41	Excesso de verniz no pacote	II
42	Coletor com bandeira deslocada	IND
43	Coletor com bandeira sem simetria	IND
44	Coletor danificado	IND
45	Lâmina deslocada	IND
46	Eixo do induzido com dureza menor	IND
47	Eixo com rebarba no furo	IND
48	Eixo com diâmetro do furo fora do especificado	IND
49	Rolamento não assenta corretamente no induzido	IND
50	Rasgo no final do eixo fora de simetria	IND
51	Induzido danificado devido à batida	IND
52	Coletor com bandeira danificada	IND
53	Coletor com lâmina deslocada	IND
54	Coletor com lâmina com falha de material	IND
55	Coletor com rebaixo da mica deslocado	IND
56	Motor com rolamento solto no induzido	IND
57	Coletor trincado	IND
58	Barra de ligação com rosca espanada	PE
59	Porta escovas com base empenada	PE
60	Cordão das escovas com deficiência de solda	PE
61	Porta escovas com rosca espanada	PE
62	Guia do porta escovas solto	PE
63	Guia das barras do porta escovas quebrado	PE
64	Barra do terminal positivo do porta escovas maior	PE
65	Escova sem mola	PE
66	Barra de ligação mal soldada	PE
67	Cordão das escovas com solda deficiente no parafuso terminal	PE
68	Cordão da escova positiva rompida / queimada	PE
69	Carcaça com cunho à massa no porta escovas	PE
70	Escova com mola fora de posição	PE
71	Falha de pintura na borda da carcaça	PINT
72	Falha de solda no induzido	SI
73	Parafuso terminal danificado por mal contato da máquina de teste	TESTE
74	Fresa da mica deficiente	UI
LEGENDA LOCAL		
BI	BALANCEAMENTO DO INDUZIDO	
BOB	BOBINAGEM	
CC	CÉLULA DE CARCAÇA	
FCARC	MONTAGEM FINAL DA CARCAÇA	
FINAL	MONTAGEM FINAL	
II	IMPREGNADORA DO INDUZIDO	
IND	INDUZIDO	
PE	PORTA ESCOVAS	
PINT	CABINE DE PINTURA	
SI	SOLDA DO INDUZIDO	
TESTE	MAQUINA DE TESTE	
UI	USINAGEM DO INDUZIDO	

Tabela 9: Informações do produto.

Como estratégia do grupo de trabalho, foi definido acrescentar um item nas informações do produto, chamado de “Desenho do Produto”, para evitar o detalhamento das cotas do projeto (devido à sua complexidade) que poderiam ter relação com as falhas listadas.

Para este caso, os dados de projeto com influência direta sobre as falhas, foram detalhados e analisados em relação à todos os defeitos listados, porém as influências indiretas foram agrupadas no item “Desenho do Produto”, pois se imaginava que seriam pouco relevantes. Também o fato do foco do trabalho não ser a revisão do projeto, pelo menos à princípio, contribuiu para a decisão do agrupamento. Foram listadas 38 informações do produto.

5.4 Quarto passo: Planejamento do produto – Fase I

Os 74 defeitos selecionados para desdobramento foram inicialmente desdobrados pelos 38 requisitos do produto, listados no item anterior (5.3). Desta forma foi criada a **Casa da Qualidade – Planejamento do Produto – Fase 1**.

Como o foco principal do trabalho era identificar os problemas no processo e na fabricação (e não falhas de projeto), a consideração do item genérico **Desenho do Produto** para relacionar as falhas ocorridas com cotas de projeto (tais como: distâncias, folgas, formas geométricas, etc.) foi de grande valia para reduzir o volume de informações de projeto à serem avaliadas.

Na matriz fase I, foram analisadas as correlações e as interrelações entre as informações do produto (que podem ter relação com as falhas) e os defeitos reclamados pelos clientes (ou detectados internamente).

Após o desdobramento da Fase I (74 defeitos x 38 requisitos de projeto), a estratégia adotada foi:

- Transportar todos os 74 defeitos listados para o desdobramento da Fase II (Planejamento do Processo):

- O objetivo foi não perder de vista os defeitos considerados mais críticos sob o ponto de vista da pontuação da matriz fase 0.

- Transportar para a Fase II, todos os requisitos do produto, que na Fase I tenham alcançado grau de **prioridade percentual** maior do que 3,0 %, juntamente com os que apresentaram correlações **positivamente fortes** (⊙) e somados ultrapassaram os 3,0%:

- A prioridade da Casa da Qualidade (matriz fase II) é a última linha da matriz,

que é calculada fazendo-se a somatória dos produtos entre as pontuações da **importância / função** pelas interrelações existentes em cada coluna.

■ Foi recomendado para o setor de Engenharia do Produto, a aplicação da técnica do **DFMA** ⁵ (Projeto para Manufatura e Montagem), para revisão dos projetos, devido ao fato de 16,2 % dos defeitos analisados terem relação indireta com cotas de desenhos do produto:

- Esta recomendação foi útil para a Engenharia alterar algumas especificações de projeto, até então consideradas não relevantes, por não serem consideradas funcionais, do ponto de vista do projeto, tais como:
 - Reduzir o comprimento máximo permitido para as cordoalhas das escovas, para não permitir uma montagem muito próxima da tampa traseira e evitar curto circuito após montagem.
 - Alterar ligeiramente a forma geométrica da tampa traseira, para evitar curto circuito após um possível aperto excessivo dos parafusos de fixação e/ou parafusos fora de especificação.

A seguir a figura 33 ilustra a Matriz de Planejamento do Produto – Fase I.

⁵ Instituto da Qualidade Automotiva – Norma QS 9000 (3. ed.), 1998, p.111.

PLANEJAMENTO DO PRODUTO - FASE I

DIREÇÃO DA MELHORIA	CORRELAÇÃO
↑ MÁXIMO	⊙ POSITIVO FORTE
↓ MINÍMO	○ POSITIVO
	× NEGATIVO
○ NOMINAL	# NEGATIVO FORTE

INTERRELAÇÃO

●	FORTE (9)
○	MÉDIA (3)
△	FRACA (1)

[illegible]

DIREÇÃO DA MELHORIA

↑ MÁXIMO

↓ MÍNIMO

○ NOMINAL

CORRELAÇÃO

⊕ POSITIVO FORTE

○ POSITIVO

x NEGATIVO

NEGATIVO FORTE

INTERRELAÇÃO

⊕ FORTE (9)

○ MÉDIA (3)

△ FRACA (1)

Linha número	Direção da melhoria	Requisitos do produto / empresa (O QUE)		Requisitos do produto / empresa (COMO)		Importância / Função (1-5)		1	2	3	4	5	Satisfação / Situação Atual	Meta / Expectativa do cliente
								1	2	3	4	5		
49		ROLAMENTO NÃO ASSENTA NO INDUZIDO	5											△
50		PASGO FINAL DO EIXO FORA DE SIMETRIA	5											△
51		INDUZIDO DANIFICADO DEVIDO À BATIDA	5											△
52		COLETOR COM BANDEIRA DANIFICADA	5											△
53		COLETOR COM LÂMINA DESLOCADA	5											△
54		COLETOR C/ LÂMELA C/ FALHA MATERIAL	5											△
55		COLETOR C/ REBAIXO DA MICA DESLOCADO	5											△
56		MOTOR C/ ROLAMENTO SOLTO NO INDUZIDO	4											△
57		COLETOR TRINCADO	5											△
58		BARRA DE LIGAÇÃO COM ROSCA ESPANADA	5											△
59		PORTA ESCOVAS COM BASE EMPENADA	5											△
60		CORDOALHA ESC. C/ DEFICIÊNCIA SOLDA	5											△
61		PORTA ESCOVAS COM ROSCA ESPANADA	5											△
62		GUIA DO PORTA ESCOVAS SOLTO	5											△
63		GUIA BARRAS PORTA ESCOVAS QUEBRADO	5											△
64		BARRA DO TERMINAL POSIT. PORTA ESC. MAIOR	5											△
65		ESCOVA SEM MOLA	5											△
66		BARRA DE LIGAÇÃO MAL SOLDADA	5											△
67		CORDOALHA ESC. C/ SOLDA DEF. PARAFUSO TERM.	5											△
68		CORDOALHA DA ESCOVA POSITIVA ROMPIDA / QUEIMADA	5											△
69		CARCAÇA C/ CURTO À MASSA NO PORTA ESCOVAS	5											△
70		ESCOVA COM MOLA FORA DE POSIÇÃO	5											△
71		FALHA DE PINTURA NA BORDA DA CARCAÇA	5											△
72		FALHA DE SOLDA NO INDUZIDO	5											△
Total														
Prioridade														

PLANEJAMENTO DO PRODUTO - FASE I

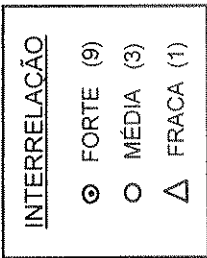
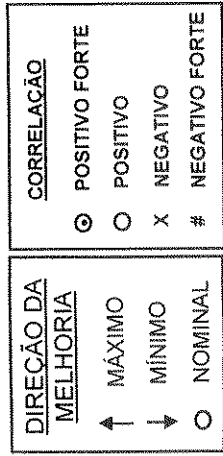
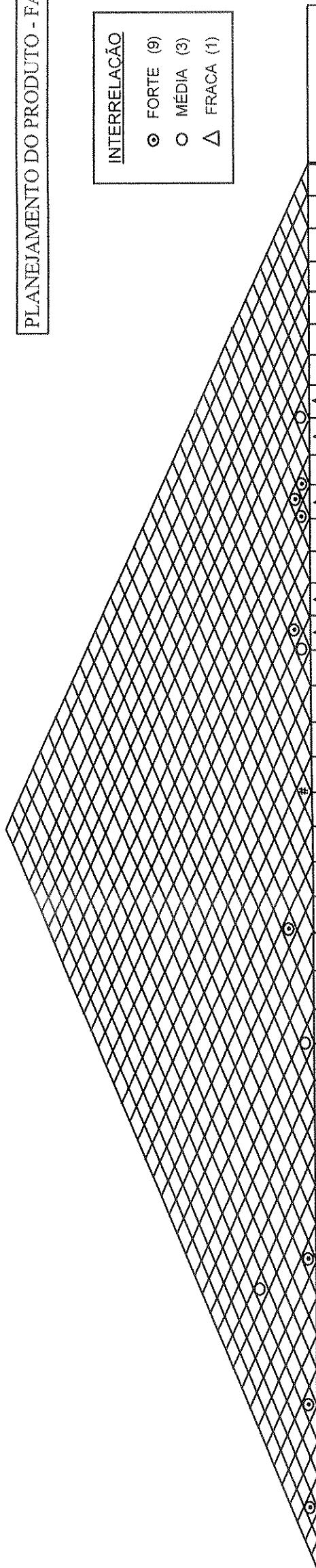
[illegible]

Figura 33: Casa da Qualidade – Planejamento do Produto – Fase I.

ANÁLISE DA FASE 1:

1. TRANSPORTAR PARA A FASE 2, AS PRIORIDADES MAIORES DO QUE 3,0 % ;
2. CONSIDERADAS CORRELAÇÕES FORTES, PARA O CÁLCULO DAS PRIORIDADES;
3. RECOMENDADA APLICAÇÃO DE TÉCNICA " DFMA " (PROJETO PARA MANUFATURA E MONTAGEM), PARA A REVISÃO DOS PROJETOS, DEVIDO AO FATO DA MAIOR PARTE DOS DEFEITOS ANALISADOS TER RELAÇÃO DIRETA COM OS DESENHOS DO PRODUTO (16,2 %);
4. TRANSPORTAR TODOS OS DEFEITOS LISTADOS, PARA A FASE 2.

5.5. Quinto passo: Planejamento do processo – Fase II

A matriz fase II, chamada de Planejamento do Processo, tem como objetivo desdobrar os defeitos selecionados para análise e as informações do produto, da fase I, em **informações do processo**.

Para este caso prático, a matriz fase II, foi construída considerando-se todas as linhas da matriz fase I, acrescidas das colunas que obtiveram prioridade percentual acima de 3,0%. Desta forma todos os 74 defeitos iniciais e os 16 requisitos de projeto, selecionados na matriz fase I, foram considerados como linhas da matriz fase II.

Foram analisadas as correlações e as interrelações entre as linhas e colunas desta matriz fase II e adotada a seguinte estratégia:

- Transportar para a Fase III, todos os requisitos do processo, que na Fase II tenham alcançado grau de prioridade percentual maior do que 1,0% e os que apresentaram correlações fortemente positivas, tais que somados ultrapassaram 1,0%.

Nas discussões em grupo, para cada defeito listado nas linhas da matriz, procurou-se descrever quais os requisitos de processo que poderiam ser relacionados. Os pontos principais da análise foram: parâmetros do processo, manuseios e operações manuais, postos de trabalho que podem gerar as falhas, operações de exame, etc.

Para este estudo foram discutidas as influências de cada operação do processo de fabricação, com as falhas levantadas.

A seguir a figura 34 ilustra a Matriz de Planejamento do Processo – Fase II.

PLANEJAMENTO DO PROCESSO - FASE

DIREÇÃO DA MELHORIA

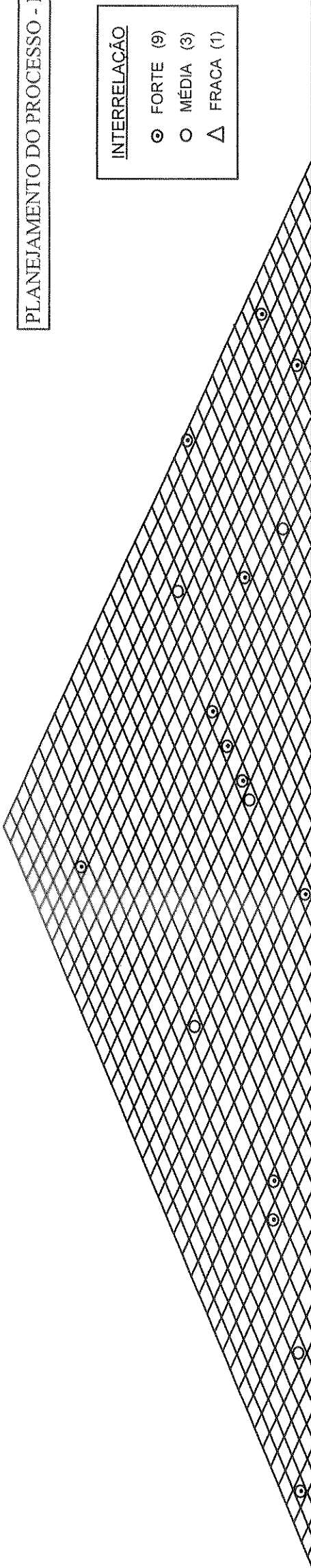
↑ MÁXIMO
↓ MÍNIMO
○ NOMINAL

CORRELAÇÃO

⊕ POSITIVO FORTE
○ POSITIVO
x NEGATIVO
NEGATIVO FORTE

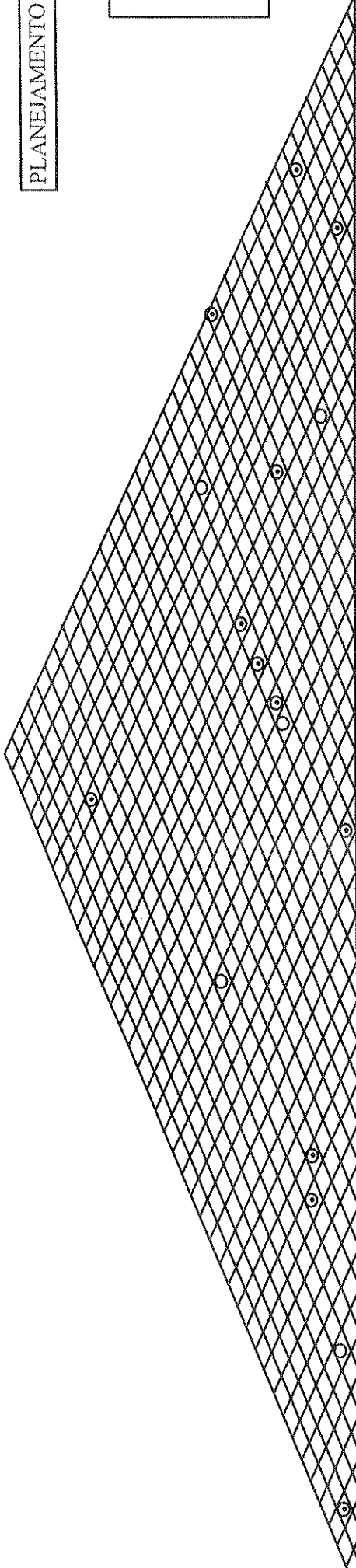
INTERRELAÇÃO

⊕ FORTE (9)
○ MÉDIA (3)
△ FRACA (1)



Linha número	Direção da melhoria		Importância / Função (1-5)																										Satisfação / Situação Atual		Meta / Expectativa do cliente																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																			
	Informações do processo que podem ter relação com as falhas	Requisitos do cliente (O QUE)			Requisitos do processo (COMO)	Defeitos reclamados pelos clientes ou detectados internamente + fase 1																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																												
					1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
1					5	⊕	⊕	⊕																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																										</

PLANEJAMENTO DO PROCESSO - FASE



<u>DIREÇÃO DA MELHORIA</u>	<u>CORRELAÇÃO</u>
↑ MÁXIMO	⊕ POSITIVO FORTE
↓ MÍNIMO	○ POSITIVO
	× NEGATIVO
○ NOMINAL	# NEGATIVO FORTE

INTERRELAÇÃO

☒	FORTE (9)
☐	MÉDIA (3)
☐	FRACA (1)

[illegible]

PLANEJAMENTO DO PROCESSO - FASE II

DIREÇÃO DA MELHORIA		CORRELAÇÃO	
☒	MÁXIMO	☒	POSITIVO FORTE
☐	MÍNIMO	☐	POSITIVO
☐	NOMINAL	☒	NEGATIVO
		☐	NEGATIVO FORTE

INTERRELAÇÃO

● FORTE (9)
○ MÉDIA (3)
△ FRACA (1)

[illegible]

Figura 34: Casa da Qualidade ... Planejamento do Processo – Fase II

Elaborado por CAFFEM Saccellari

5.6 Sexto passo: Planejamento da produção – Fase III

As linhas da matriz fase III, foram construídas com os requisitos de processo selecionados na fase II. Para a descrição das colunas, o time de trabalho abriu uma discussão sobre como garantir os requisitos de processo necessários, para evitar ou detectar as falhas mais críticas.

Sendo assim, para a fase III, foram levados, para desdobramento, os 30 requisitos do processo, selecionados na fase II, que obtiveram pontuação maior do que 1,0 % (individualmente ou com inter-relações). Desta forma foi criada a **Casa da Qualidade – Planejamento da Produção – Fase III**.

Foram analisadas as interrelações entre as linhas e as colunas desta matriz fase III. À partir desta fase, as correlações e as prioridades percentuais não são mais necessárias.

Após o desdobramento da fase III, com 30 informações do processo e 16 ferramentas que podem ser adotadas na produção, a estratégia adotada foi:

- Transportar para a fase IV, **todos** os requisitos da produção da fase III.

A seguir a figura 35 ilustra a Matriz de Planejamento da Produção – Fase III.

DIREÇÃO DA MELHORIA	CORRELAÇÃO
↑ MÁXIMO	⊕ POSITIVO FORTE
↓ MÍNIMO	○ POSITIVO
	× NEGATIVO
○ NOMINAL	# NEGATIVO FORTE

INTERRELAÇÃO

☉	FORTE (9)
○	MÉDIA (3)
△	FRACA (1)

[illegible]

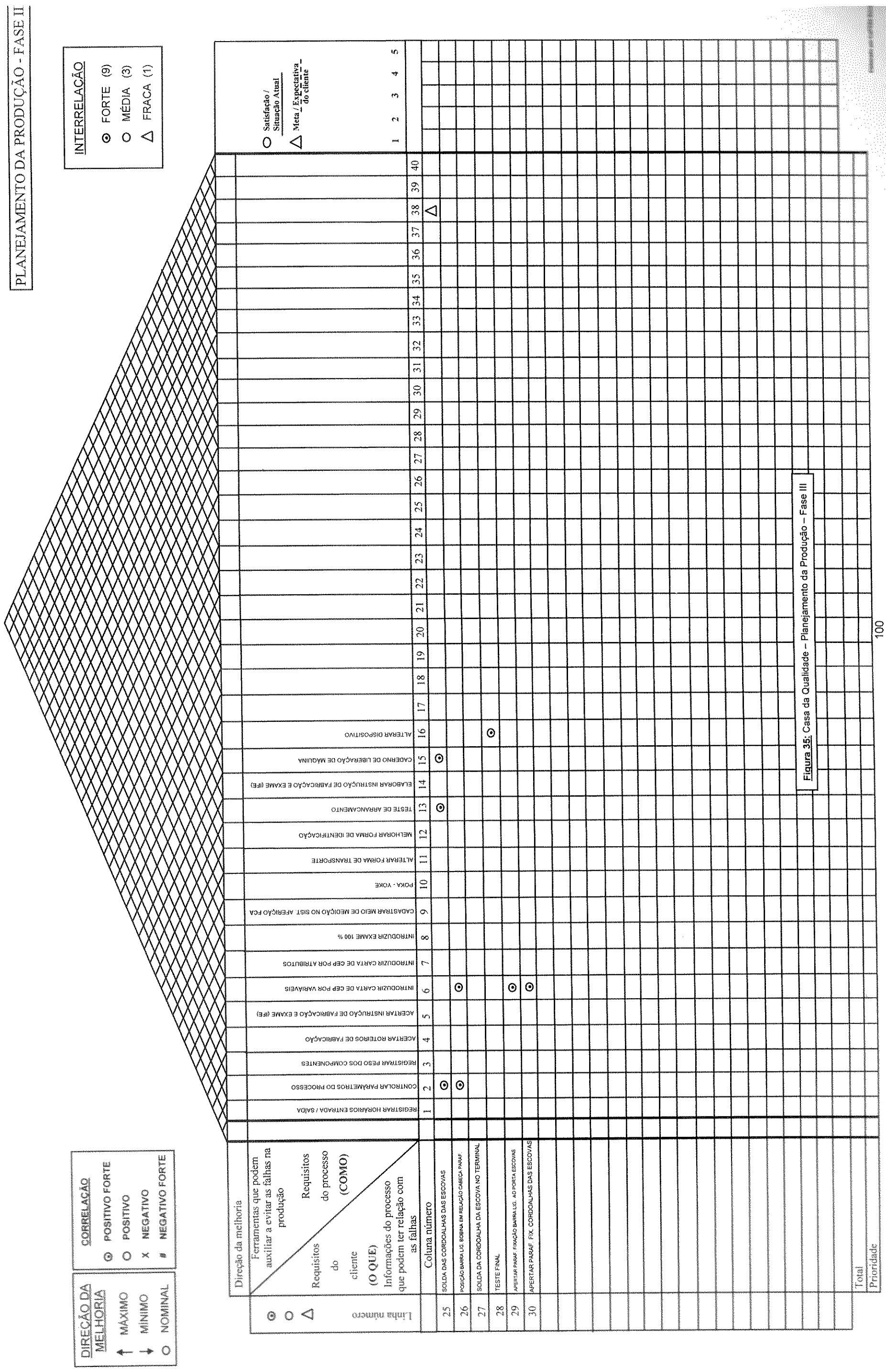


Figura 35: Casa da Qualidade – Planejamento da Produção – Fase III

5.7 Sétimo passo: Planejamento das ações – Fase IV

Para a Fase IV foram levados para desdobramento, os 16 requisitos da produção, selecionados na Fase III. Desta forma foi criada a **Casa da Qualidade – Planejamento das Ações – Fase IV**.

Foram analisadas as interrelações entre as ações que devem ser adotadas para evitar as falhas na produção e os recursos / ferramentas da produção que foram definidos na Fase III.

Após o desdobramento da Fase IV (16 recursos da produção x 32 ações voltadas para a produção, para evitar ou detectar as falhas analisadas), a estratégia adotada foi:

- Introduzir todas as ações previstas.

A seguir a figura 36 ilustra a Matriz de Planejamento das Ações – Fase IV.

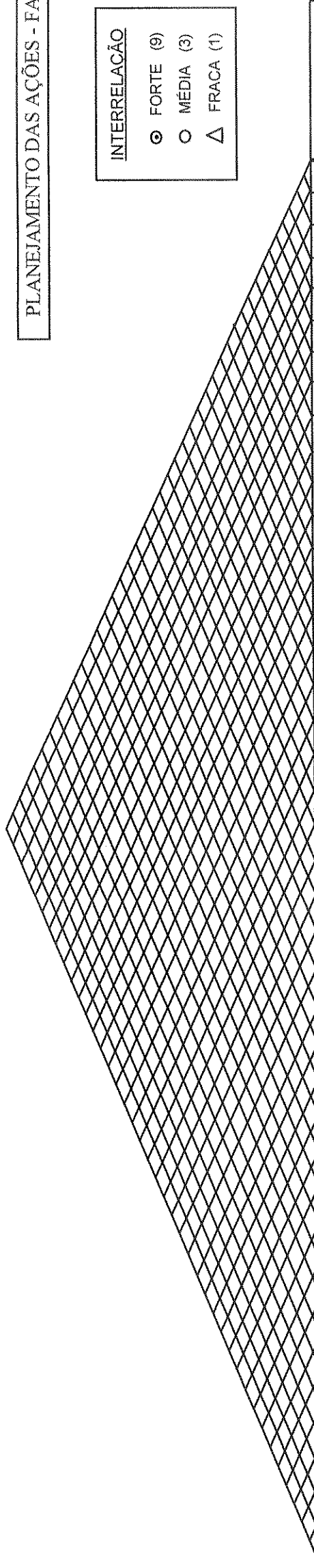
[illegible]

Figura 36: Casa da Qualidade - Planejamento das Ações – Fase IV

5.8 Oitavo passo: Executar ações definidas

Após a definição das ações à serem introduzidas, foi elaborado um cronograma das atividades envolvidas, para o time de trabalho acompanhar:

QFD / PRODUÇÃO - MOTORES BIC / MM

AÇÕES PROPOSTAS

RESP.

PRAZO

A) BALANCEAMENTO DO INDUZIDO

1	Implantar registros de horários de entrada e saída da massa de balanceamento pronta (misturada), para o freezer.	Ca/FEG33	Fev/00
2	Implantar registros de horários de entrada e saída da massa de balanceamento pronta (misturada), para a estufa.		
3	Implantar controle de parâmetros de processo para o freezer (temperatura).		
4	Implantar controle de parâmetros de processo para a estufa (temperatura).		
5	Registrar / controlar peso (massa) dos componentes que formam a massa de balancear.		
6	Adequar Roteiros de Fabricação.		
7	Adequar IFE nº 6008PB1021		

B) FABRICAÇÃO DA BOBINA

Solda da barra de ligação da bobina com a cabeça do parafuso terminal:

8	- Introduzir carta de CEP para o posicionamento da barra de ligação (altura).	Ca/FEG33	Mar/00
9	- Parâmetros de solda devem ser registrados no Caderno de Liberação de Máquinas (Pressão / 1ª e 2ª Compressão / Tempo / Retenção / Pausa / Potência).		

C) MONTAGEM DO INDUZIDO

10	Introduzir carta de CEP para controlar posição do coletor em relação ao eixo do induzido (altura do coletor).	Ca/FEG33	Mar/00
11	Cadastrar no sistema de aferição de FCA: - Calibrador D.83.0541.001 - Vencido em 09/99; - Padrão - Sem aferição; - Relógio - Vencido em 02/99.		
12	Alterar dispositivos para alinhamento de lamelas, conforme modelo de 24 v. Acrescentar chaveta guia para centralização das lamelas (Poka-Yoke).		
13	Adaptar suporte tipo "colmeia" nos carrinhos para transporte dos induzidos, para evitar danificações.		
14	Melhorar identificação dos induzidos antes da operação de fresar mica, para evitar mistura de peças (retrabalho / em execução).		
15	Rebaixar mica: alterar dispositivo para posicionamento rotacional automático do induzido (Poka-Yoke).		

D) FABRICAÇÃO DO PORTA ESCOVAS

16	Introduzir carta CEP para controlar o torque dos parafusos de fixação das cordoalhas do porta escovas (BIC).	Ca/FEG33	Mar/00
17	Introduzir carta CEP para controlar os defeitos no teste de curto à massa do porta escovas (MH).		
18	Acertar Roteiro de Fabricação para soldas à ponto do porta escovas (ultra-som desativada).		
19	Implantar teste de arrancamento para soldas da cordoalha na escova e na barra de ligação do porta escovas.		
20	Controlar parâmetros de processo das máquinas de solda à ponto.		
21	Elaborar IFE's sobre testes de arrancamento e controle dos parâmetros de processo das máquinas de solda.		
22	Implantar Caderno de Liberação de Máquinas para as máquinas de solda.		

E) MONTAGEM FINAL

Montagem da carcaça

23	Incluir exame visual 100% - peças isentas de rebarba, na operação de montar sapatas polares.	Ca/FEG33	Mar/00
24	Introduzir carta CEP para controle do torque das sapatas polares.		
25	Introduzir carta CEP para controle do torque dos parafusos terminais F1 e F2.		
26	Introduzir carta CEP para controle do torque do parafuso terminal A.		
27	Introduzir carta CEP para controlar os defeitos no teste de curto à massa da carcaça.		

Prensar pino guia

28	Introduzir carta CEP para controlar altura do pino guia da carcaça.	Ca/FEG33	Mar/00
----	---	----------	--------

Montar porta escovas

29	Desenvolver dispositivo para posicionar porta escovas (BIC) no motor, para garantir o fechamento / calagem (Poka-Yoke).	Ca/FEG33	Mar/00
----	---	----------	--------

Fixar barra de ligação da bobina no porta escovas

30	Introduzir carta CEP para controle do torque do parafuso de fixação da barra de ligação.	Ca/FEG33	Mar/00
----	--	----------	--------

Teste elétrico final

31	Alterar forma de contato da máquina de teste com os parafusos terminais do motor.	Ca/FEG33	Mar/00
----	---	----------	--------

Prensar rolamento

32	Introduzir carta CEP para controlar posição do rolamento em relação ao eixo do induzido.	Ca/FEG33	Mar/00
----	--	----------	--------

Tabela 10: Relação das ações à serem tomadas.

Para melhor identificar o tipo de ações tomadas pelo grupo de trabalho, após a análise das matrizes do AGF – Análise de Geradores de Falhas (QFD aplicado à produção), segue um resumo das ferramentas e controles indicados no cronograma da tabela 10:

- ❑ Definições / Controles / Registros de parâmetros de processos
- ❑ Medições durante o processo
- ❑ CEP – Controle Estatístico do Processo
- ❑ Poka – Yoke / Dispositivos à prova de erros
- ❑ Desenvolvimento de embalagens específicas para transporte durante produção
- ❑ Acréscimo de testes / exames durante produção
- ❑ Controle / Registro para liberação para produção em série
- ❑ Alterar dispositivos de fixação de operações de produção

5.9 Resultados Obtidos

1. Redução do nº de reclamações dos clientes.

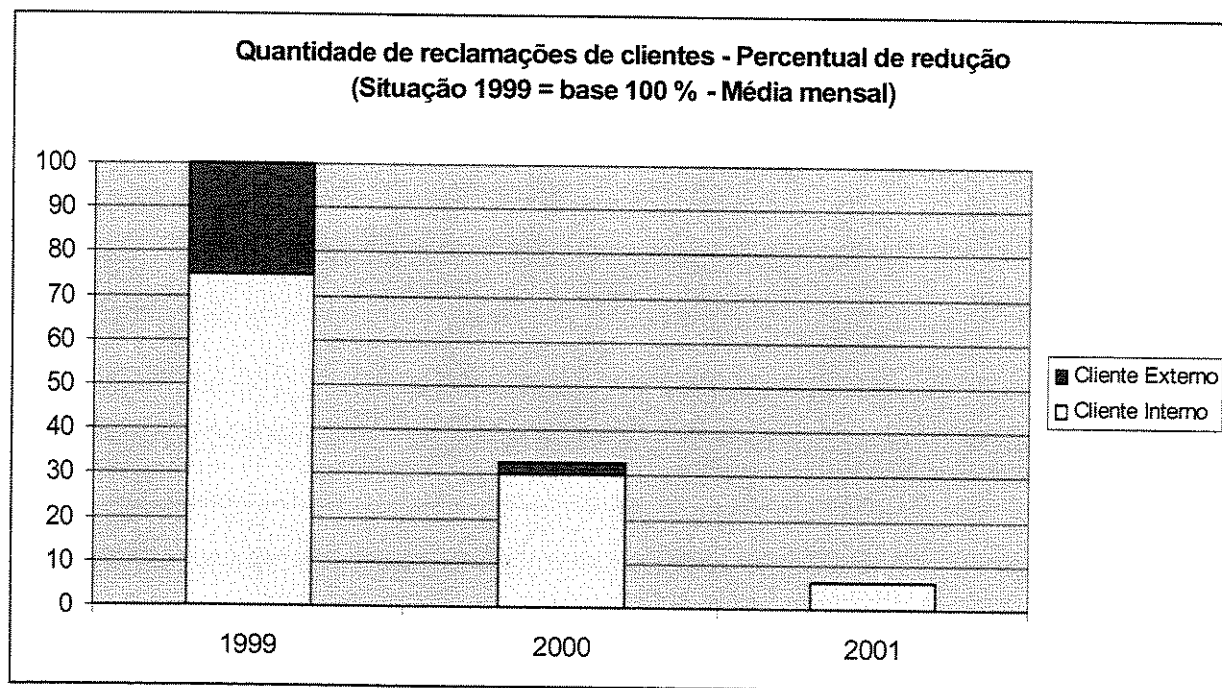


Gráfico 1: Evolução do nº de reclamações de defeitos.

2. Redução dos índices de ocorrências de falhas (1).

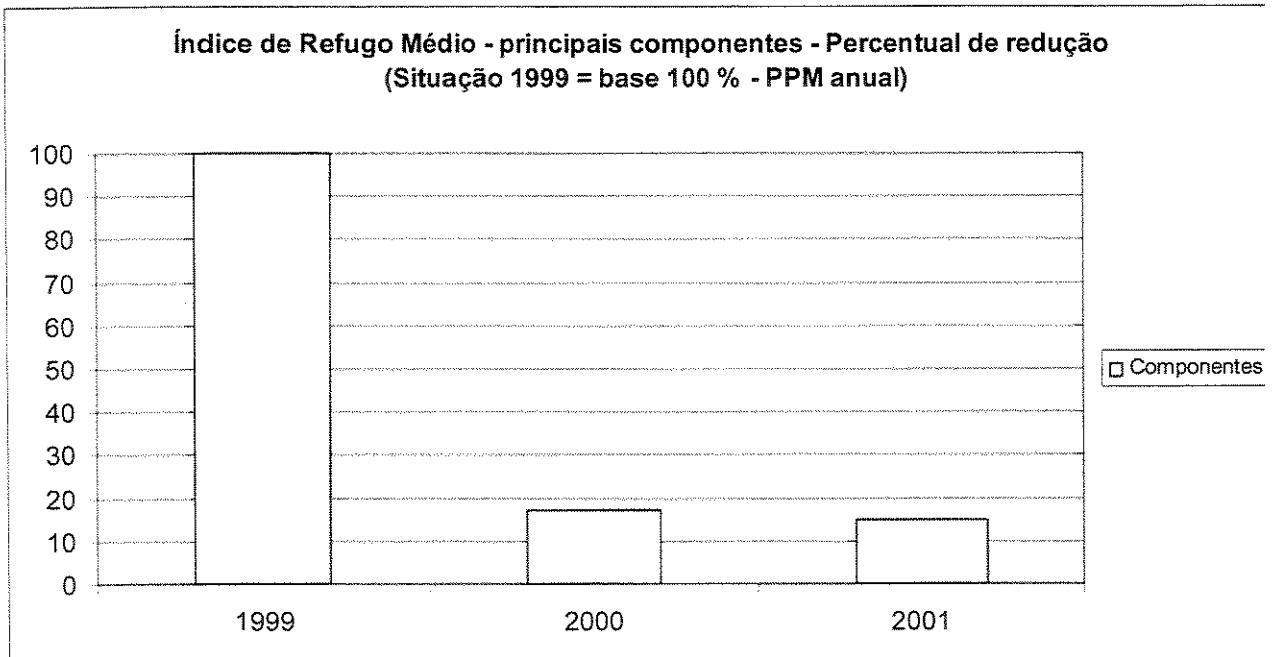


Gráfico 2: Evolução do índice de ocorrência das falhas.

3. Redução dos índices de ocorrências de falhas (2).

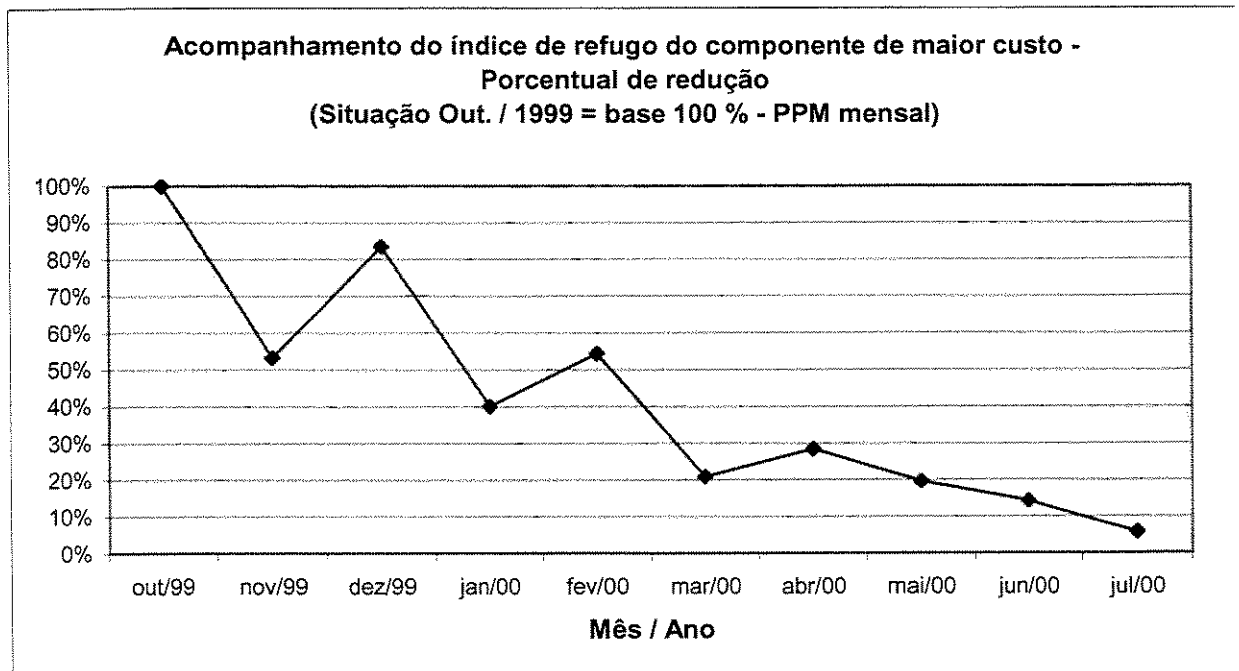


Gráfico 3: Evolução do índice de ocorrência das falhas do componente de maior custo.

4. Redução dos custos de defeitos.

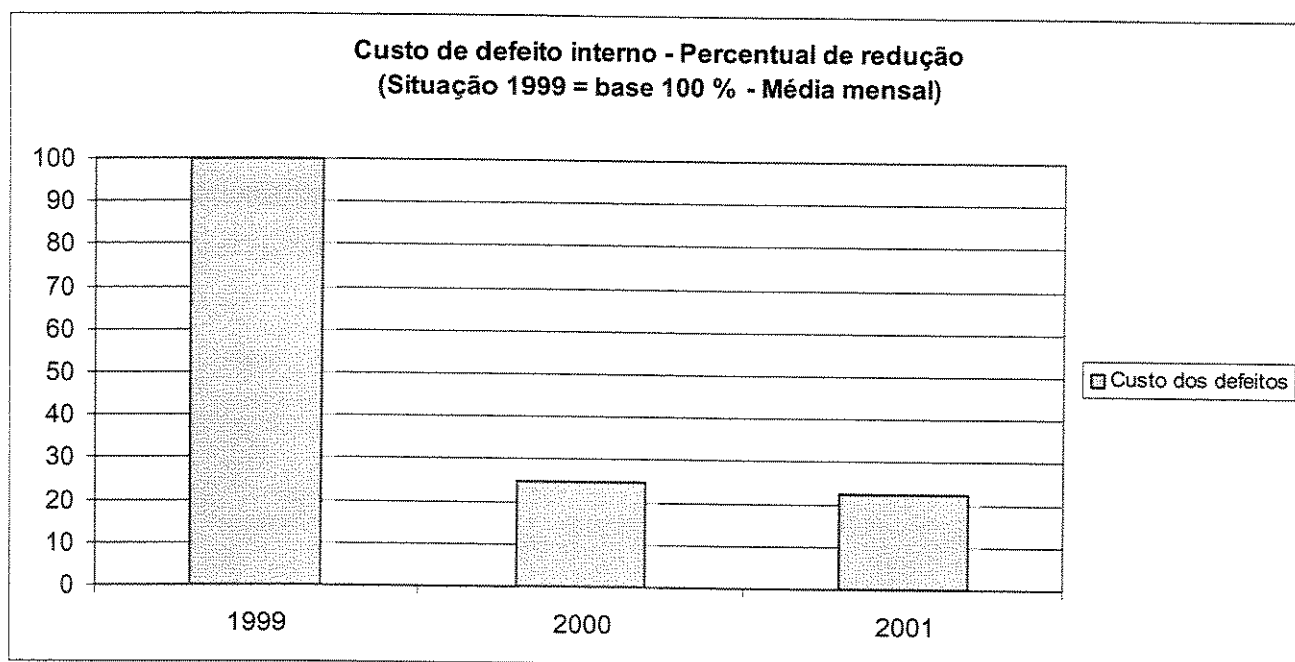


Gráfico 4: Custo de defeitos internos.

Capítulo 6

Próximos trabalhos

O AGF – Análise de Geradores de Falhas (QFD aplicado à produção), tem se mostrado de grande utilidade, para as situações onde um volume grande de defeitos passa a ocorrer de forma imprevisível e incontrolável. Para os casos de ocorrências consideradas normais ou previsíveis (baixos volumes de defeitos), também é interessante a sua aplicação, pois proporciona um melhor entendimento das falhas, assim como, uma facilidade na escolha das ferramentas preventivas ou corretivas à serem implementadas.

Durante o desenvolvimento, o AGF – Análise de Geradores de Falhas, foi aplicado em um produto, de certa forma complexo: um motor elétrico de médio porte. Em seguida a técnica foi testada em componentes que são fabricados internamente, para montagem de outros tipos de motores elétricos de aplicação automotiva.

Fazendo-se as devidas considerações e análises, conforme o tipo de produto à ser trabalhado, a prática da técnica do AGF espelha a influência do projeto, do processo e da produção física, em relação aos problemas existentes. A grande vantagem de se ter esta separação de informações, é o direcionamento adequado das ações, gerando uma eficiência maior nos resultados obtidos, do mesmo modo que se consegue ter uma concentração de esforços, do time de trabalho, para o foco principal.

Utilizando como base o **QFD de Akao** ¹, o AGF também procura garantir que as informações dos clientes, referentes à um determinado produto, sejam repassadas por vários setores de uma organização, chegando de forma clara e traduzida até o local de fabricação física.

Como experiências futuras, para avaliação do AGF, deve ser testado o seu potencial durante o desenvolvimento de novos produtos, desde que existam informações sobre o que o cliente **não aceita** como falha do produto ofertado. Estas informações podem ser obtidas à partir de históricos de produtos semelhantes, de **pesquisas** ² junto aos clientes, de **benchmarking** ³ com os atuais concorrentes, etc.

Outra análise interessante é a avaliação do quanto o AGF pode contribuir com os trabalhos regidos por **Metodologia Six Sigma / Black Belt** ⁴, no sentido de se agilizar os estudos preliminares em projetos voltados para a **1ª categoria de melhoria: eliminando problemas da qualidade** ⁵.

¹ Ohfujii, T., Ono, M., Akao, Y. *Método de desenvolvimento da qualidade (1) – QFD*. Belo Horizonte (MG): Fundação Christiano Ottoni, 1997, 256p.

² API – Associates in Process Improvement. *O Manual de Melhorias – Modelo, Métodos e Ferramentas para Melhorias*. Austin, 1998, Cap.13, *Pesquisas*, pp.13.1-13.22.

³ API – Associates in Process Improvement. *O Manual de Melhorias – Modelo, Métodos e Ferramentas para Melhorias*. Austin, 1998, Cap.14, *Benchmarking*, pp.14.1-14.16.

⁴ Motorola University – *Introduction to the Black Belt Development Program*, 1999.

⁵ Langley, Gerald J.; Nolan, Kevin M.; Thomas W. Et al. *The Improvement Guide – A Practical Approach to Enhancing Organizational Performance*. New York, 1996, Cap. 10, *Eliminating Quality Problems*, pp. 176-196.

Acredita-se que o AGF pode ser utilizado como início do levantamento e análise das falhas existentes (**mapeamento do estado atual** ⁶) e pode ser referencial valioso, para direcionar as análises Six Sigma, voltadas para **projeto, processo e produção**. A idéia central é que o pacote de ferramentas Six Sigma seja direcionado, conforme o AGF indicar a contribuição em cada fase de acompanhamento do produto. Desta forma ficaria mais fácil eleger as **ferramentas estatísticas** ⁷ à serem utilizadas, como por exemplo:

- **Projeto:** DFMA (Projeto para manufatura e montagem), FMEA de projeto (Análise de modo e efeitos de falha potencial), Pesquisa de Kano, Benchmarking, QFD, etc.
- **Processo:** CEP (Controle estatístico do processo), FMEA de processo (Análise de modo e efeitos de falha potencial) Controles de parâmetros de processo, Análises de capacidades de processo, etc.
- **Produção:** Poka Yoke (dispositivos à prova de falhas), Exames adicionais durante a fabricação, Folhas de verificação, etc.

Portanto, a continuidade deste trabalho deve ser a aplicação do AGF, em desenvolvimento de produtos novos e em projetos de melhoria da qualidade, com base na metodologia Six Sigma, que provavelmente dará início à uma nova dissertação acadêmica.

⁶ Rother, M., Shook, J., *Aprendendo a Enxergar*. São Paulo: Lean Institute Brasil, 1999, Parte II: *O mapa do estado atual*, pp.9-34.

⁷ IQA - Instituto da Qualidade Automotiva, São Paulo (SP), Norma *VDA 4 - Parte 1* (3. ed.), 1996, 182p. e Norma *QS 9000* (3. ed.), 1998, *Requisitos do Sistema da Qualidade*, 113p.

Referências Bibliográficas

API – Associates in Process Improvement. *O Manual de Melhorias – Modelo, Métodos e Ferramentas para Melhorias*. Austin, 1998. 704p.

Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT, Rio de Janeiro. *NBR ISO 9001: Sistema de Gestão da Qualidade – Requisitos*. Dez./2000 ed. Rio de Janeiro, 2000. 21p.

Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT, Rio de Janeiro. *NBR ISO 9001: Sistema da Qualidade em Projeto, Desenvolvimento, Produção, Instalação e Serviços Associados*. Dez./1994 ed. Rio de Janeiro, 1994. 11p.

Bureau Veritas do Brasil. *Relatório Técnico ISO TS 16949 – ISO Automotiva*. Revisão 0. São Paulo, 2000. 42p.

Calegare, Álvaro José de Almeida. *Técnicas de Garantia da Qualidade*. Rio de Janeiro: LTC – Livros Técnicos e Científicos Editora, 1985. 144p.

Instituto da Qualidade Automotiva – IQA, São Paulo. *QS 9000: Análise de Modo e Efeitos de Falhas Potencial – FMEA*. São Paulo, 1997. 66p.

Instituto da Qualidade Automotiva – IQA, São Paulo. *QS 9000: Fundamentos de Controle Estatístico do Processo - CEP*. São Paulo, 1997. 162p.

- Instituto da Qualidade Automotiva – IQA, São Paulo. *QS 9000: Planejamento Avançado da Qualidade do Produto e Plano de Controle - APQP*. São Paulo, 1997. 101p.
- Instituto da Qualidade Automotiva – IQA, São Paulo. *QS 9000: Processo de Aprovação de Peça de Produção - PPAP*. São Paulo, 1997. 2. ed. 58p.
- Instituto da Qualidade Automotiva – IQA, São Paulo. *QS 9000: Requisitos do Sistema da Qualidade*. 3. ed. São Paulo, 1999. 113p.
- Instituto da Qualidade Automotiva – IQA, São Paulo. *VDA 4 – Parte 1: Asseguramento da Qualidade Antes do Início da Série*. 3. ed. São Paulo, 1996. 182p.
- Instituto da Qualidade Automotiva – IQA, São Paulo. *VDA 6 – Parte 1: Auditoria do Sistema da Qualidade*. São Paulo, 4. ed. 1998. 218p.
- Instituto da Qualidade Automotiva – IQA, São Paulo. *VDA 6 – Parte 3: Auditoria do Processo*. São Paulo, 1998. 142p.
- Instituto IMAM. *Treinamento Seis Sigma*. São Paulo, 1999. 62p.
- Juran, J. M. *A Qualidade desde o Projeto – Os Novos Passos para o Planejamento da Qualidade em Produtos e Serviços*. São Paulo: Pioneira, 1992. 551p.
- Kersten, Günter. *Integrierte Methoden Anwendung in der Entwicklung*. In: *Handbuch Qualitätsmanagement*, 3. ed. München: Carl Hanser Verlag, 1994, pp. 427-444.
- Langley, Gerald J.; Nolan, Kevin M.; Thomas W. Et al. *The Improvement Guide – A Practical Approach to Enhancing Organizational Performance*. New York: Jossey – Bass, 1996. 370p.
- Motorola University. *Introduction to the Black Belt Development Program*. USA, 1999. 171p.

- Ohfuji Tadashi; Ono, Michiteru; Akao, Yoji. *Método de Desdobramento da Qualidade (1)*. Belo Horizonte: Fundação Christiano Ottoni, Escola de Engenharia da UFMG, 1997. 256p. (*Manual de Aplicação do Desdobramento da Função Qualidade – QFD – 2*).
- Ohno, Taiichi. *The Toyota Production System: Beyond Large-Scale Production*. Portland: Productivity Press, 1988.
- QFD – Institut Deutschland; Universität zu Köln. *Systematische Anforderungsanalyse in der Softwareentwicklung mit Quality Function Deployment (QFD)*. Köln, 2001. 28p.
- QPB – Qualidade Produtividade e Competitividade; MB&A – Consultoria e Treinamento Empresarial. *QFD – Quality Function Deployment – Desdobramento da Função Qualidade*. São Paulo, 1998. 114p.
- Robert Bosch Gmb. *QFD Moderatoren Seminar / Integriertes – Methoden – System*. Stuttgart, 1993. 79p.
- Rother, Mike; Shook, John. *Aprendendo a Enxergar*. São Paulo: Lean Institute Brasil, 1999. 101p.
- TBM Consulting Group. *Workshop de Transformação LeanSigma*. Porto Alegre, 2001. 198 p.
- Wheeler, Donald J. *Understanding Variation – The Key to Managing Chaos*. Knoxville: SPC Press, 1993. 136p.
- Womack, James P.; Jones, Daniel T. *A Máquina que Mudou o Mundo*. 2. ed. Rio de Janeiro: Campus, 1996. 342p.
- Womack, James P.; Jones, Daniel T. *A Mentalidade Enxuta nas Empresas – Elimine o Desperdício e Crie Riqueza*. 4. ed. Rio de Janeiro: Campus, 1998. 427p.