

Geilson Loureiro (02)  
Luís Gonzaga Trabasso (03)

#### SUMÁRIO

A Qualidade Total aplicada ao projeto de um produto subentende uma maior integração entre os setores de uma empresa envolvidos nas diversas etapas do ciclo de vida do produto, quais sejam: marketing, desenvolvimento, engenharia do produto, engenharia de processos, fabricação, vendas, assistência técnica. O QFD (Quality Function Deployment ou Desdobramento da Função Qualidade) operacionaliza essa integração, relacionando, através de matrizes, os fatores relativos ao produto, visando otimizar a utilização dos recursos da organização e maximizar a satisfação do cliente. Esses fatores são: as necessidades dos clientes, os requisitos de projeto, as características das partes do produto, os processos necessários para obter essas características e as operações de manufatura. Este trabalho propõe um sistema baseado em uma rede de computadores que utiliza o QFD implementado computacionalmente, o algoritmo da implementação, vantagens, desvantagens e perspectivas de utilização.

---

(01) Contribuição técnica a ser apresentada no I ENCONTRO DA QUALIDADE TOTAL NAS INDÚSTRIAS DE ALTA TECNOLOGIA E CENTROS DE PESQUISAS - ABM - SÃO JOSÉ DOS CAMPOS - SP - 23 a 25 de novembro de 1993.

(02) Engenheiro Eletrônico - Laboratório de Integração e Testes do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - LIT/INPE

(03) Professor Adjunto - Departamento de Projetos - Instituto Tecnológico de Aeronáutica - ITA

## 1. INTRODUÇÃO

Tradicionalmente, o controle da Qualidade é tido como simplês aferidor de desempenho do setor de produção da empresa, não exercendo nenhum papel no sentido de adicionar energia, ou seja, agregar valor ao produto da empresa. Nesse contexto, o controle da Qualidade pode ser denominado passivo, fazendo-se aqui uma analogia a dispositivos eletrônicos como resistores e capacitores. Da mesma forma, o controle da Qualidade passivo funciona como algo que emperra a fluxo da produção ou como algo que resiste a mudanças. O controle da Qualidade passivo consiste em verificar se os produtos satisfazem às especificações. Normalmente essa verificação é feita no final da linha de produção.

Por outro lado, é consenso geral que medir é essencial para assegurar-se um desempenho saudável da empresa. Assim é necessário manter a avaliação, por exemplo do setor produtivo. Mas avaliar baseado em que referência? Na referência do cliente, de quem realmente utiliza o produto. Mas se o conceito de Qualidade passa a ter como referência o cliente, ela não pode ser obtida através de um controle da Qualidade passivo, o qual é mais um ônus para o cliente, que certamente não gostaria de arcar com mais esse custo.

Somente com a participação de todos os envolvidos em cada etapa do ciclo de vida do produto (concepção, desenvolvimento, engenharia do produto, engenharia do processo, produção, marketing, vendas, assistência técnica) pode-se caminhar em direção à satisfação do cliente. Todos devem gerenciar custos, por exemplo. Todos devem ter a atitude de questionar o que é melhor para o cliente, antes de cada decisão. Assim a gestão exercida dessa forma pode ser denominada de controle da Qualidade ativo, pois adiciona energia ao sistema, ou seja, agrega valor ao produto.

Falconi Campos (1989) ratifica essa idéia quando diz: "A Qualidade de um produto ou serviço é medida pela satisfação total de quem o utiliza. O conceito de Qualidade está sempre num equilíbrio entre os fatores: características intrínsecas do produto ou serviço, custo e atendimento (quantidade, local e prazo especificados pelo cliente). Esses fatores são interdependentes e só podem ser plenamente atingidos com a participação de todos os envolvidos nas diversas fases do ciclo de vida do produto ou serviço. Essa é a característica principal do Gerenciamento da Qualidade Total."

Para exercer o controle da Qualidade ativo é necessária uma organização chamada "planejamento da Qualidade", que tem a função de sintonizar todos os setores responsáveis pelas diversas etapas do ciclo de vida do produto com as necessidades dos clientes finais.

O planejamento da Qualidade consta dos seguintes estágios:

- 1) Identificação dos clientes.
- 2) Determinação das necessidades desses clientes.
- 3) Tradução dessas necessidades em requisitos de desempenho do produto.

- 4) Desenvolvimento de um produto que esteja de acordo com esses requisitos.
- 5) Otimização das características do produto de tal forma a atender simultaneamente às necessidades da empresa e do cliente, identificando a característica das partes que integram o produto.
- 6) Desenvolvimento de processo capaz de fabricar essas partes.
- 7) Otimização do processo (buscando menor custo).
- 8) Tradução das características do processo em operações de fabricação.

As reais necessidades do consumidor mudam com o tempo, fazendo com que o planejamento da Qualidade seja uma atividade contínua. Portanto, a empresa que não procurar desenvolver novos produtos para a satisfação total do consumidor estará perdendo espaço no mercado.

Esses conceitos são extrapoláveis para os clientes internos da empresa. Nesse sentido é necessário evitar a abordagem tradicional de se jogar especificações "por cima do muro" que divide os setores responsáveis por cada etapa do ciclo de vida do produto. É necessário que se trabalhe em equipes multidisciplinares visando otimizar a utilização dos recursos da empresa e maximizar a satisfação dos clientes. Um projeto cada vez melhor (do ponto de vista do cliente) possibilita o desenvolvimento de um produto com maior valor agregado, menor custo, aumentando continuamente a competitividade da empresa e sua parcela do mercado.

## 2. O DESDOBRAMENTO DA FUNÇÃO QUALIDADE (QFD)

O projeto do produto deve garantir a satisfação total do cliente final. Entretanto, como traduzir para o projeto desejos tais como: "confortável", "fácil de usar", etc.? A tradução das necessidades do cliente, como expressos em suas próprias palavras, para instruções técnicas para os vários processos da empresa é denominada "desdobramento da função qualidade" ("quality function deployment"). Esta técnica tem sido muito desenvolvida nos últimos anos, pois é uma ferramenta eficaz na disputa pelo mercado e contribui fortemente para a competitividade da empresa.

Para que se tenha sucesso no desdobramento da função Qualidade, é necessária uma sintonia entre as áreas de marketing, assistência técnica, desenvolvimento, engenharia do produto, engenharia do processo e produção. O projeto do produto deve ser conduzido de tal maneira a incorporar a opinião dessas várias áreas da empresa, evitando, assim, projetos complexos, difíceis de serem fabricados e que podem resultar em produtos defeituosos. O desdobramento da função qualidade propicia a Qualidade de projeto adequada para a satisfação total do consumidor.

Ferramentas adicionais como a análise de valor e a FMECA (Failure Mode Effects and Criticality Analysis) foram incorporadas neste trabalho e são usadas juntamente com o QFD, ainda na fase de projeto do produto. A análise ou engenharia do valor possibilita assegurar um custo final adequado ao produto. A FMECA tem por objetivo traduzir a necessidade do cliente expressa como "ser seguro e durar muito" em termos de projeto (linguagem da engenharia) como segurança do produto, confiabilidade e facilidade de manutenção. O estudo de dados históricos, de tal

maneira a fornecer aos projetistas informações que conduzam à prevenção da reincidência de erros deve ser incorporado ao QFD.

Com o auxílio do QFD, o projeto deve ser revisto continuamente, sempre à luz de novos fatos, dados e conhecimentos.

O QFD (do inglês, Quality Function Deployment) é uma forma sistemática de traduzir as necessidades do cliente em requisitos a serem providos pela organização, passando pelos diversos estágios do ciclo de desenvolvimento do produto, desde a pesquisa e o desenvolvimento até a engenharia, a produção, o marketing, as vendas e a distribuição.

O QFD é operacionalizado através do uso de matrizes. Cada matriz (representada simplificada na Figura 1) pode ser usada para prover as seguintes informações: o que é importante para o cliente?; como isto pode ser obtido?; quais as relações entre os "o que's" e os "como"; quanto deve ser provido pelos "como's" para satisfazer os consumidores?.

Estas informações são propagadas através de uma série de 4 matrizes que desdobram as necessidades do cliente e os requisitos técnicos a ela relacionados, representando a especificação do produto, o desdobramento em componentes, a identificação dos processos e o planejamento da produção (Figura 2).

Na Figura 2, a matriz 1 relaciona as necessidades dos clientes aos requisitos do sistema. A matriz 2 relaciona os requisitos de sistema, necessários para atender as necessidades dos clientes, às características dos componentes do sistema para que se atendam os requisitos. A matriz 3 relaciona as características dos componentes aos processos de fabricação necessários para produzi-los. A matriz 4 desdobra esses processos de fabricação nas operações de manufatura que incluem os itens a serem observados no controle de processo, o método de amostragem, a frequência e o tamanho da amostra e o meio de verificação.

Para a obtenção da informação contida nas matrizes, é necessário que diferentes grupos de indivíduos atinjam o consenso em relação ao produto, ao processo e às operações de manufatura de modo a satisfazer as necessidades dos clientes.

### 3. QFD MANUAL E O AUXILIADO POR COMPUTADOR

O QFD pode ser aplicado tanto no projeto inicial de um produto como para a análise de um produto já existente. Deve envolver, para sua implementação, especialistas em cada etapa do ciclo de vida do produto em questão. A obtenção das matrizes do QFD exige simultaneamente, esforço de um determinado grupo de especialistas em uma etapa e esforços multidisciplinares. Por exemplo, para a obtenção das necessidades dos clientes, deve ser conduzida uma seção de geração de idéias reunindo marketing, vendas, assistência técnica, atendimento ao cliente e/ou enquetes com clientes. Para relacionar essas necessidades com os requisitos do sistema é necessário que o grupo anterior ou posterior a ele trabalhem em conjunto com o pessoal de desenvolvimento do produto. É essencial para a garantia da consistência do resultado, que pelo menos uma pessoa de cada etapa do ciclo de vida do produto, acompanhe todas as etapas da geração das matrizes. Como o processo de obtenção das matrizes é essencialmente trabalho em equipe, é importante haver liderança

capaz de conduzir o grupo ao consenso. Outro elemento importante para a condução do trabalho é o especialista em QFD para manter a fidelidade aos métodos e objetivos da utilização desta ferramenta.

O preenchimento das matrizes do QFD é um processo iterativo, uma vez que a identificação das relações entre as linhas e colunas das matrizes pode gerar uma série de inconsistências, que devem ser corrigidas. Isto se complica ainda mais se se considera não somente a existência ou não dessas relações mas também a intensidade dessas relações. Quanto maior o número de linhas e colunas das matrizes, mais difícil e demorado se torna a obtenção manual das matrizes. Esta dificuldade conduz, geralmente, a simplificações que podem acabar por omitir informações importantes sobre características do ciclo de vida do produto, gerando distorções.

Além disso, qualquer alteração nas matrizes implica em que toda a análise de relações seja refeita e, do mesmo modo, que as matrizes sejam reescritas. O processo executado manualmente terminaria por desestimular o uso desta poderosa ferramenta, devido a baixa produtividade.

A utilização das informações das matrizes que revelam principalmente o impacto de mudanças, ao longo do ciclo de vida do produto também é difícil no processo manual, principalmente, se o número de linhas e colunas for grande (> 5).

A implementação computacional do QFD elimina estes problemas e adiciona (como em um editor de texto) e rapidez na identificação das relações entre linhas e colunas ora inferindo estas relações das relações já existentes ora solicitando mais informações do usuário.

Como se já não bastassem essas vantagens, a operação em rede do programa implementado, o CAQFD (do inglês, Computer Aided Quality Function Deployment), permite que informações sejam continuamente adicionadas, e não somente durante as reuniões do QFD. Por exemplo, se a assistência técnica identifica uma nova necessidade do cliente, ela facilmente chama o programa e acrescenta esta necessidade à lista já existente. Deixa-se somente a identificação das relações para a reunião, apesar de o programa enviar mensagem ao setor de desenvolvimento, informando que nova necessidade foi acrescentada e solicitando as relações dessa necessidade com os requisitos do produto. Entretanto, este procedimento é opcional, não sendo obrigatória a identificação das relações antes da reunião. Nesse aspecto de possibilitar adição contínua de informações, o programa se insere no contexto do KAYZEN (melhoria contínua) uma vez que melhor se conhecerá o produto em questão e melhor se poderá atuar no sentido de produzi-lo para satisfazer mais e mais ao cliente, aumentando a participação de mercado da organização.

#### 4. O CAQFD

Na versão monousuário o CAQFD já vem preparado para ser expandido em rede. A operação em rede também permite a interligação do sistema com outras plataformas de processamento, podendo constituir um sistema abrangente de gestão na organização (veja Figura 3).

#### 4.1. O PROGRAMA EM ESSÊNCIA

Em essência, o programa trata as matrizes do QFD como uma grande árvore de objetivos (Figura 4).

Numa árvore de objetivos a relação contextual entre os objetivos é a de, se caminhamos de cima para baixo na árvore traduzir os objetivos superiores ser capaz de responder a pergunta "como pode ser obtido?", e, se caminhamos de baixo para cima na árvore, justificar os objetivos inferiores (ser capaz de responder a pergunta "para que atender esse objetivo?"). A relação contextual utilizada no programa é "suporta", isto é, por exemplo: "OBJ4 SUPORTA OBJ1". Sempre que a relação contextual for verdadeira, entra-se com um 1 na matriz de relacionamento, sempre que ela for falsa, entra-se com um 0. Como a relação contextual é transitiva, isto é, se OBJ4 SUPORTA OBJ1 e OBJ9 SUPORTA OBJ4, então OBJ9 SUPORTA OBJ1, o próprio computador, partindo da hipótese de transitividade preencherá com 1's outras posições das matrizes de relacionamento (Figura 5).

Resumidamente, as características importantes do programa são:

- Um grupo tem acesso a sucessivas perguntas na tela do computador para a entrada das linhas e colunas das matrizes e para a entrada de algumas relações contextuais;
- A seqüência de perguntas é controlada pelo computador baseado na hipótese de transitividade;
- A informação de entrada consistirá de um conjunto S de elementos e de uma relação contextual R. A informação de saída consistirá de um modelo matricial estruturado, onde a matriz é indicada pelo conjunto S, ambos horizontalmente e verticalmente. Um "1" numa célula da matriz significa que os índices ordenados da célula atendem a relação contextual representada por R;
- Este modelo pode ser substituído rapidamente por um modelo tipo árvore de objetivos.

Warfield (1976) apresenta métodos de obtenção de um modelo matricial. Quando nenhuma estrutura foi desenvolvida, utiliza-se o método da exploração. O método da exploração provê um modelo matricial parcial. De posse de um modelo matricial parcial pode-se utilizar o método do acoplamento. Esses métodos nas seções a seguir. Quando já se possui previamente um modelo parcial, pode-se utilizar o método do acoplamento diretamente.

Sobre o modelo matricial obtido, o computador promove simplificações, tais como, tratamento de ciclos, rearranjo dos elementos das linhas e colunas de modo a se obter matrizes de menor ordem, independentes e mais fáceis de manipular. Após a obtenção desse modelo estrutural básico o computador trabalha com outros dados fornecidos pelo usuário como, por exemplo: custos, pesos relativos de necessidades dos clientes, dados da concorrência. É como se cada retângulo da árvore de objetivos contivesse, além da necessidade do cliente ou do requisito de sistema ou do processo de fabricação, outras informações relevantes.

#### 4.2. O MÉTODO DO ACOPLAMENTO

Caso estruturas parciais já tenham sido desenvolvidas, o programa permite obter uma matriz M para a estrutura completa, onde:

$$M = \begin{bmatrix} A & X \\ Y & B \end{bmatrix} \quad (1)$$

e as matrizes A e B são conhecidas e X e Y são desconhecidas, utilizando o método do acoplamento.

#### 4.3. O MÉTODO DA EXPLORAÇÃO

O método da exploração é usado quando nenhuma estrutura foi feita. É um processo de duas fases. A primeira fase do processo obtém uma estrutura parcial, que permite à segunda fase usar o método do acoplamento descrito na seção anterior. Nesta seção é mostrado como a primeira fase estabelece as condições necessárias para usar o método do acoplamento na segunda fase.

A primeira fase do método da exploração é chamada de "partição sobre um elemento". O principal efeito desta fase é fornecer uma partição vetorial sobre o conjunto dos índices da matriz M (veja Figura 5) que permite que a matriz seja ordenada em blocos, embora nem todas as entradas (relacionamentos) sejam conhecidas. A ordenação em blocos identifica um conjunto de matrizes bloco ao longo da diagonal principal da matriz, e assim identifica um conjunto de matrizes relacionamento desconhecidas. Essas podem ser preenchidas usando o método do acoplamento, uma vez que a ordem de preenchimento é governada pelo princípio de que as matrizes bloco da diagonal sejam conhecidas.

A partição sobre um elemento é usada de forma cíclica para ordenar em blocos os índices da matriz em desenvolvimento. No processo de partição, um elemento do conjunto de índices é escolhido aleatoriamente pelo usuário e dados de relacionamento entre os outros elementos e o escolhido são solicitados pelo computador e fornecidos pelo usuário para preencher parcialmente a matriz M.

Particionar o conjunto S sobre um elemento na maneira descrita corresponde a preencher, na matriz, as linhas e colunas indexadas por aquele elemento. Particionar um subconjunto sobre um elemento corresponde a preencher, na submatriz indexada pelo subconjunto, a linha e coluna indexada por aquele elemento.

Isto significa que, na conclusão do ordenamento dos elementos de S, estão disponíveis os dados fornecidos para preencher a matriz parcialmente e, em adição, os dados inferidos pelo computador por transitividade.

#### 4.4. O ALGORITMO IMPLEMENTADO

Na Figura 6, é apresentado o fluxograma de todo o processo para a obtenção das matrizes do QFD. Nas seções a seguir, são

apresentadas as informações de entrada do programa a serem fornecidas pelo usuário e que resultados o programa fornece.

Aqui cabe um pequeno esclarecimento à cerca de alguns termos usados no fluxograma da Figura 6:

- 1) **Árvore do produto:** desdobra o sistema global em sistemas menores, cada um desses em subsistemas, estes outros em componentes e estes últimos em partes. Tem a mesma forma que uma árvore de objetivos.
- 2) **FMECA (Failure Mode and Criticality Analysis):** relaciona em uma tabela, partes, modo possível de falha, mecanismo e causa da falha, efeitos da falha, frequência de ocorrência, graus de severidade (G), probabilidade de ocorrência (P), risco (PxG), ação de projeto, validação de projeto.

Para considerações de custos o programa ainda elabora uma tabela de análise ou engenharia do valor, que relaciona os custos dos componentes e suas funções. O algoritmo implementado com esse fim é apresentado na Figura 7.

#### 4.5. DADOS FORNECIDOS PELO USUÁRIO

- necessidades dos clientes e suas relações
- peso das necessidades
- notas para avaliar como a concorrência atende às necessidades
- grau de dificuldade para atender às necessidades
- atributos de desempenho
- requisitos do sistema para cada atributo
- dificuldade técnica em se obter os requisitos do sistema
- notas dos requisitos de sistema da concorrência
- metas dos requisitos de sistema
- árvore do produto
- características do componente acabado
- características das partes para fornecer as características dos componentes
- dados da tabela de FMECA
- processos relacionados às características críticas
- itens de controle do processo
- itens de verificação
- método, instrumento, frequência e tamanho da amostra para verificação

#### 4.6. RESULTADOS FORNECIDOS PELO PROGRAMA

- simplificação das matrizes de interrelacionamento
- instruções de fabricação
- gráficos relativos a: árvore de necessidades dos clientes, árvore do produto, FMECA, análise funcional, carta de engenharia do valor, matrizes do QFD
- rapidez no fornecimento das relações entre quaisquer linhas ou colunas das matrizes do QFD
- como se propaga qualquer alteração em uma linha ou coluna das matrizes
- pontos fortes de venda
- requisitos de sistema a serem desdobrados
- características de componentes a serem desdobradas



## 5. CONCLUSÃO

Espera-se que com este trabalho se esteja contribuindo para viabilizar o trabalho em equipe no desenvolvimento de novos produtos ou a melhoria da qualidade de produtos já existentes. Atuar para a melhoria da Qualidade de projeto é, de acordo com Bedworth (1991) ter acesso a manipular 70% do custo de um produto. Quando se tenta aumentar produtividade atuando sobre os setores de manufatura, com um projeto "intocável", pode-se atuar somente sobre 30% do custo do produto. A aplicação do QFD para a melhoria da Qualidade de projeto tem se mostrado eficaz. O CAQFD pretende tornar essa aplicação também eficiente.

## ABSTRACT

*This paper presents the QFD (Quality Function Deployment) as a Total Quality Management tool. It is presented a computational version for QFD, its algorithm, advantages, disadvantages and perspectives of use.*

## BIBLIOGRAFIA

- 1) BEDWORTH, D.D. Computer-integrated design and manufacturing. McGraw-Hill, New York, 1991.
- 2) FALCONI CAMPOS, V. Gerência da qualidade total. Fundação Christiano Ottoni, Belo Horizonte, 1989.
- 3) EUREKA, W.E. QFD - perspectivas gerenciais do desdobramento da função qualidade. Quality Mark, Rio de Janeiro, 1992.
- 4) HAUSER, J.R. The house of quality in Harvard Business Review. May-June 1988.
- 5) JURAN, J.M. Juran's quality control handbook. 4a. ed., McGraw-Hill, New York, 1988.
- 6) ROSS, P.J. The role of Taguchi methods and design of experiments in QFD in Quality Progress. June 1988.
- 7) SULLIVAN, P.L. Quality function deployment in Quality Progress. June 1986.
- 8) WARFIELD, J.N. Societal systems. John Wiley & Sons, New York, 1976.

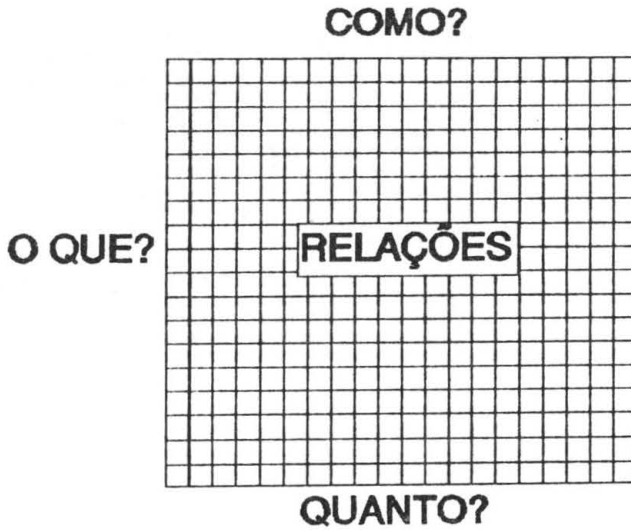


Figura 1: Matriz QFD Típica

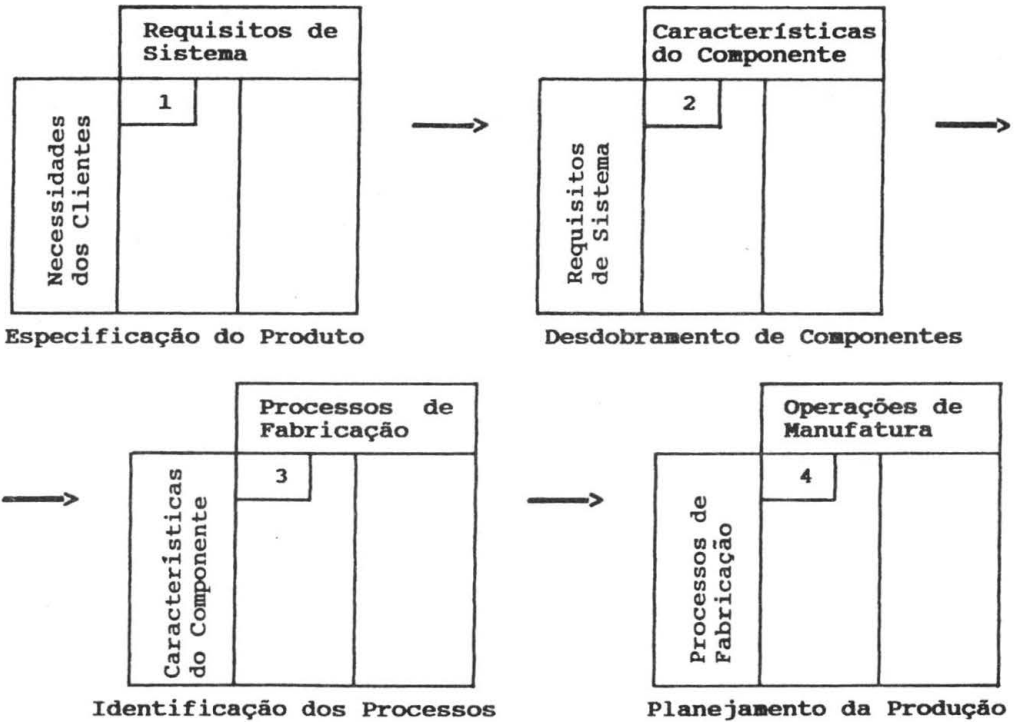


Figura 2: O Processo do QFD

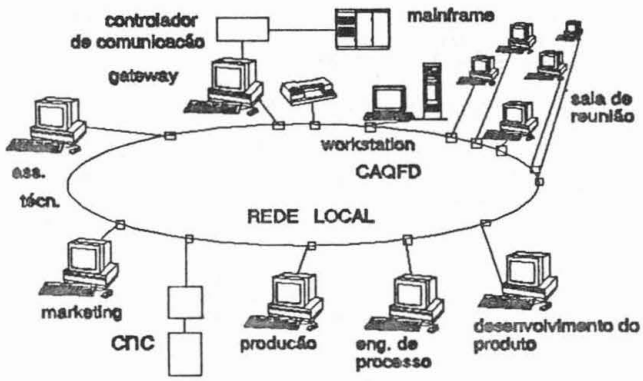


Figura 3: Exemplo de Configuração em rede.

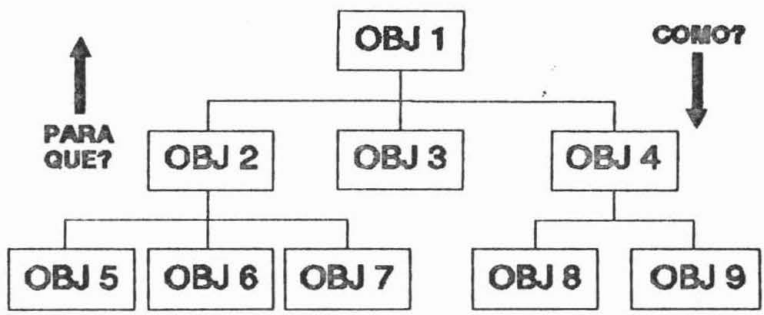


Figura 4: Árvore de Objetivos

$$M = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

Figura 5: Modelo Matricial

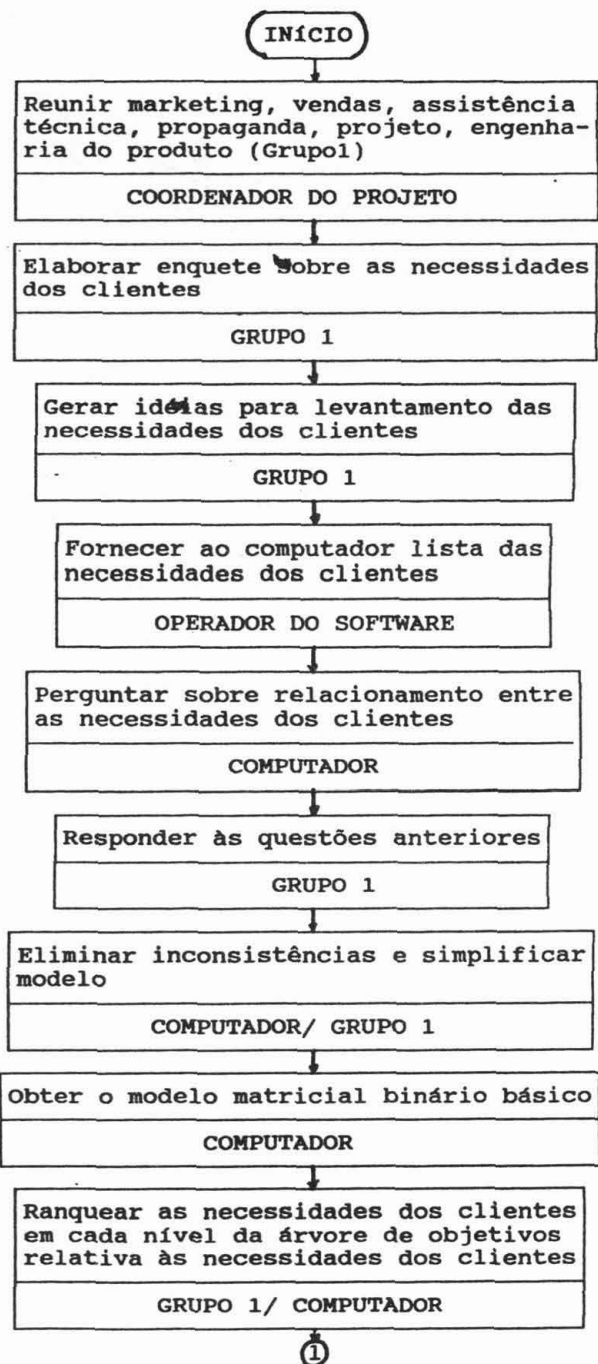
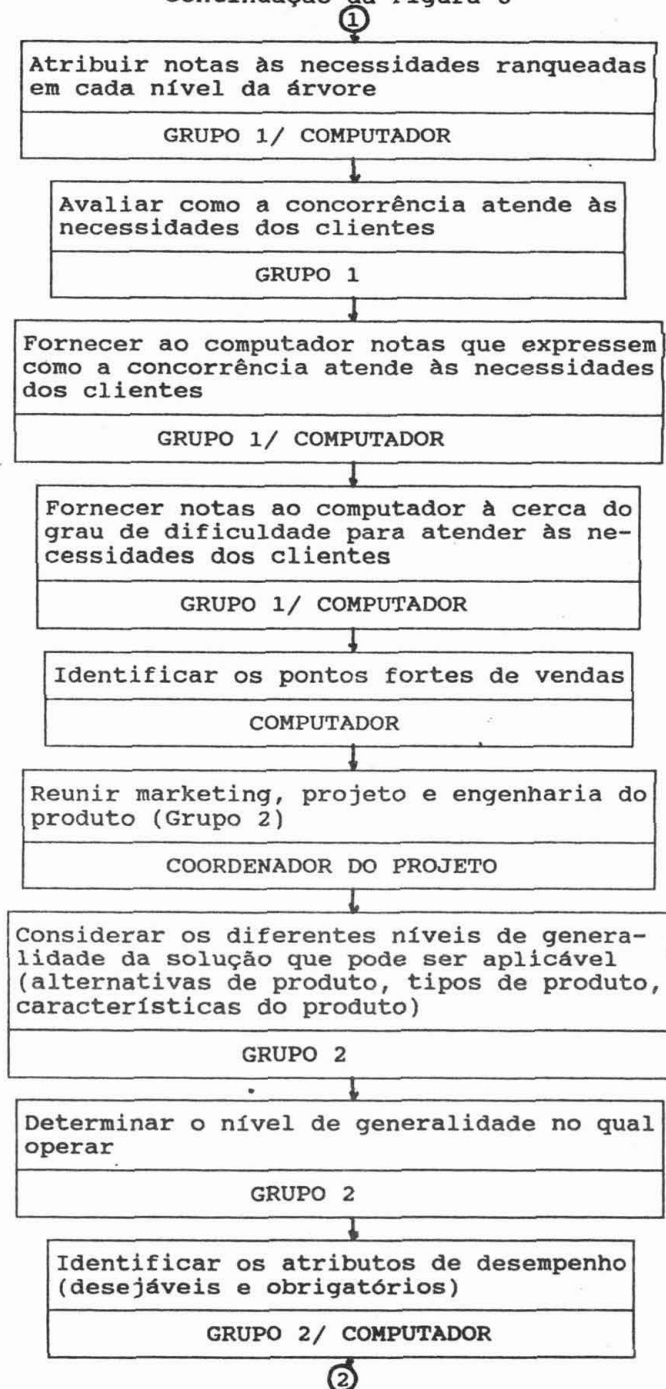
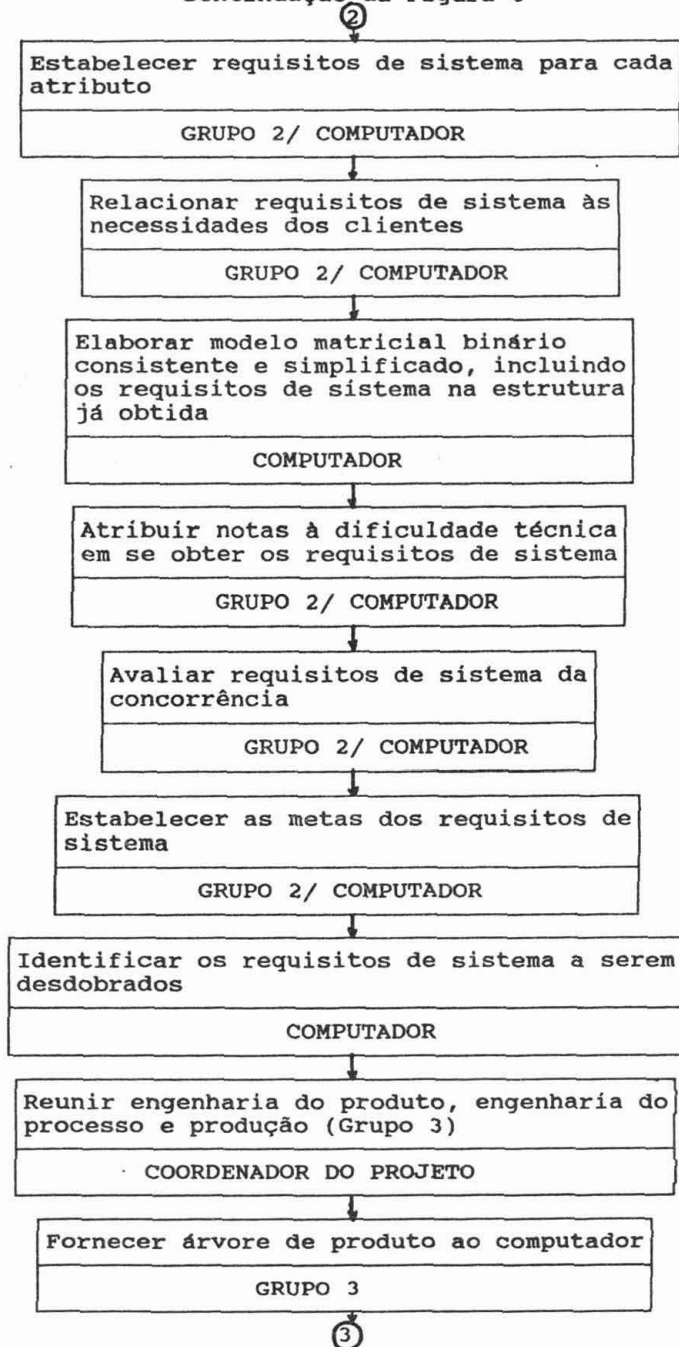


Figura 6: Fluxograma do algoritmo implementado

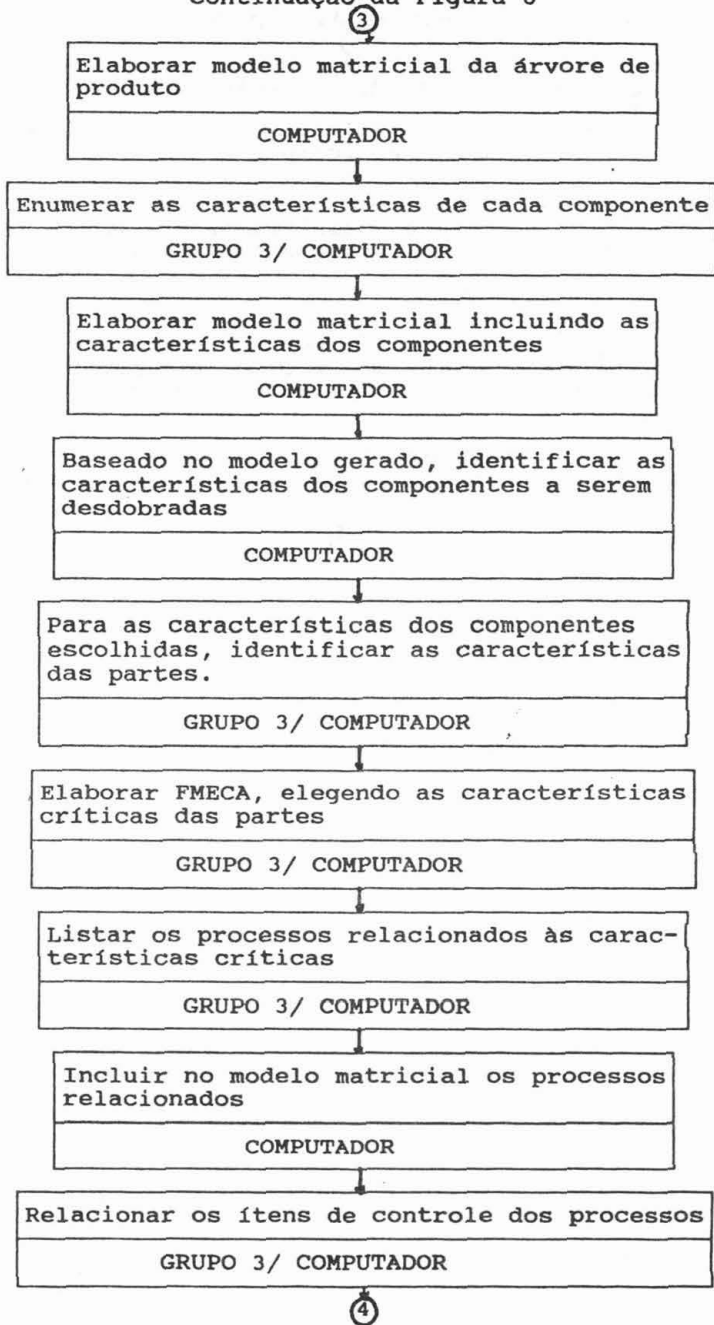
continuação da Figura 6



continuação da Figura 6



continuação da Figura 6



continuação da Figura 6

4

Desdobrar os itens de controle em itens de verificação

GRUPO 3/ COMPUTADOR

Relacionar método de verificação, frequência e tamanho da amostra, instrumento de trabalho

GRUPO 3

Obter as operações de manufatura (instruções), e modelo matricial que as relaciona com o restante da estrutura

COMPUTADOR

FIM



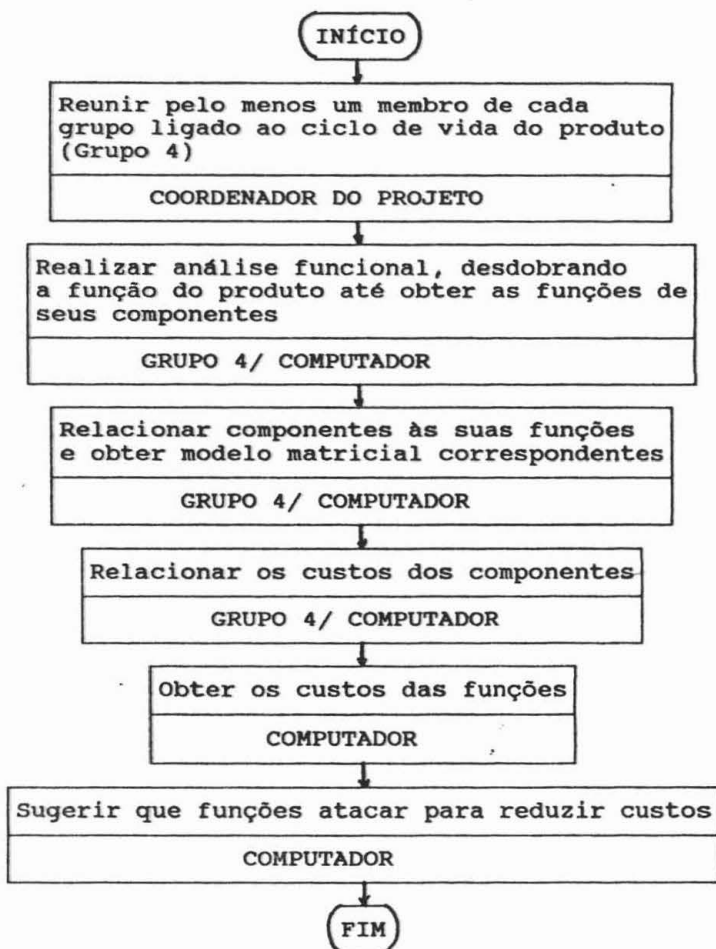


Figura 7: Fluxograma para a implementação da Tabela de Engenharia do Valor

