UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
ESCOLA DE ENGENHARIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

METODOLOGIA PARA CÁLCULO DE INDICADOR DA VIABILIDADE DE CUSTOMIZAÇÃO DE PRODUTOS MANUFATURADOS

Rogério Royer

Porto Alegre, 2001

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
ESCOLA DE ENGENHARIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

METODOLOGIA PARA O CÁLCULO DE UM INDICADOR DA VIABILIDADE DE CUSTOMIZAÇÃO DE PRODUTOS MANUFATURADOS.

Rogério Royer

Orientador: Professor Flávio Sanson Fogliatto, Ph.D.

Banca Examinadora:

Giovani Da Silveira, Ph.D.
IAE / Universidade Austral

Francisco José Kliemann Neto, Dr.
PPGEP / UFRGS

Gilberto Dias da Cunha, Dr.
PPGEP / UFRGS

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

MESTRE EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

Área de concentração: Qualidade

Porto Alegre, Abril de 2001.

Esta dissertação foi julgada adequada para a obtenção do título de Mestre em Engenharia de Produção e aprovada em sua forma final pelo Orientador e pela Banca Examinadora designada pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção.

_____

Prof. Flávio Sanson Fogliatto, Ph.D.
Orientador

_____

Prof. Luís Afonso dos Santos Senna, Ph. D.
Coordenador PPGEP/UFRGS

Banca Examinadora:

Giovani Da Silveira, Ph.D.
IAE / Universidad Austral

Francisco José Kliemann Neto, Dr.
PPGEP / UFRGS

Gilberto Dias da Cunha, Dr.
PPGEP / UFRGS

Aos meus pais,
Anildo Royer e Maria Eva Royer
Pelo apoio e dedicação
Dedico este trabalho como uma pequena parcela da minha gratidão.

AGRADECIMENTOS

Gostaria de registrar os mais sinceros agradecimentos a todas as pessoas que direta ou indiretamente contribuíram para a realização deste trabalho.

Agradeço, em especial, ao Professor Flávio Sanson Fogliatto, orientador deste trabalho, que tornou claros os caminhos a serem percorridos e que, com sua dedicação e entusiasmo, serviu de exemplo e incentivo.

Agradeço aos professores do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, por sua contribuição à minha formação profissional.

Agradeço aos colegas, com os quais compartilhei a experiência de aprender, e cuja amizade tornou mais agradável a jornada. Em especial agradeço a colega Ariane Ferreira Porto Rosa, pela atenção e incentivo dispensados.

Agradeço também aos funcionários do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção.

Agradeço a CAPES que financiou este estudo e possibilitou o desenvolvimento desta dissertação.

Agradeço a Springer Carrier S. A., a qual possibilitou a realização do estudo de caso contido neste trabalho.

Finalmente, agradeço à minha família e aos meus amigos, que foram pessoas que permitiram que este trabalho existisse e tivesse razão de ser.

ÍNDICE

LISTA DE FIGURAS ix
LISTA DE TABELAS xi
RESUMOS xiii
ABSTRACT xiv

CAPITULO 1 1
1. Introdução 1
1.1. Comentários Iniciais 1
1.2. Justificativa do trabalho 2
1.3. Objetivos do trabalho 3
1.3.1. Objetivo principal 3
1.3.2. Objetivos específicos/operativos 3
1.4. Método da pesquisa 4
1.5. Delimitação 5
1.6. Estrutura do trabalho 6

CAPITULO 2 7
2. Revisão bibliográfica 7
2.1. Customização em massa 7
2.1.1. Classificação do nível de customização desejado 8
2.1.2. Fatores Internos e externos a serem considerados para a customização 13
2.1.3. Os paradigmas que sustentam a customização em massa 15
2.1.4. Formas de implantação da customização em massa 19

2.1.4.1.Personalização de serviços em torno de produtos e serviços padronizados 25
2.1.4.2.Criar produtos e serviços customizáveis 25
2.1.4.3.Prover pontos de entrega de customização 26
2.1.4.4.Fornecer respostas rápidas por toda a cadeia de valor 27
2.1.4.5.Modularizar componentes para customizar produtos finais e serviços 28
2.1.5. Aplicações práticas da customização em massa 32
2.2. Flexibilidade na Manufatura 35
2.2.1. A importância da flexibilidade na manufatura 35
2.2.2. Definição da flexibilidade 38
2.2.3. Tipos de flexibilidade existentes 39
2.2.4. Justificativas para a implantação da flexibilidade na manufatura 47
2.3. Desdobramento da Função Qualidade 49
2.3.1. Matriz da Qualidade 51
2.3.2. Matriz do produto 56
2.3.3. Matriz dos processos 58

CAPITULO 3 61
3. Indice de customização – proposta metodológica para o cálculo de um indicador da viabilidade de customização de produtos manufaturados 61
3.1. Comentários iniciais 61
3.2. Etapa I – Identificação do produto a ser customizado 64
3.3. Etapa II – Escolha da ferramenta a ser utilizada na coleta de informações acerca dos elementos de customização demandada 64
3.4. Etapa III – Identificação, classificação e quantificação dos elementos a serem customizados 66
3.5. Etapa IV – Elaboração da árvore da customização demandada 68
3.6. Etapa V – Elaboração da matriz da customização demandada 71
3.7. Etapa VI – Elaboração da matriz de processos 75
3.8. Etapa VII – Cálculo do índice da customização demandada incorporado as condições de produção existentes 78
3.9. Etapa VIII – Interpretação dos resultados 83
3.10. Etapa IX - Conclusões 84

CAPITULO 4 85
4. Estudo de Caso 85
4.1. Etapa I – Identificação do produto a ser customizado 86
4.2. Etapa II – Escolha da ferramenta a ser utilizada para a identificação dos elementos a serem customizados 86
4.3. Etapa III – Identificação, classificação e quantificação dos elementos a serem customizados 86
4.4. Etapa IV – Elaboração da árvore da customização demandada 89
4.5. Etapa V – Elaboração da matriz da customização demandada 91
4.6. Etapa VI – Elaboração da matriz de processos 98
4.7. Etapa VII – Cálculo do índice da customização demandada incorporado as condições de produção existentes 101
4.8. Etapa VIII – Interpretação dos resultados 102
4.9. Etapa IX - Conclusões 109

CAPITULO 5 111
5. Conclusão 111

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA 114

ANEXOS 120
Anexo 1 – Matriz da customização demandada 121
Anexo 2 – Matriz das Etapas de Processo 123

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 2.1. Representação esquemática das quatro abordagens de customização sugeridas por Gilmore & Pine II (1997)..... 9
FIGURA 2.2. Fatores externos e internos que justificam a adoção de sistemas de CM por organizações 15
FIGURA 2.3. Modificações a serem feitas na cadeia de valor para customizar serviços em torno de produtos e serviços padronizados (Pine II, 1994)..... 25
FIGURA 2.4. Modificações a serem feitas na cadeia de valor para criar produtos e serviços customizáveis (Pine II, 1994)..... 26
FIGURA 2.5. Modificações a serem feitas na cadeia de valor para fornecer a customização no ponto de entrega (Pine II, 1994) 27
FIGURA 2.6. Modificações a serem feitas na cadeia de valor para fornecer a customização no ponto de entrega (Pine II, 1994) 28
FIGURA 2.7. Modificações a serem feitas na cadeia de valor para fornecer componentes modularizados (Pine II, 1994)..... 29
FIGURA 2.8. Fatores que influenciam no desempenho da função de operações (Slack, 1993) 49
FIGURA 2.9. Matriz da Qualidade (Ferreira, 1997)..... 52
FIGURA 2.10.Matriz do Produto (Ferreira, 1997) 56
FIGURA 2.11.Matriz do Processo (Ferreira, 1997)..... 59
FIGURA 3.1. Diagrama do método para a obtenção de um índice de viabilidade da customização demandada considerando as condições de produção existentes..... 63
FIGURA 3.2. Estrutura genêrica da matriz da customização demandada..... 72
FIGURA 3.3. Estrutura genérica da matriz de processos 76

FIGURA 3.4. Representação esquemática das etapas para obtenção do índice de priorização dos processos 78
FIGURA 3.5. Representação esquemática das operações para a obtenção do índice da customização demandada incorporado das condições de produção existentes..... 80
FIGURA 4.1. Gráfico de pareto identificando a priorização dos elementos do equipamento de ar-condicionado tipo janela (WRAC), através do $ICD_i\%$ 104
FIGURA 4.2. Gráfico de pareto identificando a priorização dos itens de projeto do equipamento de ar-condicionado tipo janela (WRAC), através do $IIPC_j$ * 104
FIGURA 4.3. Gráfico de pareto identificando a priorização das etapas do processo para a customização do equipamento de ar-condicionado tipo janela (WRAC), através do IPP_k * 105
FIGURA 4.4. Gráfico de pareto identificando a priorização dos itens de projeto corrigida de forma a repetir a flexibilidade apresentada pelas etapas de processo, através do $IIPC2_j$. 106
FIGURA 4.5. Gráfico de pareto identificando a priorização dos elementos a serem customizados, considerando a demanda de mercado e as condições de produção existentes 108

LISTA DE TABELAS

TABELA 2.1. Comparação entre as diferentes tipologias de customização (Da Silveira *et al.*, 2000)..... 12

TABELA 2.2. Habilitadores da customização em massa relacionado com seus respectivos fatores de sucesso (Da Silveira *et al.*, 2000)..... 24

TABELA 2.3. Escala de intensidade utilizada nos relacionamentos da matriz do QFD ..... .53

TABELA 2.4. Escala de importância utilizada na matriz do QFD..... 53

TABELA 2.5. Escala de competitividade utilizada na matriz do QFD 54

TABELA 2.6. Escala de dificuldade e tempo, utilizadas na matriz do QFD 55

TABELA 3.1. Exemplo de uma estrutura de desdobramento em níveis primário, secundário e terciário dos elementos a serem customizados..... 67

TABELA 3.2. Exemplo de estrutura da árvore da customização demandada 69

TABELA 3.3. Valores utilizados para expressar a intensidade dos relacionamentos na matriz da customização demandada e na matriz de processos 73

TABELA 3.4. Exemplo de ponderação para as medidas de flexibilidade escolhidas 74

TABELA 4.1. Relação dos elementos a serem customizados no equipamento de ar-condicionado tipo janela (WRAC)..... 87

TABELA 4.2. Desdobramento nos níveis primário, secundário e terciário dos elementos a serem customizados do equipamento de ar condicionado tipo janela (WRAC) 88

TABELA 4.3. Média final dos pesos atribuídos aos elementos dos níveis secundário e terciário para a customização do equipamento de ar-condicionado tipo janela (WRAC)..... 89

TABELA 4.4. Estrutura final da árvore da customização demandada para o equipamento de ar-condicionado tipo janela (WRAC) 90
TABELA 4.5. Relação dos itens de projeto do equipamento de ar-condicionado tipo janela (WRAC)..... 92
TABELA 4.6. Valores dos índices relacionados aos itens de projeto do equipamento de ar condicionado tipo janela (WRAC)..... 93
TABELA 4.7. Cálculo do $IFIC1_j$ a partir dos tempos de entrega dos itens de projeto comprados..... 94
TABELA 4.8. Cálculo do $IFIC2_j$ a partir do tamanho do lote mínimo que o fornecedor estabelece para aceitar o pedido dos itens de projeto comprados..... 96
TABELA 4.9. Valores dos índices relacionados às etapas do processo do equipamento de ar-condicionado tipo janela (WRAC) 99
TABELA 4.10. Cálculo do índice de flexibilidade de processo 101
TABELA 4.11. Resultados encontrados no cálculo do $ICD2_i$ para os elementos da customização demandada 102
TABELA 4.12. Comparação entre a priorização dos itens de projeto, considerando o $IIPC_j$ * e $IIPC2_j$ 107
TABELA 4.13. Comparação entre a priorização dos elementos de customização, considerando o ICD_i * e o $ICD2_i$ 109

RESUMO

O tema desta dissertação de mestrado é o estudo da Customização em Massa (CM) com vistas à elaboração de um índice que meça a viabilidade da implantação de sistemas de manufatura customizados. A CM vem sendo identificada por um número crescente de organizações como uma importante estratégia competitiva.

A etapa inicial desta dissertação foi a revisão bibliográfica sobre CM, Flexibilidade na Manufatura e Desdobramento da Função Qualidade (QFD), que constituem os seus temas principais.

Na segunda etapa foi elaborada a metodologia que propõe o cálculo de um indicador de viabilidade de customização de produtos manufaturados. Como ferramenta para a elaboração deste índice, utilizou-se o QFD. Através do emprego da metodologia proposta é possível listar e ponderar as demandas de customização pelos clientes e, então, avaliar a viabilidade de se customizar os elementos desejados pelo cliente em termos de produto e processo (viabilidade tecnológica e flexibilidade de manufatura).

Na última etapa a metodologia proposta nesta dissertação foi aplicada através de um estudo de caso, permitindo-se o esclarecimento da realização das suas etapas.

ABSTRACT

Mass customization (MC) is a concept created by Davis (1989) to describe a new paradigm in production management that aims to fulfill the demand for tailor-made products and services. MC enables the delivery of customized products at prices similar to mass-produced items. Despite being identified by an increasing number of organizations as an important competitive strategy, MC implementation may be thwarted by the rigidity of existing production systems.

This thesis proposes a customization index to estimate the feasibility of implementing on MC system. The index establishes a ranking of customizability for different characteristics of a product; that is based on three variables that are customer requirements, supplier delivery flexibility, and production flexibility.

To provide a background for developing the index, this work reviews the subject of CM, Flexibility in manufacturing systems and the Quality Function Deployment (QFD). The index proposed is applied in a case study from the electronics industry

CAPÍTULO 1

1 INTRODUÇÃO.

1.1 Comentários iniciais.

Nas últimas décadas, a necessidade por produtos customizados e economicamente viáveis tem aumentado, motivado principalmente pela concorrência observada entre empresas de manufatura e serviços. Produtos customizados podem ser descritos como aqueles que atendem a demandas específicas do cliente.

A crescente demanda por produtos customizados e de baixo custo conflita diretamente com o grau de rigidez apresentado pela maioria das empresas de manufatura e serviços. Produção a baixo custo implica em grandes volumes e produtos padronizados, num sistema de produção característico de produção em massa.

Para atender à demanda por produtos customizados e de baixo custo, um novo sistema de produção, denominado "customização em massa", foi concebido por Davis (1989). A customização em massa (CM) é uma estratégia de produção que se caracteriza pela capacidade de produzir itens que atendam às preferências individuais dos clientes, a preços similares aos de produtos manufaturados em massa. A CM vem sendo identificada por um número crescente de organizações como uma importante estratégia competitiva; todavia, a crescente demanda por produtos customizados e de baixo custo conflita diretamente com o grau de rigidez apresentado pelas empresas de manufatura.

Esta dissertação propõe o cálculo de um índice que auxilie na implantação e avaliação de sistemas de manufatura customizados. O índice proposto permite estabelecer, para um dado produto de interesse, um *ranking* de customização para as suas características; quanto mais a alta a posição de uma característica no *ranking*, mais facilmente ela se adaptará a uma estratégia de customização em massa. A função deste índice é dimensionar a customização (dentro de um conjunto de fatores que abrangem os investimentos envolvidos e o retorno obtido por cada item customizado), apontando assim quais são os itens mais interessantes a serem focados pela customização no processo de manufatura.

1.2 Justificativa do trabalho.

O tema desta dissertação tem sua relevância fundamentada em alguns fatores apresentados a seguir.

A customização em massa constitui-se em uma abordagem recente, o que possibilita a sua análise sob diversos aspectos.

O estudo aqui apresentado pode ser justificado pelas potenciais vantagens decorrentes da adoção da CM como estratégia competitiva por empresas industriais e de serviço. Dentre essas vantagens, podem ser destacadas:

- Redução ou eliminação das pesquisas de mercado, em virtude do contato direto com os clientes e identificação imediata de suas preferências.
- Aumento da intensidade do relacionamento entre empresas e clientes. Os clientes passam a conhecer melhor os processos da empresa. Como consequência, espera-se um aumento no grau de confiança e lealdade dos clientes à empresa.
- Redução dos estoques em virtude da pré-definição dos produtos pelos clientes.
- Virtual eliminação do risco de obsolescência de produtos acabados em estoque, já que as unidades manufaturadas são feitas mediante encomenda.
- Redução dos preços de mercado em um espaço relativamente curto de tempo, a partir do aumento do conhecimento sobre o sistema. Como resultado, a empresa passa a oferecer um preço competitivo e produtos diferenciados.

O desenvolvimento dos sistemas de CM justifica-se principalmente pela disponibilidade de novas tecnologias de manufatura e informação e pela diminuição dos ciclos de vida de produtos manufaturados.

Apesar das vantagens proporcionadas pela customização em massa, não existe hoje um índice para indicar o potencial e a viabilidade de cada produto ou item de produto a ser customizado. Entre as experiências existentes na customização em massa reportadas na literatura, vê-se que não há critérios que definam quais seriam as partes de um produto mais interessantes com vista a customização.

A falta de uma metodologia bem estruturada e definida, com a intenção de estabelecer prioridades de customização dentro de um produto, pode resultar em um aproveitamento apenas parcial dos ganhos proporcionados por uma estrutura de manufatura direcionada para a customização. O presente trabalho justifica-se, essencialmente, por propor uma metodologia para este fim.

1.3 Objetivos do Trabalho.

1.3.1 Objetivo Principal.

A presente dissertação de mestrado tem por objetivo principal definir um índice para mensurar a viabilidade da customização em massa de aspectos de um produto. Tal dimensionamento da customização tem por objetivo identificar a viabilidade de se realizar a customização de diferentes aspectos de um produto bem como permitir que se estabeleçam prioridades para isto.

1.3.2 Objetivos secundários.

Tem-se por objetivos secundários:

- Investigar aspectos teóricos da customização em massa como meio estratégico para a competitividade industrial;
- Investigar as características da flexibilidade em manufatura, seus diferentes tipos e importância e as dificuldades para a sua implantação.
- Investigar como as novas tecnologias de manufatura e informação podem contribuir na viabilização da customização em massa.

- Investigar ferramentas auxiliares na obtenção de índices de customabilidade, tais como o QFD.

1.4 Método da pesquisa.

A metodologia de pesquisa desta dissertação de mestrado enquadra-se na categoria de pesquisa aplicada aliada a um estudo de caso.

A pesquisa aplicada consiste na aplicação da pesquisa básica a problemas do mundo real, e refere-se à discussão de um problema com a utilização de um referencial teórico. Seu propósito inclui uma preocupação teórica, seja no refinamento ou na criação de uma nova teoria ou método que possibilite intervir ou solucionar problemas. O tema da pesquisa aplicada deve ser tão generalizável no tempo e no espaço quanto possível, porém limitado ao contexto de sua aplicação (Patton *apud* Roesch, 1994)

O estudo de caso é o método de pesquisa indicado quando: (*i*) questionamentos "como?" e "porque?" estão sendo colocados, (*ii*) os investigadores possuem pouco controle sobre o evento estudado e (*iii*) o foco é sobre um fenômeno contemporâneo dentro de algum contexto da vida real. Entre as muitas situações em que o estudo de caso é utilizado, inclui-se a condução de dissertações e teses de mestrado no meio acadêmico (Yin, 1994).

O método de desenvolvimento da pesquisa realizada nesta dissertação consta das seguintes etapas:

- Realização de uma revisão bibliográfica sobre os assuntos pertinentes abordados pelo trabalho;
- A definição do ferramental útil e necessário para o desenvolvimento do método a ser apresentado, como o QFD (desdobramento da função qualidade);
- A definição de uma metodologia para a obtenção de índices que dimensionem a viabilidade da customização em massa para conjuntos e/ou componentes de produtos manufaturados;
- Uma avaliação crítica do método proposto através de um estudo de caso;
- Considerações finais e recomendações críticas a partir da análise efetuada.

1.5 Delimitação.

Como o objetivo do presente estudo é uma dissertação de mestrado, este foi definido de maneira a restringir o trabalho.

As delimitações do trabalho referem-se à definição de uma técnica para a obtenção de índices que dimensionem a viabilidade da customização em massa para itens (conjuntos e/ou componentes) de produtos manufaturados. Neste trabalho será realizado um estudo de caso a fim de explicitar a técnica exposta e discutir a mesma.

Na revisão bibliográfica, a classificação existente para o nível de customização desejado, assim como o conjunto de fatores internos e externos que justificam a CM, está limitada as referências encontradas sobre o assunto. Nas formas de implantação da CM aqui mencionadas, não se pretende apresentar uma receita de aplicação imediata, mas sim destacar alguns pontos importantes para o sucesso na implantação da CM, e apresentar alguns métodos para a sua aplicação. A classificação apresentada para os diferentes tipos de flexibilidade limita-se ao material encontrado na literatura.

Não se pretende criar uma metodologia que tenha uma aplicação imediata a qualquer indústria de manufatura. Observamos que na implantação destes índices, deve-se realizar análises a fim de identificar quais são as características específicas de cada caso. Estas características são definidas pelos tipos de produtos abordados, pelos tipos de tecnologias aplicadas e pelos tipos de mercados pretendidos.

O estudo de caso apresentado nesta dissertação foi realizado no aparelho de ar-condicionado tipo janela, não fazendo parte deste trabalho a generalização das conclusões para outros produtos similares. O estudo de caso limita-se a uma análise dos itens de produto e das etapas de processo, não sendo realizados qualquer estudo de investimentos necessários (custos) ou de infra-estrutura para auxiliar a implantação da CM.

1.6 Estrutura do trabalho.

A estrutura da dissertação vem descrita a seguir. No primeiro capítulo é apresentado o tema discutido, as justificativas do trabalho proposto, os objetivos a serem alcançados, a metodologia utilizada na pesquisa e as delimitações do trabalho.

No segundo capítulo é feita uma revisão bibliográfica, onde são apresentados os tópicos necessários para a formulação dos fundamentos teóricos da dissertação. A revisão bibliográfica apresenta de forma detalhada os conhecimentos consolidados nas áreas de customização em massa, flexibilidade em manufatura e QFD.

O terceiro capítulo descreve o modelo conceitual proposto e desenvolvido para a obtenção de índices que dimensionem a viabilidade da customização em massa para produtos manufaturados.

No quarto capítulo do trabalho é mostrada, através de um estudo de caso, a aplicação da técnica proposta, onde além de elucidar as etapas de realização do método, serão discutidas e analisadas as suas particularidades.

Por último, são apresentadas algumas conclusões sobre a metodologia proposta assim como sugestões para estudos futuros sobre o tema e correlatos.

CAPÍTULO 2

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Neste capítulo é apresentado um resumo dos fundamentos teóricos que constituem a base desta dissertação. Estes fundamentos encontram-se divididos em três temas, os quais são o conhecimento sobre Customização em Massa (CM), a Flexibilidade em Manufatura e o Desdobramento da Função Qualidade (QFD).

2.1. Customização em Massa

Com a crescente concorrência observada entre empresas de manufatura, tem se observado uma necessidade crescente por produtos customizados. Produtos customizados são aqueles que atendem, em maior ou menor grau, a demandas específicas de clientes. No limite, um produto customizado em massa atende em grande parte as demandas individuais dos clientes; ou seja, são plenamente atendidas as opções de escolha oferecidas aos clientes. Nesse sentido, conforme Westbrook & Williamson (1993), a customização em massa difere-se dos sistemas flexíveis tradicionais, onde se tenta atender às necessidades individuais dos clientes oferecendo uma grande variedade de produtos.

A customização em massa (CM), conforme Eastwood (1996), é uma estratégia de produção que se caracteriza pela capacidade de produzir itens ou serviços que atendam às preferências individuais dos clientes, a preços similares aos de produtos padronizados.

Davis (1989) define a customização em massa como uma estratégia de produção que visa trazer as necessidades dos clientes para dentro dos processos produtivos, utilizando para isto um processo com alta agilidade, flexibilidade e integração, aumentando assim a competitividade das empresas.

Kay (1993) salienta que a CM pode ser vista, pelos administradores e clientes, como um salto além do conceito de qualidade total. Isto ocorre porque a CM vincula a eliminação de defeitos e a melhoria dos processos como uma perspectiva estratégica, transfere o foco estratégico da organização de grandes mercados para os clientes individuais e promove a melhoria contínua. Eastwood (1996) aponta como meta para a customização em massa fornecer a todo cliente um produto que corresponda as suas especificações únicas.

Uma das características da CM é a necessidade da implantação, na organização, de habilitadores que venham a viabilizá-la. Como exemplo de habilitador para sistemas de CM, temos a flexibilidade em manufatura, discutida na seção 2.2.

2.1.1. Classificação do nível de customização desejado.

A principal característica de um produto ou serviço elaborado num sistema de CM é o número de opções de escolha oferecido aos clientes. O número de opções proporcionadas, assim como a forma como estas opções serão oferecidas aos clientes, determinarão o nível de customização a ser praticado em um produto ou serviço e, respectivamente, definirão o grau de dificuldade de se implantar um sistema de CM.

Como etapa inicial da implantação da customização, é necessário definir-se o nível de CM almejado pela empresa. Isto ocorre devido ao fato de que, quanto maior for o número de opções oferecidas aos produtos e serviços customizados, maior será a demanda por flexibilidade dentro da organização.

Primeiramente, podemos classificar a customização em pelo menos duas formas:

- Através da forma tradicional, onde o cliente realiza uma encomenda individual do produto em questão. Neste caso, o cliente pode definir todas as características do produto, ou aquelas consideradas mais relevantes. Como exemplo de customização que ocorre por encomenda individual, temos vestuário e artigos mobiliários.

- Através de módulos, onde temos uma variante da encomenda individual. Neste caso, onde o produto é modularizado, são oferecidas ao cliente opções para a definição dos parâmetros do produto. Como exemplos de customização de produtos através de módulos temos os equipamentos de informática e automóveis.

Outra classificação da customização, em quatro abordagens distintas, é sugerida por Gilmore & Pine II (1997). Esta abordagem, baseada essencialmente em observações empíricas, é apresentada abaixo em um grau decrescente de customização, e está representada esquematicamente na Figura 2.1:

1º) Colaborativa: O cliente elabora o projeto em conjunto com a empresa, resultando, assim, numa customização total do bem ou serviço. Como exemplos deste tipo de aplicação temos o projeto de casas, móveis, vestuários, ou sistemas de informação para empresas.

2º) Transparente: É oferecido um conjunto de opções (módulos) ao cliente, que escolhe as características desejadas do bem ou serviço a ser adquirido. Neste nível de customização, adaptam-se itens como calçados, bicicletas e microcomputadores.

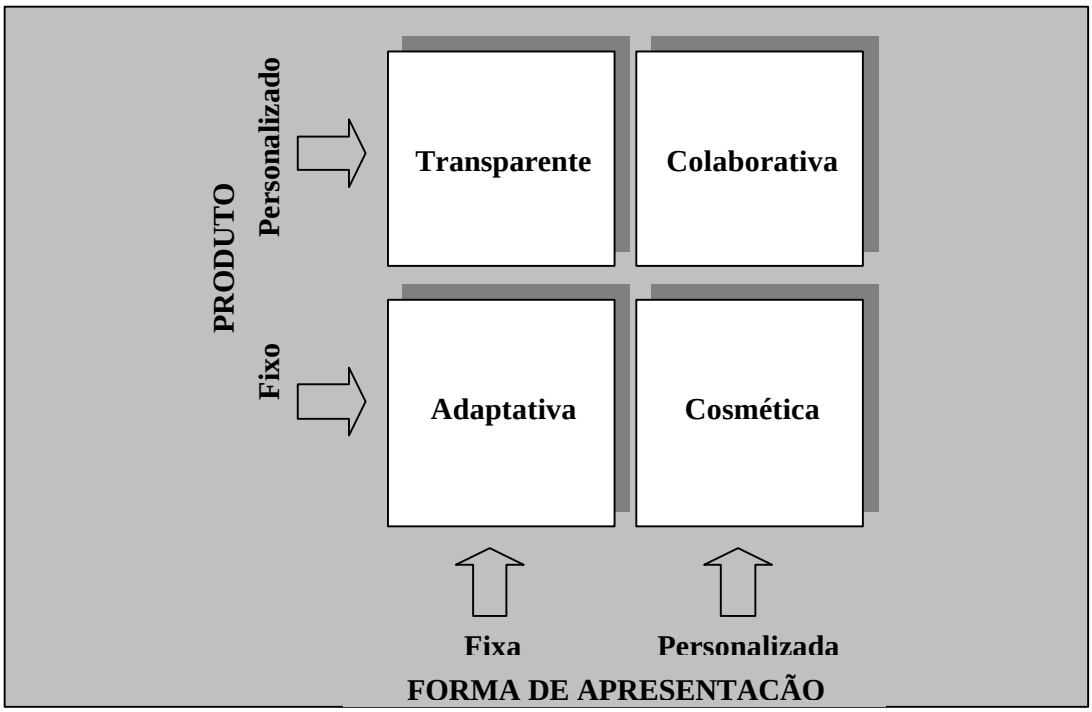

Figura 2.1 Representação esquemática das quatro abordagens de customização sugeridos por Gilmore & Pine II (1997).

3º) Cosmética: Nesta forma de customização, o cliente não participa da definição do produto propriamente dito, mas apenas da sua forma de apresentação. Como exemplos temos a variação da embalagem em um mesmo produto manufaturado, tanto em *snacks* de companhias aéreas como em embalagens personalizadas em cadeias de supermercados.

4º) Adaptativa: Neste nível a customização ocorre somente na forma como o cliente irá utilizar o produto manufaturado. Como exemplos temos as prateleiras moduladas e os sistemas industriais de refrigeração.

Conforme Gilmore & Pine II (1997), muitas organizações, algumas vezes, têm combinado duas ou mais das abordagens de customização apresentadas acima. Estas abordagens possibilitam uma estrutura de trabalho para a organização projetar seus produtos customizados e a justificar os seus investimentos. Gilmore & Pine II (1997) demonstram a necessidade da interação com o cliente na customização colaborativa, os cuidados observados pela customização transparente, o reconhecimento da customização cosmética e a capacidade de incorporação na customização adaptativa dentro de uma economia de oferta.

Lampel & Mintzberg (1996) classificaram a CM dentro de cinco categorias. Esta classificação envolve diferentes configurações de processos, produto e formas de relacionamento com clientes. Estas categorias são classificadas em:

- Customização pura: é obtida através da encomenda individual, onde as características do produto são definidas pelo cliente junto com a empresa. Aqui todas as etapas de produção (projeto, fabricação, montagem e distribuição) são direcionadas para a customização. Um exemplo é a produção de uma casa, onde cada cliente exige um projeto diferenciado.
- Customização adaptada: A empresa fornece um produto padrão que pode ser adaptado às necessidades individuais de cada cliente. Um exemplo é a venda de tapetes padronizados, onde o cliente pode acrescentar um logotipo ou mensagem personalizada.
- Customização padronizada: O sistema de produção é padronizado, sendo incluída a possibilidade do cliente definir ou acrescentar algumas características ao produto. Isto pode ocorrer durante a etapa de fabricação, na montagem final ou ainda em uma etapa adicional que venha a contemplar as características definidas pelo cliente. Como exemplo, temos as indústrias de automóvel que oportunizam ao cliente definir os acessórios do seu carro.

- Padronização segmentada: Esta forma de customização trabalha com uma variedade de produtos padronizados. Isto proporciona à empresa trabalhar dentro de uma estrutura de produção em massa e oferecer aos seus clientes um conjunto de opções de escolha. Como exemplo, temos as indústrias de cereais que trabalham dentro de um projeto básico que é expandido dentro de um conjunto de vários produtos.
- Padronização pura: A base desta estratégia está em um projeto dominante que venha a atingir as necessidades de um grupo grande de compradores, ser produzido em grande escala e distribuído de forma comum a todos. Como exemplo, temos o antigo "*Model T*", produzido pela *Ford Motor Company*.

Spira (1993), através do trabalho de CM realizado na *Lutron Eletronic Company*, desenvolveu uma estrutura de trabalho que classifica a customização em diferentes níveis. Estes níveis sugerem quatro caminhos para lidar com a produção:

- A customização é proporcionada através da montagem do produto, utilizando-se para isto componentes-padrão e obtendo-se, assim, uma variedade de configurações;
- Há a realização de um trabalho customizado adicional, a fim de satisfazer as necessidades do cliente;
- Serviços adicionais podem ser proporcionados para cada necessidade;
- Embalagens de produtos podem ser customizadas para diferentes canais de distribuição.

A forma mais simples de produzir serviços ou produtos customizados é através da modularização. Pine II (1994) sugeriu cinco estágios de modularização de produtos. Estes estágios são apresentados resumidamente abaixo, e detalhadamente na seção 2.1.4:

- Serviços customizados, onde é realizada uma personalização de serviços em torno de produtos e serviços padronizados (ver seção 2.1.4.1).
- Customização incorporada, onde são criados produtos e serviços customizáveis no aspecto de sua utilização (ver seção 2.1.4.2).
- Criação de pontos de distribuição customizados, habilitando desta forma o fornecimento imediato do produto (ver seção 2.1.4.3).

- Fornecimento de respostas rápidas por toda a cadeia de valor, proporcionando assim uma resposta rápida ao cliente (ver seção 2.1.4.4).
- Produção modular, onde a criação de componentes modulares permite a customização de produtos finais e serviços (ver seção 2.1.4.5).

Da Silveira *et al.* (2000) apresentam uma comparação destas estruturas de trabalho para os oito níveis genéricos abordados na customização em massa, desde a completa CM (encomenda individual) até a padronização pura (ver Tabela 2.1).

Tabela 2.1.Comparação entre as diferentes tipologias de customização (Da Silveira *et al.*, 2000).

	Tipologias da CM			
Etapas de Produção	***Abordagens da CM*** (Gilmore & Pine II, 1997)	***Estratégias da CM*** (Lampel & Mintzberg, 1996)	***Estágios da CM*** (Pine & Pietrocini, 1993)	***Tipos de customização*** (Spira, 1993)
Projeto	Colaborativa e Transparente	Customização pura		
Fabricação		Customização especial (adaptada)		
Montagem		Customização padronizada	Produção modular	Montagem customizada a partir de componentes padronizados
Trabalho customizado adicional			Pontos de distribuição customizados	Realizando trabalhos adicionais de customização
Serviço customizado adicional			Serviço customizado, fornecendo uma rápida resposta.	Proporcionando serviços adicionais
Embalagem e distribuição	Cosmética	Padronização segmentada	Serviços Customizados	Customização da embalagem
Utilização	Adaptativa		Customização Incorporada	
Padronização		Padronização pura		

As tipologias da CM, relacionados por Da Silveira *et al.* (2000), abordam as seguintes etapas de produção:

- *Projeto:* Refere-se à possibilidade do projeto, manufatura e distribuição atuarem de forma colaborativa, oportunizando ao cliente definir suas preferências.
- *Fabricação:* É a manufatura de produtos customizados por encomenda, seguindo as definições feitas pelo cliente.
- *Montagem:* Lida com a utilização de componentes modularizados, que combinados em diferentes arranjos, atendem às diferentes configurações requisitadas pelos clientes.
- *Trabalho customizado adicional:* A customização em massa é proporcionada através do oferecimento de um trabalho adicional, que venha a atender uma escolha específica.
- *Serviço customizado adicional:* A customização em massa é proporcionada através do oferecimento de um serviço adicional.
- *Embalagem e distribuição:* Através da utilização de diferentes embalagens ou formas de distribuição, são personalizados produtos a fim de atender a diferentes mercados.
- *Utilização:* Neste caso, a customização ocorre somente quando da utilização do produto pelo cliente. O produto deve, assim, se adaptar a diferentes funções ou situações requisitadas pelo mercado.
- *Padronização:* A estratégia de produzir produtos padronizados ainda pode ser interessante para indústrias em determinados segmentos.

2.1.2. Fatores internos e externos a serem considerados para a customização.

A determinação do nível de customização a ser oferecido ao cliente não é o único determinante do sucesso da implantação da customização em massa em organizações. Fatores internos e externos também são determinantes do sucesso da customização a ser implantada. A existência desses fatores vem justificar a utilização da CM como uma estratégia competitiva. Esses fatores são:

(I). **A disponibilidade de tecnologias habilitadoras**, já que para o desenvolvimento de sistemas de CM, conforme Davis (1989), é fundamental a implantação de tecnologias avançadas de manufaturas (TAM's) e tecnologias de informação (TI's). Eastwood (1996) destaca a necessidade dos equipamentos serem flexíveis e a importância dos sistemas computacionais que dão suporte ao sistema de manufatura. Nunca os dados foram tão importantes e essenciais para definir, monitorar e controlar a manufatura como na CM.

(II). **O compartilhamento de informações e conhecimento**, já que a idéia central da CM é capturar, de maneira eficiente e dinâmica, a demanda dos clientes, incorporando-a aos bens e serviços a eles oferecidos. Pine II & Pietrocini (1993) e Kotha (1995, 1996) destacam a importância da criação e do compartilhamento do conhecimento acerca dos bens e serviços de uma empresa.

(III). **A necessidade de o produto apresentar características customizáveis**, já que a CM pressupõe itens versáteis, modularizados e, por força das exigências de mercado, constantemente renováveis. Lau (1995) observa que, como o ciclo de vida dos produtos customizados é pequeno, estes devem demandar pouco tempo para o seu desenvolvimento.

(IV). **Existência de uma demanda pela customização do produto**, sendo esta a principal justificativa para a adoção da CM (Pine II & Pietrocini, 1993; Lau, 1995; Kotha, 1996).

(V). **O desenvolvimento de uma eficiente cadeia de suprimentos**, já que para o sucesso da CM são necessários esforços de todas as entidades da cadeia de suprimentos (fornecedores, distribuidores e revendedores) além da troca de informações entre estas entidades (Kotha, 1996).

(VI). **Condições mercadológicas incentivadoras**, pois a adoção da CM gera a criação de um diferencial com os demais concorrentes de uma linha de produtos. Este item refere-se, basicamente, ao *timing* da adoção da CM pela empresa. Conforme Kotha (1995), o cliente passa a identificar as organizações pioneiras em CM como inovadoras. Empresas que atuam em mercados altamente segmentados são, assim, potenciais beneficiárias da CM.

Os fatores *(I), (II)* e *(III)* são internos à organização podendo, desta forma, ser alcançados através de medidas e decisões no âmbito da empresa, não dependendo de agentes externos. Os fatores *(IV), (V)* e *(VI)* são externos à empresa. Os fatores internos e externos são apresentados na Figura 2.2.

A análise dos fatores listados na Figura 2.2 é fundamental na tomada de decisão da organização pela adoção ou não da CM, já que nem todas as empresas se adequam a esta estratégia de manufatura. É necessário que a empresa analise se a CM se adapta ao mercado e tipo de cliente por ela desejado, e compreenda a complexidade que envolve a sua implementação.

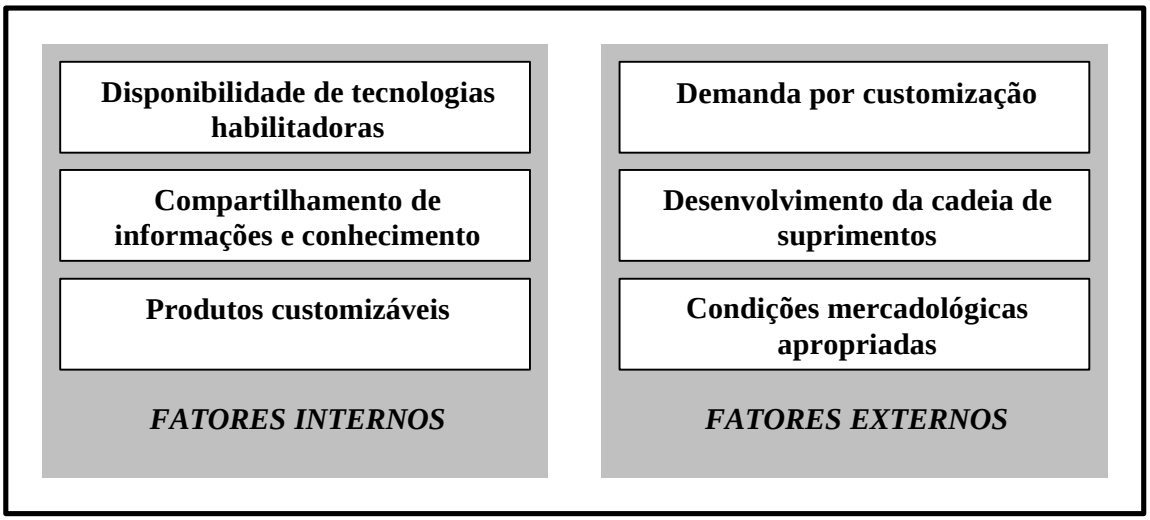

Figura 2. 2 Fatores externos e internos que justificam a adoção de sistemas de CM por organizações

2.1.3. Os paradigmas que sustentam a customização em massa.

O sistema de produção conhecido como Produção em Massa, ou "*Fordismo"*, iniciou-se em fins dos anos de 1920. O sucesso deste sistema de produção consolidou a crença de empresários e administradores de que os princípios por ele estabelecido eram a chave do sucesso. Com isto foi estabelecida uma estrutura de informações e um conjunto de regras com as quais seus participantes visualizaram um sistema ideal de produção, ou seja, o paradigma da produção em massa.

Conforme Pine II (1994), o paradigma da produção em massa tornou-se um conjunto de regras que cria, realimenta e estabelece os produtos padronizados, as técnicas de produção em série e os mercados grandes e homogêneos. As regras estabelecidas por este paradigma estão dentro de uma estrutura que se realimenta, fazendo com que seus praticantes tomem

decisões acreditando ser esta a chave do sucesso. A estrutura do paradigma é composta por dez regras:

1º) Uma empresa deve ter lucro para permanecer no mercado. Sendo assim, se a empresa vender mais produtos a um custo mais baixo, o lucro será maior.

2º) Um maior número de produtos pode ser mais facilmente vendido em mercados grandes e homogêneos do que em outros mercados.

3º) Um alto volume de produtos reduz drasticamente os custos de fabricação através da economia de escala.

4º) A demanda é elástica; logo, baixar preços à medida que os custos diminuem gera maiores volumes de demanda e maiores receitas.

5º) Os mercados se expandem à medida que o preço cai. A homogeneidade do consumidor se expande também, pois os benefícios entre mercados homogêneos e setorizados rendem-se aos preços mais baixos.

6º) Mercados de nicho comportam apenas volumes baixos de negócios e aumentam os custos. Tais mercados devem ser ignorados e deixados para os fabricantes “pequenos”.

7º) Para obter menores custos e maiores mercados, o processo de produção deve ser o mais automático possível. Com isto tem-se um custo fixo alto e um custo unitário baixo e a necessidade de volumes maiores de produção. Desta forma, o investimento em novas tecnologias de processo poderá reduzir custos.

8º) A eficiência do processo produtivo deve ser mantida a qualquer custo. Com isto, é necessária uma maior estabilidade possível, sem imprevistos, atrasos, interrupções ou surpresas. Esta estabilidade deve estar ligada ao fornecimento de insumos, ao processo e demanda de produção.

9º) O ciclo de vida do produto deve ser o maior possível. A pesquisa e o desenvolvimento devem ser focados em produtos que possam ser fabricados em série. Comercialização e vendas devem focar-se na produção atual.

10º) Os lucros obtidos desta forma possibilitam um longo ciclo de desenvolvimento de produto. Logo, uma forma segura de desenvolvimento de produto, que venha a contemplar as novas tecnologias, irá proporcionar uma base estável para a manutenção dos lucros por longo tempo.

Sustentados neste paradigma da produção em massa, seus praticantes têm sido, notadamente, bem sucedidos durante a maior parte do século XX. Porém, devido a este sucesso, foi difícil para os administradores perceberem que as regras estavam se modificando neste período. Isto ocorre devido à dupla face que envolve o paradigma, que, se por um aspecto funciona como uma poderosa ferramenta para ordenar informações e enfocar metas, por outro dificulta automaticamente que qualquer informação contraditória ao paradigma seja aceita.

O que esteve errado com o sistema de produção em massa é explicado pelos seguintes limites e riscos nele existentes (Pine II, 1994):

- Há limites para o “processo de produção em massa” gerados pela estabilidade dos insumos. Os custos dos insumos deveriam continuar decrescendo para manter o sistema se auto-reforçando; porém, devido ao declínio da produtividade relativa e absoluta nos anos 70, a capacidade do processo de produção em massa em diminuir os custos reais ficou limitada.

- As mudanças de necessidades e desejos dos consumidores transformam os “mercados homogêneos” em “mercados heterogêneos", tendência esta que tem se acelerado.

- Os níveis estáveis de demanda foram afetados por diversos fatores:

  - Os mercados são imprevisíveis, inviabilizando as empresas a trabalharem com altos volumes de produção e a custos baixos. O que um dia foi mercado de vendedores passou a ser mercado de compradores.

  - As novas tecnologias aplicadas aos produtos afetam demandas existentes. O surgimento de novos produtos pode influenciar a demanda de produtos antigos já estabelecidos.

  - As novas tecnologias aplicadas aos processos também afetam as demandas existentes. Como exemplo, temos os sistemas de fabricação flexíveis e as técnicas de fabricação integradas por computadores que tornaram mais economicamente viáveis a fabricação de uma variedade maior de produtos em pequenas quantidades.

Com o surgimento destes fatores, ocorreu a quebra do sistema de trabalho normal das empresas que seguiam o paradigma da produção em massa, ocasionando a perda da eficiência,

estabilidade e controle. A partir da falência deste paradigma, foi elaborado um outro, o da customização em massa. Conforme Pine II (1994), os nove princípios que definem o paradigma da customização em massa são os seguintes:

1º) A demanda por produtos individuais ficou instável, fazendo que nos mercados onde havia demanda por produtos padronizados houvesse uma fragmentação em diferentes "nichos" de produtos.

2º) Devido à fragmentação da demanda, os mercados grandes e homogêneos se tornaram crescentemente heterogêneos.

3º) Como não é possível manter os lucros obtidos através do sistema anterior de produção, deve-se explorar alguns nichos de mercado onde variações adicionais são desejadas pelos clientes. Isto geralmente é obtido através de métodos de pós-produção (uma alternativa mais cara do que a diversificação através da produção).

4º) Um alto nível de diversificação em fabricação requer a flexibilidade nos processos de fabricação.

5º) O sistema de produção é agora dirigido por mercados e consumidores devendo, portanto, ser alterado para um maquinário multifuncional e trabalhadores altamente qualificados e habilitados.

6º) Inicialmente pode-se cobrar um pequeno ágio sobre os produtos customizados, devido ao fato destes atenderem melhor aos desejos dos consumidores. Porém, a medida que vai-se aumentando a experiência com os processos, os custos poderão ser iguais ou menores aos praticados anteriormente.

7º) Os ciclos de desenvolvimento de produto devem ser reduzidos drasticamente, devido às altas taxas de alterações tecnológicas a que os produtos estão submetidos. Os nichos de mercados menores e constantemente cambiáveis possibilitam a produção de grande variedade mais rapidamente.

8º) Os ciclos de produção também devem ser reduzidos, impulsionados pela necessidade de se atender melhores os desejos dos consumidores e pelo surgimento de novas tecnologias.

9º) A tendência é que existam demandas cada vez menores para cada produto; porém, espera-se demandas cada vez maiores para o conjunto de produtos da organização, se comparadas ao antigo sistema.

Vemos, deste modo, que na customização em massa a inovação tecnológica representa uma regra vital, pois esta aumenta a variedade e adaptabilidade dos produtos, a flexibilidade dos processos, a diminuição dos ciclos de desenvolvimento e estrutura o sistema para uma diversificação, viabilizando a produção de variedades dentro de uma economia crescente.

Porém, nem sempre é interessante para as organizações trabalharem com um sistema de produção totalmente customizado. Kotha (1995, 1996) apresenta o caso da *National Industrial Bicycle Company of Japan* (NIBC), onde a organização optou por trabalhar com os dois sistemas de produção, a produção em massa e a CM. A experiência da NIBC mostra que, embora a opção da empresa por trabalhar com duas estratégias venha a colocar dois diferentes segmentos de mercado dentro da mesma indústria e do mesmo segmento de produto, isto vem a ser altamente viável e atrativo, pois oportuniza que a organização obtenha uma vantagem competitiva.

2.1.4. Formas de Implantação da Customização em Massa

A implantação da customização em massa abrange um conjunto de fatores necessários para habilitar o sistema produtivo a trabalhar com uma variedade maior de produtos, dentro de uma economia de escopo. Em outras palavras, é necessária a implantação de um processo simples para fabricar uma grande variedade de produtos ou serviços a preços módicos e rapidamente.

Ao iniciar-se o processo de implantação da customização em massa, primeiramente é necessário que os administradores da empresa tenham subsídios para determinar se a customização em massa é a direção a ser seguida. Pine II (1994), apresenta duas ferramentas úteis para fornecer estes parâmetros: O Mapa da Turbulência no Mercado e o Perfil de Variedade e da Customização.

O Mapa da Turbulência no Mercado é formado por fatores de demanda e fatores estruturais da turbulência de mercado. Os fatores de demanda indicam em que grau a empresa pode controlar, estabilizar e reduzir as incertezas dentro dos seus mercados (como exemplo tem-se a estabilidade e previsibilidade dos níveis de demanda). Os fatores estruturais da turbulência de mercado refletem a natureza básica de uma indústria (por exemplo temos o poder de compra em um setor, e a taxa de mudança tecnológica). Ambos os fatores devem,

para a análise aqui proposta, serem associados para a mudança em variedade e para a personalização. Este mapa é útil para a análise da reorganização dos fatores do ambiente de mercado da maior para a menor mudança da turbulência. Aqui, o que mais importa é analisar o nível geral da turbulência de mercado e a velocidade em que este conjunto de fatores está mudando, de um nível baixo para um nível alto de turbulência, dentro de um intervalo de tempo.

O Perfil de Variedade e da Customização é utilizado para validar o que a turbulência de mercado indica, ou seja, é utilizado para indicar a necessidade de se mudar da produção em massa para a customização em massa. A elaboração do Perfil de Variedade e da Customização é feito através de pesquisas realizadas em companhias do setor em estudo.O Perfil de Variedade e da Customização é formado pela média das opiniões dos entrevistados. Este perfil indica o quanto foi alterado a variedade e a customização, e mostra qual a tendência deverá continuar, conforme os entrevistados.

Estas ferramentas são fundamentadas em percepções obtidas dos entrevistados, não tentando, portanto, a impossível tarefa de mensurar mudanças em um número significativo de eventos com que cada companhia se deparou em um determinado período, ou ainda, quantificar o número de variedades e personalizações atuais. Contudo, estas ferramentas se apresentam como rápidas e de fácil utilização. Administradores podem empregá-las e, desta forma, analisar as suas indústrias, determinando se devem ou não realizar a mudança para a customização em massa.

Para a implantação prática da customização em massa, são necessárias algumas modificações na organização. Pine II (1994) aponta quatro inovações básicas que são primordiais para esta implantação.

- A implantação da entrega *Just-in-time* e processamento de materiais que venham a eliminar falhas no processo e a reduzir custos de estocagem.

- A redução dos tempos de *set-up* e *change-over* nos sistemas, com redução do tempo da operação e do custo da oferta de uma maior variedade de produtos.

- Períodos de ciclos comprimidos em todos os processos da cadeia de valor, eliminando o desperdício para aumentar a flexibilidade e a capacidade de resposta, enquanto os custos decrescem.

- Início da produção logo após a recepção de um pedido em vez de seguir uma previsão, diminuindo os custos de estoque, eliminando as liquidações e amortizações e, ainda, inserindo no sistema informações necessárias para a customização individual.

Da Silveira *et al*. (2000) destacam a importância dos habilitadores da CM. Os habilitadores da CM podem ser divididos em dois grupos, os Processos e Metodologias de trabalho e as Tecnologias habilitadoras. Estes habilitadores vêm a dar suporte ao desenvolvimento de fatores importantes para o sucesso da organização na adoção da CM.

Os Processos e Metodologias que habilitam a CM são formados por quatro itens. Estes estão direcionados aos aspectos culturais e organizacionais da implementação da CM.

- **Agilidade da manufatura**: Vem ser a capacidade que o sistema produtivo da empresa tem de lidar com as incertezas ambientais. Conforme Owen & Kruse (1997), a agilidade da manufatura faz com que a empresa esteja habilitada a responder rapidamente as mudanças e necessidades de mercado. Aspectos como agilidade em reprogramação da produção e habilidade no rearranjo do sistema produtivo são exemplos de agilidade na manufatura.

- **Gerenciamento da cadeia de suprimentos:** Está relacionado à coordenação dos recursos e a otimização das atividades que fazem parte da cadeia de valor, obtendo-se assim uma vantagem competitiva. Conforme Da Silveira *et al.* (2000), questões como o desenvolvimento de um sistema de informações que coordene um grupo de fornecedores previamente treinados e a criação de novos produtos com a participação dos fornecedores, fazem com que o gerenciamento da cadeia de suprimentos seja melhorado.

- **Direcionamento da customização no projeto e na manufatura:** Da Silveira *et al.* (2000) definem esta prática como um tipo de produção que proporciona condições aos clientes de participem do projeto de um produto, e que crie uma infraestrutura direcionada ao desenvolvimento de novos produtos requisitados pelo mercado.

- **Elementos de apoio à produção:** O sistema de CM aborda quatro elementos de apoio a produção: O desenvolvimento de produto, a cadeia de suprimentos, gerenciamento da mão de obra, e os serviços de pós-venda (Warneck *et al. apud* Da Silveira *et al.*, 2000). Conforme Storch & Lim (1999), estes elementos são um eficiente caminho para que a empresa venha a satisfazer as necessidades dos

clientes ao mesmo tempo em que consiga produzir dentro de uma margem competitiva.

As tecnologias habilitadoras da CM se dividem em dois itens. Estes estão relacionados aos aspectos estruturais da organização.

- **Tecnologias avançadas de manufatura (TAM's) e Tecnologias de Informações (TI's):** Nos últimos anos, com o surgimento da produção customizada e a exigência de uma alta qualidade dos produtos, o campo da Inteligência em Manufatura desenvolveu-se a partir da fusão da ciência da manufatura com a ciência da computação (Jones, 1993). Com isto, TAM's e TI's incorporaram-se aos sistemas produtivos, motivados pela necessidade de se oferecer uma resposta rápida às demandas de um mercado consumidor cada vez mais exigente e segmentado (Buffa & Sarim, 1987). Estas tecnologias habilitam os sistemas de CM, já que cumprem necessidades existentes, como:

  (i) Manter os custos de produção similares aos de produção em massa; proporcionando uma produção em lotes pequenos;

  (ii) Preservar os níveis de qualidade apresentados por produtos similares fabricados em grandes lotes e não customizados;

  (iii) Proporcionar uma grande variedade de produtos, a fim de satisfazer as necessidades do cliente; e,

  (iv) Aumentar a rapidez de resposta ao cliente e, conseqüentemente, a flexibilidade na manufatura.

  Pine II & Pietrocini (1993) mostram como a utilização de TAM's, como o CAD (*computer-aided-design*), e TI's, como o CDIN (*computer-driven intelligence network*), foram importantes para a implantação da CM na *Bally Engineered Structures.*

- **Transferência de informações:** Conforme Sioukas (1995), a existência de uma transferência eficaz das informações geradas pelo cliente é fundamental para a customização de projetos, produtos ou serviços. Como agentes de transferência das informações necessárias para os sistemas customizados, temos a manufatura e o cliente (Da Silveira *et al.*, 2000). A manufatura informa quais são as possíveis opções de customização, e o cliente define quais são as suas necessidades

conforme o conjunto de opções disponíveis. Uma forma eficiente de realizar esta transferência de informações é a utilização de *software* que, disponibilizados em *sites* da internet, permitem uma interface entre os clientes e a manufatura.

Da Silveira *et al.* (2000) sugerem a seguinte seqüência de passos como uma forma de construir um conjunto de atividades que venha a estabelecer uma transferência de informações entre cliente e manufatura.

1º) A definição de um catálogo de opções a serem oferecidas ao cliente: O número de opções oferecidas ao cliente irá determinar qual é o grau de customização do produto. Conforme McCarthy *apud* Da Silveira *et al.* (2000), estas opções devem conter as necessidades mais freqüentemente requisitadas pelos clientes, e também devem estar coerentes com o desenvolvimento das tecnologias que formam o sistema de produção.

2º) Coletar e formar um banco de dados com informações sobre as preferências e escolhas dos clientes: Os dados que indicam os itens preferenciais a serem customizados podem ser coletados pelos vendedores das lojas, pelos representantes de vendas ou, ainda, utilizando uma interface computacional (Martin, 1993; Beaty, 1996; Da Silveira *et al.*, 2000). Ainda há casos em que estas preferências são coletadas pelo projetista, quando este desenvolve o projeto junto ao cliente (Kubiak, 1993).

3º) Transferência dos dados da loja para a manufatura: Entre os casos práticos apresentados na literatura, os meios mais utilizados para transferir os dados contendo as preferências individuais de cada cliente são o FAX (Pine II & Pietrocini, 1993), redes de computadores (Beaty, 1996) e a internet (Da Silveira *et al.*, 2000).

4º) Transferência das escolhas do cliente para as características do projeto e para as instruções de manufatura: Ferramentas como CAD e CAM habilitam a alimentação das características de projeto, convertendo-as em instruções de manufatura do produto (Pine II & Pietrocini, 1993; Kotha, 1995; Spira, 1993; Choi & Jarboe, 1996; Da Silveira *et al.*, 2000). Na seção 2.1.5 são reportados exemplos da implantação da CM que mostram a importância destas ferramentas.

O conjunto de habilitadores da CM e o seu relacionamento com os fatores de sucesso são mostrados na Tabela 2.2.

Pine II (1994) salienta que para implantar a CM, inicialmente deve-se obter um reconhecimento das necessidades de mudança por parte de toda a organização para, em seguida, criar-se uma visão que venha a estimular a procura deste objetivo. Num segundo passo, a organização deve incorporar a CM à sua estratégia, definindo como proceder e determinando como se deve executar cada um dos passos para a implantação da CM.

Tabela 2.2.Habilitadores da customização em massa relacionado com seus respectivos fatores de sucesso. (Da Silveira *et al.*, 2000).

HABILITADORES	*FATORES DE SUCESSO RELACIONADOS*
Processos e Metodologias	
Agilidade na manufatura.	Conhecimento.
Gerenciamento da cadeia de suprimentos.	Cadeia de valor.
Direcionamento da customização, no projeto e na manufatura.	Produtos customizados.
Elementos de apoio à produção.	Cadeia de valor.
Tecnologias Habilitadoras	
TAM's e TI's.	Tecnologia, Produtos customizados.
Transferência de Informações.	Tecnologia, Conhecimento.

Como estratégia para alcançar a CM a baixo custo, de produtos e serviços, Pine II (1994) apresenta cinco métodos. Estes métodos, na prática, não são aplicados de maneira mutuamente exclusiva, podendo ser aplicados de maneira sobreposta ou, ocasionalmente, todos juntos.

- Personalização de serviços em torno de produtos e serviços padronizados.
- Criar produtos e serviços customizáveis.
- Prover pontos de entrega de customização.
- Fornecer respostas rápidas por toda a cadeia de valor.
- Modularizar componentes para customizar produtos finais e serviços.

Cada um dos cinco métodos resulta num grau distinto de customização em massa. Estes métodos (ou estágios da CM) estão relacionados na Tabela 2.1 com os níveis de customização existentes. A seguir são descritos os cinco métodos sugeridos:

2.1.4.1. Personalização de serviços em torno de produtos e serviços padronizados

Produtos e serviços padronizados podem ser personalizados para o cliente final nas duas últimas etapas da cadeia de valor, ou seja, na comercialização e na distribuição, conforme mostrado no esquema da Figura 2.3.

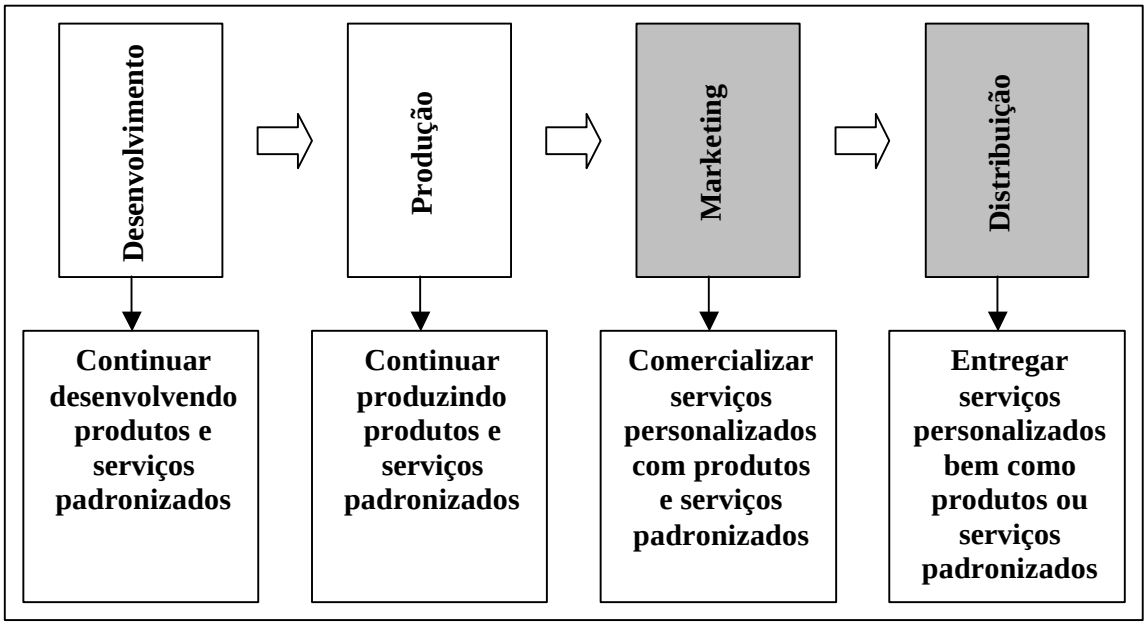

Figura 2. 3 Modificações a serem feitas na cadeia de valor para customizar serviços em torno de Produtos e serviços padronizados (Pine II, 1994).

Desta forma podemos manter inalteradas as etapas de desenvolvimento e produção, designando aos setores de marketing e entrega as modificações do produto, combinando-o com outros produtos e prestando uma série de serviços individuais para cada cliente específico.

2.1.4.2. Criar produtos e serviços customizáveis

Esta tática sugere que a customização não esteja na distribuição, mas sim no desenvolvimento do produto e na comercialização, conforme é mostrado na Figura 2.4. Com

isto a empresa deve criar produtos que, no aspecto de produção não sejam um diferente do outro, porém no aspecto de utilização do produto pelo usuário, este seja personalizável para cada cliente. Como exemplo temos as cadeiras para escritório que possuem regulagens para diferentes dimensões, se adaptando individualmente para cada usuário, e mantendo um processo de produção único.

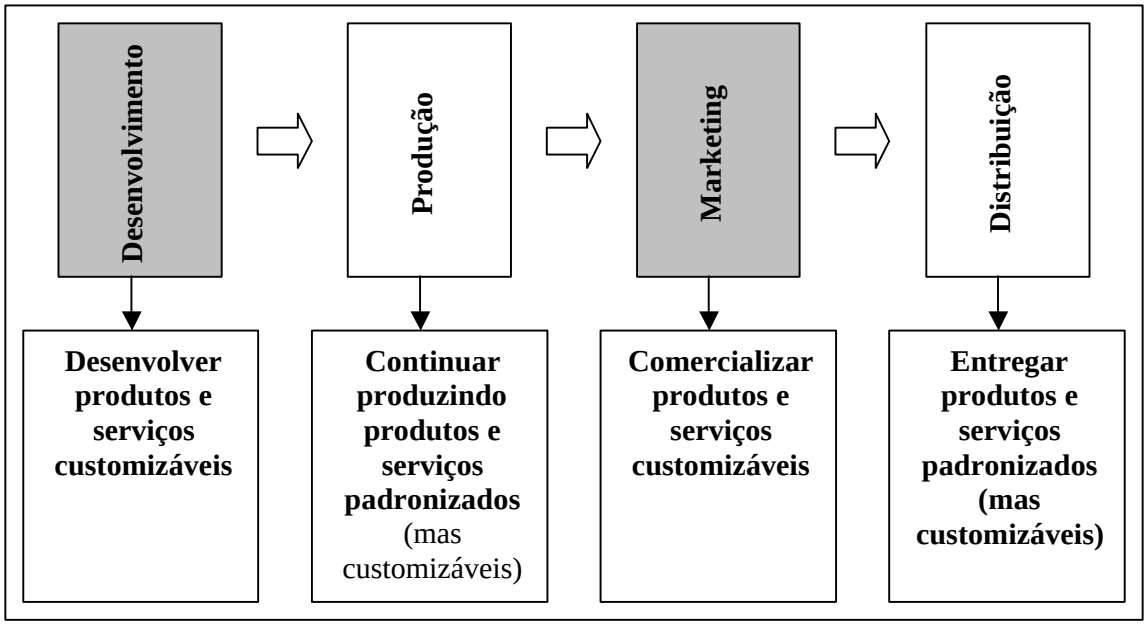

Figura 2. 4 Modificações a serem feitas na cadeia de valor para criar produtos e serviços customizáveis (Pine II, 1994).

2.1.4.3. Prover pontos de entrega de customização

Existem apenas duas formas de identificar o que o cliente deseja customizar: a primeira é através de uma pesquisa de mercado que venha a identificar esta vontade; a segunda consiste em obter esta informação diretamente no ponto de venda do produto, onde o cliente expressa a sua vontade na hora da compra. Para executarmos o fornecimento imediato do produto customizável, a única forma existente é a execução deste no ponto de venda do produto. Considerando estas duas variáveis, a identificação da vontade do cliente e o fornecimento imediato do produto, sugere-se que a implantação do processo de customização seja feita através do acréscimo de uma etapa final de produção na cadeia de valor, conforme é mostrado na Figura 2.5.

Esta etapa final, juntamente com o desenvolvimento de uma comercialização personalizada, permite que a empresa forneça uma porção dos seus produtos ou serviços de forma customizada. Um exemplo seria a fabricação de camisetas, onde o cliente final poderia optar entre a compra de um dos modelos padrões, ou a personalização final, onde poderia ser incluídos rótulos, aerografia ou ornamentos computadorizados.

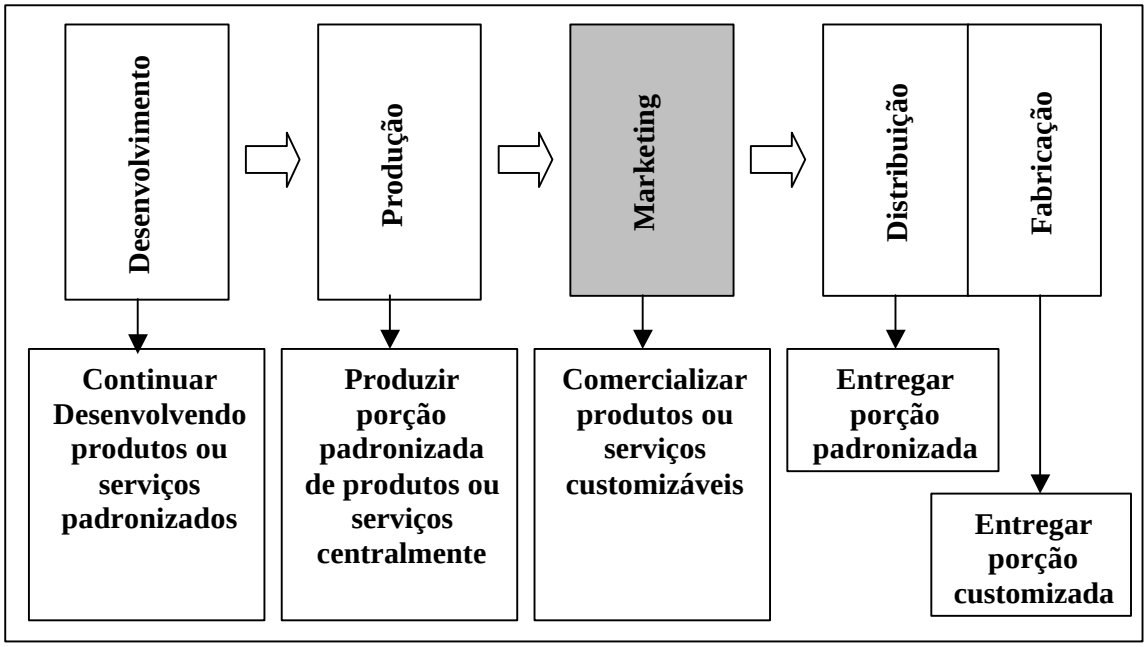

Figura 2. 5 Modificações a serem feitas na cadeia de valor para fornecer a customização no ponto de entrega (Pine II, 1994).

2.1.4.4. Fornecer respostas rápidas por toda a cadeia de valor

O melhor meio de impulsionar a organização em direção a customização em massa é proporcionar uma resposta rápida ao cliente em todas as etapas da cadeia de valor. A Figura 2.6 mostra que cada ponto ao longo do fluxo deve-se modificar, reduzindo os ciclos de tempo e aumentando a variedade. Desta forma, cada um dos processos sofrerá a customização em massa. Davis (1989) identifica a eliminação das esperas como um dos requisitos para a customização. Um exemplo de tecnologia que possibilita uma resposta rápida é o CAD/CAM, proporcionando mudanças rápidas em especificações e customizando ajustes em projetos, sem que se tenha perda de tempo com ajustes de máquinas.

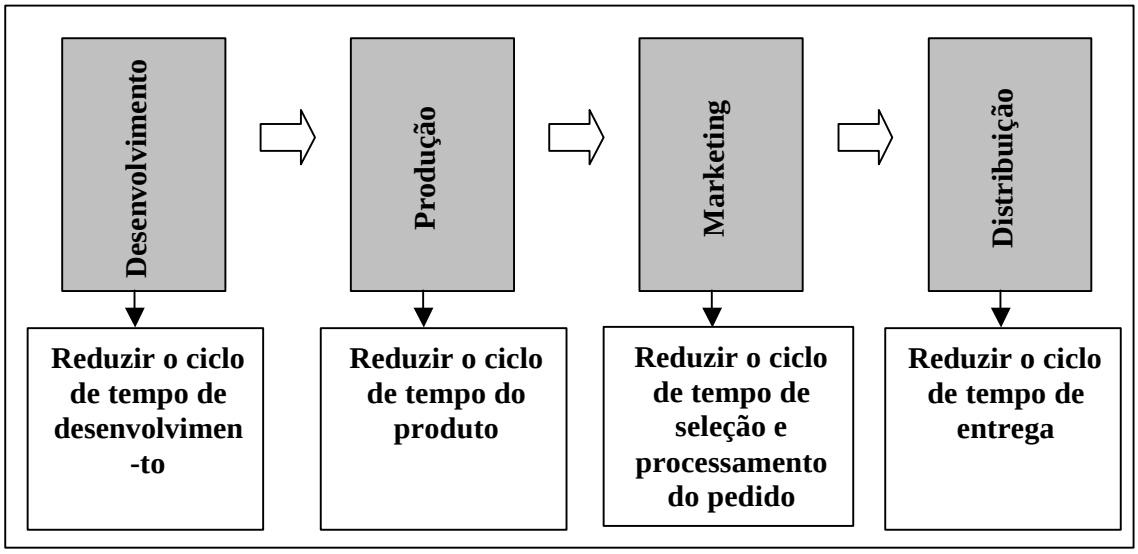

Figura 2. 6 Modificações a serem feitas na cadeia de valor para fornecer a customização no ponto de entrega (Pine II, 1994).

2.1.4.5. Modularizar componentes para customizar produtos finais e serviços.

A melhor forma de se proporcionar a customização é através da modularização. Conforme Davis (1989), deve-se criar componentes modulares que possam ser configurados dentro de uma variedade de produtos ou serviços finais, satisfazendo assim a definição do cliente. Desta maneira otimizamos a customização e minimizamos os custos, pois este tipo de customização proporciona:

- Trabalhar-se numa economia de escala através dos componentes, em vez de produtos.

- Trabalhar-se numa economia de escopo através da combinação dos componentes modulares em diferentes produtos.

- Obter a customização através da combinação dos componentes, obtendo assim uma grande quantidade de produtos.

Para trabalhar nesta forma de customização, é necessário que a empresa envolva todas as etapas da cadeia de valor (Feitzinger & Lee, 1997). A Figura 2.7 esquematiza as modificações necessárias em cada etapa para obter a modularização.

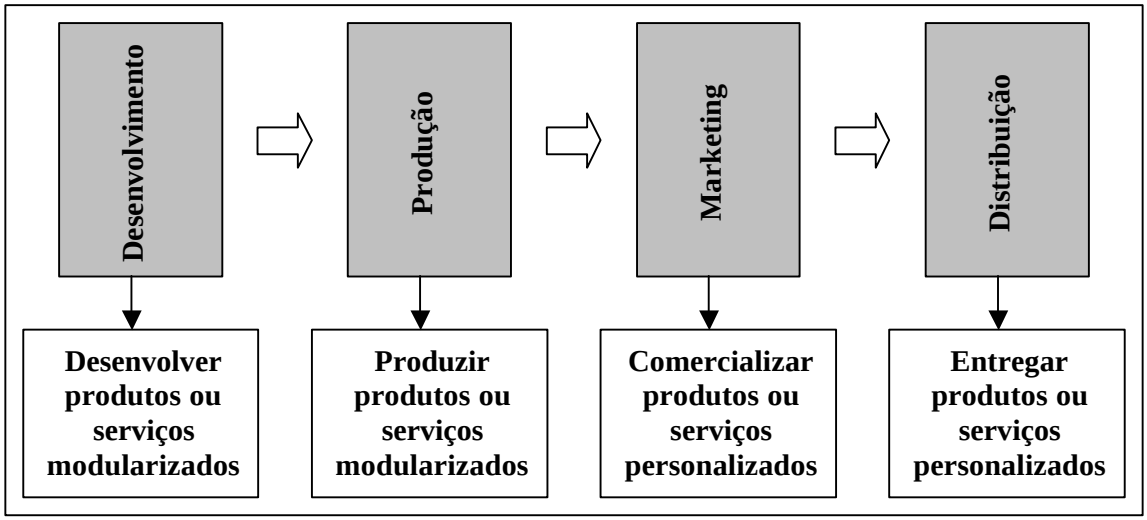

Figura 2. 7 Modificações a serem feitas na cadeia de valor para fornecer componentes modularizados (Pine II, 1994).

Pine II (1994) indica seis diferentes tipos de modularização existentes que podem ser utilizados para a personalização em massa de produtos:

- **Modularidade por compartilhamento de componentes:** Nesta forma, é realizada a utilização de um mesmo componente em diversos produtos. Com isto, tem-se o objetivo de criar uma economia de escopo, já que o compartilhamento reduz os custos e aumenta a variedade de produtos. Como exemplo, temos a *General Eletric*, que produzia em torno de 28 mil partes únicas de caixas de circuito e, após modularizar através do compartilhamento de componentes, reduziu seus custos e gerou aproximadamente 40 mil tipos de projetos diferentes de caixas de circuito.

- **Modularidade por permuta de componentes:** Com a produção de um produto básico e a criação de componentes auxiliares permutáveis, é proporcionado este tipo de modularização. Como exemplo, temos o relógio (produto básico) que possui diferentes estilos de mostradores (componente permutável).

- **Modularidade por ajuste de componentes:** Esta modularidade é similar aos dois tipos apresentados anteriormente; a diferença está no fato dos componentes disponíveis para a customização serem continuamente variáveis. Como exemplo, temos todos os tipos de

vestuários, que se adaptam a este tipo de modularização. Outro exemplo é referenciado por Kotha (1995), que mostra a CM implementada pela NBIC (*National Bicycle Industrial Company*) do Japão, onde se utilizou a modularização com ajuste de componentes combinada com o compartilhamento de componentes.

- **Modularidade por *mix*:** Este tipo de modularidade pode utilizar qualquer um dos três tipos apresentados anteriormente, sendo sua distinção relacionada aos tipos de componentes que, neste tipo de modularidade, são tão inteiramente combinados que podem, por si só, tornar-se diferentes. Como exemplo temos as indústrias de fertilizantes onde, através de diferentes combinações entre seus componentes, podem ser feitas variedades de produtos para diferentes tipos de solos existentes. Assim, vemos que o fator mais importante para se trabalhar com a modularidade por *mix* é a formulação, pois isto permitirá que sejam feitas variações para diferentes mercados, locais ou indivíduos.

- **Modularidade por *bus*:** Utiliza-se uma estrutura básica que possa receber um número de diferentes componentes, ou seja, a distinção-chave desta modularidade é que uma estrutura padronizada permite a variação no tipo, número e local dos módulos que podem se encaixar. O exemplo mais utilizado para este tipo de modularização é o computador, onde diferentes componentes como memórias, processadores e *disk- drives* estão ligados a uma placa única.

- **Modularidade seccional:** Este último tipo é o que permite o maior número de variações possíveis. A idéia é possibilitar a configuração de diferentes componentes em meios rígidos, desde que estes componentes possam ser conectados uns aos outros através da utilização de interfaces padrões. Um exemplo simples deste tipo de modularização é os blocos de construção da Lego, onde a variedade de objetos a serem montados é limitada pela imaginação do cliente.

A identificação de algumas questões-chave para a implantação da CM, foi feita por Kay (1993). Isto foi realizado através da análise de dois estudos de caso que apresentaram as seguintes questões-chave em comum:

1º) *A organização deve tratar a customização em massa como uma mudança fundamental a ser seguida:* As indústrias foram educadas para trabalhar com a produção em massa, estabelecendo assim uma cultura administrativa vinculada a este paradigma. Porém as mudanças ocorridas no mundo fizeram com que este paradigma fosse modificado, criando

assim uma nova forma de produção a ser seguida. Desta forma, os administradores devem questionar o que irá acontecer em suas empresas, caso sejam modificadas as regras, o paradigma ou os clientes. A CM proporciona, à organização, meios para lidar com estas mudanças, utilizando a variedade de opções a ser oferecida ao cliente como uma ferramenta competitiva.

2º) *Começar pelo cliente:* Deve-se olhar para as definições do cliente. Isto proporciona uma riqueza de informações que vem a possibilitar a customização e mostram as vantagens que podem ser atingidas. Os administradores devem questionar quais são seus principais clientes e o que eles valorizam.

3º) *Construir a CM em cooperação:* A implantação da CM exige uma mudança cultural nos diversos setores da organização. A origem desta mudança encontra-se na cooperação. A cooperação é freqüentemente utilizada para alterar as práticas do passado.

4º) *Ligue as mudanças aos programas já existentes:* Devido à atual competitividade, diversas empresas já têm implantado em sua estrutura programas de qualidade, reengenharia de processo, entre outros.

5º) *Repensar o sistema de suporte da organização:* O sistema de customização em massa exige um melhor desempenho de todo o suporte que envolve a organização. Assim, são necessários investimentos em flexibilidade, recursos humanos e sistemas de informação, entre outros.

6º) *A CM deve ser tratada como um programa de mudança:* A grande maioria das organizações não consegue administrar adequadamente a transição de um sistema de trabalho para outro. Isto ocorre pela dificuldade que muitas pessoas envolvidas no processo têm de repensar a sua forma de trabalhar diante da modificação de paradigmas existentes. Uma sugestão para lidar com esta questão é a elaboração de pequenos grupos de trabalho que venham a compartilhar o compromisso da implementação da CM e consigam implementar as mudanças necessárias. A partir deste grupo, progressivamente, deve-se envolver todos os funcionários da organização.

2.1.5. Aplicações Práticas da Customização em Massa.

Alguns estudos de caso enfatizam alguns fatores importantes na implantação da customização em massa. Entre as empresas estudadas, destacam-se: A *Motorola*, a IBM, a PLIC (*Personal Lines Insurance*), a *Azimuth Corporation*, a *Lutron Eletronics Company*, a *Hewlett Packard Company*, a NBIC (*National Industry Bycicle Company)*, a *Perkins*, a *John Deere*, a *Bally*, a *Betchel*, a *Custom Foot Inc.*, a *Suited for Sun*, a *Levi Strauss*, a *Personics* e a *Becton – Dickinson.*

A *Motorola* implantou a CM em suas linhas de produção (*pager's*, celulares e semicondutores), possibilitando desta forma um variado número de opções em seus produtos para seus clientes. Conforme Eastwood (1996), a Motorola realizou a implementação da CM em etapas distintas. Em 1980 implementou a CM em sua linha de "*pager*", estendendo para a linha de produção de telefones celulares em 1990 e, mais recentemente, para a parte de semicondutores. Kotler (1998) destaca o fato dos vendedores da *Motorola* estarem preparados para fornecer *pagers* sob medida e entregá-los em um curto espaço de tempo. Os vendedores transmitem o *design* à fábrica e a produção inicia-se em 17 minutos; sendo após duas horas despachados e no dia seguinte entregues para o cliente.

A experiência da *Motorola* mostrou que houve um aumento da satisfação dos clientes com relação aos seus produtos, a partir da implementação da CM. Novas tecnologias, como automação e CIM (robôs cartesianos e de *gantry*, por exemplo) foram utilizadas na implantação de sistemas de CM em diversas de suas unidades fabris. Ao longo do processo de evolução do sistema da CM, houve a necessidade da empresa realizar contínuas modificações e atualizações, que continuam sendo realizadas a fim de permitir que este sistema permaneça atualizado as exigências do mercado (Eastwood, 1996).

A IBM, fabricante de computadores, realizou em 1993 a transição para a CM de forma não-gradual, o que ocasionou um grande número de problemas. Mesmo assim, diversos objetivos foram alcançados, como a diminuição do volume de inventário, a redução substancial dos custos de distribuição dos produtos, a habilitação da encomenda de produtos em tempo real, a criação de um ambiente voltado para produzir conforme a encomenda e a integração dos sistemas envolvidos. Questões, como a melhoria no desenvolvimento de produtos, a melhoria e reorganização dos fornecedores, a flexibilidade na manufatura, o desenvolvimento de algumas ferramentas estatísticas para a previsão de demanda e a alocação

de representantes nos locais de venda a fim de otimizar o processo, foram importantes para que estes objetivos fossem alcançados (Beaty, 1996).

A PLIC (*Personal Lines Insurance Center)*, empresa do setor de seguros de automóveis e residências, adotou a estratégia da CM para garantir a sua competitividade. Para isto, a empresa realizou modificações na sua estrutura e mudou seus conceitos para projetar os negócios da empresa para o futuro. O sucesso da implementação da CM exigiu investimentos em tecnologia, mudanças nos processos e na estrutura organizacional e, principalmente, uma modificação do conceito sobre o que representa um bom treinamento profissional (Martin, 1993).

A *Azimuth Corporation*, empresa de consultoria, criou um *software* para auxiliar a implantação da CM na empresa *3M*. Este *software* permite o envolvimento dos clientes com todas as atividades da CM, habilitando a participação do cliente no projeto e informando sobre a manufatura do produto. Isto permite uma resposta rápida ao cliente e um maior controle da qualidade. Kubiak (1993) aponta que o principal elemento do sucesso de implantação da CM na *3M* esteve relacionada ao treinamento dos empregados, que permitiu o entendimento da sua importância e dos seus fundamentos por toda a equipe de trabalho.

A *Lutron Electronics Company* conseguiu, através da adoção da CM como estratégia de produção, ser líder no seu segmento de mercado. Spira (1993) destaca que este sucesso foi alcançado principalmente pela flexibilidade da mão de obra envolvida. Esta flexibilidade foi adquirida através do treinamento dos seus engenheiros, operários da produção e fornecedores.

A *Hewlett Packard Company* implantou a CM através da modularização, integrando o projeto dos seus produtos, o processo utilizado para fazer a distribuição destes produtos e a estrutura de suprimentos (Feitzinger & Lee, 1997). O objetivo foi trabalhar com eficiência, atendendo com rapidez o cliente e diminuindo os estoques.

A NBIC (*National Industry Bycicle Company*) do Japão, opera o "Sistema de Pedidos Panasonic", que fabrica bicicletas sob medida, ajustando-se às preferências e anatomias dos consumidores. O consumidor senta em um protótipo que é ajustado ao seu nível de conforto, tamanho, sistema de mudança de marchas, selim, pedais, cores e outras características desejadas. Estas informações são enviadas a fábrica através de fax, onde são introduzidas em um computador que cria modelos em 3 minutos. O mesmo computador irá controlar os robôs e controlar os funcionários durante a fabricação do produto personalizado. Em duas semanas o consumidor já pode utilizar a bicicleta fabricada sob medida. A NBIC utilizou

conjuntamente o CAD/CAM, máquinas avançadas controladas por computador e robôs na implantação de seu sistema de CM. Hoje a fábrica produz cerca de 11.231.862 variações de 18 modelos de bicicletas em 199 padrões de cores, ajustados a todos os tamanhos possíveis de indivíduos (Kotha, 1995; Kotler, 1998; Davis *et. al*, 2001).

A *Perkins*, fabricante de máquinas e implementos agrícolas, baseou sua implantação de CM em um sistema híbrido que combina CAD, CAE (*Computer Aided Engineering* – Engenharia Auxiliada por Computador) e linhas de montagem flexíveis (Vasilash, 1997).

A *John Deere* fabrica máquinas semeadoras que podem ser configuradas, conforme as especificações do cliente, em mais de dois milhões de versões. Para a sua fabricação, a empresa utiliza uma única linha de produção, onde as semeadoras são fabricadas uma a uma em qualquer seqüência (Kotler, 1998).

A *Bally*, fabricante de estruturas de engenharia, migrou do CIM para o CDIN (*Computer-Driven Intelligence Network* – Rede de Inteligência Orientada por Computador) através da utilização de tecnologias avançadas de informação. O novo sistema possibilitou conectar representantes e fornecedores em um único sistema integrado de informações (Pine II & Pietrocini, 1993).

A *Betchel*, fabricante de estações de força, desenvolveu um sistema avançado de informações organizadas em módulos integrados, onde os módulos incluem os setores de engenharia, compras, construção e gestão do projeto (Choi & Jarboe, 1996).

A *Custom Foot Inc*. utilizou um sistema composto de um *scanner*, que dá as medidas exatas e necessárias aos sapatos artesanais, para colher os dados específicos de cada cliente. Através de computadores, estes dados são enviados à fábrica na Itália, onde a produção inicia imediatamente. Isto faz com que os estoques sejam diminuídos tanto na fábrica como na loja. (Davis *et. al*, 2001).

A *Suited for Sun*, fabricante de roupas de natação dos USA, instalou em várias lojas de varejo um sistema de câmera computadorizada que torna possível o *design* de roupas de natação sob medida. O cliente veste um modelo comum e a câmera digital do sistema captura a sua imagem para o computador. A balconista aplica um estilo na tela do computador para que seja criada uma roupa de ajuste perfeito ao cliente. O cliente pode selecionar entre mais de 150 padrões e estilos que são redesenhados, sobre o seu corpo, na tela do computador. Após o cliente escolher o modelo mais adequado, este é transmitido para a fábrica que, após produzir, envia para a casa do cliente em alguns dias (Kotler, 1998).

A *Levi Strauss* oferece aos clientes em suas lojas varejistas a opção de comprar jeans feitos no tamanho exato do cliente. O sistema utilizado é similar ao da *Suited for Sun*, onde as medidas do cliente são entradas num computador e, algumas semanas depois, as calças são entregues na casa do comprador. Pares adicionais podem ser encomendados com uma simples chamada telefônica, eliminando assim a necessidade de ir a loja. O acréscimo de preço ao produto, se comparado aos jeans produzidos em massa, é de dez dólares (Kotler, 1998; Davis *et. al*, 2001).

A *Personics* implantou um sistema que permite ao cliente personalizarem suas fitas, escolhendo entre 5.000 músicas as suas preferidas. A máquina produz uma fita em 10 minutos e imprime um rótulo com os nomes das músicas e do consumidor. O custo cobrado pelo serviço fica em $1,10 por música. (Kotler, 1998).

A fornecedora de suprimentos médicos, *Becton – Dickinson*, oferece um grande número de opções aos hospitais: etiquetas preparadas sob medida, embalagens a granel ou individuais, controle de qualidade, *software* e faturamento customizados (Kotler, 1998).

Em todos os exemplos acima, verificou-se a necessidade de associar tecnologias de manufatura e de informação na implantação de sistemas de CM. O tipo de tecnologia a ser utilizada é específico para cada empresa. Todavia, alguns requisitos são comuns à maioria dos negócios. Por exemplo, EDI é essencial para transferência de dados de demanda customizada do ponto de venda até a empresa. Alterações no projeto que contemplem aspectos customizados pelo cliente demandam a utilização de tecnologias como CAD. Finalmente, a viabilização de lotes pequenos no chão-de-fábrica só é possível através da utilização conjunta de CIM e FMS.

2.2. Flexibilidade na Manufatura

2.2.1. A importância da Flexibilidade na Manufatura

A competitividade no setor industrial vem apresentando um aumento constante nas últimas décadas. Nas indústrias de manufatura, a principal estratégia para promoção de ganhos de competitividade está ligada à própria manufatura. Um desempenho medíocre no

setor de manufatura representa um desempenho medíocre para toda a empresa (Skinner, 1969, 1986).

Vantagens em manufatura são obtidas quando a empresa desenvolve formas de satisfazer as necessidades do seu cliente de uma forma melhor que a concorrência. A vantagem competitiva da manufatura pode ser desdobrada em cinco dimensões (Slack, 1993):

- Vantagem da qualidade ⇒ Significa fazer certo.
- Vantagem de Velocidade ⇒ Significa fazer rápido.
- Vantagem da Confiabilidade ⇒ Significa fazer pontualmente.
- Vantagem da Flexibilidade ⇒ Significa mudar o que está sendo feito.
- Vantagem de Custo ⇒ Significa fazer mais barato.

Dentre as cinco vantagens relacionadas acima, a flexibilidade vem a ser a mais requisitada para habilitar sistemas de manufatura à customização em massa. Para que a flexibilidade promova um diferencial competitivo para a organização como um todo, deve contribuir para a redução de custos, além de maior rapidez, confiabilidade e qualidade.

O futuro econômico da indústria aponta na direção de sistemas flexíveis de produção, técnicas avançadas de manufatura e habilidade intensiva para a fabricação de produtos customizados (Gerwin, 1993). A flexibilidade é um habilitador para o baixo custo de produtos customizados, a maior oferta de produtos diferenciados na manufatura e a fabricação de produtos de tecnologia superior direcionados a nichos de mercado.

Narasimhan & Das (1999) observam que os resultados de algumas pesquisas sobre o futuro da manufatura mostram que as empresas enfatizam:

- Flexibilidade de manufatura.
- Flexibilidade de Projeto.
- Customização.
- Variedade de Produtos.

Narasimhan & Das (1999) também relacionam as quatro principais mudanças que ocorreram no ambiente competitivo de mercado, e que se justificam certamente pelo nível de flexibilidade requerido pelas empresas. Estas mudanças são:

- A mudança rápida das tecnologias: A rápida mudança tecnológica demanda uma grande agilidade de empreendimento em novas tecnologias por parte das empresas. A proliferação de novos produtos no mercado, criou desafios para que as empresas

de manufatura competissem sob pressão em qualidade e distribuição dos seus produtos. A diminuição do ciclo de vida dos produtos criou a necessidade por uma renovação constante, exigindo que estas empresas tenham também uma renovação constante. Com isto as empresas precisam apresentar uma maior agilidade e flexibilidade em suas respostas e iniciativas frente ao mercado.

- Os níveis de perigo (risco) dos investimentos: O aumento da magnitude dos investimentos e os altos níveis de risco têm demandado uma rapidez de resposta e flexibilidade para entrar e sair do(s) mercado(s), por parte das empresas.
- O aumento da globalização dos mercados: A rapidez na globalização das novas tecnologias, dos investimentos de risco (devido à sua volatilidade) junto com a necessidade por uma rápida configuração e reconfiguração da extensa rede de fornecedores.
- A grande pressão por produtos customizados: Acompanhando as demais condições se encontra o aumento da demanda por produtos customizados pelos clientes.

De Meyer *et al*. (1989) apresentam um estudo realizado sobre prioridades competitivas nas indústrias de manufatura norte-americanas, européias e japonesas. Nessa pesquisa, realizada em 1986, foram listadas e ordenadas prioridades competitivas em indústrias de diferentes países; tais prioridades vêm resumidas a seguir.

As prioridades competitivas das indústrias norte-americanas e européias são praticamente as mesmas, sendo a flexibilidade de projeto apontada como sexta prioridade e a flexibilidade de volume apontada como oitava prioridade competitiva. Já na indústria japonesa, questões ligadas à flexibilidade aparecem como mais prioritárias, sendo classificadas em segundo lugar (flexibilidade de projeto) e quarto lugar (flexibilidade de volume) entre as prioridades de manufatura. Isso pode ser justificado pelo fato da indústria japonesa já se encontrar em posição vantajosa relativamente à qualidade de seus produtos tendo, assim, a flexibilidade como meta a ser alcançada. A posição das indústrias norte-americanas e européias relativamente à qualidade não é tão vantajosa; desta forma, aspectos relacionados à qualidade são identificados como prioritários.

2.2.2. Definição da Flexibilidade

Em termos de manufatura, podemos entender flexibilidade como a capacidade que o processo produtivo apresenta de se adaptar a diferentes entradas (*inputs*) que poderão ocorrer no sistema, objetivando a produção de itens diferentes ou realização de diferentes tarefas.

Na literatura são apresentadas diversas definições, onde a flexibilidade em manufatura é descrita, por exemplo, como:

- A capacidade de se mudar o que está sendo feito, sendo capaz de variar e adaptar a operação, seja porque as necessidades do cliente são alteradas, ou seja, devido a mudanças no processo de produção (Slack, 1993).
- A habilidade de um sistema de manufatura em lidar com as incertezas ambientais (Barad & Sipper *apud* Narasimhan & Das, 1999).
- A habilidade de mudar ou reagir a tempo a mudanças no sistema de manufatura (inclusão de novos produtos, troca de datas nos pedidos, etc.) com pequena penalização, esforço, custo e influência no desempenho (Upton, 1994), ou da mesma forma, a habilidade que o sistema tem de lidar de forma eficaz com mudanças (Gupta & Buzacott, 1989).

Podemos, assim, observar dois pontos básicos que estabelecem a necessidade de flexibilidade em manufatura:

1º) As necessidades do cliente são alteradas, principalmente após o evento da abertura de mercados, o que fez com que novas tecnologias fossem mais facilmente divulgadas. Os clientes começam a requisitar produtos mais personalizados e a concorrência aumenta.

2º) As mudanças inesperadas ocorridas no processo de manufatura. Estas mudanças podem ser provocadas por problema de matéria prima, problema de quebra de máquina, problema de capacidade produtiva ou qualquer outro problema ligado aos recursos de manufatura.

Na literatura podem ser encontrados diversos trabalhos sobre a importância da flexibilidade dentro da manufatura. Narasimhan & Das (1999) classificou a literatura sobre flexibilidade dentro de três categorias:

1º Categoria: São incluídos os estudos que examinam a relação entre as incertezas ambientais existentes e as necessidades pela flexibilidade na manufatura (Gerwin, 1993).

2º Categoria: Compreende a caracterização das realidades existentes no estudo sobre flexibilidade. Como exemplos, temos a descrição de Swamidass *apud* Narasimhan & Das (1999) que descreve a flexibilidade de manufatura como um posicionamento estratégico da empresa entre os diferentes níveis de saída (volume/variedade). Slack *apud* Narasimhan & Das (1999) descreve a flexibilidade em termos de variedade, tempo e custo de troca. Upton (1994) adiciona a dimensão de uniformidade de desempenho às caracterizações de Slack.

3º Categoria: Desenvolve uma estrutura fundamental, dividindo o conceito de flexibilidade em manufatura em dimensões individuais de flexibilidade. Como dimensões de flexibilidades, temos: flexibilidade operacional (máquinas/operários), flexibilidade tática (planta da manufatura) e flexibilidade estratégica (empresa) (Gerwin, 1987; Sethi & Sethi, 1990).

2.2.3. Tipos de Flexibilidade existentes

Existem várias formas de classificarmos flexibilidade. Em uma **primeira classificação**, distinguimos dois tipos básicos de flexibilidade: a flexibilidade de faixa e a flexibilidade de resposta (Barad & Nof, 1997).

A flexibilidade de faixa é definida como o quanto pode ser modificada uma operação, tanto no curto prazo (troca da configuração da manufatura de um produto para outro) como no longo prazo (produção de um novo produto pela manufatura). A flexibilidade de resposta é definida como a rapidez com que uma operação pode ser modificada. O tempo de *setup* de uma máquina é um exemplo de flexibilidade de resposta.

Esta classificação se torna importante para a avaliação da flexibilidade das tecnologias empregadas no processo produtivo. A implantação das Tecnologias Avançadas de Manufatura (TAM's) tem como uma das suas principais justificativas a obtenção de flexibilidade. Tecnologias como Robôs, Sistemas Flexíveis de Manufatura (FMS), Projeto e Manufatura Auxiliado por Computador (CAD/CAM), Manufatura Integrada por Computador (CIM) e Veículos Guiados Automaticamente (AGV) devem ser avaliados com relação a sua flexibilidade de faixa e resposta antes de serem implementados.

Uma **segunda classificação**, que aborda um outro enfoque do que a classificação apresentada acima, resulta em dois tipos de flexibilidade: flexibilidade de sistema (descrição da flexibilidade da operação como um todo) e flexibilidade de recursos individuais.

A flexibilidade de sistema é definida como a flexibilidade total da operação, sendo considerados, para tanto, os tipos de flexibilidade que contribuem para a competitividade, como a flexibilidade de novos produtos, flexibilidade de mix, flexibilidade de volume e flexibilidade de entrega. Esses tipos de flexibilidade vêm definidos a seguir (Slack, 1993; Suarez *et al.*, 1995).

- Flexibilidade de novos produtos: é a habilidade de se introduzir e produzir novos produtos em uma operação ou sistema. O componente *de faixa* desta flexibilidade é dado pela gama de produtos que a empresa tem a capacidade de projetar, comprar e produzir. O tempo gasto para desenvolver ou modificar o produto, e o processo até obtenção de uma produção estável é o componente *de resposta* desta flexibilidade.
- Flexibilidade de *mix* de produtos: é a habilidade de mudar a variedade dos produtos executados por uma determinada operação dentro de um determinado período de tempo. O componente *de faixa* desta flexibilidade é dado pelos tipos de produtos que a empresa pode produzir em um determinado período de tempo. O componente *de resposta* é representado pelo tempo necessário para ajustar o *mix* de produtos que está sendo manufaturado.
- Flexibilidade de volume: é a habilidade de mudar o nível agregado de saídas da operação. O componente *de faixa* desta flexibilidade é o nível absoluto de saída agregada que a empresa pode atingir para um dado *mix* de produtos. O componente *de resposta* é o tempo que leva para mudar o nível de saída agregado.
- Flexibilidade de entrega: é a habilidade de modificar os prazos de entrega planejados ou assumidos. O componente *de faixa* desta flexibilidade relaciona-se ao quanto as datas de entrega podem ser adiantadas. O componente de resposta é o tempo que se leva para reorganizar o sistema de manufatura de modo a replanejar para novas datas de entrega.

Quando desejamos obter qualquer nível de flexibilidade para o sistema como um todo, este sempre estará dependente da flexibilidade de cada um dos recursos individuais envolvidos.

A flexibilidade de recursos é definido como sendo a habilidade de se modificar o que está sendo feito independentemente do tipo de estrutura existente. Esta estrutura envolve tecnologia de processos da operação, recursos humanos da operação e as redes de suprimento

da operação. Isto significa que uma empresa que possui tecnologia flexível, mão de obra flexível e redes de suprimento flexíveis, terá uma alta flexibilidade nos recursos de operação. Portanto, esta empresa terá maior habilidade de, por exemplo, lidar com novos produtos que venha a desenvolver, modificar prazos de entrega requisitados pelos clientes, mudar a variedade de produtos produzidos, etc.

Em uma **terceira classificação,** diferente dos dois enfoques anteriores, mostra de forma mais detalhada os diferentes tipos de flexibilidades existentes. Nesta classificação se aborda as várias medidas quantitativas e qualitativas que têm sido investigadas na literatura para calcular-se os diferentes tipos de flexibilidade. Porém, para obter-se este dimensionamento da flexibilidade, algumas dificuldades têm sido encontradas (Ramasesh & Jayakumar, 1991):

- A falta de uma visão homogênea da flexibilidade em manufatura na literatura, principalmente na definição dos termos que são utilizados para a sua classificação.
- Muitas vezes, algumas medidas definidas na literatura sofrem limitações, como:
    - Geralmente são medidas que não consideram aspectos financeiros
    - São medidas locais que avaliam uma ou poucas dimensões da flexibilidade, desconsiderando assim possíveis interações existentes entre dimensões diferentes.
    - São medidas isoladas que são obtidas independentes do meio ambiente em que o sistema de manufatura funcione.

Considerando as dificuldades e limitações aqui descritas e a revisão na literatura existente, pode-se relacionar as diferentes formas de flexibilidade existentes e algumas sugestões de medidas (Ramasesh & Jayakumar, 1991; Upton, 1994; Barad & Nof, 1997; Shewchuk & Moodie, 1998; Narasimhan & Das, 1999; Parker & Wirth, 1999; Beach *et al.*, 2000):

Flexibilidade de máquina: a flexibilidade de máquina é definida como a capacidade que uma máquina apresenta para executar diferentes tipos de operações (Barad & Nof, 1997; Parker & Wirth, 1999). O objetivo aqui é habilitar a manufatura a trabalhar com lotes pequenos, diminuir os custos de inventário causado pela utilização contínua das máquinas, diminuir o *lead time* para a introdução de novos produtos e a melhoria da qualidade em função das rápidas variações do mercado (Sethi & Sethi, 1990). Como sugestões de medidas para esta flexibilidade, temos:

(i) o número de diferentes operações realizadas por cada máquina, mensurado pela importância das tarefas executadas;

(ii) o tempo e o custo da mudança de uma operação para a outra;

(iii) e o dimensionamento da "variação de entrada" que a máquina pode operar, onde, por exemplo, pode-se mensurar o número de ferramentas ou programas computacionais que uma máquina pode utilizar (Gerwin, 1987; Brill & Mandelbaum, 1990; Sethi & Sethi, 1990; Barad & Nof, 1997).

Flexibilidade de operação: esta flexibilidade é uma propriedade da parte do produto, e indica a capacidade de se produzir esta parte através de diferentes caminhos. Uma forma de adquirir a flexibilidade de operação é inserir alternativas no processo produtivo, possibilitando mudanças ou substituições de algumas operações por outras. O objetivo aqui é permitir que o planejamento das partes seja mais fácil e que a disponibilidade e utilização das máquinas sejam aumentadas. Como sugestão de medida para a flexibilidade de operação, temos o número de diferentes processos que são planejados para uma mesma parte. (Sethi & Sethi, 1990; Parker & Wirth, 1999)

Flexibilidade de lidar com o material: corresponde a capacidade de mover diferentes partes através de diversas máquinas. A definição abrange o carregamento e o descarregamento das partes, o transporte de máquina para máquina e os eventuais armazenamentos existentes na estrutura de manufatura. Os principais objetivos são conseguir um aumento na disponibilidade de máquinas e redução do tempo de aproveitamento.

Como sugestões de medidas, pode-se utilizar a proporção entre o número de caminhos avaliado para uma determinada parte e o número total dos caminhos possíveis, ou ainda a medição do aumento no desempenho do FMS devido a utilização de diferentes elementos de fixação (Sethi & Sethi, 1990; Barad & Nof, 1997).

Flexibilidade de caminhos: este tipo de flexibilidade também tem sido descrito como a flexibilidade para planejamento, pois representa a capacidade de se utilizar caminhos alternativos no processo para se fabricar um produto (Sethi & Sethi, 1990, Parker & Wirth, 1999). Os caminhos alternativos do processo produtivo poderão ser formados por diferentes máquinas, diferentes operações ou diferentes seqüências de operações. Deve-se notar que a diferença existente entre a flexibilidade de operação e esta forma de flexibilidade é que a

primeira é uma propriedade da parte e esta última é uma propriedade do sistema (Sethi & Sethi, 1990; Barad & Nof, 1997).

A flexibilidade de caminhos proporciona uma programação mais eficiente das partes gerada pelo melhor equilíbrio das cargas de máquina, diminui as incertezas da produção geradas pelas quebras de máquinas e facilita a capacidade de expansão quando necessário.

Para mensurar a flexibilidade de caminhos pode-se utilizar o número médio de caminhos em que um produto pode ser fabricado, o percentual de decréscimo no atravessamento da produção devido à quebra de máquinas (quando comparado ao caminho fixo anterior), o custo da produção perdida devido ao replanejamento de um trabalho urgente, e a mobilidade do trajeto existente (Sethi &Sethi, 1990; Ramasesh & Jayakumar, 1991; Chen & Chung, 1996; Barad & Nof, 1997; Parker & Wirth, 1999).

Flexibilidade de programação: é a capacidade de um sistema para administrar abandonos por longos períodos como, por exemplo, em trocas de turnos. O objetivo é reduzir o tempo de atravessamento através da diminuição dos tempos de *set-up*.

Como sugestão para medida temos o percentual do aumento de tempo esperado durante a troca de turno como uma forma de mensurar a flexibilidade de programação (Sethi & Sethi, 1990; Ramasesh & Jaikumar, 1991; Chen & Chung, 1996; Barad & Nof, 1997).

Flexibilidade de desenvolvimento: é a facilidade com que a capacidade e a capabilidade de produção podem ser aumentadas quando necessárias. A capacidade de produção é expressa em termos da taxa de produção por unidade de tempo, e a capabilidade de produção refere-se às características de qualidade, ao estado tecnológico, aos demais tipos de flexibilidades existentes, etc. (Sethi & Sethi, 1990; Barad & Nof, 1997; Parker & Wirth, 1999).

A flexibilidade de desenvolvimento se torna importante para empresas que adotam a estratégia de crescimento através do ingresso em novos mercados, desde que isto possibilite uma adaptação gradual do sistema para a expansão. Conforme Carter (1986), a flexibilidade de desenvolvimento influencia na redução dos custos e do tempo de implementação de novos produtos, na variação de produtos já existentes ou no aumento de capacidade.

Uma maior flexibilidade de desenvolvimento pode, por exemplo, ser obtida através da construção de pequenas unidades de produção, de células flexíveis de manufatura modular e com a utilização de um alto nível de automação a fim de facilitar a formação de turnos adicionais (Sethi &Sethi, 1990).

O custo total e o tempo necessário para que sejam aumentados a capacidade (Carter, 1986) e o limite superior da quantidade de aumento de capacidade (Browne et al., 1984) são sugestões de medida a serem utilizadas.

Flexibilidade de processo: este tipo de flexibilidade abrange outras terminologias encontradas na literatura, como a flexibilidade de trabalho, a flexibilidade de variedade, a flexibilidade de combinação, a flexibilidade de volume de produção e a flexibilidade de prazos curtos (Ramasesh & Jayakumar, 1991; Sethi & Sethi, 1990).

A flexibilidade de processos vem a possibilitar a produção de diferentes tipos de partes sem que para isto haja maiores esforços do sistema produtivo, possibilitando a mínima espera entre a mudanças de produtos (Parker & Wirth, 1999). Como exemplo de esforço existente no sistema produtivo, temos o número de *set-up's* necessários para a produção de uma diferente parte. Como principais objetivos da flexibilidade de processo, temos a diminuição do tamanho de lote e a redução dos custos de inventário (Sethi & Sethi, 1990).

A flexibilidade de processos está diretamente ligada à flexibilidade de máquina, à flexibilidade de operações e à flexibilidade de lidar com o material (Sethi & Sethi, 1990). Podemos mensurar a flexibilidade de processo através do número de diferentes tipos de partes que podem ser produzidos por um determinado processo sem que para isto haja a necessidade da realização de *set-up* (Gerwin, 1987), avaliando a mudança dos custos para diferentes trabalhos conhecidos dentro do plano de produção corrente (Sethi & Sethi, 1990).

Flexibilidade de produto: A flexibilidade de produto vem a ser a capacidade que o sistema tem de adicionar ou substituir produtos sem que necessite muitos esforços (ajustes) para isto (Sethi & Sethi, 1990). Também é conhecida como a flexibilidade de troca de *mix* (Parker & Wirth, 1999). Na literatura são apresentados outros tipos de flexibilidade que estão inseridas dentro da flexibilidade de produto, como a flexibilidade de projeto, a flexibilidade de fazer modificações, a flexibilidade de partes e a flexibilidade de novos produtos (Ramasesh & Jayakumar, 1991).

A flexibilidade de produto permite que a empresa responda rapidamente ao mercado e atenda a necessidade de novos projetos existentes. Como habilitadores da flexibilidade de produto temos outras flexibilidades, como a flexibilidade de máquina, a flexibilidade de lidar com o material e a flexibilidade de operação, além de novas tecnologias como o CAD/CAM (Sethi & Sethi, 1990; Parker & Wirth, 1999).

Como sugestões de medidas de flexibilidade de produto temos o tempo ou o custo requerido para a troca de um *mix* de produtos para outro, a proporção entre o volume total produzido e o custo de trocas de ferramentas, o número (variedade) de partes introduzidas por ano e o tempo de implementação de um projeto através do sistema (Ramasesh & Jayakumar, 1991, Parker & Wirth, 1999).

Flexibilidade de volume: é a capacidade que o sistema produtivo tem de operar de forma lucrativa mediante diferentes volumes de produção (Parker & Wirth, 1999). Slack (1993) aponta a rapidez de resposta e a diversidade de variações como aspectos importantes para a flexibilidade de volume.

As incertezas existentes ao nível de demanda impedem que os objetivos estratégicos da empresa venham a aumentar ou manter a cota de um determinado mercado. Através da flexibilidade de volume, a fábrica habilita-se para ajustar, dentro de certos limites, o aumento ou queda do nível de produção. Os Sistemas de Manufatura Flexíveis (FMS) e a abordagem *Just in Time* (JIT) são sugeridos como habilitadores da flexibilidade de volume (Sethi & Sethi, 1990; Parker & Wirth, 1999).

Como sugestões de medidas, temos a proporção entre o volume médio produzido e a capacidade total de produção (Gerwin, 1987), a estabilidade dos custos de manufatura em relação à variação dos níveis de produção (Falkner *apud* Sethi & Sethi, 1990) e os menores volumes possíveis para a operação lucrativa do sistema (Browne et al., 1984).

Flexibilidade de Produção: é definido como sendo o universo de tipos de partes que o sistema de manufatura pode produzir sem que para isto seja necessário investir em equipamentos. A flexibilidade de produção define o conjunto de partes com que a empresa trabalha atualmente e mais as possíveis variedades que podem ser fabricadas pela empresa. Recursos que envolvam investimentos não significativos, como novas ferramentas, definem o novo universo que poderá ser produzido. Vemos, desta forma, que a flexibilidade de produção pode ser adquirida através da inserção de *set-up's* no sistema, desde que para isto não haja grandes investimentos em equipamentos (Sethi & Sethi, 1990; Parker & Wirth, 1999).

Com esta forma de flexibilidade, a empresa minimiza o tempo de implementação de novos produtos ou de modificações nos produtos já existentes e habilita-se a competir em mercados onde a demanda por novos produtos é constantemente requerida. A flexibilidade de produção depende da variedade e versatilidade das máquinas, da flexibilidade do sistema utilizado para lidar com o material e do sistema de informações e controle da fábrica. Uma

forma de medir a flexibilidade de produção é através do tamanho do universo de partes que o sistema de produção é capaz de fabricar (Sethi & Sethi, 1990).

Flexibilidade de Mercado: é a facilidade com que o sistema de manufatura pode se adaptar as mudanças do mercado (Sethi & Sethi, 1990; Gerwin, 1993; Narasimhan & Das, 1999). A flexibilidade de mercado é um importante requisito para que empresas venham sobreviver em mercados de constantes mudanças. Estas mudanças estão relacionadas à mudança de preferências dos clientes, a rápida inovação tecnológica, ao curto ciclo de vida dos produtos, as incertezas dos fornecedores, etc. A flexibilidade de mercado também oportuniza as empresas para que invistam em novas oportunidades antes que os seus concorrentes menos flexíveis estejam habilitados para isto, gerando assim uma vantagem competitiva. Para empresas que tenham como estratégia trabalharem com produtos que sofram freqüentes mudanças e com produtos customizados, a flexibilidade de mercado é considerada essencial (Sethi & Sethi, 1990).

As flexibilidades de produto, volume e de desenvolvimento contribuem para a flexibilidade de mercado, pois facilitam a introdução de novos produtos no sistema de manufatura e habilitam a produção a trabalhar com uma flutuação dos volumes de produção e com mudanças de capacidade. Para a existência de uma flexibilidade de mercado, é necessário que os processos de planejamento da produção e controle de inventário estejam integrados com as funções de *marketing*, como desenvolvimento de produto, relações com clientes e previsão de demanda (Sethi & Sethi, 1990).

A flexibilidade de mercado pode ser medida em termos dos efeitos de custo e tempo requeridos para que seja introduzido um novo produto, para aumentar ou diminuir o volume de produção ou, ainda, para que seja aumentada a capacidade de produção (Sethi & Sethi, 1990).

Flexibilidade de fornecimento: é a habilidade de reprogramar as atividades ou modificar os prazos de entrega assumidos. A flexibilidade de fornecimento é necessária para as empresas que necessitam reorganizar o seu sistema de manufatura de modo a replanejar suas entregas para novas datas. Esta flexibilidade pode ser traduzida como o nível de resposta que um fornecedor tem para atender os seus clientes (Slack, 1988; Bartezzaghi & Turco, 1989).

Algumas sugestões de medidas para a flexibilidade de fornecimento são: o tempo total assumido pela empresa para a entrega de uma encomenda, a dimensão ao qual um prazo de

entrega pode ser adiantado ou, ainda, o tempo necessário para o replanejamento de um novo prazo de entrega (Slack, 1988; Slack & Corrêa, 1992).

2.2.4. Justificativas para a implantação da flexibilidade na manufatura

Existem várias razões que justificam a implantação da flexibilidade na manufatura.

De uma forma geral, podemos dizer que a flexibilidade se faz necessária pelo fato de existirem incertezas ambientais no sistema de manufatura. Como exemplos de incertezas ambientais, temos as quebras de máquinas, problemas com matéria-prima, etc. Neste aspecto a flexibilidade não é exatamente uma resposta para estas incertezas, mas sim um instrumento que exerce uma função proativa para lidar com elas.

Mais detalhadamente, podemos enumerar as razões que fazem com que as atividades de manufatura sejam flexíveis; são elas:

- Capacitar a manufatura a lidar, de maneira eficaz, com uma larga variedade de partes, componentes ou produtos existentes.
- Tornar possível a adaptação de produtos a requisitos específicos dos consumidores.
- Habilitar a manufatura a promover ajustes nos níveis de saída da produção para atender às variações de demanda, tais como a sazonalidade.
- Possibilitar com que sejam expedidos pedidos prioritários ao longo da fábrica, alterando, desta forma, a programação da produção.
- Capacitar a manufatura a lidar com quebras de equipamento e falhas dos fornecedores (internos e externos).
- Habilitar a manufatura para futuras gerações de produtos usando os mesmos recursos de manufatura.

As razões acima são divididas, por Slack (1993), em quatro grupos:

- Flexibilidade para corresponder a variedade de atividades do dia a dia (incertezas de curto prazo – variedade de produtos, níveis de saída, etc.);
- Flexibilidade para manter o desempenho da produção (reagindo a baixa confiabilidade do sistema de manufatura e a outros problemas não previstos);
- Flexibilidade como estratégia para o futuro (incertezas de longo prazo – novos produtos, mercados ou concorrentes);

- Flexibilidade como desconhecimento do que poderá ser exigido futuramente da manufatura (estratégia global da empresa).

Analisando as razões enumeradas acima, vemos que estas não podem ser igualmente tratadas. A flexibilidade para corresponder à variedade de atividades do dia a dia e a flexibilidade como estratégia para o futuro são as mais justificadas para um investimento a nível estratégico. A flexibilidade adquirida para reagir contra a ausência de confiabilidade, de certa forma está sendo desperdiçada; neste caso, o correto é atacar a ausência de confiabilidade, apesar de que, enquanto não se consegue atacar as causas, a flexibilidade ajuda a amenizar os efeitos da confiabilidade. A última razão é a mais preocupante, pois mostra que a empresa não possui uma estratégia competitiva global. Neste caso, a flexibilidade está ocupando um papel que deveria ser definido cooperativamente entre os setores estratégicos da empresa, como marketing, manufatura, etc.

A flexibilidade funciona como um amortecedor da operação de manufatura contra incertezas de curto e de longo prazo, fornecendo, assim, condições ao sistema de manufatura para que este, mesmo na presença de incertezas, continue operante. A Figura 2.8 mostra os componentes da flexibilidade apresentados acima (Slack, 1993).

A flexibilidade é um meio para outros fins. As operações obtêm flexibilidade para que se melhore algum outro aspecto de seu desempenho (por exemplo, confiabilidade, custos e velocidade), até mesmo porque a empresa não irá vender flexibilidade.

A confiabilidade do sistema produtivo pode ser melhorada pelo fato de uma operação flexível lidar melhor com interrupções não esperadas, como problemas com entregas, capacidade de trabalho e capacidade de processo.

Devido a uma melhor utilização das tecnologias de processo, recursos materiais e mão-de-obra, os custos serão melhorados. Melhorias, como trocas rápidas de ferramentas, diminuem o tamanho dos lotes e, conseqüentemente, diminuem os estoques e o capital imobilizado.

Aspectos ligados a tempo de entrega, tempo de desenvolvimento de produto e tempo de personalização de produtos (customização em massa), são também definidos como “velocidade” da operação, e dependem diretamente da sua flexibilidade. A capacidade de um processo produtivo trabalhar rapidamente com uma grande gama de produtos e lotes pequenos (por causa da definição de algumas características deste produto pelo cliente) é que irá possibilitar, por exemplo, a implantação da customização em massa em um processo de manufatura.

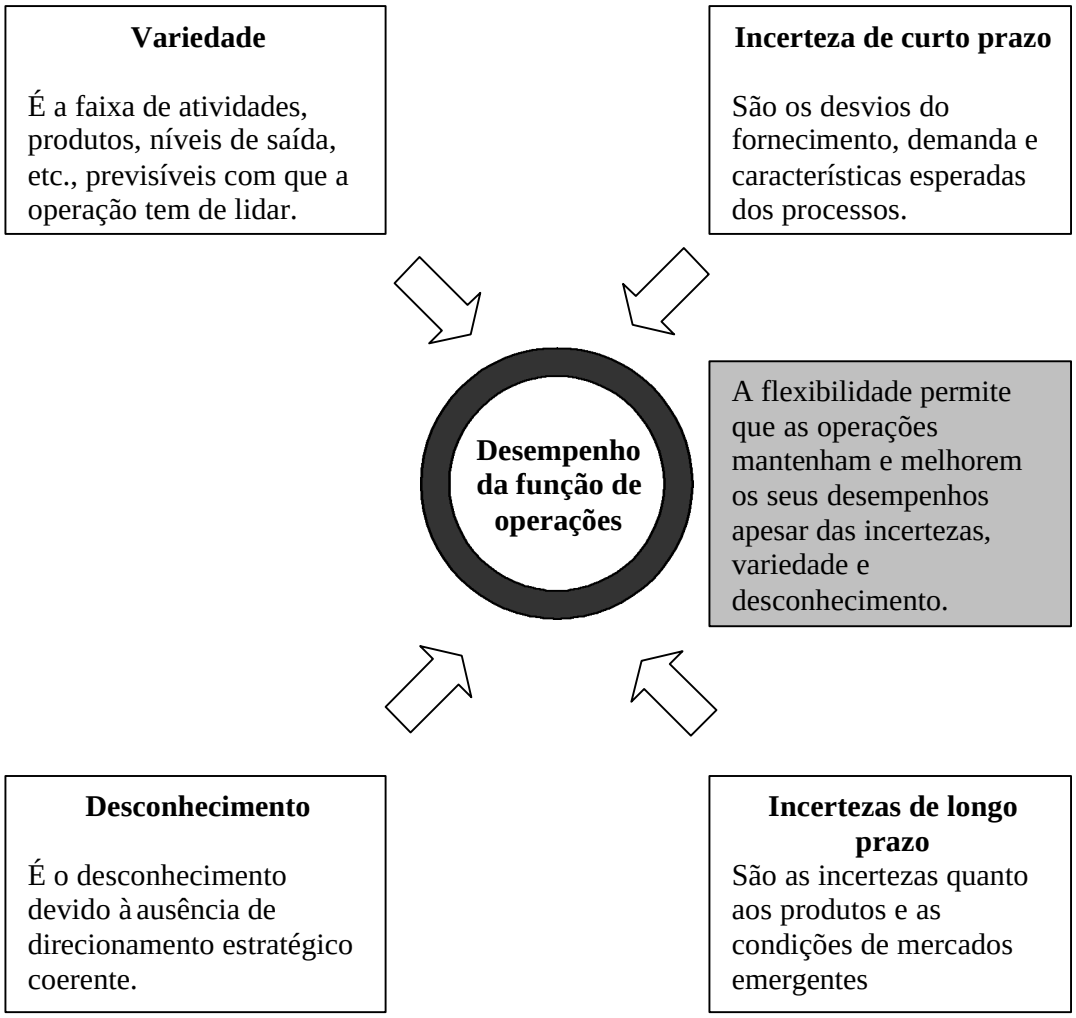

Figura 2.8 Fatores que influenciam no desempenho da função de operações (Slack, 1993)

2.3. Desdobramento da Função Qualidade

O QFD (*Quality Function Deployment* ou Desdobramento da Função Qualidade) teve início no Japão na década de 60. Conforme Ferreira (1997), o QFD é um método de gerenciamento interfuncional, auxiliar na garantia da qualidade de processos, produtos ou serviços, ou seja, trata-se de um método de planejamento da qualidade.

As diversas definições conhecidas de QFD utilizam a lógica de "*market-in*", que teve início na era da competitividade, onde a demanda por produtos é muito menor que a oferta.

Esta competitividade criou para as empresas a necessidade de mudar o seu sistema gerencial, adotando o marketing do valor, buscando a melhoria contínua do processo e obtendo produtos com maior valor agregado (Ferreira, 1997).

Para Akao (1990, 1996, 1997) o QFD é "uma conversão das demandas dos consumidores em características de qualidade, desenvolvendo uma qualidade de projeto para o produto acabado orientada pelos relacionamentos desdobrados sistematicamente entre as demandas e as características, começando com a qualidade de cada componente funcional e estendendo o desdobramento para a qualidade de cada parte e processo. Assim a qualidade do produto como um todo, será gerada através de uma rede de relacionamentos".

Com isso vemos que o QFD captura as necessidades dos clientes e conduz estas informações ao longo de todo o processo produtivo, de maneira a retornar ao cliente um produto conforme desejado.

A abordagem do QFD que será utilizada neste trabalho, e que é proposta por Akao, é o modelo mais completo disponível na literatura. Trata-se de um método organizado e sistemático, que utiliza um conjunto de matrizes para identificar as relações que existem entre a qualidade demandada pelos clientes e os processos de chão de fábrica. Este modelo compreende um total de 22 matrizes em 27 etapas de execução, abrangendo desdobramentos da Qualidade, Tecnologia, Custo e Confiabilidade.

Esta abordagem servirá de base para a criação da metodologia a ser desenvolvido neste trabalho de dissertação. Desta forma, serão realizadas as devidas adaptações e simplificações como, por exemplo, o desenvolvimento de um número menor de matrizes nas etapas do QFD. Como se trata de um desdobramento da qualidade demandada para a área de manufatura, utilizaremos somente três matrizes, a saber:

- Matriz da Qualidade – que é construída a partir do desdobramento da qualidade demandada e das características de qualidade do produto em estudo;
- Matriz do Produto - que é construída a partir do desdobramento do produto em suas partes constituintes;
- Matriz dos Processos – que é construída a partir do desdobramento dos processos em suas etapas individuais.

As matrizes desenvolvidas neste trabalho visam identificar as relações existentes entre: a customização demandada, as características técnicas, as partes constituintes do produto e os processos de fabricação do produto.

2.3.1. Matriz da Qualidade.

A Matriz da Qualidade tem a finalidade de executar o projeto da qualidade através da conversão das verdadeiras exigências dos clientes, sistematizadas em expressões linguísticas, mostrando a correlação entre estas expressões e as características de qualidade, em características substitutas. Desta forma, converte as informações linguísticas abstratas do mercado em informações técnicas necessárias para fazer o projeto dentro da empresa (Akao, 1997).

A Matriz da Qualidade é construída a partir do desdobramento da qualidade demandada, proveniente da Árvore de Qualidade Demandada do Produto, e das características de qualidade, que são as características técnicas mensuráveis dos mesmos. É considerada uma matriz porque os itens da qualidade demandados têm correlação com algumas características de qualidade.

A Figura 2.9 mostra, de forma esquemática, a Matriz da Qualidade e suas principais entradas e resultados. A construção da matriz da Qualidade exige uma série de atividades que são apresentadas a seguir (Ferreira, 1997).

(1-a) **Identificação dos Clientes:** Esta etapa tem por objetivo listar todos os clientes envolvidos na rede de produção e venda do produto, devendo-se listar os clientes externos e internos.

(2-a) **Ouvir a voz dos Clientes:** Após identificarem-se os clientes do produto, deve ser feita uma pesquisa de mercado a fim de avaliar a demanda exigida. Para a identificação da qualidade demandada, é sugerida a utilização de técnicas de pesquisa de mercado.

(3-a) **Desdobramento da Qualidade Demandada:** A qualidade demandada, identificada na etapa anterior, é aqui desdobrada em seus níveis secundários e terciários, sendo todos estes organizados em uma árvore lógica. A árvore lógica da qualidade demandada forma o cabeçalho das linhas da qualidade.

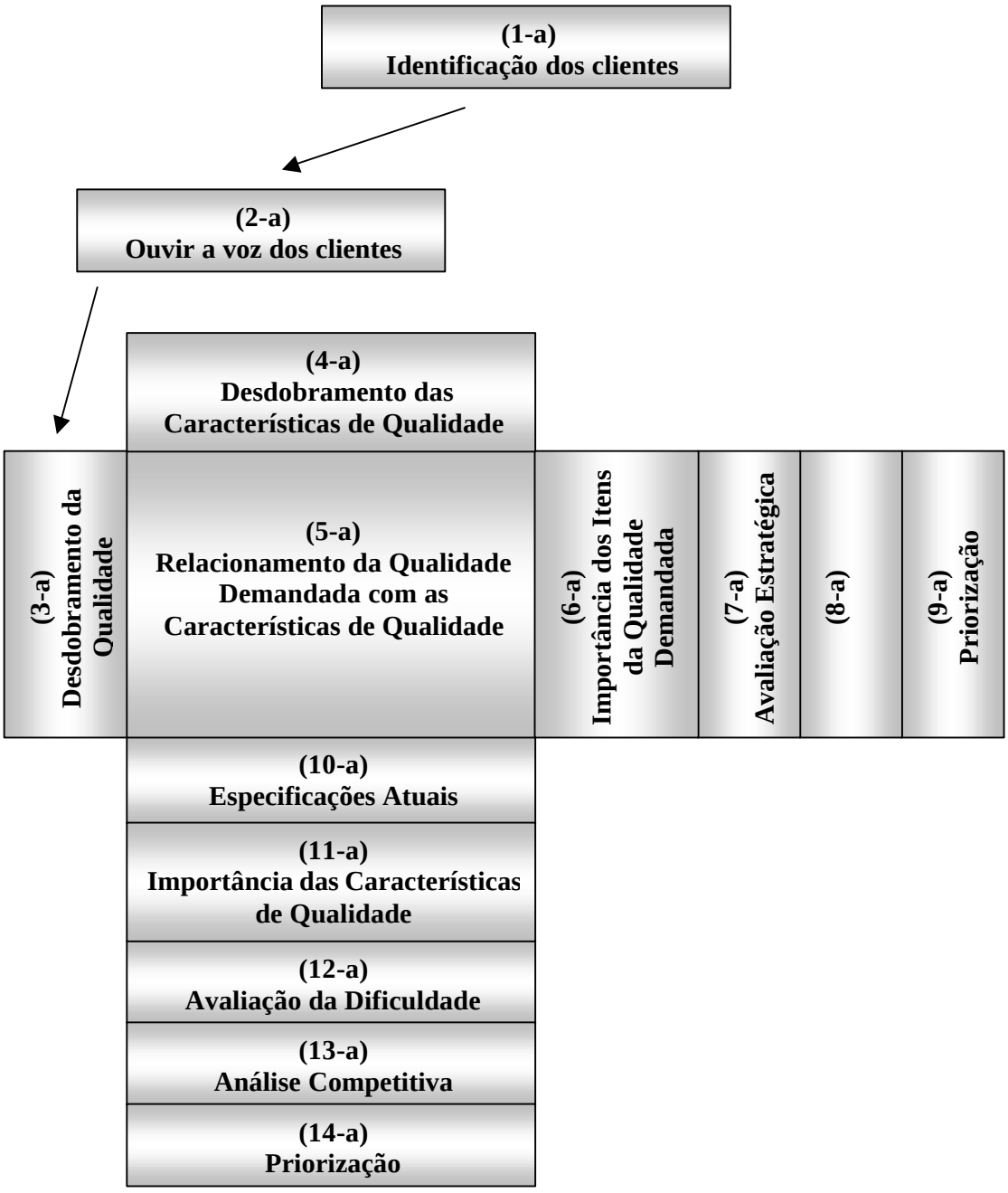

Figura 2. 9 Matriz da Qualidade (Ferreira, 1997)

(4-a) **Desdobramento das Características de Qualidade:** As características de Qualidade são utilizadas para traduzir as demandas de qualidade definidas pelos clientes em requisitos técnicos, mensuráveis e objetivos. Estas devem ser dispostas na parte superior da matriz, constituindo o cabeçalho das colunas.

(5-a) **Relacionamento da Qualidade Demandada com as Características de Qualidade:** A relação entre a qualidade demandada e a característica de qualidade é identificada no cruzamento da linha de uma com a coluna de outra, o que complementa o preenchimento da matriz da qualidade. Para tanto, utiliza-se a escala de intensidade mostrada na Tabela 2.3.

Tabela 2.3. Escala de intensidade utilizada nos relacionamentos da matriz do QFD.

Intensidade do relacionamento	***Peso***
Forte	9
Médio	3
Fraco	1
Inexistente	0

(6-a) **Importância dos Itens de Qualidade Demandada:** A importância dos itens de qualidade demandada é definida pelos clientes na pesquisa de mercado. Recomenda-se o uso de uma escala de importância previamente definida, como a mostrada na Tabela 2.4.

Tabela 2.4. Escala de importância utilizada na matriz do QFD.

Importância	***Escala***
Muito grande	2,0
Grande	1,5
Média	1,0
Pequena	0,5

(7-a) **Avaliação Estratégica dos Itens da Qualidade Demandada:** A avaliação estratégica dos itens de qualidade demandada é realizada de acordo com sua relevância para os negócios da empresa, observando-se as metas gerenciais estabelecidas para o futuro. A escala a ser utilizada pode ser a da Tabela 2.4.

(8-a) **Avaliação Competitiva dos itens de qualidade demandada:** A avaliação competitiva analisa os itens de qualidade demandada em relação à concorrência, verificando os pontos fortes e os que estão defasados e precisam ser melhorados. A escala a ser utilizada pode ser a da Tabela 2.5.

Tabela 2.5. Escala de competitividade utilizada na matriz do QFD.

Importância	***Escala***
Muito abaixo da concorrência	2,0
Abaixo da concorrência	1,5
Similar à concorrência	1,0
Acima da concorrência	0,5

(9-a) **Priorização da Qualidade Demandada:** A priorização da qualidade demandada é dada pelo índice de importância corrigido. Este é obtido levando-se em conta a importância de cada item da qualidade demandada, a avaliação estratégica e a avaliação competitiva. O índice de importância corrigido é dado pela Equação 2.1:

$$ID_i^* = ID_i \times \sqrt{E_i} \times \sqrt{M_i} \qquad (2.1)$$

onde:

ID_i^* = Índice de importância corrigida da $i^{ésima}$ qualidade demandada

ID_i = Índice de importância da $i^{ésima}$ qualidade demandada

E_i = Avaliação Estratégica do $i^{ésimo}$ item de qualidade demandada

M_i = Avaliação competitiva do $i^{ésimo}$ item de qualidade demandada

(10-a) **Especificações atuais para as características de qualidade:** São as especificações atualmente empregadas pela empresa para cada característica de qualidade listada. Estas especificações constituem um indicativo do padrão de qualidade atual.

(11-a) **Importância das Características de Qualidade:** A importância das características de qualidade é determinada considerando-se a priorização da qualidade demandada e o relacionamento entre cada item demandado e a característica de qualidade. O calculo é apresentado na Equação 2.2.

$$IQ_j = \sum_{i=1}^{n} ID_i^* \times DQ_{ij} \qquad (2.2)$$

onde:

IQ_j = Importância da $i^{ésima}$ característica de qualidade (importância técnica), e

DQ_{ij} = Intensidade do relacionamento entre o $i^{ésimo}$ item de qualidade demandada e a $i^{ésima}$ característica de qualidade.

(12-a) **Avaliação da Dificuldade:** Considera-se nesta etapa a dificuldade em melhorar as especificações atuais das características de qualidade. A escala utilizada poderá ser a da Tabela 2.6.

Tabela 2.6.Escala de dificuldade e tempo, utilizadas na matriz do QFD.

Dificuldade	***Tempo***	***Escala***
Fácil	Pequeno	2,0
Moderado	Moderado	1,5
Difícil	Grande	1,0
Muito difícil	Muito Grande	0,5

(13-a) **Análise competitiva:** A análise competitiva das características de qualidade é necessária para comparar o produto da empresa com a concorrência a partir dos aspectos técnicos. Para tanto, pode-se utilizar a escala Tabela 2.5.

(14-a) **Priorização das características de Qualidade:** A priorização das características de qualidade é realizada através do índice de importância corrigido. Este índice considera a importância das características de qualidade, a análise competitiva e a dificuldade de atuação. A fórmula para o cálculo é dada na Equação 2.3.

$$IQ_j^* = IQ_j \times \sqrt{D_j} \times \sqrt{B_j} \qquad (2.3)$$

onde:

IQ_j^* = Importância corrigida da $j^{ésima}$ característica de qualidade.

D_j = Avaliação da dificuldade de atuação da $j^{ésima}$ característica de qualidade.

B_j = Avaliação da competitividade da $j^{ésima}$ característica de qualidade.

2.3.2. Matriz do Produto.

A Matriz do Produto tem a finalidade de desdobrar o produto nas diferentes partes que o compõem. Os objetivos deste desdobramento são explicitar, organizar e estabelecer uma hierarquia nas partes que compõem o produto, de forma a evidenciar o relacionamento destas com as características de qualidade anteriormente destacadas. Assim, é possível a identificação das partes críticas para a qualidade do produto final e, da mesma forma, priorizar as partes a serem desenvolvidas (Akao, 1997).

De uma forma resumida, podemos dizer que a matriz do produto revela a contribuição de cada parte para a qualidade do produto final oferecido ao cliente. A Figura 2.10 mostra, de forma esquemática, a Matriz do Produto. O cabeçalho das linhas que compõem a Matriz do Produto é formado pelos seus componentes, e o cabeçalho das colunas é formado pelas características de qualidade. A construção da matriz de Produto exige uma série de atividades que são apresentadas a seguir (Ferreira, 1997).

(1-b) **Desdobramento das Características de Qualidade:** São as mesmas Características de Qualidade descritas anteriormente na Matriz da Qualidade, dispostas na parte superior da matriz, formando o cabeçalho das colunas.

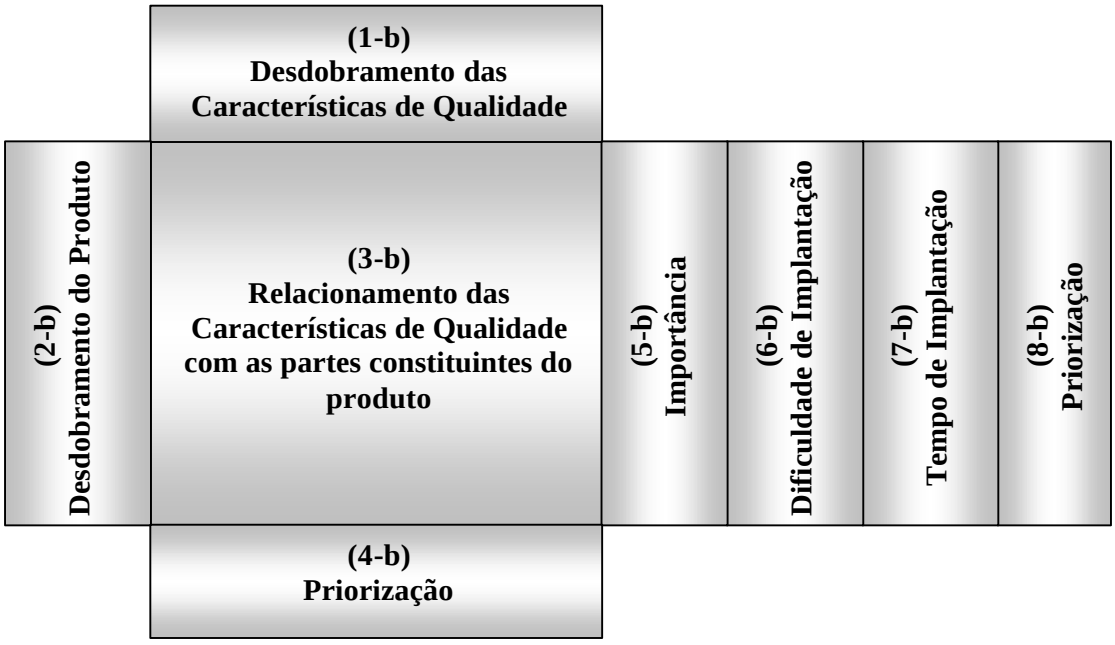

Figura 2. 10 Matriz do Produto (Ferreira, 1997).

(2-b) **Desdobramento do Produto:** Aqui são identificadas todas as partes constituintes do produto final. O estudo é feito visando a identificação dos componentes críticos para a qualidade.

(3-b) **Relacionamento das Características de Qualidade com as partes constituintes do produto:** Consiste no preenchimento da matriz, avaliando o grau de relacionamento entre as partes do produto e as características de qualidade. Esta avaliação permite identificar quais partes do produto estão mais fortemente relacionadas ao atendimento da qualidade demandada pelo cliente. No preenchimento da matriz, utiliza-se a mesma escala de pontuação estabelecida para o relacionamento entre as características de qualidade e a qualidade demandada, dado na Tabela 2.3.

(4-b) **Priorização das características de Qualidade:** É a mesma priorização das características de qualidade calculada anteriormente na Matriz da Qualidade.

(5-b) **Importância das Partes do Produto:** A definição da importância das partes tem por objetivo avaliar cada parte do produto em relação à obtenção das características de qualidade, permitindo a visualização das partes com maior importância. A importância das partes é calculada considerando-se a intensidade dos relacionamentos entre uma determinada parte e as características de qualidade e a importância definida para as características de qualidade, conforme apresentado na Equação 2.4.

$$IP_k = \sum_{j=1}^{m} PQ_{kj} \times IQ_j^* \qquad (2.4)$$

onde:

IP_k = Importância da $k^{ésima}$ parte do produto.

PQ_{kj} = Intensidade do relacionamento entre a $k^{ésima}$ parte do produto e a $j^{ésima}$ característica de qualidade.

(6-b) **Dificuldades de Implantação de Melhorias nas partes:** Nesta etapa todas as partes são avaliadas com relação à dificuldade para implantar melhorias nas partes do produto. Para esta avaliação, utiliza-se a escala apresentada na Tabela 2.5.

(7-b) **Tempo de Implantação de Melhorias nas partes:** Aqui são avaliadas todas as partes do produto com relação ao tempo para implantação de melhorias. Nesta avaliação, é utilizada a escala da Tabela 2.6.

(8-b) **Priorização das Partes do produto:** A priorização das partes é realizada a partir da consideração da importância aferida à parte em questão e dos aspectos práticos de sua implementação, como tempo e dificuldade de implantação de melhorias, conforme a Equação 2.5.

$$IP_k^* = IP_k \times \sqrt{F_k} \times \sqrt{T_k} \qquad (2.5)$$

Onde:

IP_k^* = Importância corrigida da $k^{ésima}$ parte do produto.

F_k = Dificuldade de fazer modificações na $k^{ésima}$ parte do produto.

T_k = Tempo necessário para efetuar as modificações na $k^{ésima}$ parte do produto.

2.3.3. Matriz dos Processos.

A Matriz dos Processos tem a finalidade de desdobrar os processos de fabricação do produto que estão associados com as características de qualidade. Esta matriz auxilia na identificação dos processos críticos para qualidade do produto, possibilitando a priorização dos processos a serem monitorados e/ou otimizados (Akao, 1997).

Para tanto, devem ser identificadas todas as etapas constituintes dos processos de fabricação do produto, pois elas formarão o cabeçalho das linhas da Matriz de Processos. O cabeçalho das colunas desta matriz é formado pelas características de Qualidade. A Figura 2.11 mostra, de forma esquemática, a Matriz do Produto.

O preenchimento da matriz permite avaliar a importância de cada etapa constituinte do processo para a qualidade do produto final oferecido ao cliente. A sua construção exige uma série de atividades que são apresentadas a seguir (Ferreira, 1997).

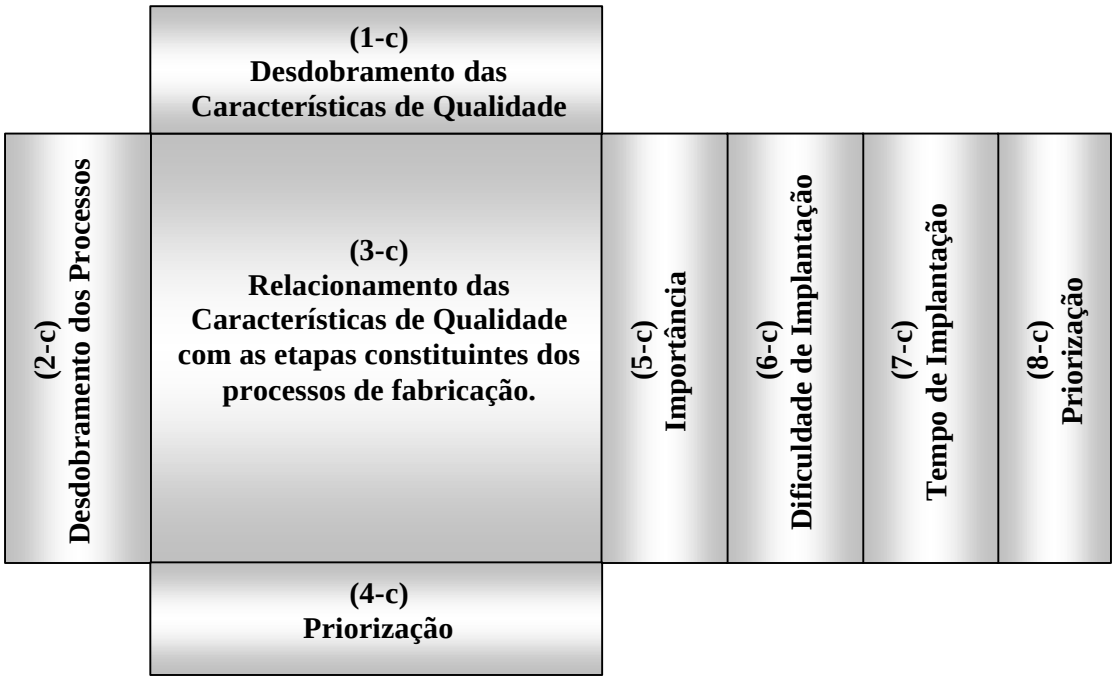

Figura 2. 11 Matriz do Processo (Ferreira, 1997).

(1-c) **Desdobramento das Características de Qualidade:** São as mesmas Características de Qualidade descritas, anteriormente, na Matriz da Qualidade e na Matriz do Produto, dispostas na parte superior da matriz, formando o cabeçalho das colunas.

(2-c) **Desdobramento dos Processos:** Aqui são identificadas todas as etapas constituintes do processo de fabricação. O estudo é feito visando a identificação dos processos de fabricação que influenciam na qualidade do produto.

(3-c) **Relacionamento das Características de Qualidade com as etapas constituintes dos processos de fabricação:** Consiste no preenchimento da matriz, avaliando o grau de relacionamento entre as etapas dos processos e as características de qualidade. Esta avaliação permite identificar quais os processos

estão mais fortemente relacionados ao atendimento da qualidade demandada pelo cliente. A escala de pontuação mostrada na Tabela 2.3 foi utilizada para o preenchimento da matriz.

(4-c) **Priorização das características de Qualidade:** É a mesma priorização das características de qualidade calculada anteriormente na Matriz da Qualidade e utilizada na Matriz de Processos.

(5-c) **Importância das Etapas do Processo:** A definição da importância das etapas do processo tem por objetivo avaliar o quanto cada uma destas está associada às características de qualidade, permitindo a visualização das etapas de processo com maior importância. A importância dos processos é calculada de forma similar a importância das partes.

(6-c) **Dificuldades de Implantação de Melhorias nos processos:** A avaliação com relação às dificuldades para implantação de melhorias nos processos é feita de forma similar à avaliação realizada na matriz de produto, utilizando para isto a escala apresentada na Tabela 2.6.

(7-c) **Tempo de Implantação de Melhorias nos processos:** Também é feita de forma similar a avaliação realizada na matriz de produto, utilizando a escala apresentada na Tabela 2.6.

(8-c) **Priorização das Partes do processo:** A priorização das partes do processo é realizada de forma similar a priorização das partes feita na matriz do produto.

CAPÍTULO 3

3. INDICE DE CUSTOMIZAÇÃO – PROPOSTA METODOLÓGICA PARA O CÁLCULO DE UM INDICADOR DA VIABILIDADE DE CUSTOMIZAÇÃO DE PRODUTOS MANUFATURADOS.

3.1. Comentários iniciais.

Neste Capítulo, propõe-se um método para determinação de um índice de viabilidade da customização demandada em produtos industrializados. O índice proposto considera, em sua essência, o grau de preparo das operações de manufatura demandadas pelos produtos customizados e a flexibilidade apresentada pelos elementos integrantes de sua cadeia de suprimentos. Para tanto, o método de cálculo proposto integra conceitos de customização em massa e flexibilidade de processos, além de ferramentas componentes do Desdobramento da Função Qualidade e elementos de Álgebra Linear.

O objetivo do índice proposto é permitir uma classificação dos itens de customização demandada pelos usuários do produto em estudo quanto à sua viabilidade. Para tanto, são consideradas as condições de manufatura existentes, como, por exemplo, a flexibilidade de fornecedores e dos equipamentos utilizados no processo de manufatura. Em última análise, o índice de customização permite apontar quais itens de customização demandados pelos clientes são beneficiados ou prejudicados pelas condições atuais do processo produtivo e de sua cadeia de suprimentos. A partir desta análise, poderão ser estabelecidas ações prioritárias

para investimentos ou melhorias, que resultem na viabilização da customização demandada pelos usuários do produto em estudo.

A metodologia proposta para cálculo de um indicador da viabilidade de customização de produtos manufaturados é constituída de nove etapas, listadas a seguir:

Etapa I - Identificação do produto a ser customizado.
Etapa II - Escolha da ferramenta a ser utilizada na coleta de informações dos elementos de customização demandada.
Etapa III - Identificação, classificação e quantificação dos elementos a serem customizados.
Etapa IV - Elaboração da árvore da customização demandada.
Etapa V - Elaboração da matriz da customização demandada.
Etapa VI - Elaboração da matriz de processos.
Etapa VII - Cálculo do índice de customização demandada incorporando as condições de produção existentes.
Etapa VIII - Interpretação dos resultados.
Etapa IX - Conclusões.

Através do diagrama na Figura 3.1, pode-se visualizar o método através da apresentação sequencial de suas etapas. O detalhamento das etapas é apresentado nas seções que se seguem. A metodologia proposta foi concebida, preferecialmente, para aplicação em empresas de manufatura. Pressupõe-se que, dentre os produtos comercializados pela empresa, um seja selecionado como objeto de estudo. O produto selecionado será estudado quanto a seus *elementos de customização demandada*, que são adaptações indicadas pelos usuários com o objetivo de particularizar o produto às suas necessidades.

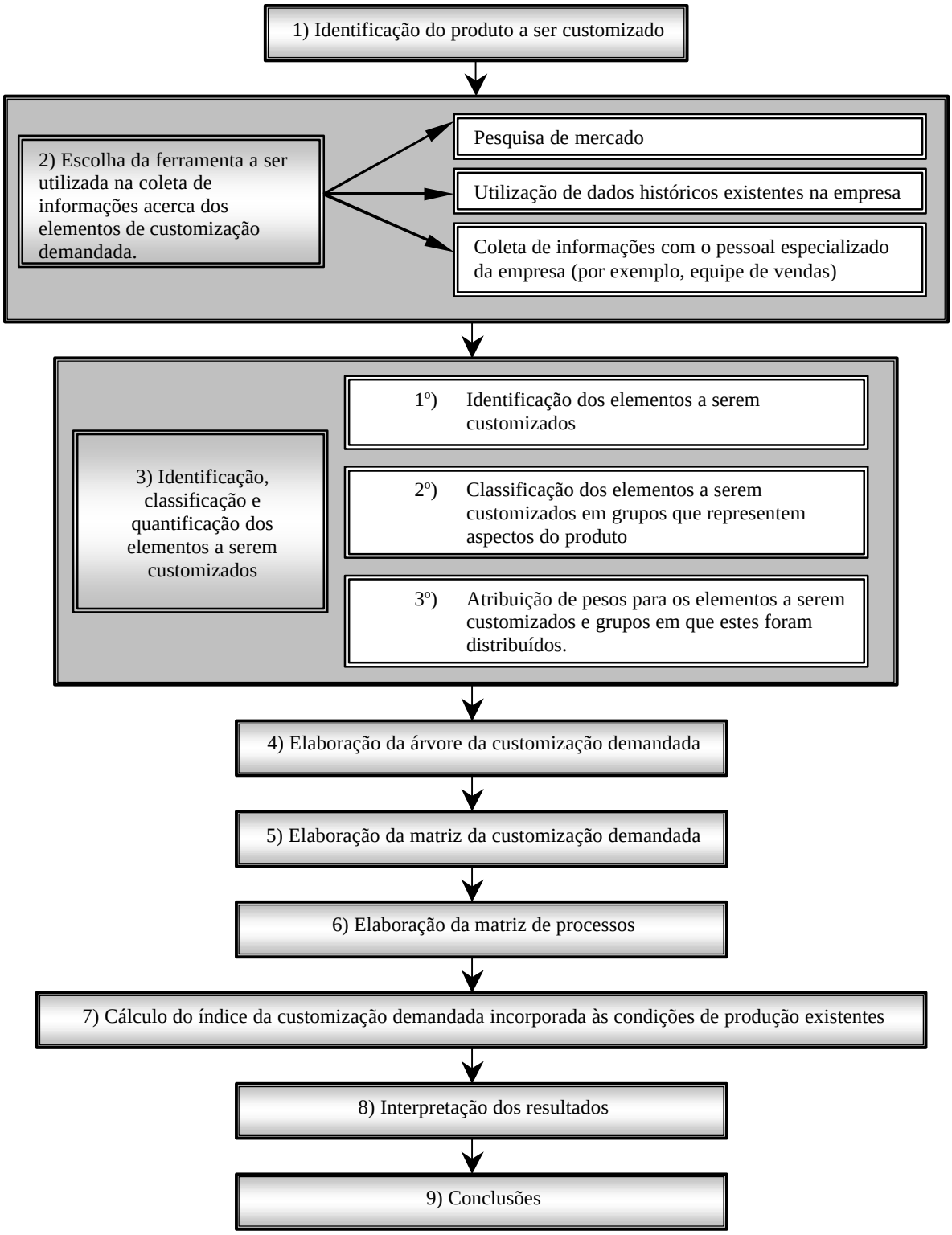

Figura 3.1. Diagrama do método para a obtenção de um índice de viabilidade da customização demandada considerando as condições de produção existentes.

3.2. Etapa I – Identificação do produto a ser customizado.

A etapa inicial da metodologia proposta consiste na definição do produto a ser customizado. Nesta etapa, é essencial que a empresa realize uma avaliação estratégica sobre o produto a ser abordado no estudo de customização. Tal produto deve apresentar (*i*) relevância em termos de faturamento para empresa, (*ii*) potencial viabilidade de customização e (*iii*) demanda pré-estabelecida por customização, que pode ser diretamente apontada pelos usuários do produto ou identificada como essencial para o prolongamento da vida do produto no mercado.

A análise do produto a ser customizado, em particular quanto a sua viabilidade técnica inicial, pode ser auxiliada pela revisão das condições apresentadas na seção 2.1.2 (ver Figura 2.2). Como visto anteriormente no Capítulo 2, estudos de customização costumam resultar em adaptações e melhorias de produtos já existentes. Neste contexto, estudos de engenharia de valor (Csillag, 1995; Mury, 2000) podem auxiliar na determinação da viabilidade econômica das potenciais adaptações previstas para o produto em estudo.

A identificação correta do produto a ser customizado é essencial para o sucesso do processo de customização, já que a validade dos resultados dependerão da existência de uma demanda efetiva por customização do produto selecionado.

3.3. Etapa II – Escolha da ferramenta a ser utilizada na coleta de informações acerca dos elementos de customização demandada

Nesta etapa, seleciona-se uma ferramenta auxiliar na identificação das preferências e necessidades de individualização do produto em estudo. Tais informações são coletadas, preferencialmente, junto aos usuários do produto, sendo designadas, genericamente, por *elementos de customização demandada*. A escolha da ferramenta apropriada para a coleta de informações nesta fase considera aspectos como disponibilidade de dados (ou seja, dados já existentes na empresa), grau de detalhamento desejado e custo de aquisição.

Para identificar quais elementos do produto devem ser customizados, conforme as preferências do consumidor, deve-se utilizar uma ferramenta que capte os desejos

estabelecidos pelo cliente para a personalização do produto. Como ferramentas recomendadas listam-se:

- Pesquisa de Mercado.
- Utilização de dados históricos existentes na empresa.
- Coleta de informações com o pessoal especializado da empresa.

A pesquisa de mercado é uma forma estruturada de coleta de dados, que tem por objetivo transformar dados em informações que contribuam na solução de problemas específicos. A pesquisa de mercado é a ferramenta mais indicada para ouvir a voz do cliente com relação aos elementos de customização demandada. Isto se deve ao fato da pesquisa de mercado gerar dados de melhor qualidade, se comparada com as demais ferramentas de coleta de dados. A melhor qualidade dos dados obtidos na pesquisa de mercado é devido tanto à atualidade das informações sobre a vontade do cliente como à facilidade de adaptação da ferramenta aos objetivos pretendidos (Mattar, 1993; Ferreira; 1997; Hayes, 1998; Kotler, 1998; Churchill & Peter, 2000).

Caso sejam utilizados dados históricos existentes na empresa para identificar os elementos a serem customizados, deve-se ter o cuidado de analisar o material disponível e verificar se este se adapta aos objetivos do trabalho. Espera-se que os dados históricos tragam, em seu conteúdo, uma manifestação da vontade do cliente em personalizar ou não determinados elementos do produto. Dados históricos sobre demandas e necessidades de clientes normalmente podem ser encontrados nos setores de vendas, *marketing*, atendimento ao cliente, assistência técnica e engenharia. Para que tragam informações relevantes ao estudo de customização, os dados históricos utilizados devem encontrar-se atualizados. (Kotler, 1998; Churchill & Peter, 2000).

Na opção pela coleta de informações com o pessoal especializado da empresa, tem-se uma situação comparável com a pesquisa de mercado. Neste caso, todavia, a coleta de dados não se realiza direto ao cliente, mas com pessoas que julga-se ter um conhecimento apurado do mercado. As vantagens da coleta de dados com o pessoal especializado, em relação as demais, são o seu baixo custo e curto intervalo de tempo de desenvolvimento. A coleta de informações com o pessoal especializado pode ser feita através de alguns métodos de geração de idéias como *"brainstorming"* ou *"checklist"* (Rosa, 1999). Como exemplo de pessoal especializado para fornecer estas opiniões, temos os funcionários ligados aos setores de vendas, atendimento ao cliente, assistência técnica e engenharia (desenvolvimento de produto).

Esta fase de escolha da ferramenta a ser utilizada na coleta de informações, assim como a fase seguinte, onde são identificados, classificados e quantificados os elementos a serem customizados, são consideradas críticas, pois os dados aqui coletados servirão de ponto de partida para todas as etapas seguintes do trabalho.

3.4. Etapa III – Identificação, classificação e quantificação dos elementos a serem customizados.

Nesta etapa, obtém-se uma listagem dos elementos identificados pelos clientes como de interesse em serem personalizados, classificam-se estes elementos e atribuem-se valores numéricos que venham a quantificar a sua importância, conforme definida pelo cliente.

As atividades nesta etapa são:

(i) Identificar os elementos a serem customizados;

(ii) Classificar estes elementos em grupos que representem os aspectos do produto;

(iii) Atribuir pesos para os elementos e para os grupos em que eles foram distribuídos, conforme a importância definida pelo cliente.

A ***identificação dos elementos a serem customizados*** é realizada através da aplicação da ferramenta definida na etapa anterior para a coleta de dados. Tal ferramenta deve associar aos elementos a serem customizados uma ponderação de importância dada pelo cliente; caso contrário, corre-se o risco de ter-se que coletar dados duas vezes. Nesta proposta, ressalta-se que a pesquisa de mercado e a coleta de informações com o pessoal especializado da empresa são mais adequadas do que a utilização de dados históricos existentes na empresa.

A ***classificação dos elementos a serem customizados em grupos que representem os aspectos do produto*** é importante para a elaboração posterior da árvore da customização demandada. A árvore da customização demandada organiza os elementos a serem customizados em uma estrutura hierárquica, desdobrando-os em níveis primário, secundário e terciário. Assim, a classificação dos elementos deve ser em grupos, sendo estes organizados dentro dos três níveis, conforme exemplificado na Tabela 3.1. O desdobramento de elementos da árvore de customização demandada em número de níveis superior a três, costuma dificultar as etapas do método, não sendo recomendado (Mizuno & Akao, 1994).

Tabela 3.1. Exemplo de uma estrutura de desdobramento em níveis primário, secundário e terciário dos elementos a serem customizados

NÍVEL PRIMÁRIO	NÍVEL SECUNDÁRIO	NÍVEL TERCIÁRIO
GRUPO 1	Aspectos "A" do produto	Elemento 1
		Elemento 2
		Elemento 3
		Elemento 4
	Aspectos "B" do produto	Elemento 5
		Elemento 6
		Elemento 7
		Elemento 8
GRUPO 2	Aspectos "C" do produto	Elemento 9
		Elemento 10
		Elemento 11
	Aspectos "D" do produto	Elemento 12
		Elemento 13
		Elemento 14

Esta classificação deve ser feita pela equipe de trabalho da empresa que estiver realizando o estudo sobre customização, devendo-se aqui considerar as seguintes observações:

1º) O nível primário deve ser composto por grupos que dividam o produto em aspectos gerais. Como exemplos de aspectos gerais de um produto temos os aspectos operacionais e estruturais.

2º) O nível secundário deve ser composto por pequenos grupos que estabelecem uma relação com os aspectos gerais descritos no nível primário e os elementos do nível terciário. Estes grupos devem ressaltar aspectos do produto que, de uma forma mais detalhada que no nível primário, tiveram seus elementos identificados pelo cliente para serem personalizados. Como exemplos de grupos do nível secundário que abrangem os elementos customizáveis, temos: aspectos funcionais, aspectos estéticos, aspectos de desempenho e aspectos de conservação.

3º) Os itens relacionados no nível terciário são aqueles identificados pelos clientes como elementos desejados a serem customizados. Aqui deve-se observar a coerência existente no relacionamento destes elementos com os seus respectivos grupos do nível secundário.

4º) Dentro de cada um dos níveis, os grupos e/ou elementos devem ser mutuamente exclusivos, não devendo haver dois itens com significado similar.

A ***atribuição de pesos para os elementos, assim como para os grupos em que eles foram distribuídos,*** é que permitirá a quantificação dos elementos na etapa de elaboração da árvore da customização demandada. A atribuição de pesos aqui deve ser feita utilizando-se os

dados coletados durante a identificação dos elementos a serem customizados. Caso não tenham sido atribuídos os pesos durante a identificação dos elementos, uma segunda coleta de dados deverá ser realizada, identificando-se então os pesos de importância atribuídos pelos clientes.

Uma segunda coleta de dados acontecerá geralmente nos casos em que a identificação dos elementos a serem customizados tenha sido realizada através da utilização de dados históricos. Isto ocorrerá quando os dados históricos contiverem apenas a indicação dos elementos a serem customizados, sem indicar a quantificação da sua importância para o cliente. A segunda coleta de dados poderá ser feita através de uma pesquisa de mercado ou pela coleta de informações com o pessoal especializado da empresa.

No final desta etapa, tem-se:

1º) A atribuição de pesos de importância, em uma escala de zero a dez, para cada um dos elementos descritos no nível secundário.

2º) A atribuição de pesos de importância, em uma escala de zero a dez, para cada um dos elementos customizáveis descritos no nível terciário.

3.5. Etapa IV – Elaboração da árvore da customização demandada

Nesta etapa, é elaborada a árvore da customização demandada. A árvore da customização demandada é uma estrutura que organiza os elementos a serem customizados em três diferentes níveis, e origina uma ponderação para estes elementos conforme as técnicas do QFD. A ponderação dos elementos a serem customizados, resultantes da árvore de customização demandada, será utilizada como valor de entrada na matriz da customização demandada, a ser vista na próxima etapa.

A elaboração da árvore da customização demandada é realizada conforme a identificação, classificação e quantificação dos elementos a serem customizados, realizada na Etapa III. Um exemplo de estrutura para a árvore da customização demandada é mostrada na Tabela 3.2.

Tabela 3.2. Exemplo de estrutura da árvore da customização demandada.

NÍVEL PRIMÁRIO	NÍVEL SECUNDÁRIO	% nível secundário	NÍVEL TERCIÁRIO	Peso	% nível terciário	*ICD*	*ICD**
GRUPO 1	Aspectos "A" do produto		Elemento 1				
			Elemento 2				
			Elemento 3				
			Elemento 4				
	Peso A	A%	Total		100	A%	
	Aspectos "B" do produto		Elemento 5				
			Elemento 6				
			Elemento 7				
			Elemento 8				
	Peso B	B%	Total		100	B%	
GRUPO 2	Aspectos "C" do produto		Elemento 9				
			Elemento 10				
			Elemento 11				
	Peso C	C%	Total		100	C%	
	Aspectos "D" do produto		Elemento 12				
			Elemento 13				
			Elemento 14				
	Peso D	D%	Total		100	D%	
TOTAL		100				100	

Na Tabela 3.2, a classificação dos elementos nos níveis primário, secundário e terciário, assim como a atribuição de pesos para os níveis secundário e terciário, utiliza informações obtidas na etapa anterior. Desta forma, temos que o principal objetivo da elaboração da árvore da customização demandada, nesta etapa, é o cálculo de um índice para os elementos de customização demandados através da ponderação coletada na etapa anterior. Este índice irá ponderar os elementos da customização demandada conforme a importância apontada pelos clientes. Para o cálculo deste índice, é necessário seguir os passos abaixo.

1º Passo: Calcular o percentual nos níveis secundário e terciário.

O percentual expresso nos níveis secundário (*%NS*) e terciário (*%NT*) indica qual é a importância do item deste nível se comparado com os demais itens da coluna. Para a obtenção destes percentuais, utilizam-se respectivamente as equações (3.1) e (3.2).

$$\%\ NS\ = \frac{P_{NS}}{SPNS} \qquad (3.1)$$

onde:

P_{NS} é o peso do item do nível secundário; e

$SPNS$ é o somatório dos pesos dos itens do nível secundário.

$$\%NT = \frac{P_{NT}}{SPSNT} \qquad (3.2)$$

onde:

P_{NT} é o peso do item do nível terciário; e

$SPSNT$ é o somatório dos pesos dos itens do subconjunto no nível terciário ao qual o item pertence.

2º Passo: Cálculo do índice de customização demandada (ICD).

O índice de customização demandada (ICD) indica a importância dos elementos relacionados no nível terciário. Aqui é expressa a importância que o cliente dá para cada um dos elementos do produto, que são propostos para a customização. Para o cálculo do ICD, utiliza-se a equação (3.3).

$$ICD = \%NS \times \left(\frac{\%NT}{100} \right) \qquad (3.3)$$

3º Passo: Cálculo do índice de customização demandada corrigido ($ICD*$)

O índice de customização demandada corrigido ($ICD*$), assim como o ICD, indica a importância dos elementos relacionados no nível terciário; porém, o $ICD*$ considera as diferenças existentes entre os subgrupos do nível terciário. As diferenças entre os subgrupos ocorrem quando o número de elementos em cada subgrupo não é igual. Caso não façamos esta correção, estaremos supervalorizando os elementos que pertençam a subgrupos pequenos (com poucos elementos), em detrimento de elementos que pertençam a subgrupos grandes (com muitos elementos). Para o cálculo do $ICD*$, utiliza-se a equação (3.4).

$$ICD* = P_{NS} \times \left(\frac{ICD}{ICD_{máx/sub}} \right) \qquad (3.4)$$

onde:

P_{NS} é o peso do item no nível secundário;

ICD é o índice de customização demandada do item; e

$ICD_{máx/sub}$ é o valor máximo entre os ICD dos elementos do subgrupo.

O índice de customização demandada corrigido, calculado para cada um dos itens que são definidos como prioritários para a customização do produto, é o resultado final da árvore da customização demandada. Estes dados são as informações de entrada na matriz da customização demandada, apresentada na próxima etapa.

3.6. Etapa V – Elaboração da matriz da customização demandada

A matriz da customização demandada é construída a partir do desdobramento dos elementos de customização demandada e dos itens de projeto. Itens de projeto são os elementos (peças, componentes, conjuntos, subconjuntos, etc.) que formam o produto.

Na matriz de customização demandada, conforme pode ser visto na Figura 3.2, as linhas são formadas pelos elementos de customização demandada (❶) e seus respectivos ICD^* (❷); as colunas da matriz, por sua vez, são formadas pelos itens de projeto (❹). No corpo da matriz (❺) são expressas as correlações existentes entre os elementos de customização demandados (linhas) e os itens de projeto (colunas). Os demais elementos que compõe a matriz serão explicados ainda nesta etapa. A elaboração da matriz da customização demandada tem como objetivo a priorização dos itens de produto conforme a importância que estes apresentam devida ao relacionamento com os elementos de customização demandados pelos clientes.

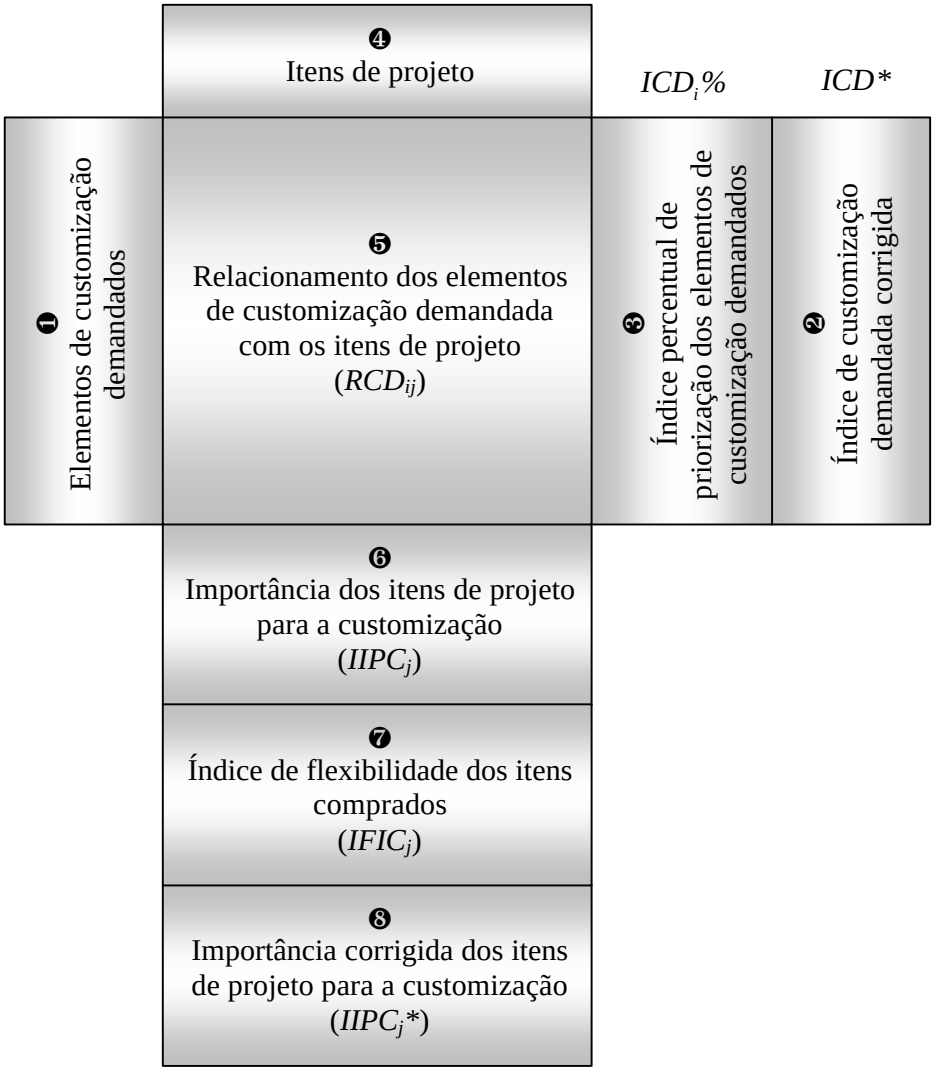

Figura 3.2. Estrutura genérica da matriz da customização demandada.

Para a construção da matriz da customização demandada, exige-se uma série de atividades que serão apresentadas e discutidas a seguir.

1º Passo: Cálculo do índice percentual de priorização dos elementos de customização demandados (❸).

O cálculo do índice percentual de priorização dos elementos de customização demandados ($ICD_i\%$) é feito utilizando-se o ICD^*. O objetivo aqui é apenas apresentar o

$ICD*$ numa forma percentual. Os elementos de customização demandados nas linhas da matriz são designados por i = 1, 2, ..., I .

2º Passo: Preenchimento dos relacionamentos entre os elementos de customização demandados e os itens de projeto (❺).

Os relacionamentos existentes entre os elementos de customização demandados e os itens de projeto são identificados no cruzamento das linhas com as colunas, no corpo da matriz na Figura 3.2. Os itens de projeto nas colunas da matriz são designados por j = 1,2,...,J. A intensidade dos relacionamentos entre os elementos de customização e os itens de projetos (RCD_{ij}) é expressa utilizando a escala da Tabela 3.3. A utilização do valor 0,0 para designar relacionamentos inexistentes na matriz é opcional.

Tabela 3.3. Valores utilizados para expressar a intensidade dos relacionamentos na matriz da customização demandada e na matriz de processos.

Intensidade do relacionamento.		***Forte***	***Médio***	***Fraca***	***Inexistente***
Matriz da customização demandada	RCD_{ij}	5,0	3,0	1,0	0,0
Matriz de processos	REP_{kj}				

3º Passo: Cálculo da importância dos itens de projeto para a customização (❻).

A importância dos itens de projeto para a customização ($IIPC_j$) é determinada considerando-se o índice da priorização dos elementos da customização demandada em percentual ($ICD_i\%$) e a relação entre cada elemento a ser customizado e os itens de projeto (RCD_{ij}). O cálculo da $IIPC_j$ é realizado conforme apresentado na Equação (3.5) .

$$IIPC_j = \sum_{i=1}^{I} ICD_i\% \times RCD_{ij} \quad ; \; j = 1, 2, ..., J. \qquad (3.5)$$

4º Passo: Cálculo do índice de flexibilidade dos itens comprados (❼).

Para o cálculo do índice de flexibilidade dos itens comprados ($IFIC_j$) deve-se, primeiramente, identificar os tipos de flexibilidade que estão relacionados aos itens de projeto do produto em estudo. Na literatura, como pode ser visto na seção 2.2.3, são descritos alguns

tipos de flexibilidade que podem ser utilizados para identificar a capacidade que os fornecedores tem em atender as necessidades da cadeia produtiva.

Após identificar-se o tipo de flexibilidade, deve-se avaliar cada um dos itens de projeto com relação à(s) medida(s) de flexibilidade escolhidas, de forma que a soma das ponderações some 1. Um exemplo de esquema de ponderação vem apresentado na Tabela 3.4.

Tabela 3.4: Exemplo de ponderação para as medidas de flexibilidade escolhidas.

Medidas de flexibilidade escolhidas	**Ponderação atribuída**
Medida de flexibilidade 1	0,2
Medida de flexibilidade 2	0,5
Medida de flexibilidade 3	0,3
Total (100%)	**1,0**

Assim, uma ponderação final (soma das ponderações atribuídas para os tipos de flexibilidade escolhidos) entre 0 e 1 será definida para cada um dos itens de projeto comprados. Esta ponderação final será o índice de flexibilidade dos itens comprados ($IFIC_j$) que deverá identificar a facilidade com a qual um determinado item de projeto é fornecido.

Para os itens que não são comprados (ou seja, itens fabricados internamente) pode-se atribuir ao $IFIC_j$ o valor 1, desta forma conferindo a flexibilidade máxima ao item. A atribuição da flexibilidade máxima aos itens fabricados internamente se justificaria pelo fato da empresa possuir total controle sobre o mesmo, não dependendo de terceiros para o seu fornecimento.

Usando a mesma lógica, tem-se que itens comprados que apresentem pouca flexibilidade terão uma ponderação baixa (próxima de zero), o que implicará na perda de pontos para o item, conforme apresentado no passo seguinte.

5º Passo: Cálculo da importância corrigida dos itens de projeto para a customização (❽).

A importância corrigida dos itens de projeto para a customização ($IIPC_j *$) representa a importância dos itens de projeto para a customização ponderada pelo índice de flexibilidade dos itens comprados ($IFIC_j$). O cálculo do $IIPC_j *$ é apresentado na equação (3.6).

$$IIPC_j^* = IIPC_j \times IFIC_j \quad ; \; j = 1, 2, ..., J. \qquad (3.6)$$

Como podemos observar através da equação (3.6), para itens de projeto com índices de flexibilidade iguais a 1,0 (alta flexibilidade), o valor da importância dos itens de projeto para a customização mantém-se inalterado; ou seja, $IIPC_j^* = IIPC_j$.

Da mesma forma, quando algum item de projeto apresentar o índice de flexibilidade igual a zero (flexibilidade mínima), o valor da importância dos itens de projeto para a customização resultará zerado; ou seja, $IIPC_j^* = 0$. O valor zero, para a importância corrigida dos itens de projeto para a customização, indicará que o item apresenta-se como inviável quanto à sua capacidade de customização, dificultando, consequentemente, a customização de todos os elementos a ele relacionados.

3.7. Etapa VI – Elaboração da matriz de processos

A matriz de processos é construída a partir do desdobramento das etapas do processo de fabricação do produto associadas aos itens de projeto, que foram listados na etapa anterior. As etapas do processo constituem-se de todas as etapas de fabricação que fazem parte da manufatura do produto a ser customizado.

Na matriz de processos, conforme pode ser visto na Figura 3.3, as colunas são formadas pelos itens de projeto (①) e seus respectivos $IIPC_j^*$ (②), as linhas são formadas pelas etapas do processo (③) e, no corpo da matriz, são expressas as correlações existentes entre os itens de projeto e as etapas de processo (④). Os demais elementos que compõe a matriz de processos serão explicados no decorrer desta etapa. A utilização da matriz de processos tem como objetivo identificar os processos críticos para customização do produto, possibilitando a priorização dos processos a serem monitorados e/ou otimizados.

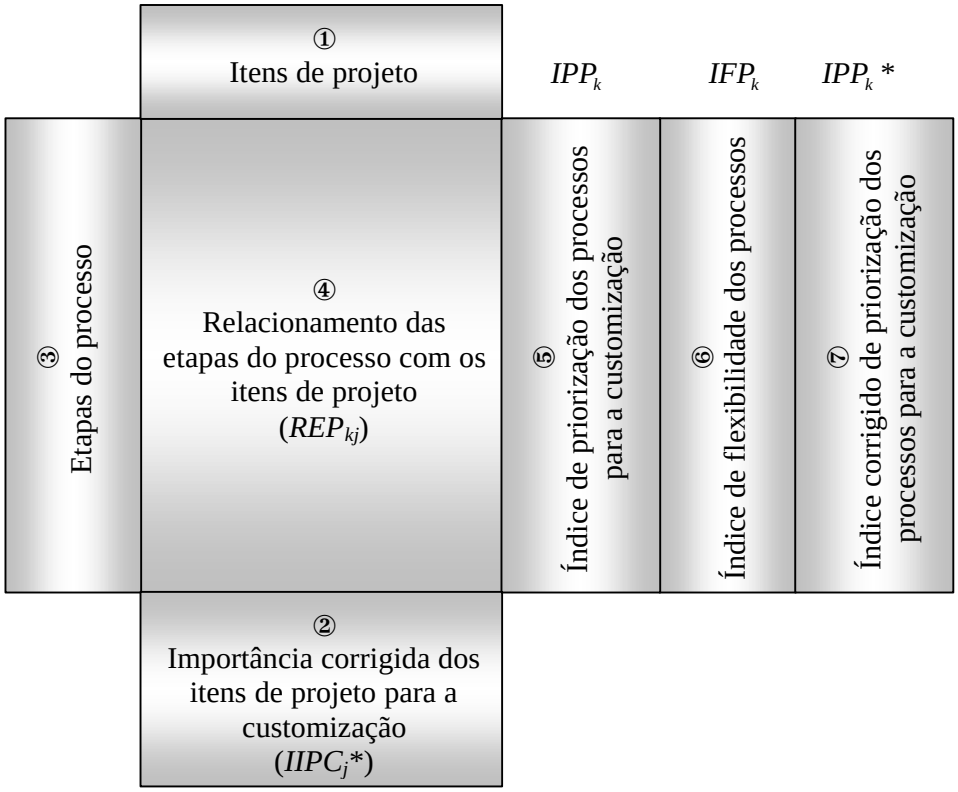

Figura 3.3: Estrutura genérica da matriz de processos.

Para a construção da matriz de processos, exige-se uma série de atividades que serão descritas e discutidas a seguir:

1º Passo: Preenchimento dos relacionamentos entre as etapas do processo e os itens de projeto (④).

Os relacionamentos existentes entre as etapas do processo e os itens de projeto, são identificados nos cruzamentos entre linhas e colunas no corpo da matriz, conforme indicado na Figura 3.3. A intensidade dos relacionamentos entre as etapas do processo e os itens de projeto (REP_{kj}) é expressa utilizando a escala na Tabela 3.3. Aqui, as etapas do processo nas linhas da matriz são designadas por $k = 1, 2, ..., K$.

2º Passo: Cálculo do índice de priorização dos processos para a customização (⑤).

O índice de priorização dos processos para a customização (IPP_k) é calculado a partir da importância corrigida dos itens de projeto para customização ($IIPC_j*$) e dos relacionamentos existentes entre as etapas do processo e os itens de projeto (REP_{kj}). O cálculo do IPP_k é apresentado na equação (3.7).

$$IPP_k = \sum_{j=1}^{J} IIPC_j^* \times REP_{kj} \quad ; \; k = 1, 2, \ldots, K \qquad (3.7)$$

3º Passo: Cálculo do índice de flexibilidade dos processos (⑥).

Para o cálculo do índice de flexibilidade dos processos (IFP_k) deve-se primeiramente identificar quais os tipos de flexibilidade, relativos às etapas de processo, são relevantes e mensuráveis. Alguns tipos de flexibilidade, descritos na literatura, estão apresentados na seção 2.2.3.

Cada forma de medida, relacionada aos tipos de flexibilidade existentes devem ser ponderadas dentro de cada etapa do processo, devendo esta ponderação ser transformada em valores no intervalo entre 0,0 a 1,0. Caso seja utilizada mais de uma forma de medida de flexibilidade para avaliar as etapas de processo, estas devem ser ponderadas em importância de forma a totalizar 100%. Um exemplo de esquema de ponderação a ser utilizado vem apresentado na Tabela 3.4.

4º Passo: Cálculo do índice corrigido de priorização dos processos para customização (⑦).

O índice corrigido de priorização dos processos para customização (IPP_k*) representa o índice de priorização dos processos corrigido pelo índice de flexibilidade dos processos (IFP_k). O cálculo do IPP_k* é apresentado na equação (3.8).

$$IPP_k* = IPP_k \times IFP_k \quad ; \; k = 1, 2, ..., K \qquad (3.8)$$

3.8. Etapa VII – Cálculo do índice da customização demandada incorporando as condições de produção existentes.

O cálculo do índice da customização demandada incorporando as condições de produção existentes ($ICD2_i$) representa uma nova ponderação para os elementos da customização demandada. Esta nova ponderação vem a substituir a ponderação anterior, estabelecida através do ICD_i*. A ponderação para os elementos da customização demandada definida pelo ICD_i* considera apenas a importância de customização atribuída pelos clientes. A nova ponderação, definida pelo $ICD2_i$, considera também as condições de produção existentes, ou seja, a flexibilidade dos fornecedores dos itens comprados e a flexibilidade das etapas de processo.

No esquema mostrado na Figura 3.4, podemos ver a seqüência das principais etapas seguidas após a determinação do ICD_i*, a fim de obter-se o índice de priorização dos itens de projeto e o índice de priorização dos processos.

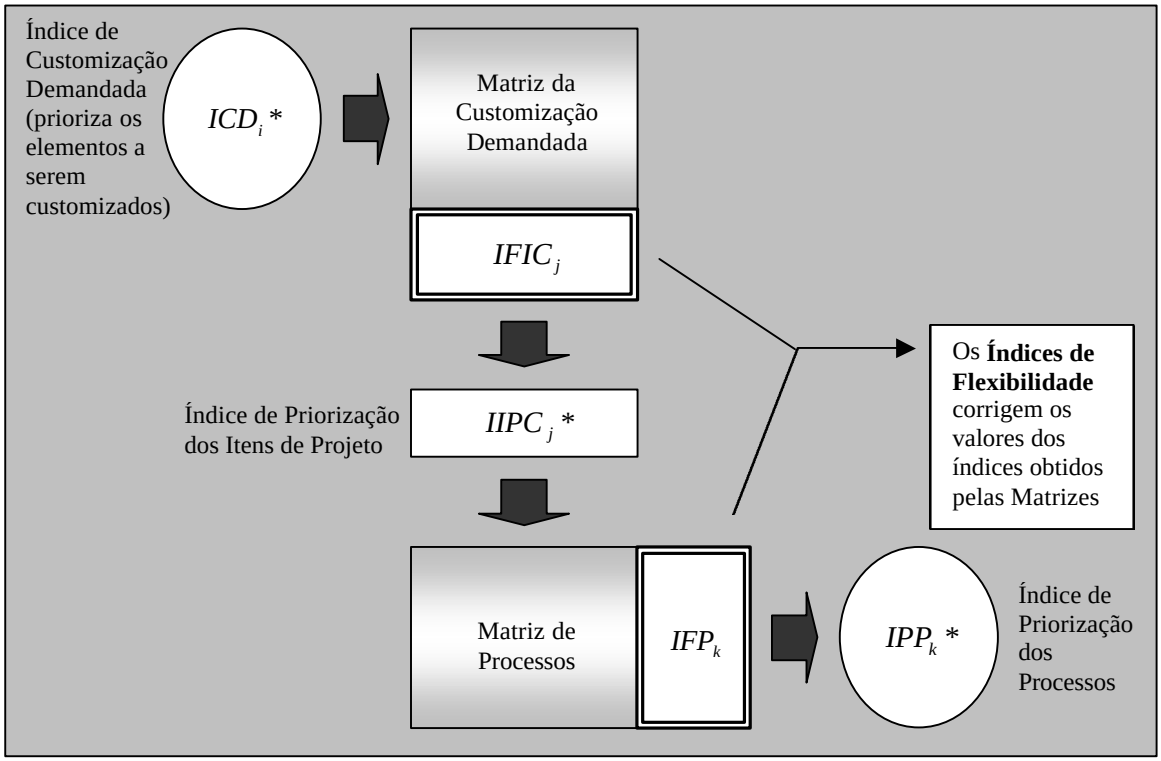

Figura 3.4: Representação esquemática das etapas para a obtenção do índice de priorização dos processos.

Através da matriz da customização demandada, que apresenta os relacionamentos entre os elementos de customização demandados e os itens de projeto, obteve-se o índice de priorização dos itens de projeto. Os ICD_i* atribuídos para cada um dos elementos de customização demandados, que indicam a priorização destes elementos conforme a ponderação do cliente, foram utilizados como dados de entrada na matriz da customização demandada. Considerando os relacionamentos estabelecidos entre linhas e colunas da matriz, as intensidades destes relacionamentos e os valores dos ICD_i*, obteve-se, algebricamente, a priorização para os itens de projeto do produto a ser customizado.

Sobre a priorização dos itens de projeto resultante na matriz da customização demandada, foi realizada uma correção através do $IFIC_j$, que expressa a flexibilidade dos itens comprados. A correção feita pelo $IFIC_j$ valoriza os itens que apresentam facilidade no fornecimento e entrega e, da mesma forma, penaliza os itens que apresentam dificuldades nestes quesitos. Assim, considerando-se a priorização dos itens de projeto resultante da matriz da customização demandada e o $IFIC_j$, obteve-se a importância corrigida dos itens de projeto para a customização ($IIPC_j*$).

Os $IIPC_j*$ atribuídos aos itens de projeto foram utilizados como dados de entrada na matriz de processos. A matriz de processos apresenta os relacionamentos entre os itens de projeto e as etapas de processo; considerando-se tais relacionamentos, suas intensidades e os valores dos $IIPC_j*$, obteve-se a priorização dos processos para a customização.

Sobre a priorização dos processos para a customização resultante na matriz de processos, foi realizada uma correção através do IFP_k, que expressa a flexibilidade das etapas do processo produtivo. A correção feita pelo IFP_k valoriza as etapas do processo que apresentam maior flexibilidade e penaliza as etapas do processo com pouca flexibilidade. Considerando a priorização dos processos para a customização resultante da matriz de processos e o IFP_k, obteve-se o índice corrigido de priorização dos processos para customização (IPP_k*).

Deseja-se obter um índice da customização demandada que incorpore as condições de produção existentes ($ICD2_i$). Para tanto, são necessárias duas operações, representadas na Figura 3.5. Em cada uma das operações será realizada a operação inversa da matriz do QFD.

A operação inversa da matriz do QFD constitui-se da obtenção dos dados de entrada da matriz a partir do conhecimento dos seus resultados.

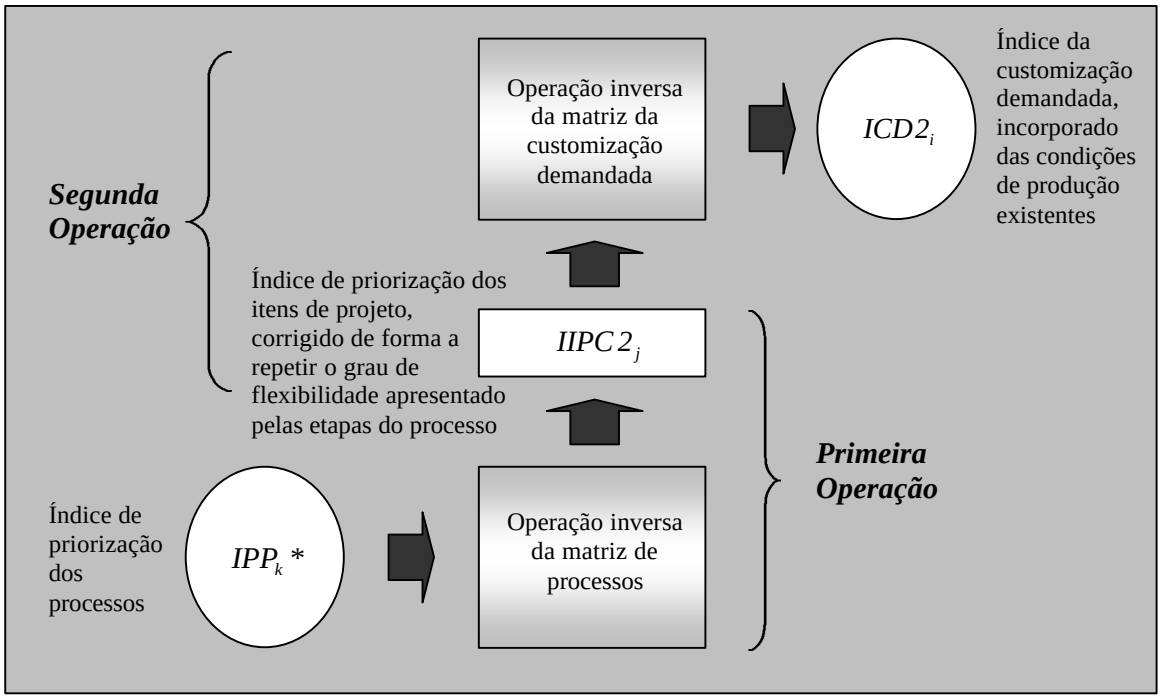

Figura 3.5: Representação esquemática das operações para a obtenção do índice da customização demandada incorporando das condições de produção existentes ($ICD2_i$).

Na exposição que se segue, matrizes são identificadas por letras maiúsculas em negrito (por exemplo, **M)** e seus transpostos por $\mathbf{M}^{\mathbf{T}}$; vetores são identificados por letras minúsculas em negrito (por exemplo, **v)** e seus transpostos por $\mathbf{v}^{\mathbf{T}}$.

No QFD, os valores de entrada da matriz são multiplicados pelos relacionamentos existentes dentro do corpo da matriz originando os resultados finais. A álgebra utilizada nas matrizes do QFD é a multiplicação de um vetor (dados de entrada) por uma matriz (formada pelos relacionamentos na matriz do QFD), o que resulta em outro vetor (resultado final do QFD). A álgebra utilizada nas matrizes do QFD é apresentada na equação (3.9).

$$\mathbf{M}^{\mathbf{T}} \times \mathbf{e} = \mathbf{s} \qquad (3.9)$$

onde:

e é o vetor que contém os dados de entrada da matriz;

$\mathbf{M^T}$ é a matriz transposta da matriz do QFD;

s é o vetor que contém os resultados finais da matriz do QFD.

Para realizar-se a operação inversa da matriz do QFD, ou seja, encontrar o vetor **e** a partir da matriz **M** e do vetor **s**, é necessário determinar a pseudo-inversa da matriz **M** dada pela seguinte operação (Strang, 1988):

$$\mathbf{e} = (\mathbf{M} \times \mathbf{M^T})^{-1} \times \mathbf{M} \times \mathbf{s} \qquad (3.10)$$

onde:

$(\mathbf{M} \times \mathbf{M^T})^{-1}$ é a matriz inversa do resultado de $(\mathbf{M} \times \mathbf{M^T})$.

As duas operações necessárias para a obtenção do índice da customização demandada, corrigida para refletir as condições de produção existentes ($ICD2_i$), são as seguintes:

Primeira Operação: O objetivo aqui é calcular o índice de priorização dos itens de projeto, corrigido de forma a refletir o grau de flexibilidade apresentado pelas etapas do processo ($IIPC2_j$). O cálculo do $IIPC2_j$ é feito através de uma operação inversa à operação usual do QFD, realizada na matriz de processos. O esquema desta primeira operação é mostrado na Figura 3.5. Desta forma, encontram-se valores para o $IIPC2_j$ que, ao serem utilizados como valores de entrada na matriz de processos, resultarão nos valores do IPP_k*, conforme a equação a seguir:

$$\mathbf{P} \times \mathbf{iipc}2 = \mathbf{ipp} \qquad (3.11)$$

onde:

ipp é o vetor formado pelos IPP_k* atribuídos às etapas de processo;

P é a matriz de processos formada pelos valores atribuídos aos relacionamentos entre etapas do processo e itens de projeto;

iipc2 é o vetor formado pelos $IIPC2_j$, atribuídos aos itens de projeto.

Calculando-se o vetor **iipc2**, determinam-se os valores atribuídos aos $IIPC2_j$ para cada um dos itens de projeto. A partir das equações (3.9), (3.10) e (3.11), por analogia, tem-se a solução para o cálculo do **iipc2**, dada pela equação:

$$\mathbf{iipc2} = (\mathbf{P}^{\mathbf{T}} \times \mathbf{P})^{-1} \times \mathbf{P}^{\mathbf{T}} \times \mathbf{ipp} \qquad (3.12)$$

onde:

$$\mathbf{iipc2} = \begin{vmatrix} IIPC2_1 \\ . \\ . \\ . \\ IIPC2_J \end{vmatrix}$$

J = quantidade de itens de projeto do produto a ser customizado.

Segunda Operação: O objetivo aqui é calcular o índice da customização demandada corrigido de forma a refletir as condições de produção existentes ($ICD2_i$). Analogamente à primeira operação, o cálculo do $ICD2_i$ também é feito através de uma operação inversa à operação usual do QFD, utilizando-se agora a matriz da customização demandada. A representação desta segunda operação vem dada na Figura 3.5. Assim, ao utilizarem-se os valores encontrados para o $ICD2_i$ como dados de entrada na matriz da customização demandada, teremos como resultado os valores de $IIPC2_j$, conforme apresentado na equação abaixo:

$$\mathbf{C}^{\mathbf{T}} \times \mathbf{icd}2 = \mathbf{iipc}2 \qquad (3.13)$$

onde:

icd2 é o vetor formado pelos $ICD2_i$ atribuídos aos elementos da customização demandada;

$\mathbf{C}^{\mathbf{T}}$ é a matriz transposta da matriz da customização demandada formada pelos valores atribuídos aos relacionamentos entre elementos da customização demandada e itens de projeto.

Através do cálculo do vetor **icd2**, determinam-se os valores atribuídos aos $ICD2_i$ para cada um dos elementos da customização demandada. A partir das equações (3.9), (3.10) e (3.13), por analogia, tem-se a solução para o cálculo do **icd2**, dado pela equação:

$$\mathbf{icd}2 = (\mathbf{C} \times \mathbf{C}^{\mathbf{T}})^{-1} \times \mathbf{C} \times \mathbf{iipc}2 \qquad (3.14)$$

onde:

$$\mathbf{icd2} = \begin{vmatrix} ICD2_1 \\ . \\ . \\ . \\ ICD2_I \end{vmatrix}$$

I = quantidade de elementos de customização demandados.

Pode-se observar que, caso os índices calculados a partir da matriz da customização demandada e da matriz de processos não fossem corrigidos pelos índices de flexibilidade (ver Figura 3.4), teríamos como resultado final desta metodologia as seguintes igualdades: $ICD_i{*} = ICD2_i$ e $IIPC_j{*} = IIPC2_j$. Desta maneira, caso não fosse utilizado os índices de flexibilidade para corrigir os valores dos índices resultantes das duas matrizes, poderia-se através da operação inversa sugerida recuperar os valores originais do $ICD_i{*}$ atribuídos aos elementos a serem customizados.

O cálculo do $ICD2_i$ demonstra o quanto a utilização dos índices de flexibilidade modifica os pesos originais dos elementos de customização demandada. A proposta aqui é que, sendo uma etapa de processo pouco flexível, penalizar todos os itens de projeto a ela associados através da diminuição de seus pesos de importância. Por decorrência, o mesmo irá ocorrer com a flexibilidade dos itens de projeto sobre os elementos de customização demandada.

3.9. Etapa VIII - Interpretação dos resultados

Nesta etapa, deve-se apresentar os resultados de forma simples e clara, visando agilizar a sua leitura e interpretação.

Aqui sugerimos que sejam comparadas as colocações no ranking dos elementos de customização demandados obtidas a partir de ICD_i* e $ICD2_i$. Através desta comparação, espera-se ser possível observar quais elementos ganharam colocações no *ranking* e quais perderam colocações no *ranking*. O ganho ou perda de colocações no *ranking* por parte dos elementos de customização demandados estará ligado diretamente à flexibilidade dos itens de projeto e/ou a flexibilidade das etapas de processo.

3.10. Etapa IX – Conclusões.

A interpretação dos resultados realizada na etapa anterior permite que se formulem conclusões a respeito do produto a ser customizado e de sua relação com as condições de produção existentes.

As conclusões devem conter, no mínimo, uma lista dos elementos prioritários a serem customizados. Informações sobre quais as modificações são necessárias no processo produtivo para atender as expectativas de customização dos clientes também poderão ser registradas.

CAPÍTULO 4

4. ESTUDO DE CASO.

Neste capítulo é realizada a descrição de um estudo de caso onde aplicou-se a metodologia proposta no Capítulo 3 desta dissertação. O estudo de caso foi realizado na empresa Springer Carrier, localizada na cidade de Canoas - RS. O produto analisado foi o equipamento de ar-condicionado tipo janela (WRAC).

A história da empresa iniciou em 24 de Maio de 1934, quando foi constituída a Springer & Cia, tendo como negócio inicial a representação e fixação de refrigeradores comerciais. O nome Springer originou-se do seu fundador, Charles Springer. Em 1958, a Springer lançou seu primeiro condicionador de ar de janela da América Latina. Em 1966 foi inaugurado o parque industrial localizado na cidade de Canoas – RS, e em 1983, a Springer Refrigeração S.A. uniu-se a Carrier *Corporation*, mudando seu nome para Springer Carrier do Nordeste S.A. Nesta época, a matriz foi transferida para São Paulo e incorporou a nova tecnologia Carrier, mantendo porém a fábrica principal em Canoas.

Desde 1986, quando ocorreu a *joint-venture* entre Springer e a Carrier *Corporation*, a Springer Carrier S.A. recebeu um vasto conhecimento tecnológico e administrativo. Hoje a Springer Carrier é o maior fabricante de equipamentos de condicionamento de ar no Brasil, sendo a única empresa que oferece desde condicionadores de ar de parede a equipamentos de ar condicionado central de grandes capacidades, capazes de refrigerar ambientes como *shopping centers*, hotéis e hospitais.

As informações obtidas junto a Springer serviram como importantes subsídios para a elaboração da metodologia descrita no Capítulo 3 desta dissertação. Este estudo de caso serve

para ilustrar o desenvolvimento e as vantagens da metodologia proposta nesta dissertação. A seguir, estão descritos os resultados da aplicação das etapas metodológicas no estudo de caso.

4.1. Etapa I – Identificação do produto a ser customizado

Nesta etapa, foi identificado qual produto seria customizado. Em consulta à empresa onde se realizou o estudo de caso, identificou-se o equipamento de ar-condicionado tipo janela (WRAC) como adequado para o estudo de customização.

A escolha do produto como adequado para a realização do estudo aqui proposto, ocorreu pela existência de um trabalho realizado pelo departamento de *marketing* da empresa, onde havia-se identificado uma demanda de mercado relativamente à customização de aparelhos de ar-condicionado tipo janela (WRAC).

4.2. Etapa II – Escolha da ferramenta a ser utilizada para a identificação dos elementos a serem customizados.

Nesta etapa, foi definida qual a ferramenta seria utilizada para identificar os elementos de customização demandados.

Decidiu-se que a ferramenta mais adequada seria a utilização de dados históricos existentes na empresa pois, ao se iniciar este estudo de caso, já havia dados coletados pelo setor de *marketing* que identificavam quais os elementos do equipamento de ar-condicionado tipo janela (WRAC) preferidos pelos clientes com vista a customização.

4.3. Etapa III – Identificação, classificação e quantificação dos elementos a serem customizados.

A ***identificação dos elementos a serem customizados*** foi realizada pelo departamento de *marketing* da empresa. Para isto foram utilizados dados históricos que identificaram os

elementos mais valorizados pelos clientes para a futura customização do equipamento de ar-condicionado tipo janela (WRAC). Os 20 elementos identificados pelo departamento de *marketing* como prioritários para a customização, são descritos na Tabela 4.1.

Tabela 4.1. Relação dos elementos a serem customizados no equipamento de ar-condicionado tipo janela (WRAC).

Item	Descrição	Item	Descrição
1	Tipo de Eficiência do aparelho	11	Opção de Caixa de Proteção
2	Escolha do nível de ruído	12	Opção de Mangueira do dreno
3	Escolha da Tensão	13	Opção de Aproveitamento da água do condensado
4	Escolha da Freqüência	14	Escolha da Cor
5	Escolha do tipo de Circulação de Ar	15	Posição do Rabicho
6	Escolha da Versão (quente/ Frio)	16	Saída de filtro
7	Tipo de controle	17	Escolha da Marca
8	Opção por kit de tratamento do ar	18	Tipo de Gabinete
9	Tipo de Gás	19	Tipo de Aleta
10	Opção de Moldura	20	Escolha da Embalagem

A ***classificação dos elementos a serem customizados*** foi realizada pela equipe de trabalho do departamento de Engenharia de Produto, sendo esta feita em três níveis. No primeiro nível foram destacados os aspectos gerais do produto, ou seja, aspectos relacionados à operação e à estrutura do equipamento de ar-condicionado tipo janela (WRAC). No segundo nível foram classificados, de forma mais detalhada que no primeiro nível, os aspectos do produto. Os aspectos relacionados à operação do produto foram divididos em aspectos relacionados ao desempenho e especificação e aspectos funcionais. Os aspectos relacionados à estrutura do produto foram divididos em aspectos opcionais de instalação, aspectos estéticos, aspectos estruturais e aspectos de conservação. No terceiro nível, os elementos de customização demandada, identificados na etapa anterior, foram relacionados de forma coerente com os grupos do nível secundário.

A classificação dos elementos a serem customizados elaborada para os níveis primário, secundário e terciário, é mostrada na Tabela 4.2.

Tabela 4.2. Desdobramento nos níveis primário, secundário e terciário dos elementos a serem customizados do equipamento de ar-condicionado tipo janela (WRAC).

NÍVEL PRIMÁRIO	NÍVEL SECUNDÁRIO	NÍVEL TERCIÁRIO
OPERAÇÃO	**Desempenho e Especificação**	Tipo de Eficiência do aparelho
		Escolha do nível de ruído
		Escolha da Tensão
		Escolha da Freqüência
	Aspectos Funcionais	Escolha do tipo de Circulação de Ar
		Escolha da Versão (quente/ Frio)
		Tipo de controle
		Opção por kit de tratamento do ar
		Tipo de Gás
ESTRUTURA	**Opcionais de Instalação**	Opção de Moldura
		Opção de Caixa de Proteção
		Opção de Mangueira do dreno
		Opção de Aproveitamento da água do condensado
	Aspectos Estéticos	Escolha da Cor
		Posição do Rabicho
		Saída de filtro
		Escolha da Marca
	Aspectos Estruturais	Tipo de Gabinete
		Tipo de Aleta
	Conservação	Escolha da Embalagem

A ***atribuição de pesos para os elementos a serem customizados, assim como para os grupos em que eles foram distribuídos***, foi elaborada pela equipe de trabalho do departamento de Engenharia de Produto.

Como nos dados históricos utilizados para se identificar os elementos da customização demandada não havia uma atribuição de pesos que identificasse a importância atribuída pelos clientes, houve a necessidade de se realizar uma segunda coleta de dados que viesse a identificar esta importância. Para esta segunda coleta de dados optou-se pela coleta de informações com o pessoal especializado da empresa. Esta escolha foi realizada devido à existência de um conhecimento apurado sobre as exigências do cliente por parte dos componentes do grupo de trabalho.

Através da consulta realizada entre os componentes do grupo de trabalho, foram atribuídos pesos, em uma escala de zero a dez, para cada um dos elementos descritos nos níveis secundário e terciário. A média final dos pesos atribuídos e que serão utilizadas

posteriormente na elaboração da árvore da customização demandada, são mostrados na Tabela 4.3.

Tabela 4.3. Média final dos pesos atribuídos aos elementos dos níveis secundário e terciário para a customização do equipamento de ar-condicionado tipo janela (WRAC).

NÍVEL PRIMÁRIO	NÍVEL SECUNDÁRIO	NÍVEL TERCIÁRIO	Peso
	Peso		
OPERAÇÃO	Desempenho e Especificação	Tipo de Eficiência do aparelho	8,0
		Escolha do nível de ruído	10,0
		Escolha da Tensão	4,3
	9,0	Escolha da Freqüência	4,3
	Aspectos Funcionais	Escolha do tipo de Circulação de Ar	4,0
		Escolha da Versão (quente/ Frio)	7,0
		Tipo de controle	7,7
		Opção por kit de tratamento do ar	6,3
	6,7	Tipo de Gás	4,0
ESTRUTURA	Opcionais de Instalação	Opção de Moldura	4,7
		Opção de Caixa de Proteção	4,0
		Opção de Mangueira do dreno	6,0
	5,3	Opção de Aproveitamento da água do condensado	4,7
	Aspectos Estéticos	Escolha da Cor	7,0
		Posição do Rabicho	5,7
		Saída de filtro	5,7
	8,0	Escolha da Marca	8,3
	Aspectos Estruturais	Tipo de Gabinete	6,7
	5,7	Tipo de Aleta	4,3
	Conservação	Escolha da Embalagem	6,0
	6,0		

4.4. Etapa IV - Elaboração da árvore da customização demandada.

Para a elaboração da árvore da customização demandada, utilizaram-se os dados obtidos na etapa anterior e relacionados na Tabela 4.3. Estes dados foram organizados e trabalhados conforme a seção 3.6 da metodologia. A estrutura final da árvore da customização demandada para o equipamento de ar-condicionado tipo janela (WRAC) é mostrado na Tabela 4.4.

Tabela 4.4. Estrutura final da árvore da customização demandada para o equipamento de ar-condicionado tipo janela (WRAC).

NÍVEL PRIMÁRIO	NÍVEL SECUNDÁRIO Peso	% nível secundário	NÍVEL TERCIÁRIO	Peso	% nível terciário	*ICD*	*ICD* *
OPERAÇÃO	Desempenho e Especificação		Tipo de Eficiência do aparelho	8,0	30,0	6,6	7,2
			Escolha do nível de ruído	10,0	37,6	8,3	9,0
			Escolha da Tensão	4,3	16,2	3,6	3,9
			Escolha da Freqüência	4,3	16,2	3,6	3,9
	9,0	22,1	Total	26,6	100,0	22,1	
	Aspectos funcionais		Escolha do tipo de Circulação de Ar	4,0	13,8	2,3	3,5
			Escolha da Versão (quente/ Frio)	7,0	24,1	4,0	6,1
			Tipo de controle	7,7	26,6	4,4	6,7
			Opção por kit de tratamento do ar	6,3	21,7	3,5	5,5
			Tipo de Gás	4,0	13,8	2,3	3,5
	6,7	16,5	Total	29,0	100,0	16,5	
ESTRUTURA	Opcionais de instalação		Opção de Moldura	4,7	24,2	3,2	4,2
			Opção de Caixa de Proteção	4,0	20,6	2,6	3,5
			Opção de Mangueira do dreno	6,0	31,0	4,0	5,3
			Opção de Aproveitamento da água do condensado	4,7	24,2	3,2	4,2
	5,3	13,0	Total	19,4	100,0	13,0	
	Aspectos estéticos		Escolha da Cor	7,0	26,3	5,2	6,7
			Posição do Rabicho	5,7	21,3	4,2	5,5
			Saída de filtro	5,7	21,3	4,2	5,5
			Escolha da Marca	8,3	31,1	6,1	8,0
	8	19,7	Total	26,7	100,0	19,7	
	Aspectos Estruturais		Tipo de Gabinete	6,7	60,9	8,5	5,7
			Tipo de Aleta	4,3	39,1	5,5	3,7
	5,7	14,0	Total	11,0	100,0	14,0	
	Conservação		Escolha da Embalagem	6,0	100,0	14,7	6,0
	6	14,7	Total	6,0	100,0	14,7	
TOTAL	40,7	100					

Como resultado final da elaboração da árvore da customização demandada, temos o índice da customização demandada corrigida. Este índice define quais elementos são prioritários para a customização do produto, sendo utilizado como informação de entrada na matriz da customização demandada.

Através dos dados mostrados na árvore da customização demandada (Tabela 4.4), observa-se que os três elementos mais valorizados pelos clientes para a customização do aparelho de ar-condicionado tipo janela (WRAC) são a *(i)* escolha do nível de ruído, *(ii)* a escolha da marca *(iii)* e o tipo de eficiência do aparelho. Também podemos observar, através da Tabela 4.4, que os itens menos valorizados pelos clientes são *(i)* a escolha do tipo de circulação de ar, *(ii)* o tipo de gás *(iii)* e a opção de caixa de proteção.

4.5. Etapa V - Elaboração da Matriz da Customização Demandada.

A elaboração da matriz da customização demandada foi realizada através da execução de uma série de atividades, conforme apresentado na seção 3.7.

Primeiramente, relacionaram-se os 20 elementos de customização demandados (Tabela 4.1) no cabeçalho das linhas da matriz e os itens de projeto no cabeçalho das colunas da matriz, conforme apresentado no Anexo 1 desta dissertação.

Os itens de projeto do equipamento de ar-condicionado de janela (WRAC) foram identificados pela equipe de trabalho do departamento de Engenharia de Produto, totalizando 21 componentes. Alguns destes componentes foram aqui definidos através de conjuntos, pois esta forma de apresentação facilita o trabalho proposto sem prejudicar seus objetivos. Como exemplo, temos o “CJ compressor”, que além do compressor do aparelho de ar-condicionado, também contempla os acessórios de fixação, suporte, etc. Alguns itens foram suprimidos por não influenciarem no resultado final da customização (como parafusos, presilhas, etc.). Os 21 componentes aqui identificados e que compõem os itens de projeto são apresentados na Tabela 4.5.

Tabela 4.5. Relação dos itens de projeto do equipamento de ar-condicionado tipo janela (WRAC).

Item	Descrição	Item	Descrição
1	Gás Refrigerante	12	CJ Turbina
2	CJ Compressor	13	CJ Motor
3	CJ base	14	CJ Hélice
4	CJ embalagem	15	CJ rede elétrica
5	CJ acessórios de Instalação	16	Concha superior
6	CJ evaporador	17	Emblema gabinete
7	CJ condensador	18	Tampa concha superior
8	CJ painel de controle	19	Tampa concha superior cond.
9	CJ Defletor de ar	20	Protetor térmico
10	CJ Frente plástica	21	Controle Remoto
11	CJ concha inferior		

Após o preenchimento das linhas da matriz com os elementos de customização demandados e das colunas com os itens de projeto, foram realizados os seguintes passos:

1º Passo: Acrescentou-se à matriz os valores do $ICD_i\%$ correspondente a cada um dos elementos de customização demandados, calculados a partir do ICD^* obtido na árvore da customização demandada (Tabela 4.4). O $ICD_i\%$ apenas transforma o valor do ICD^* para uma base percentual.

2º Passo: Foram identificadas e avaliadas as intensidades dos relacionamentos existentes na matriz entre os elementos de customização demandados e os itens de projeto. Na avaliação da intensidade dos relacionamentos, RCD_{ij}, foi utilizada a escala apresentada na Tabela 3.3. Os valores resultantes foram escritos nos cruzamentos entre linhas e colunas, no corpo da matriz.

3º Passo: Uma vez finalizado o preenchimento da matriz, foi calculado o $IIPC_j$ para cada um dos itens de projeto, indicando a importância dos itens de projeto para a customização. O cálculo do $IIPC_j$ foi realizado utilizando-se a Equação (3.5). Os valores do $IIPC_j$, encontrados para cada um dos itens de projeto, estão apresentados na Tabela 4.6.

Tabela 4.6. Valores dos índices relacionados aos itens de projeto do equipamento de ar-condicionado tipo janela (WRAC).

Item	Descrição	$IIPC_j$	$IFIC_j$	$IIPC_j$ *
1	Gás Refrigerante	0,36	0,58	0,21
2	CJ Compressor	1,00	0,89	0,89
3	CJ base	0,42	1,00	0,42
4	CJ embalagem	0,58	0,50	0,29
5	CJ acessórios de Instalação	0,44	0,91	0,40
6	CJ evaporador	0,92	1,00	0,92
7	CJ condensador	0,97	1,00	0,97
8	CJ painel de controle	0,55	0,93	0,51
9	CJ Defletor de ar	0,78	0,84	0,66
10	CJ Frente plástica	1,29	0,98	1,27
11	CJ concha inferior	0,81	1,00	0,81
12	CJ Turbina	0,62	0,93	0,57
13	CJ Motor	1,01	0,85	0,87
14	CJ Hélice	0,52	0,94	0,49
15	CJ rede elétrica	0,30	1,00	0,30
16	Concha superior	0,57	1,00	0,57
17	Emblema gabinete	0,33	0,55	0,18
18	Tampa concha superior	0,38	0,91	0,35
19	Tampa concha superior cond.	0,45	0,98	0,44
20	Protetor térmico	0,07	0,55	0,04
21	Controle Remoto	0,75	0,30	0,22

4º Passo: Foi verificada a flexibilidade de compra dos itens de projeto através do cálculo do $IFIC_j$. Nesta operação, observaram-se as características mensuráveis e importantes para indicar a flexibilidade que os fornecedores destes itens apresentam para atender a produção do aparelho de ar-condicionado. Entre os tipos de flexibilidade descritos na seção 2.2.3, a que mais se associa à compra de itens de projeto é a flexibilidade de fornecimento. Entre as características de flexibilidade, para mensurar os fornecedores dos itens de projeto que compõe o produto em estudo, utilizou-se:

- O tempo que o fornecedor leva para atender a compra de um determinado item de projeto, conforme sugerido na seção 2.2.3. O índice que mede essa característica de flexibilidade é designado por $IFIC1_j$; seu peso de importância na composição do indicador de flexibilidade total do item foi fixada em 0,6.
- O tamanho do lote mínimo, definido pela equipe de trabalho como apropriado para medir a flexibilidade dos fornecedores. O tamanho de lote mínimo é definido como a quantidade mínima de fornecimento estabelecida pelo fornecedor, para

cada item de projeto; esta quantidade determina a aceitação do pedido de compra. O índice que mede essa característica de flexibilidade é designado por $IFIC2_j$; seu peso de importância na composição do indicador de flexibilidade total do item foi fixado em 0,4. Apesar de não haver referência na literatura que indique o tamanho de lote como uma medida de flexibilidade, a equipe de trabalho optou por utiliza-la devido a importância que esta característica tem para o fornecimento dos itens de projeto.

Para o cálculo do $IFIC1_j$, coletou-se o tempo de entrega dos itens de projeto comprados, apresentados na Tabela 4.7.

Tabela 4.7. Cálculo do $IFIC1_j$ a partir dos tempos de entrega dos itens de projeto comprados.

item	Descrição	Tempo de entrega (dias)	Escala de tempo de entrega, entre 0 e 1 (T)	(1-T)	Escala de (1-T) entre 0 e 1 (T_2)	$IFIC1_j$
1	Gás Refrigerante	5	0,042	0,958	0,960	0,576
2	CJ Compressor	20	0,167	0,833	0,835	0,501
3	CJ base					0,600
4	CJ embalagem	20	0,167	0,833	0,835	0,501
5	CJ acessórios de Instalação	15	0,125	0,875	0,876	0,526
6	CJ evaporador					0,600
7	CJ condensador					0,600
8	CJ painel de controle	15	0,125	0,875	0,876	0,526
9	CJ Defletor de ar	1	0,008	0,992	0,993	0,596
10	CJ Frente plástica	0,2	0,002	0,998	1,000	0,600
11	CJ concha inferior	0,2	0,002	0,998	1,000	0,600
12	CJ Turbina	3	0,025	0,975	0,977	0,586
13	CJ Motor	10	0,083	0,917	0,918	0,551
14	CJ Hélice	0,2	0,002	0,998	1,000	0,600
15	CJ rede elétrica	1	0,008	0,992	0,993	0,596
16	Concha superior	0,2	0,002	0,998	1,000	0,600
17	Emblema gabinete	10	0,083	0,917	0,918	0,551
18	Tampa concha superior	0,2	0,002	0,998	1,000	0,600
19	Tampa concha superior cond.	0,2	0,002	0,998	1,000	0,600
20	Protetor térmico	10	0,083	0,917	0,918	0,551
21	Controle Remoto	120	1,000	0,000	0,000	0,000

Os tempos de entrega foram obtidos através de um levantamento realizado pelo setor de compras da empresa junto aos seus fornecedores. Os tempos de entrega são considerados como os tempos mínimos que os fornecedores necessitam para entregar um pedido.

Na Tabela 4.7 os valores do tempo de entrega atribuídos aos itens de projeto adquiridos externamente foram modificados, tal que os valores finais do $IFIC1_j$ ficassem compreendidos entre 0 e 0,6. A transformação algébrica, mostrada na Tabela 4.7, foi realizada em quatro partes:

1º) Os valores do tempo de entrega foram escalonados entre 0 e 1 (*T*).

2º) Calculam-se os valores complementares, ou seja, (1-*T*).

3º) Novamente os valores são escalonados entre 0 e 1 (T_2).

4º) Multiplica-se os valores encontrados para T_2 por 0,6, ou seja, pela ponderação atribuída a $IFIC1_j$.

Podemos observar que o tempo de entrega para o controle remoto está um pouco acima dos demais tempos de entrega atribuídos para os itens de projeto, gerando assim uma pequena distorção no cálculo do $IFIC1_j$. Esta distorção fez com que a dispersão entre os valores atribuídos para o $IFIC1_j$, aos demais itens de projeto, não fosse muito considerável, ficando os mesmos compreendidos entre 0,501 e 0,600. Apesar destas distorções observadas a equipe de trabalho optou por manter os valores atribuídos, não efetuando qualquer tipo de correção ao índice.

Para o cálculo do $IFIC2_j$, utilizaram-se os valores descritos na Tabela 4.8, onde os dados de entrada são os tamanhos de lote mínimo, expressos em número de peças. Os tamanhos dos lotes mínimos foram obtidos através de um levantamento realizado pelo setor de compras da empresa junto aos seus fornecedores. O lote mínimo é a quantidade mínima que o fornecedor exige para a entrega de um pedido. Com relação a definição dos tamanhos dos lotes mínimos aqui considerados, duas observações foram feitas:

Observação 1: O tamanho de lote mínimo especificado pelo fornecedor do gás refrigerante (item 1) é de 10 toneladas. Como para a análise dos dados existe a necessidade de mensurarmos o tamanho do lote em peças, foram feitas as seguintes considerações. Um aparelho de ar-condicionado utiliza em média 0,4 kg de gás refrigerante. Dividindo-se o lote mínimo pela quantidade de gás média utilizada em cada aparelho, conclui-se que a quantidade mínima fornecida é suficiente para fabricar 25.000 aparelhos. Logo, consideramos que o lote mínimo do gás refrigerante, em peças, é igual a 25.000.

Observação 2: Como o tamanho de lote mínimo especificado para o gás refrigerante ficou muito acima dos demais valores estabelecidos para os itens de projeto comprados, optou-se por considerar o tamanho de lote do gás refrigerante igual a 500 peças (valor do tamanho de lote mais alto dentre os demais itens de projeto comprados). Assim, evitaram-se distorções no estudo, provocadas pela diferença de escala observada no caso do gás refrigerante. No caso em questão, teríamos o item gás refrigerante com peso mínimo (zero) e todos os demais itens seriam muito valorizados, ficando todos com o $IFIC2_j$ igual a 0,4.

Na Tabela 4.8, os valores do tamanho do lote mínimo definido para os itens de projeto comprados foram modificados, através de uma transformação análoga a realizada na Tabela 4.7, de forma que os valores finais do $IFIC2_j$ ficassem compreendidos entre 0 e 0,4.

Tabela 4.8. Cálculo do $IFIC2_j$ a partir do tamanho do lote mínimo que o fornecedor estabelece para aceitar o pedido dos itens de projeto comprados.

item	Descrição	Tamanho do lote mínimo (pç)	Escala do tamanho de lote mínimo entre 0 e 1 *(L)*	(1-L)	Escala de *(1-L)* entre 0 e 1 *(L_2)*	$IFIC2_j$
1	Gás Refrigerante	500 *	1,00	0,00	0,00	0,00
2	CJ Compressor	40	0,08	0,92	0,98	0,39
3	CJ base					0,40
4	CJ embalagem	500	1,00	0,00	0,00	0,00
5	CJ acessórios de Instalação	50	0,10	0,90	0,96	0,38
6	CJ evaporador					0,40
7	CJ condensador					0,40
8	CJ painel de controle	30	0,06	0,94	1,00	0,40
9	CJ Defletor de ar	210	0,42	0,58	0,62	0,25
10	CJ Frente plástica	50	0,10	0,90	0,96	0,38
11	CJ concha inferior	30	0,06	0,94	1,00	0,40
12	CJ Turbina	100	0,20	0,80	0,85	0,34
13	CJ Motor	144	0,29	0,71	0,76	0,30
14	CJ Hélice	100	0,20	0,80	0,85	0,34
15	CJ rede elétrica	30	0,06	0,94	1,00	0,40
16	Concha superior	30	0,06	0,94	1,00	0,40
17	Emblema gabinete	500	1,00	0,00	0,00	0,00
18	Tampa concha superior	130	0,26	0,74	0,79	0,31
19	Tampa concha superior cond.	50	0,10	0,90	0,96	0,38
20	Protetor térmico	500	1,00	0,00	0,00	0,00
21	Controle Remoto	150	0,30	0,70	0,74	0,30

Para os itens CJ base (3), CJ evaporador (6) e CJ condensador (7), conforme pode ser visto nas Tabelas 4.7 e 4.8, não foram realizados os cálculos do $IFIC1_j$ e do $IFIC2_j$. Isto ocorre porque estes itens de projeto não são comprados. A fabricação dos itens de projeto por parte da empresa faz com que os controles do tempo de entrega e do tamanho de lote mínimo sejam de competência interna. Para itens de projeto fabricados internamente, teremos a atribuição do valor máximo de flexibilidade, ou seja, $IFIC1_j$ igual a 0,6 e $IFIC2_j$ igual a 0,4.

Após calcularem-se os índices de flexibilidade correspondente às duas características escolhidas pela equipe de trabalho como mais adequadas para expressar a flexibilidade dos itens de projeto comprados, obteve-se o $IFIC_j$ para os itens comprados através da soma das parcelas de flexibilidade, como demonstrado na Equação (4.1). Os valores finais do $IFIC_j$ para cada um dos itens de projeto são apresentados na Tabela 4.6.

$$IFIC_j = IFIC1_j + IFIC2_j \qquad (4.1)$$

5º Passo: Como último passo da elaboração da matriz da customização demandada, obteve-se o $IIPC_j*$ que indica a importância corrigida dos itens de projeto para a customização. O cálculo do $IIPC_j*$ é realizado para os itens de projeto conforme a Equação (3.6), tendo seus valores resultantes apresentados na Tabela 4.6.

Através do $IIPC_j*$, podemos observar que os itens de projeto mais importantes para atender à customização do equipamento de ar-condicionado de janela (WRAC) são (*i*) o CJ frente plástica, (*ii*) o CJ condensador e (*iii*) o CJ evaporador; em contrapartida, os itens de projeto que menos influenciam no atendimento da customização são (*i*) o protetor térmico, (*ii*) o emblema do gabinete e (*iii*) o gás refrigerante.

4.6. Etapa VI - Elaboração da Matriz de Processos.

A partir dos resultados obtidos para o $IIPC_j$ * na matriz da customização demandada, elaborou-se a matriz de processos através de uma série de atividades, conforme descrito na seção 3.7.

Inicialmente foram analisadas e identificadas as etapas de processo compreendidas na fabricação do equipamento de ar-condicionado de janela (WRAC). Na análise do processo, foi definido como interesse da empresa a análise detalhada do impacto da customização sobre a linha de montagem. Desta forma, os processos da linha de montagem foram descritos detalhadamente, resultando em 47 etapas, e os processos de estamparia e aletado foram agrupados em duas etapas distintas. Os processos da linha de montagem aqui descritos referem-se a linha-2, onde é montado o tipo de aparelho de ar-condicionado em estudo.

As 49 etapas do processo foram relacionados no cabeçalho das linhas da matriz de processos; os 21 itens de projeto foram relacionados no cabeçalho das colunas da matriz; e os valores encontrados na etapa anterior para o $IIPC_j$ * foram escritas na ultima linha da matriz, conforme apresentado no Anexo 2 desta dissertação.

Na construção da matriz de processos, foi realizada uma série de atividades, resumidas nos quatro passos abaixo:

1º Passo: Foram identificados os relacionamentos existentes entre as etapas de processos e os itens de projeto (REP_{kj}), sendo a intensidade de cada relacionamento expressa pelos valores indicados na Tabela 3.3.

2º Passo: Calculou-se a priorização dos processos para a customização (IPP_k) conforme a Equação (3.7). Os valores do IPP_k encontrados para as etapas do processo são mostrados na Tabela 4.9.

Tabela 4.9. Valores dos índices relacionados às etapas do processo do equipamento de ar-condicionado tipo janela (WRAC).

Etapa	Descrição	IPP_k	IFP_k	IPP_k*
1	Posicionar base de madeira	5,8	1,0	5,8
2	Posicionar base metálica com isolação	13,6	1,0	13,6
3	Posicionar concha inferior do condensador	18,5	1,0	18,5
4	Posicionar compressor pré-montado	10,8	1,0	10,8
5	Fixar compressor (3 parafusos).	8,1	1,0	8,1
6	Retirar *plugs* (3) e posicionar tubo de processo no compressor.	7,4	1,0	7,4
7	Soldar tubo de processo.	7,8	1,0	7,8
8	Posicionar o condensador com a tubulação	12,5	1,0	12,5
9	Posicionar o evaporador com a tubulação	12,3	1,0	12,3
10	Soldar tubulação no compressor	11,6	1,0	11,6
11	Colocar parafuso (1) base x concha inferior	6,1	1,0	6,1
12	Colocar parafuso (2) evaporador x concha inferior	5,2	1,0	5,2
13	Posicionar presilha do bulbo no evaporador	8,0	1,0	8,0
14	Posicionar painel de controle no aparelho.	6,3	1,0	6,3
15	Posicionar o bulbo do termostato na concha inferior e na presilha	5,7	1,0	5,7
16	Aterrar motor na lateral do evaporador	7,7	1,0	7,7
17	Posicionar caracol inferior	6,3	1,0	6,3
18	Posicionar conjunto: motor/ hélice/, turbina/ capacitor/ tampa.	16,1	1,0	16,1
19	Fixar motor com presilhas (2)	13,7	1,0	13,7
20	Fixar capacitor na concha	10,0	1,0	10,0
21	Aterrar motor na lateral no condensador	12,6	1,0	12,6
22	Fazer ligação elétrica do motor/ capacitor/ compressor/ painel controle	11,5	1,0	11,5
23	Colocar caracol superior	8,9	1,0	8,9
24	Colar etiquetas (*check* e capacidade)	2,4	1,0	2,4
25	*Burst Test / Hipot*	16,1	1,0	16,1
26	Vácuo	14,5	1,0	14,5
27	Carga de gás	11,2	0,996	11,12
28	Lacre do sistema (solda).	9,9	1,0	9,9
29	Limpeza dos aparelhos	10,5	1,0	10,5
30	*Run Test*	12,7	1,0	12,7
31	Teste Vazamento	9,0	1,0	9,0
32	Colocar emblema na concha inferior	4,3	1,0	4,3
33	Encaixar e fixar concha superior (4 parafusos).	10,8	1,0	10,8
34	Colocar tampa do cond.	3,0	1,0	3,0
35	Colocar tampões (2).	0,6	1,0	0,6
36	Posicionar e fixar frente plástica (2 parafusos).	8,1	1,0	8,1
37	Colocar botões (2)	8,3	1,0	8,3
38	Colar etiqueta	5,7	1,0	5,7
39	O aparelho gira 90° com acionamento manual	3,1	1,0	3,1
40	Teste final e limpeza do aparelho (*CHECK* FINAL)	15,4	1,0	15,4

Tabela 4.9. Valores dos índices relacionados às etapas do processo do equipamento de ar-condicionado tipo janela (WRAC). (continuação)

Etapa	Descrição	IPP_k	IFP_k	IPP_k*
41	Encaixar calços de EPS pré-montados (2).	7,8	0,996	7,79
42	Posicionar rabicho no calço direito	0,9	1,0	0,9
43	Embalar aparelho	8,5	0,996	8,50
44	Colocar manuais e vedante do caixilho.	3,6	1,0	3,6
45	Dobrar caixa de papelão e colocar na linha.	1,4	1,0	1,4
46	Fitar abas da caixa.	1,9	1,0	1,9
47	Leitura do código de barras .	0,9	1,0	0,9
48	Estamparia	2,1	0,750	1,7
49	Aletado RAC	9,4	0,000	4,7

3º Passo: Calculou-se o índice de flexibilidade dos processos (IFP_k) para as 49 etapas na Tabela 4.9. Primeiramente, foi identificado pela equipe de trabalho o tempo de *setup* como característica mais apropriada para medir a flexibilidade das etapas de processo. Entre as várias formas de classificação existentes, conforme descrito na seção 2.2.3, o tempo de *setup* é classificado como uma flexibilidade de resposta (Barad & Nof, 1997) e também como uma flexibilidade de mix de produtos (Slack, 1993; Suarez *et al*., 1995). Com relação aos tipos de flexibilidade, descritos na seção 2.2.3, o tempo de *setup* é utilizado para medir a flexibilidade de máquina e a flexibilidade de produto. Estas duas formas de flexibilidade são importantes para habilitar a manufatura a trabalhar com sistemas customizados. Por ser a única medida selecionada para quantificar a flexibilidade das etapas do processo, o tempo de *setup* recebeu um peso de importância igual a 1,0.

Na análise das 49 etapas do processo, realizada pela equipe de trabalho, observou-se que apenas 5 etapas apresentavam tempos de *setup* diferentes de zero. Isto ocorre porque a troca de modelos na linha de produção gera maiores modificações nas tarefas a serem executadas pelos operadores do que nos equipamentos e/ou ferramentas.

O conjunto de valores de tempo de *setup* atribuído às etapas de processo, foram modificados tal que os valores finais do IFP_k ficassem compreendidos entre 0 e 1,0. A Tabela 4.10 mostra as etapas de processo que possuem tempo de *setup* diferente de zero e os valores de IFP_k correspondentes. O valor do IFP_k igual a zero foi atribuído ao processo com pior desempenho de flexibilidade, enquanto valores de IFP_k igual a um foram atribuídos aos processos com maior flexibilidade. A Tabela 4.9 apresenta a descrição de todas as etapas do processo e seus respectivos IFP_k .

Tabela 4.10. Cálculo do índice de Flexibilidade de Processo

Etapa	Descrição	Tempo de *setup* (segundos)	IFP_k
27	Carga de gás	0,5	0,996
41	Encaixar calços de EPS pré-montados (2)	0,5	0,996
43	Embalar aparelho	0,5	0,996
48	Estamparia	30,0	0,750
49	Aletado RAC	120,0	0,000
-- x --	DEMAIS ETAPAS DA LINHA DE MONTAGEM	0	1,000

4º Passo: Como último passo da elaboração da matriz de processos, foi calculado o índice corrigido de priorização dos processos para customização (IPP_k*). Os valores do IPP_k* para as etapas de processo foram obtidos a partir da Equação (3.8), estando apresentados na Tabela 4.9.

Através do cálculo do IPP_k*, podemos observar que as etapas de processo mais importantes para atender a customização do equipamento em estudo são: (*i*) o processo de posicionar a concha inferior do condensador, (*ii*) o *Burst Test / Hipot* e (*iii*) o posicionamento do CJ motor/hélice/turbina/capacitor/tampa. As etapas de processo que menos influenciam no atendimento da customização são: (*i*) o processo de colocar tampões, (*ii*) o posicionamento do rabicho no calço direito e (*iii*) a leitura do código de barras.

4.7. Etapa VII - Cálculo do índice da customização demandada incorporado as condições de produção existentes.

Após ter-se elaborado a matriz de customização demandada e a matriz de processos, foi calculada a importância da customização demandada, incorporada das condições de produção existentes ($ICD2_i$). O cálculo do $ICD2_i$ foi realizado a partir dos resultados obtidos na matriz de processos para o IPP_k*. As duas operações utilizadas para a obtenção do $ICD2_i$ estão descritas no item 3.8 e representadas na Figura 3.5 desta dissertação. Os resultados do $ICD2_i$ encontrados para os elementos de customização demandados estão apresentados na Tabela 4.11.

Tabela 4.11. Resultados encontrados no cálculo do $ICD2_i$ para os elementos da customização demandada

Elementos da customização demandada	$ICD2_i$
Tipo de Eficiência do aparelho	-0,23
Escolha do nível de ruído	0,25
Escolha da Tensão	0,22
Escolha da Freqüência	-0,49
Escolha do tipo de Circulação de Ar	0,21
Escolha da Versão (quente/ Frio)	0,38
Tipo de controle	-0,38
Opção por kit de tratamento do ar	1,11
Tipo de Gás	0,23
Opção de Moldura	2,23
Opção de Caixa de Proteção	-7,34
Opção de Mangueira do dreno	-0,21
Opção de Aproveitamento da água do condensado	0,12
Escolha da Cor	0,00006
Posição do Rabicho	2,39
Saída de filtro	-1,46
Escolha da Marca	-0,22
Tipo de Gabinete	-0,05
Tipo de Aleta	0,05
Escolha da Embalagem	0,70

Na nova priorização dos elementos de customização demandados, a partir dos valores de $ICD2_i$, temos como elementos viáveis: (*i*) a posição do rabicho, (*ii*) a opção de moldura e (*iii*) a opção por kit de tratamento de ar. Em contra-partida, os elementos de customização demandados (*i*) opção de caixa de proteção, (*ii*) saída de filtro e (*iii*) escolha da freqüência despontam como menos viáveis.

4.8. Etapa VIII - Interpretação dos resultados

No estudo de customização para o equipamento de ar-condicionado tipo janela (WRAC), foram obtidos os seguintes resultados:

Um índice que define elementos prioritários para a customização do produto (ICD_i ****):*** Através deste índice, pode-se verificar prioridades entre os elementos a serem customizados. Esta priorização foi definida através da demanda existente no mercado. Observa-se que a demanda de mercado foi, em um primeiro momento, definida através de dados históricos fornecidos pelo departamento de *marketing* (identificação dos elementos a serem customizados) e, em um segundo momento, mensurada através de consulta realizada junto ao pessoal especializado da empresa (atribuição dos pesos para elementos em seus níveis secundário e terciário). Os resultados dessa ponderação vêm apresentados na Figura 4.1.

Um índice que define a importância dos itens de projeto para a customização demandada ponderado pela flexibilidade dos itens comprados ($IIPC_j$ ****).*** O índice $IIPC_j$ * permite classificar os itens de projeto quanto à (*i*) sua flexibilidade de fornecimento e (*ii*) intensidade de relacionamento com os itens de customização demandada. Os resultados estão apresentados no gráfico de pareto na Figura 4.2. Observe, por exemplo, que o item de projeto CJ Frente plástica aparece como altamente flexível (relativamente ao fornecimento) e fortemente relacionado com os itens de customização demandada.

Um índice que define a priorização das etapas do processos para a customização demandada ponderado pela flexibilidade das etapas de processo (IPP_k ****).*** A classificação das etapas de processo dada pelo IPP_k * considera a (*i*) flexibilidade dos processos, (*ii*) intensidade de relacionamento com os itens de projeto e (*iii*) importância dos itens de projeto para a customização. Através dos resultados apresentados na Figura 4.3, observa-se que o processo Posicionar concha inferior do condensador é bastante flexível e fortemente relacionado com itens de projeto que apresentam grande importância para a customização.

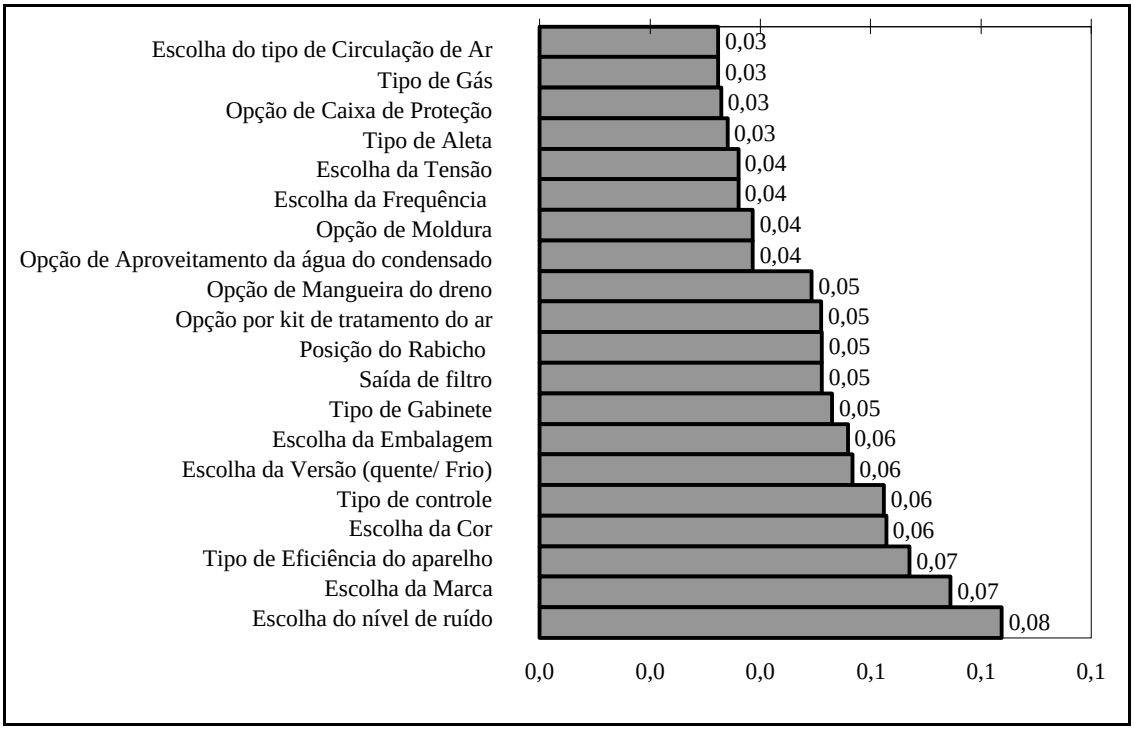

Figura 4.1. Gráfico de pareto identificando a priorização dos elementos do equipamento de ar-condicionado tipo janela (WRAC), através do $ICD_i\%$.

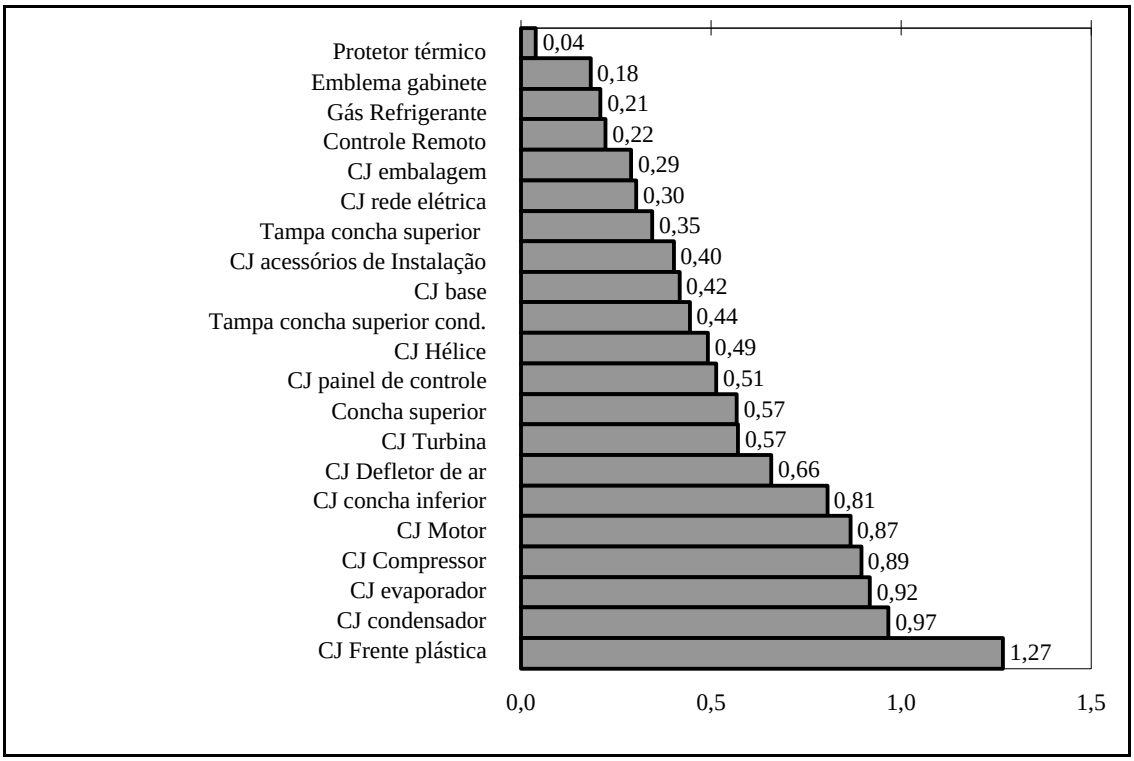

Figura 4.2. Gráfico de pareto identificando a priorização dos itens de projeto do equipamento de ar-condicionado tipo janela (WRAC), através do $IIPC_j$ *.

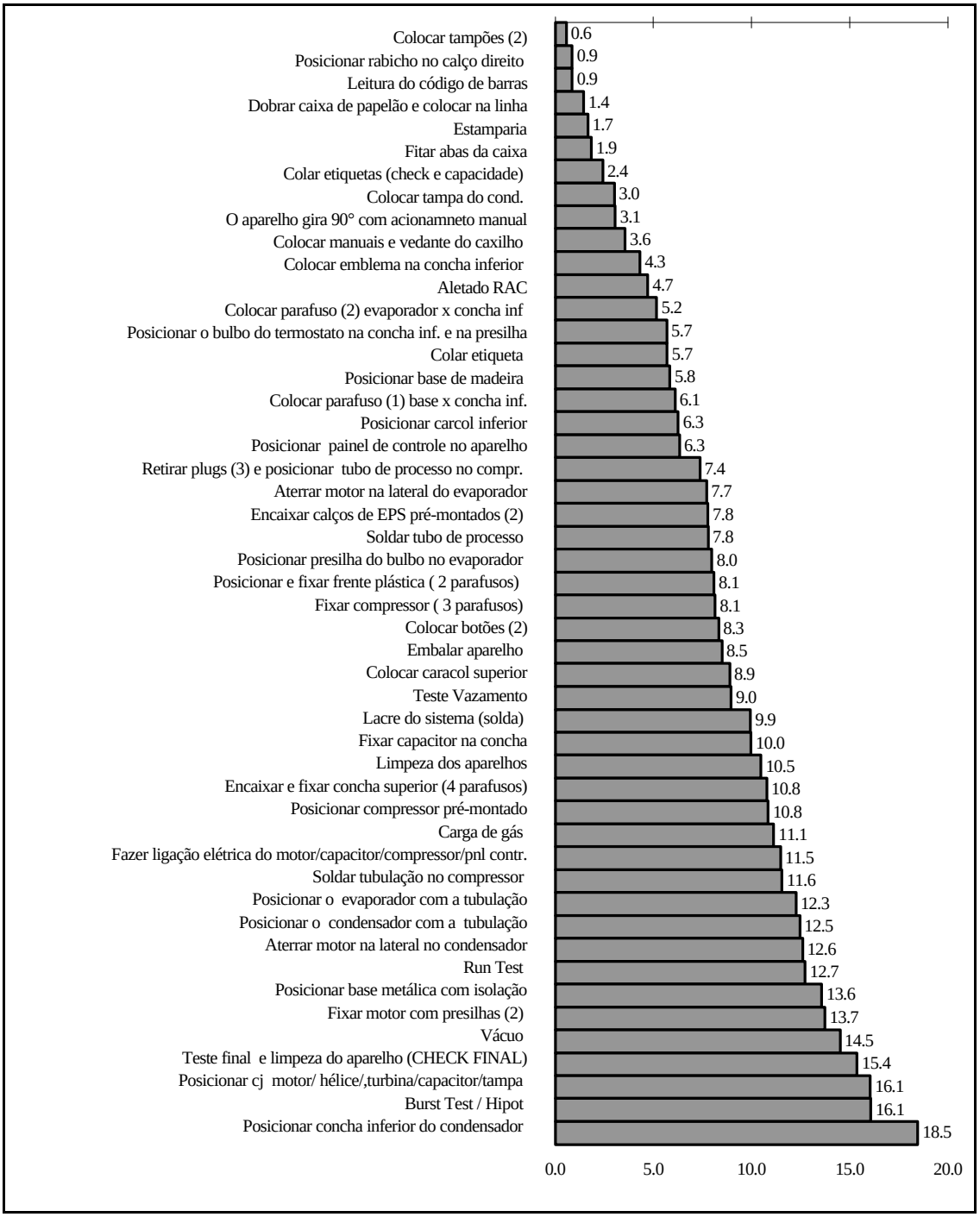

Figura 4.3. Gráfico de pareto identificando a priorização das etapas do processo para a customização do equipamento de ar-condicionado tipo janela (WRAC), através do IPP_k *.

Um índice que define a prioridade dos itens de projeto para a customização demandada corrigido de forma a repetir o grau de flexibilidade apresentado pelas etapas do processo. ($IIPC2_j$ ***).*** A classificação dos itens de projeto a partir do $IIPC2_j$ considera a (*i*)

flexibilidade de fornecimento, (*ii*) intensidade de relacionamentos com os itens da customização demandada, (*iii*) intensidade de relacionamentos com as etapas de processo e a (*iv*) flexibilidade dos processos envolvidos. A Figura 4.4 mostra o gráfico de pareto elaborado a partir do $IIPC2_j$. Utilizando-se as diferentes priorizações estabelecidas pelo $IIPC_j$* e $IIPC2_j$ foi construída a Tabela 4.12, destacando as diferenças nas duas classificações para os itens de projeto. Estas diferenças são ocasionadas pela flexibilidade das etapas do processo e intensidade de relacionamento com as etapas de processo. Observe que o item Gás refrigerante apresenta um ganho de sete posições no ranking, o que indica a alta intensidade do relacionamento deste item com processos flexíveis.

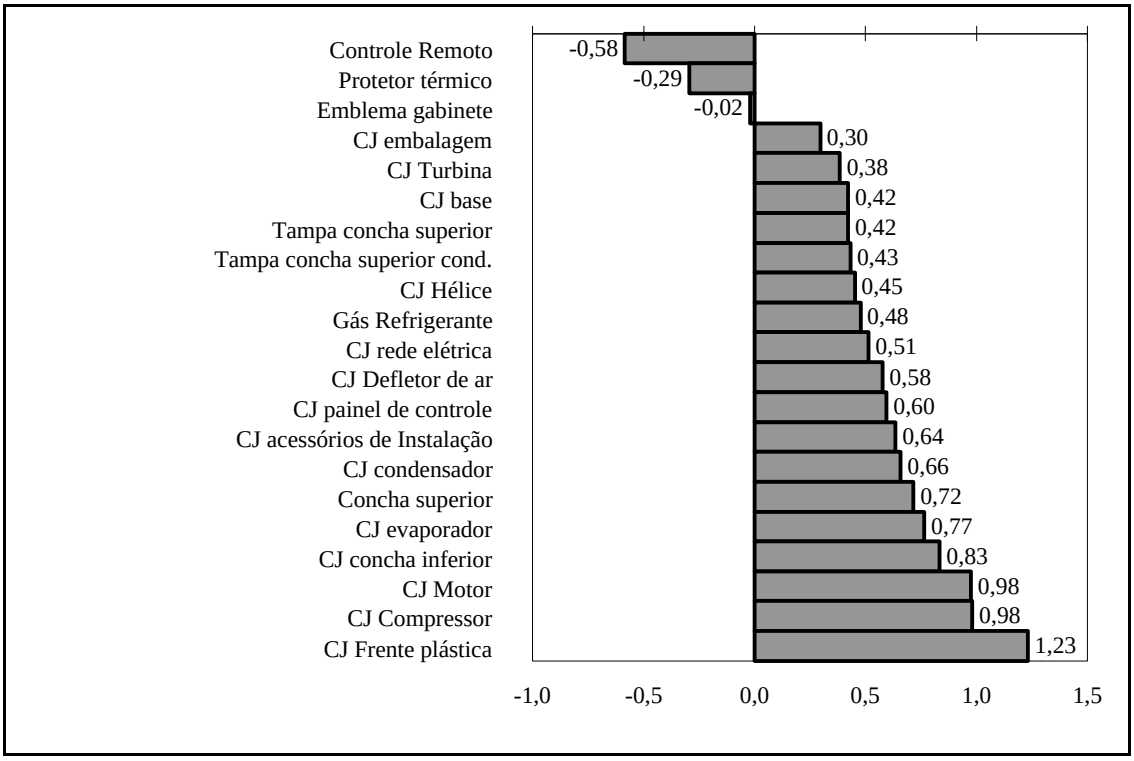

Figura 4.4. Gráfico de pareto identificando a priorização dos itens de projeto corrigida de forma a repetir a flexibilidade apresentada pelas etapas de processo, através do $IIPC2_j$.

Tabela 4.12. Comparação entre a priorização dos itens de projeto, considerando o $IIPC_j$ * e o $IIPC2_j$.

Item	Item de Projeto	Priorização através do $IIPC_j$ *	Priorização através do $IIPC2_j$	Diferença na posição do ranking
1	Gás Refrigerante	19	12	7
2	CJ Compressor	4	2	2
3	CJ base	13	16	-3
4	CJ embalagem	17	18	-1
5	CJ acessórios de Instalação	14	8	6
6	CJ evaporador	3	5	-2
7	CJ condensador	2	7	-5
8	CJ painel de controle	10	9	1
9	CJ Defletor de ar	7	10	-3
10	CJ Frente plástica	1	1	0
11	CJ concha inferior	6	4	2
12	CJ Turbina	8	17	-9
13	CJ Motor	5	3	2
14	CJ Hélice	11	13	-2
15	CJ rede elétrica	16	11	5
16	Concha superior	9	6	3
17	Emblema gabinete	20	19	1
18	Tampa concha superior	15	15	0
19	Tampa concha superior cond.	12	14	-2
20	Protetor térmico	21	20	1
21	Controle Remoto	18	21	-3

Um índice que define elementos prioritários para a customização do produto incorporado das condições de produção existentes (*$ICD2_i$*). Através deste índice prioriza-se os elementos a serem customizados, considerando-se a (*i*) demanda existente no mercado, a (*ii*) flexibilidade de fornecimento dos itens de projeto, a (*iii*) intensidade do relacionamento dos itens de projeto com os elementos a serem customizados, a (*iv*) flexibilidade das etapas do processo e a (*v*) intensidade do relacionamento das etapas do processo com os itens de projeto. A priorização dada pelo $ICD2_i$ é mostrada no gráfico de pareto da Figura 4.5.

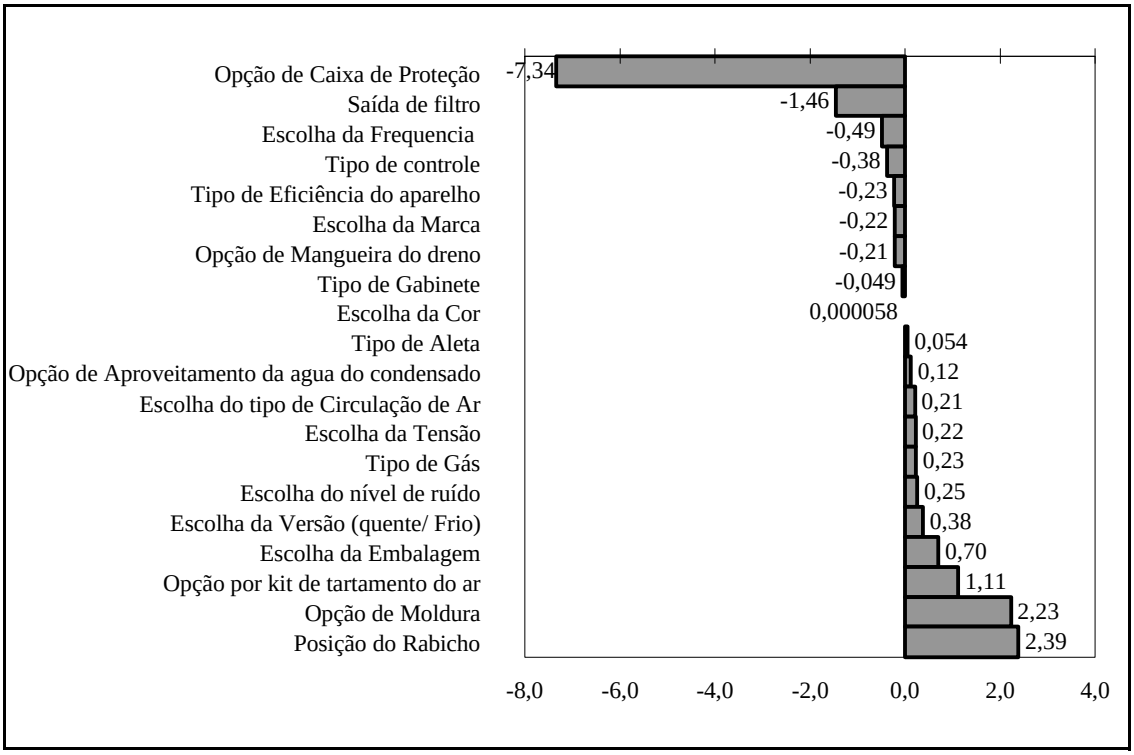

Figura 4.5. Gráfico de pareto identificando a priorização dos elementos a serem customizados, considerando-se a demanda de mercado e as condições de produção existentes.

Através da Tabela 4.13, foi comparado o ICD_i*, que apresenta apenas a priorização dos elementos através da demanda de mercado, com o $ICD2_i$, que considera condições atuais de produção. Nesta análise, foi observada a diferença entre o ranking dos elementos a serem customizados obtida pelos dois índices. A diferença observada indica se as condições atuais de produção estão viabilizando a customização dos elementos indicados pela demanda de mercado. Vemos que o elemento Tipo de Gás subiu doze posições, o que indica que as condições de produção atuais favorecem a sua customização.

Tabela 4.13. Comparação entre a priorização dos elementos de customização, considerando o ICD_i* e o $ICD2_i$.

Item	Elemento a serem customizados	Priorização através do ICD_i*	Priorização através do $ICD2_i$	Diferença na posição do ranking
1	Tipo de Eficiência do aparelho	3	16	-13
2	Escolha do nível de ruído	1	6	-5
3	Escolha da Tensão	15	8	7
4	Escolha da Freqüência	16	18	-2
5	Escolha do tipo de Circulação de Ar	20	9	11
6	Escolha da Versão (quente/ Frio)	6	5	1
7	Tipo de controle	5	17	-12
8	Opção por kit de tratamento do ar	11	3	8
9	Tipo de Gás	19	7	12
10	Opção de Moldura	13	2	11
11	Opção de Caixa de Proteção	18	20	-2
12	Opção de Mangueira do dreno	12	14	-2
13	Opção de Aproveitamento da água do condensado	14	10	4
14	Escolha da Cor	4	12	-8
15	Posição do Rabicho	9	1	8
16	Saída de filtro	10	19	-9
17	Escolha da Marca	2	15	-13
18	Tipo de Gabinete	8	13	-5
19	Tipo de Aleta	17	11	6
20	Escolha da Embalagem	7	4	3

4.9. Etapa IX - Conclusões

- Os oito elementos do equipamento de ar-condicionado tipo janela (WRAC) considerados pela demanda de mercado como prioritários para a customização são: *escolha do nível de ruído, escolha da marca, tipo de eficiência do aparelho, escolha da cor, tipo de controle, escolha da versão (quente/frio), escolha da embalagem e tipo de gabinete.* Durante o processo de implantação da customização em massa, deve-se priorizar os investimentos nas etapas de processo e nos fornecedores que venham a influenciar positivamente na customização destes elementos. Por exemplo, no caso da escolha do nível de ruído, os principais itens de projeto são o CJ compressor e o CJ motor, e as principais etapas do processo são Fixar compressor e Fixar motor com presilhas.
- A empresa deve ter como meta, realizar modificações estruturais no processo de produção existente, de forma a atender as priorizações de customização estabelecidas pelo mercado.

Isto pode ser mensurado através do recálculo do $ICD2_i$ após qualquer modificação realizada; sempre que o índice resultar igual ao ICD_i*, as condições ideais do processo de produção para a customização terão sido alcançadas. Tal igualdade dificilmente será alcançada na prática, pois implicaria na existência de uma flexibilidade dos fornecedores e das etapas de processo igual a 100%; porém, esta condição "ideal" deve ser colocada como objetivo pela empresa no processo de customização.

- Os elementos de customização "*tipo de eficiência do aparelho*" e "*escolha da marca*" foram identificados como os mais prejudicados pelas condições de produção atuais. Estes elementos tem uma perda de 13 colocações na escala de priorização, como pode ser visto na Tabela 4.12. Como estes elementos são identificados pelos clientes como prioritários, conforme apresentado na Figura 4.1, são necessárias modificações na estrutura de produção do equipamento a fim de possibilitar a sua customização. Esta análise pode ser estendida aos demais elementos apresentados na Tabela 4.12.
- O elemento de customização "*tipo de gás*" foi identificado como o mais beneficiado pelas condições de produção existentes. Este elemento tem um ganho de 12 colocações na escala de priorização, como pode ser visto na Tabela 4.12. Porém, tal elemento não é identificado pelos clientes como prioritário para a customização, conforme resultados na Figura 4.1. A análise dos elementos beneficiados pelas condições atuais pode ser estendida a todos elementos na Tabela 4.12.

CAPÍTULO 5

5 CONCLUSÃO.

A realização desta dissertação de Mestrado permitiu a formulação de algumas conclusões a respeito da implantação da Customização em Massa (CM) em empresas de manufatura, assim como sugestões para possíveis trabalhos futuros.

Para atender a demanda por produtos customizados e de baixo custo, foi concebido um novo sistema de produção, denominado Customização em Massa (Davis, 1989). A CM é uma estratégia de produção que se caracteriza pela capacidade de produzir itens que atendam às preferências individuais dos clientes, a preços similares aos de produtos manufaturados em massa. A CM vem sendo identificada por um número crescente de organizações como uma importante estratégia competitiva; todavia, a crescente demanda por produtos customizados e de baixo custo conflita diretamente com o grau de rigidez apresentado pelas empresas de manufatura. A importância da CM como uma estratégia para a indústria e a necessidade da definição de um índice para mensurar a viabilidade da customização em massa justificam a elaboração deste trabalho.

Nesta dissertação, propõe-se um índice de customização que mede a viabilidade da implantação de sistemas de manufatura customizados. O índice proposto permite estabelecer, para um dado produto de interesse, um *ranking* de customização para as suas características; quanto mais a alta a posição de uma característica no *ranking*, mais facilmente ela se adaptará à uma estratégia de customização em massa. A elaboração deste índice cumpre o objetivo principal definido no item 1.3.1 desta dissertação.

Na revisão bibliográfica, buscou-se apresentar a teoria básica sobre CM e investigar as principais características de flexibilidade em manufatura, assim como algumas tecnologias de manufatura e informação que habilitam a CM em sistemas de manufatura. O conhecimento destes tópicos é essencial compreensão das análises aqui apresentadas. Ferramentas auxiliares para a obtenção do índice aqui proposto, como o QFD, também foram investigadas. O domínio da técnica do QFD é essencial para o desenvolvimento das etapas da metodologia aqui proposta.

Na composição do índice de customização, três indicadores foram considerados: (*i*) a demanda por customização estabelecida pelos usuários do produto relativamente às suas características, (*ii*) a flexibilidade dos fornecedores das matérias-primas que compõem o produto, e (*iii*) a flexibilidade do processo de manufatura do produto.

O índice proposto foi operacionalizado através de uma utilização inédita da matriz da qualidade do QFD (Desdobramento da Função Qualidade). Primeiramente, listaram-se os itens de customização (ou seja, características do produto a serem personalizadas) demandados pelos clientes e seus pesos de preferência. Na sequência, os itens de customização foram cruzados com as partes componentes do produto usando a estratégia usual do QFD. Como resultado nesta etapa, obteve-se pesos de importância para as partes do produto, os quais foram ajustados utilizando um indicador de flexibilidade dos fornecedores das partes (tal que partes pouco flexíveis tivessem seus pesos de importância decrescidos). As partes do produto e seus pesos corrigidos de importância foram cruzadas com as etapas que compõem a manufatura do produto numa segunda matriz. Os pesos de importância obtidos para as etapas da manufatura foram também ajustados, utilizando um indicador de flexibilidade das etapas de manufatura. Finalmente, através de operações matriciais, efetuaram-se operações inversas às operações usuais do QFD. O resultado final foi dado na forma de um índice de customização para cada item de customização demandado para o produto. A apresentação detalhada do método, em nove etapas, contribui para diminuir a sua complexidade e aumentar a sua aplicabilidade.

O estudo de caso, realizado numa fábrica de aparelhos de ar-condicionado, proporcionou uma forte integração entre a Universidade e a empresa em estudo, contribuindo para a aplicação da técnica proposta e a elucidação das suas etapas. Além disso, a empresa foi beneficiada por tomar conhecimento da metodologia proposta. Inicialmente, notou-se um interesse muito grande por parte da empresa pela realização do trabalho aqui proposto. A identificação, por parte da empresa, da CM como uma importante estratégia de mercado justificava o interesse pelo trabalho desenvolvido. Quanto a aplicabilidade, nota-se que a

empresa que busca a CM necessita identificar as características do produto e do processo produtivo que possam favorecer a sua implantação, o que vem a justificar a utilização da metodologia aqui proposta. Com relação às resistências à aplicação da técnica, observou-se que estas são eliminadas rapidamente conforme a metodologia é aplicada e os resultados percebidos. O aprendizado e domínio da metodologia ocorrem de forma gradual, sendo função da qualificação das pessoas envolvidas na sua aplicação.

Alguns possíveis desenvolvimentos deste trabalho são sugeridos abaixo:

- Na metodologia aqui proposta foram desenvolvidas a matriz de customização demandada e a matriz de processos. Os resultados de ambas as matrizes foram corrigidos respectivamente pelos índices de flexibilidade denominados $IFIC_j$ e IFP_k. O aprimoramento destes índices poderá ser realizada através de uma análise mais detalhada sobre os tipos de flexibilidade que são considerados no seu cálculo.
- Uma melhor avaliação dos elementos a serem customizados poderá ser realizada caso seja elaborado o desdobramento de outras matrizes, permitindo assim a identificação de um conjunto maior de fatores que são importantes para a customização. Como sugestão de matrizes a serem desenvolvidas, temos:
  - Matriz de Serviços
  - Matriz de Infra estrutura
  - Matriz de Recursos Humanos
  - Matriz de Custos
- Apesar da baixa complexidade nos cálculos utilizados na metodologia, estes são trabalhosos e passíveis de erros. A programação dos tratamentos matemáticos desta metodologia em um *software* permitiria a redução do tempo de cálculo e das possibilidades de erros.

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

1. AKAO, Y. **Quality Function Deployment: Integrating Customer Requirements Into Product Design.** Cambridge: Productivity Press, 369p., 1990.
2. AKAO, Y.; **Introdução ao Desdobramento da Qualidade - Manual de Aplicação do Desdobramento da Função Qualidade (QFD) - vol.1.** Belo Horizonte – MG: QFCO - Fundação Christiano Ottoni, Escola de Engenharia da UFMG, 187p., 1996.
3. AKAO, Y.; OHFUJI, T.; ONO, M.; **Métodos do Desdobramento da Qualidade (1) - Manual de Aplicação do Desdobramento da Função Qualidade (QFD) - vol.2.** Belo Horizonte – MG: QFCO - Fundação Christiano Ottoni, Escola de Engenharia da UFMG, 256p., 1997.
4. BARAD, M. & NOF, S. Y. CIM flexibility measures: A review and a framework for analysis and applicability assessment. **International Journal Computer Integrated Manufacturing,** v.10, n.1-4, p.296-308, 1997.
5. BARTEZZAGUI, E.; TURCO, F. The impact of Just-in-Time on production systems performance: An analytical framework. **International Journal of Operations and Production Management**, v.9, p.40-61, 1989.
6. BEACH, R., MUHLEMANN, A. P., PRICE, D. H. R., PATERSON, A. & SHARP, J. A. A review of manufacturing flexibility. **European Journal of Operational Research**, 122, p.41-57, 2000.
7. BEATY, R. T. Mass customization. **Manufacturing Engineer,** v.75, n.5, p.217-220, 1996.
8. BRIL, P. H. & MANDELBAUM, M. Measurement of adaptivity and flexibility in production systems. **European Journal of Operational Research**, 49, p.325-332, 1990.
9. BROWNE, J.; DUBOIS, D.; RATHMILL, K.; SETHI, S. & STECKE, K. Classification of flexible manufacturing systems. **The FMS Magazine**, v.1, n.2, p.114-117, 1984.
10. BUFFA, E. S. & SARIM, R. K. **Modern Production / Operations Management.** 8ª Ed. New York: John Wiley, 1987.

11. CARTER, M. F. Designing flexibility into automated manufacturing systems. **Proceedings of the 2nd ORSA/TIMS Special Conference in FMS**, Ann Arbour, p.107-118., 1986.

12. CHEN, I. J. & CHUNG, C. H. An examination of flexibility measurements and performance of flexible manufacturing systems. **International Journal of Production Research**, v.34, n.2, p.379-394, 1996.

13. CHOI, K. C. & JARBOE, T. B. Mass customization in power plant design and construction. **Power Engineering,** v.100, n.1, p.33-36, 1996.

14. CHURCHILL Jr., G. A. , PETER, J. P. **Marketing: criando valor para o cliente.** São Paulo: Saraiva, 2000.

15. CSILLAG, J. M. **Análise do Valor.** São Paulo, Atlas, 1995.

16. DA SILVEIRA, G. , FOGLIATTO, F. S. & BORENSTEIN, D. Mass customization: literature review and research directions. **International Journal of Production Economics**, 2000.

17. DAVIS, M. M., AQUILANO, N. J., CHASE, R. B. **Fundamentos da Administração da Produção.** 3ª Ed. Porto Alegre: Bookman Editora, 598p., 2001.

18. DAVIS, S. M. "From future perfect": Mass Customizing. **Planning Review,** p.16-21, 1989.

19. DE MEYER, A., NAKANE, J., MILLER, J. G. & FERDOWS, K. Flexibility: The next competitive battle the manufacturing futures survey. **Strategic Management Journal,** v.10, p.135-144, 1989.

20. EASTWOOD, M. A. Implementing mass customization. **Computer in Industry,** v.30, n.3, p.171-174, 1996.

21. FEITZINGER, E. & LEE, H. L. Mass customization at Hewlett-Packard: The power of postponement. **Harvard Business Review,** v.75, n.1, p.116-121, 1997.

22. FERREIRA, A. D. M. **Desdobramento da Qualidade em Serviços: O Caso da Biblioteca da Escola de Engenharia da UFRGS.** Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, UFRGS. Porto Alegre, 1997.

23. GERWIN, D. Manufacturing flexibility: A strategic perspective. **Management Science,** v.39, n.4, p.395-410, 1993.

24. GERWIN, D. An agenda for research on the flexibility of manufacturing processes. **International Journal of Operations and Production Management**, v.7, n.1, p.38-49, 1987.

25. GILMORE, J. & PINE, J. The four faces of mass customization. **Harvard Business Review,** v.75, n.1, p.91-101, 1997.

26. GUPTA, D. & BUZACOTT, J. A. A framework for understanding flexibility of manufacturing systems. **Journal of Manufacturing Systems,** v.8, n.2, p.89-97, 1989.

27. HAYES, B. E. **Measuring Customer Satisfaction: Survey Design, Use, and Statistical Analysis Methods.** 2ª ed., Milwaukee-USA: American Society for Quality, 1998.

28. JONES, D. Mass customization of prosthetic and orthotic devices. **Journal of Medical Engineering**, v.17, n.5, p.208-209, 1993.

29. KAY, M. J. Making mass customization happen: lessons for implementation. **Planning Review ,** v.21, n.4, p.14-18, 1993.

30. KOTHA, S. From mass production to mass customization: The case of the National Industrial Bicycle Company of Japan. **European Management Journal,** v.14, n.5, p.442-450, 1996.

31. KOTHA, S. Mass-customization: A strategy for knowledge creation and organizational learning. **International Journal of Technology Management,** v.11, n.7/8, p.846-858, 1996.

32. KOTHA, S. Mass customization: Implementing the emerging paradigm for competitive advantage. **Strategic Management Journal,** v.16, p.21-42, 1995.

33. KOTLER, P. **Administração de Marketing: Análise, Planejamento, Implementação e Controle.** 5ª ed., São Paulo: Atlas, 1998.

34. KUBIAK, J. A joint venture in mass customization. **Planning Review ,** v.21, n.4, p.25-26, 1993.

35. LAMPEL, J. & MINTZBERG, H. Customizing customization. **Sloan Management Review**, v.38, p.21-30, 1996.

36. LAU, R. Mass customization: the next industrial revolution. **Industrial Management,** v.37, n.5, p.18-19, 1995.

37. MARTIN, H. F. Mass customization at Personal Lines Insurance Center. **Planning Review ,** v.21, n.4, p.27-56, 1993.

38. MATTAR, F. N. **Pesquisa de Marketing.** vol.1, São Paulo, Atlas, 1993.

39. MIZUNO, S. & AKAO, Y. **QFD – The Customer-Driven Approach to Quality Planning and Deployment.** Tokyo: Asian Productivity Organization, 1994.

40. MURY, L. G. M. **Uma Metodologia Para Adaptação e Melhoria de Produtos a Partir da Engenharia Reversa.** Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, UFRGS. Porto Alegre, 2000.

41. NARASIMHAN, R. & DAS, A. An empirical investigation of the contribution of strategic sourcing to manufacturing flexibilities and performance. **Decisions Sciences,** v.30, n.3, p.683-718, 1999.

42. OWEN, D. & KRUSE, G. Follow the customer. **Manufacturing Engineering,** p.65-68, 1997.

43. PARKER, R. P. & WIRTH, A. Manufacturing flexibility: Measures and relationships. **European Journal of Operational Research**, 118, p.429-449, 1999.

44. PINE II, B. J. & PIETROCINI, T. W. Standard modules allow mass customization at Bally Engineered Structures. **Planning Review ,** v.21, n.4, p.20-22, 1993.

45. PINE II, B. J. **Personalizando Produtos e Serviços – Customização Maciça – A Nova Fronteira da Competição dos Negócios.** São Paulo: Makron Books, 334p., 1994.

46. RAMASESH, R. V. & JAYAKUMAR, M. D. Measurement of manufacturing flexibility: A value based approach. **Journal of Operations Management**, v.10, n.4, 1991.

47. ROESCH, S. M. A. **A Dissertação de Mestrado em Administração: Proposta de Uma Tipologia.** Série documentos para estudo 14/94. Programa de Pós-graduação em Administração, Administração, UFRGS, Porto Alegre, 1994.

48. ROSA, J. A. **Roteiro Prático Para Desenvolvimento de Novos Produtos.** São Paulo, Editora STS, 1999.

49. SETHI, A. K. & SETHI, S. P. Flexibility in manufacturing: A survey. **The International Journal of Flexible Manufacturing Systems,** v.2, p.289-328, 1990.

50. SHEWCHUK, J. P. & MOODIE, C. L. Definition and classification of manufacturing flexibility types and measures. **The International Journal of Flexible Manufacturing Systems,** v.10, p.325-349, 1998.

51. SIOUKAS, A. V. User involvement for effective customization: An empirical study on voice networks. **IEEE Transactions on Engineering Management,** v.42, n.1, p.39-49, 1995.

52. SKINNER, W. Manufacturing – missing link in corporate strategy. **Harvard Business Review**, May-June 1969.

53. SKINNER, W. The productivity paradox. **Harvard Business Review**, Jul.-Aug., p.55-59 1986.

54. SLACK, N., Manufacturing systems flexibility – an assessment procedure. **Computer-Integrated Manufacturing Systems**, v.1, p.25-31, 1988.

55. SLACK, N.; CORREA, H. The flexibilities of push and pull. **International Journal of Operations and Production Management**, v.12, n.4, p. 82-92, 1992.

56. SLACK, N. **Vantagem Competitiva em Manufatura: Atingindo Competitividade nas Operações Industriais.** São Paulo: Atlas, 198p., 1993.

57. SPIRA, J. S. Mass customization through training at Lutron Electronics. **Planning Review ,** v.21, n.4, p.23-24, 1993.

58. STORCH, R. L. & LIM, S. Improving flow to achieve lean manufacturing in shipbuilding. **Production Planning & Control,** v.10, n.2, p.127-137, 1999.

59. STRANG, G. **Linear Algebra and Its Applications.** Tokyo: Harcourt Brace Jovanovich, Inc., 1988.

60. SUAREZ, F. F., CUSUMANO, M. A. & FINE, C.H. An empirical study of flexibility in manufacturing. **Sloan Management Review**, p.25-32, 1995.

61. UPTON, D. M. The management of manufacturing flexibility. **California Management Review**, p.72-89, 1994.

62. VASILASH, G. S. Mass customization at Perkins: An engine with one-trillion possibilities. **Automotive Manufacturing & Production**, p.42-45, 1997.

63. WESTBROOK, R. & WILLIAMSON, P. Mass customization: Japan's new frontier. **European Management Journal,** v.11, n.1, p.38-45, 1993.

64. YIN, R. K. **Case Study Research: Design And Methods.** 2ª ed., California-USA: Sage Publications, 1994.

ANEXOS

ANEXO 1

Matriz da Customização Demandada

ANEXO 2

Matriz das Etapas de Processo

MATRIZ DA CUSTOMIZAÇÃO DEMANDADA	
5 = FORTE; **3 = MÉDIA ;** **1 = FRACA ;** **0 = NENHUMA**	Gás Refrigerante
ELEMENTO DE CUSTOMIZAÇÃO DEMANDADOS	
Tipo de Eficiência do aparelho	3,00
Escolha do nível de ruído	-
Escolha da Tensão	-
Escolha da Frequencia	-
Escolha do tipo de Circulação de Ar	-
Escolha da Versão (quente/ Frio)	-
Tipo de controle	-
Opção por kit de tartamento do ar	-
Tipo de Gás	5,00
Opção de Moldura	-
Opção de Caixa de Proteção	-
Opção de Mangueira do dreno	-
Opção de Aproveitamento da agua do condensado	-
Escolha da Cor	-
Posição do Rabicho	-
Saída de filtro	-
Escolha da Marca	-
Tipo de Gabinete	-
Tipo de Aleta	-
Escolha da Embalagem	-

Cálculo da importância dos itens de projeto para a customização	($IIPC_j$)	0,36
Tempo de Entrega do Fornecedor (ESCALA 0-0,6)	($IFIC1_j$)	0,00
Tamanho do Lote Mínimo de Compra (ESCALA 0-0,4)	($IFIC2_j$)	0,58
Indice de flexibilidade dos itens comprados (ESCALA 0-1)	($IFIC_j$)	0,58
Importância corrigida dos itens de projeto para a customização	($IIPC_j$*)	0,21

Obs.: Aos itens fabricados pela empresa são atribuídos os índices máximos da escala; 0,6 e 0,4 res

CJ Compressor	CJ base	CJ embalagem	CJ acessórios de Instalação	CJ evaporador	CJ condensador	CJ painel de controle	CJ Defletor de ar
5,00	1,00	-	-	5,00	5,00	-	1,00
5,00	-	-	-	3,00	3,00	-	3,00
5,00	-	-	-	-	-	1,00	-
1,00	-	-	-	-	-	1,00	-
-	-	-	-	1,00	1,00	-	3,00
-	-	-	-	1,00	1,00	1,00	-
-	-	-	-	-	-	5,00	-
-	-	-	1,00	-	-	-	1,00
1,00	-	-	-	1,00	1,00	-	-
-	-	1,00	3,00	-	-	-	-
-	-	1,00	1,00	-	-	-	-
-	1,00	1,00	3,00	-	1,00	-	-
-	1,00	-	1,00	1,00	1,00	-	-
-	-	-	-	-	-	1,00	3,00
-	1,00	1,00	-	-	-	1,00	-
-	1,00	-	-	-	-	-	1,00
-	-	1,00	-	-	-	-	1,00
-	3,00	1,00	-	-	-	-	-
-	-	-	-	5,00	5,00	-	-
-	-	5,00	1,00	-	-	-	-
1,00	0,42	0,58	0,44	0,92	0,97	0,55	0,78
0,39	0,40	0,00	0,38	0,40	0,40	0,40	0,25
0,50	0,60	0,50	0,53	0,60	0,60	0,53	0,60
0,89	1,00	0,50	0,91	1,00	1,00	0,93	0,84
0,89	0,42	0,29	0,40	0,92	0,97	0,51	0,66

spectivamente

ANEXO 1 - Matriz da customização demandada para

ITENS DE PROJETO

CJ Frente plástica	CJ concha inferior	CJ Turbina	CJ Motor	CJ Hélice	CJ rede elétrica	Concha superior	Emblema gabinete
1,00	1,00	3,00	5,00	3,00	-	1,00	-
1,00	1,00	3,00	3,00	3,00	-	1,00	-
-	-	-	5,00	-	1,00	-	-
-	-	-	3,00	-	1,00	-	-
1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	-	1,00	-
-	1,00	1,00	1,00	-	3,00	-	-
-	-	-	-	-	1,00	-	-
1,00	-	-	1,00	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-
-	1,00	-	-	-	-	-	-
-	1,00	-	-	1,00	-	-	-
5,00	3,00	-	-	-	-	1,00	-
3,00	-	-	-	-	-	-	-
5,00	-	-	-	-	-	-	-
3,00	1,00	1,00	-	-	-	-	3,00
1,00	3,00	-	-	-	-	5,00	1,00
-	-	-	-	-	-	-	-
1,00	1,00	-	-	-	-	1,00	1,00
1,29	0,81	0,62	1,01	0,52	0,30	0,57	0,33
0,38	0,40	0,34	0,30	0,34	0,40	0,40	0,00
0,60	0,60	0,59	0,55	0,60	0,60	0,60	0,55
0,98	1,00	0,93	0,85	0,94	1,00	1,00	0,55
1,27	0,81	0,57	0,87	0,49	0,30	0,57	0,18

o equipamento de ar-condicionado de janela (WRAC).

Tampa concha superior	Tampa concha superior cond.	Protetor térmico	Controle Remoto	$ICD_i\%$	ICD^*	
1,00	1,00	-	-	0,067	7,2	
-	-	-	-	0,084	9,0	
-	-	1,00	1,00	0,036	3,9	
-	-	1,00	1,00	0,036	3,9	
1,00	1,00	-	-	0,032	3,5	
-	-	-	3,00	0,057	6,1	
-	-	-	5,00	0,062	6,7	
-	-	-	-	0,051	5,5	
-	-	-	-	0,032	3,5	
-	-	-	-	0,039	4,2	
-	-	-	-	0,033	3,5	
-	-	-	-	0,049	5,3	
-	-	-	-	0,039	4,2	
1,00	1,00	-	1,00	0,063	6,7	
-	-	-	-	0,051	5,5	
-	-	-	-	0,051	5,5	
-	1,00	-	1,00	0,074	8,0	
3,00	3,00	-	-	0,053	5,7	
-	-	-	-	0,034	3,7	
1,00	1,00	-	1,00	0,056	6,0	
				1,000	107,4	Total
0,38	0,45	0,07	0,75			
0,31	0,38	0,00	0,30			
0,60	0,60	0,55	0,00			
0,91	0,98	0,55	0,30			
0,35	0,44	0,04	0,22			

MATRIZ DE PROCESSOS						
5 = FORTE; **3 = MÉDIA ;** **1 = FRACA ;** **0 = NENHUMA**	Gás Refrigerante	CJ Compressor	CJ base	CJ embalagem	CJ acessórios de Instalação	CJ evaporador
Posicionar base de madeira	-	1,0	1,0	-	-	1,0
Posicionar base metálica com isolação	-	3,0	5,0	-	-	3,0
Posicionar concha inferior do condensador	-	3,0	3,0	-	-	1,0
Posicionar compressor pré-montado	1,0	5,0	3,0	-	-	1,0
Fixar compressor (3 parafusos).	-	5,0	3,0	-	-	-
Retirar plugs (3) e posicionar tubo de processo no compr..	1,0	5,0	-	-	-	1,0
Soldar tubo de processo.	3,0	5,0	-	-	-	1,0
Posicionar o condensador com a tubulação	3,0	3,0	1,0	-	-	1,0
Posicionar o evaporador com a tubulação	3,0	3,0	1,0	-	-	5,0
Soldar tubulação no compressor	3,0	5,0	-	-	-	3,0
Colocar parafuso (1) base x concha inf.	-	-	5,0	-	-	-
Colocar parafuso (2) evaporador x concha inf	-	-	-	-	-	3,0
Posicionar presilha do bulbo no evaporador	1,0	1,0	-	-	-	5,0
Posicionar painel de controle no aparelho.	-	-	-	-	-	-
Posicionar o bulbo do termostato na concha inf. e na presilha	-	-	-	-	-	3,0
Aterrar motor na lateral do evaporador	-	1,0	-	-	-	3,0
Posicionar carcol inferior	-	-	1,0	-	-	1,0
Posicionar cj motor/ hélice/,turbina/capacitor/tampa.	-	-	-	-	-	1,0
Fixar motor com presilhas (2)	-	-	-	-	-	1,0
Fixar capacitor na concha	-	1,0	-	-	-	-
Aterrar motor na lateral no condensador	-	1,0	-	-	-	1,0
Fazer ligação elétrica do motor/capacitor/compressor/pnl contr	-	3,0	-	-	-	-
Colocar caracol superior	-	-	-	-	-	1,0
Colar etiquetas (check e capacidade)	1,0	-	-	1,0	-	-

ETAPAS DO P							
	Burst Test / Hipot	3,0	3,0	-	-	-	5,0
	Vácuo	3,0	5,0	-	-	-	5,0
	Carga de gás	5,0	5,0	-	-	-	3,0
	Lacre do sistema (solda).	5,0	3,0	-	-	-	3,0
	Limpeza dos aparelhos	-	-	-	-	1,0	-
	Run Test	3,0	3,0	-	-	-	3,0
	Teste Vazamento	3,0	3,0	-	-	-	3,0
	Colocar emblema na concha inferior	1,0	1,0	-	-	-	1,0
	Encaixar e fixar concha superior (4 parafusos).	-	-	-	-	-	1,0
	Colocar tampa do cond.	-	-	-	-	-	-
	Colocar tampões (2).	-	-	-	-	-	-
	Posicionar e fixar frente plástica (2 parafusos).	-	-	1,0	-	-	-
	Colocar botões (2)	-	-	-	-	-	-
	Colar etiqueta	-	-	-	-	-	-
	O aparelho gira 90° com acionamneto manual	-	-	1,0	-	-	-
	Teste final e limpeza do aparelho (CHECK FINAL)	1,0	1,0	3,0	1,0	1,0	-
	Encaixar calços de EPS pré-montados (2).	-	-	1,0	3,0	-	-
	Posicionar rabicho no calço direito	-	-	-	3,0	-	-
	Embalar aparelho	-	-	1,0	5,0	1,0	-
	Colocar manuais e vedante do caxilho.	-	-	-	3,0	3,0	-
	Dobrar caixa de papelão e colocar na linha.	-	-	-	5,0	-	-
	Fitar abas da caixa.	-	-	-	5,0	1,0	-
	Leitura do código de barras .	-	-	-	3,0	-	-
	Estamparia	-	-	5,0	-	-	-
	Aletado RAC	-	-	-	-	-	5,0

Importância corrigida dos itens de projeto para a customização	$IIPC_j$ *	0,21	0,89	0,42	0,29	0,40	0,92

ITENS DE PROJETO

CJ condensador	CJ painel de controle	CJ Defletor de ar	CJ Frente plástica	CJ concha inferior	CJ Turbina	CJ Motor	CJ Hélice	CJ rede elétrica	Concha superior	Emblema gabinete	Tampa concha superior	Tampa concha superior cond.	Protetor térmico
1,0	-	-	1,0	1,0	-	-	-	-	1,0	-	-	-	-
3,0	1,0	-	1,0	1,0	-	-	-	-	1,0	-	-	-	-
3,0	1,0	-	1,0	5,0	1,0	1,0	1,0	1,0	3,0	1,0	1,0	1,0	-
1,0	-	-	-	3,0	-	-	-	-	1,0	-	-	-	1,0
-	-	-	-	3,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1,0	-	-	-	1,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1,0	-	-	-	1,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5,0	-	-	-	3,0	-	-	-	-	1,0	-	-	-	-
1,0	-	-	-	3,0	-	-	-	-	1,0	-	-	-	-
3,0	-	-	-	1,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	5,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	3,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1,0	1,0	-	-	1,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	5,0	-	1,0	1,0	-	-	-	3,0	1,0	-	-	-	-
-	1,0	-	-	3,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	1,0	-	-	-	-	3,0	-	3,0	-	-	-	-	1,0
-	1,0	-	-	3,0	1,0	1,0	-	-	1,0	-	-	-	-
1,0	-	-	-	5,0	5,0	5,0	3,0	3,0	1,0	-	-	-	-
1,0	-	-	-	5,0	3,0	5,0	3,0	1,0	-	-	-	-	-
-	-	-	-	3,0	3,0	3,0	3,0	1,0	1,0	-	-	-	-
3,0	3,0	-	-	-	1,0	5,0	1,0	3,0	-	-	-	-	1,0
-	3,0	-	-	-	1,0	5,0	1,0	5,0	-	-	-	-	3,0
-	-	1,0	1,0	3,0	1,0	1,0	1,0	-	3,0	-	-	-	-
-	-	-	-	-	1,0	1,0	1,0	-	-	-	-	-	-

5,0	3,0	-	-	-	-	1,0	-	3,0	-	-	-	-	1,0
5,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3,0	-	-	-	-	-	-	-	-	1,0	-	-	-	-
-	1,0	1,0	3,0	3,0	1,0	1,0	1,0	-	1,0	1,0	-	-	-
3,0	3,0	-	-	-	1,0	1,0	1,0	1,0	-	-	-	-	-
3,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1,0	-	-	-	1,0	-	-	-	-	-	1,0	1,0	-	-
-	1,0	-	1,0	3,0	1,0	1,0	1,0	-	5,0	3,0	1,0	-	-
1,0	-	-	-	-	-	-	-	-	1,0	-	3,0	1,0	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,0	-	-	-	-
-	1,0	3,0	3,0	1,0	-	-	-	-	1,0	-	-	-	-
-	3,0	-	3,0	3,0	-	-	-	-	1,0	-	-	-	-
-	1,0	-	3,0	1,0	-	-	-	-	1,0	-	-	-	-
-	-	-	1,0	1,0	-	-	-	-	1,0	-	-	-	-
-	1,0	1,0	3,0	1,0	1,0	3,0	1,0	-	3,0	1,0	1,0	1,0	-
-	-	-	3,0	1,0	-	-	-	-	3,0	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	1,0	1,0	3,0	-	-	-	-	3,0	-	-	-	-
-	-	-	1,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

0,97	0,51	0,66	1,27	0,81	0,57	0,87	0,49	0,30	0,57	0,18	0,35	0,44	0,04

Matriz de Processos para o equipamento de ar-condicionado tipo janela (WRAC).

Controle Remoto	IPP_k	Tempo de *setup (s)*	IFP_k	IPP_k *
-	5,8	0,0	1,0	5,8
-	13,6	0,0	1,0	13,6
-	18,5	0,0	1,0	18,5
-	10,8	0,0	1,0	10,8
-	8,1	0,0	1,0	8,1
-	7,4	0,0	1,0	7,4
-	7,8	0,0	1,0	7,8
-	12,5	0,0	1,0	12,5
-	12,3	0,0	1,0	12,3
-	11,6	0,0	1,0	11,6
-	6,1	0,0	1,0	6,1
-	5,2	0,0	1,0	5,2
-	8,0	0,0	1,0	8,0
1,0	6,3	0,0	1,0	6,3
-	5,7	0,0	1,0	5,7
-	7,7	0,0	1,0	7,7
-	6,3	0,0	1,0	6,3
-	16,1	0,0	1,0	16,1
-	13,7	0,0	1,0	13,7
-	10,0	0,0	1,0	10,0
-	12,6	0,0	1,0	12,6
1,0	11,5	0,0	1,0	11,5
-	8,9	0,0	1,0	8,9
-	2,4	0,0	1,0	2,4

-	16,1	0,0	1,0	16,1
-	14,5	0,0	1,0	14,5
-	11,2	0,5	0,996	11,12
-	9,9	0,0	1,0	9,9
-	10,5	0,0	1,0	10,5
-	12,7	0,0	1,0	12,7
-	9,0	0,0	1,0	9,0
-	4,3	0,0	1,0	4,3
-	10,8	0,0	1,0	10,8
-	3,0	0,0	1,0	3,0
-	0,6	0,0	1,0	0,6
-	8,1	0,0	1,0	8,1
-	8,3	0,0	1,0	8,3
-	5,7	0,0	1,0	5,7
-	3,1	0,0	1,0	3,1
1,0	15,4	0,0	1,0	15,4
1,0	7,8	0,5	0,996	7,8
-	0,9	0,0	1,0	0,9
1,0	8,5	0,5	0,996	8,5
1,0	3,6	0,0	1,0	3,6
-	1,4	0,0	1,0	1,4
-	1,9	0,0	1,0	1,9
-	0,9	0,0	1,0	0,9
-	2,1	30	0,750	1,7
-	9,4	120,0	0,000	4,7

0,22