

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

CHARLES EDSOM SAVARIS

**MODELO PARA IDENTIFICAÇÃO E AVALIAÇÃO DO IMPACTO DOS
RECURSOS TECNOLÓGICOS, ORGANIZACIONAIS E DE SUPRIMENTOS NA
FLEXIBILIDADE DA MANUFATURA**

*Dissertação desenvolvida para obtenção do título de Mestre em Engenharia de
Produção na área de concentração de Qualidade e Produtividade*

Orientador: Osmar Possamai, Dr.

FLORIANÓPOLIS

2003

S265m Savaris, Charles Edsom

Modelo para identificação e avaliação do impacto dos recursos tecnológicos, organizacionais e de suprimentos na flexibilidade da manufatura; orientador Osmar Possamai. – Florianópolis, 2003.

112 p. : il. ; gráfs. ; tabs.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Santa Catarina, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, 2003.

Inclui bibliografia

1. Planejamento dos recursos de manufatura. 2. Pequenas e médias empresas Administração. 3. Flexibilidade. I. Possamai, Osmar. II. Universidade Federal de Santa Catarina. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção. III. Título.

CDU: 658.5

Catálogo na fonte por: Onélia Silva Guimarães CRB-14/071

CHARLES EDSOM SAVARIS

**MODELO PARA IDENTIFICAÇÃO E AVALIAÇÃO DO IMPACTO DOS
RECURSOS TECNOLÓGICOS, ORGANIZACIONAIS E DE SUPRIMENTOS NA
FLEXIBILIDADE DA MANUFATURA**

Esta Dissertação foi julgada e aprovada em sua forma final para obtenção do título de Mestre em Engenharia de Produção no Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal de Santa Catarina.

Florianópolis, 30 junho de 2003.

Prof. Edson Pacheco Paladini, Dr.
Coordenador

Banca examinadora:

Prof. Osmar Possamai, Dr.
Orientador
Universidade Federal de Santa Catarina

Prof. Francisco José Kliemann Neto, Dr.
Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Prof. Luiz Veriano Oliveira Dalla Valentina, Dr.
Universidade do Estado de Santa Catarina

*A Deus, pela oportunidade;
à minha família, pela confiança.*

AGRADECIMENTOS

No decorrer do trabalho, várias pessoas contribuíram de forma direta ou indireta, dentre elas:

Minha família que, com muito esforço financeiro e, principalmente, espiritual, estivera a meu lado e, muitas vezes, à minha frente, orientando. Agradeço pelas conversas amigas, os conselhos concisos, a enorme confiança até nos momentos de minha descrença e por todo o amor que transborda de vocês.

A minha filha, Nathali, que, mesmo sem poder avaliar a importância da tarefa, me motivava a continuar.

Ao orientador e amigo, Osmar Possamai, que contribuiu não apenas na evolução deste trabalho, mas na evolução pessoal.

À Universidade Federal de Santa Catarina pela disponibilização de sua estrutura física, administrativa e humana.

Aos amigos e companheiros de estudo do GAV, Dante, Alexandre, Fábio Walter, Sidnei, Simone, José Ilton e aos tantos outros que ficarão na lembrança.

Agradeço também, aos professores da banca Kliemann e Luiz, pelas contribuições para a melhoria do trabalho.

A minha namorada, Rosilene Eller pelo carinho e exemplo de persistência e força.

A Deus, a luz e presença constate.

Agradeço!

RESUMO

SAVARIS, Charles Edsom. **Modelo para identificação e avaliação do impacto dos recursos tecnológicos, organizacionais e de suprimentos na flexibilidade da manufatura.** 2003. 112 f.. Dissertação Mestrado em Engenharia de Produção – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, UFSC, Florianópolis.

Em decorrência das constantes mudanças no ambiente competitivo, está sendo exigida das empresas a busca constante pela flexibilização de suas estruturas. A flexibilidade tornou-se um diferencial competitivo, pois além de preparar a empresa para as mudanças externas, serve de amortecedor das incertezas internas da organização. O modelo proposto neste trabalho tem como objetivo identificar oportunidades de melhoria para aumentar a flexibilidade da manufatura, em especial de seus recursos tecnológicos, organizacionais e de suprimentos. Inicialmente, o modelo propõe a classificação das dimensões da flexibilidade em internas e externas, em que as dimensões externas da flexibilidade são representadas por aqueles atributos do produto ou serviço percebidos pelos clientes. As dimensões internas servem de apoio para o desempenho das dimensões externas. Após esta classificação, o modelo orienta para a avaliação das correlações entre estas dimensões externas e internas, buscando identificar as dimensões internas que estão limitando o desempenho das externas. Em seguida, são identificados os recursos das atividades que estão limitando estas dimensões internas, permitindo direcionar as melhorias no processo produtivo. O modelo desenvolvido foi aplicado em uma empresa do setor moveleiro localizada em São Bento do Sul, norte do Estado de Santa Catarina, com considerável aceitação pelo empresário, onde comentou que o modelo “tornou um termo abstrato em variáveis concretas”, gerenciadas diariamente na empresa. Como exemplo de resultados obtidos com a aplicação do modelo, cita-se a identificação do recurso da empresa, o qual estava limitando a flexibilidade da manufatura.

Palavras-chave: Manufatura, Flexibilidade, Dimensões da Flexibilidade.

ABSTRACT

Due to the constant changes in the competitive atmosphere, it is being demanded the constant search from the companies for the flexibility of its structures. The flexibility became a competitive differential, because besides preparing the company for the external changes, it serves as shock absorber of the internal uncertainties of the organization. The model proposed in this work has as objective identify improvement opportunities to increase the flexibility of the manufacture, especially of its technological, supplies and organizational resources. Initially, the model proposes the classification of the dimensions of the flexibility in internal and external, in that the external dimensions of the flexibility are represented by those attributes of the product or service noticed by the customers. The internal dimensions serve as support for the performance of the external dimensions. After this classification, the model guides for the evaluation of the correlations among these external and internal dimensions, looking for to identify the internal dimensions that are limiting the acting of the external ones. Soon after, the resources of the activities that are limiting these internal dimensions are identified, allowing to address the improvements in the productive process. The developed model was applied in a company of the furniture industry, located in São Bento do Sul, north of the State of Santa Catarina, with considerable acceptance by the entrepreneur, where it commented that the model "turned an abstract term in concrete variables", managed daily in the company. As example of results obtained with the application of the model, we can mention the identification of the resources of the company, which was limiting the flexibility of the manufacture.

Key Words: Manufacture, Flexibility, Dimensions of the Flexibility.

SUMÁRIO

| | |
|---------------------------------------------------------------|-----------|
| RESUMO | 5 |
| ABSTRACT | 6 |
| LISTA DE FIGURAS | 10 |
| | |
| CAPÍTULO 1 – INTRODUÇÃO | 13 |
| 1.1 Objetivos do trabalho | 14 |
| 1.2 Justificativa e importância | 15 |
| 1.3 Delimitação do trabalho | 16 |
| 1.4 Estrutura do trabalho | 16 |
| | |
| CAPÍTULO 2 – FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA | 18 |
| 2.1 Mudanças no Mercado Brasileiro | 18 |
| 2.1.1 Mudanças nas organizações | 19 |
| 2.1.2 Segmentação das mudanças | 21 |
| 2.1.3 Administração das mudanças | 22 |
| 2.1.4 Incertezas na manufatura | 23 |
| 2.2 Manufatura | 23 |
| 2.2.1 Vantagem competitiva na manufatura | 24 |
| 2.2.2 Manufatura flexível | 28 |
| 2.3 Considerações finais do capítulo | 31 |
| | |
| CAPÍTULO 3 – DIMENSÕES DA FLEXIBILIDADE | 33 |
| 3.1 Flexibilidade | 33 |
| 3.1.1 Tipos/dimensões da flexibilidade | 34 |
| 3.1.2 Elementos da flexibilidade | 38 |
| 3.1.3 Recursos da flexibilidade | 42 |
| 3.1.4 Aspectos que influenciam a Flexibilidade | 44 |
| 3.1.5 Limites da flexibilidade | 45 |
| 3.2 Classificação das dimensões da flexibilidade | 46 |
| 3.2.1 Classificação horizontal ou por fases | 46 |
| 3.2.2 Classificação vertical ou hierárquica | 47 |

| | |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| 3.2.3 Classificação temporal | 49 |
| 3.2.4 Classificação por objetos de variação | 49 |
| 3.2.5 Classificação estática e dinâmica | 50 |
| 3.3 Correlações entre as dimensões de flexibilidade | 52 |
| 3.4 Dimensionamento da flexibilidade | 55 |
| 3.4.1 Modelo de mensuração da Flexibilidade na Manufatura | 60 |
| 3.5 Considerações finais do capítulo | 62 |
| | |
| CAPÍTULO 4 – MODELO PROPOSTO | 66 |
| 4.1 Apresentação do modelo | 66 |
| 4.2 Descrição das Etapas do Modelo | 68 |
| 4.2.1 Etapa 1 – Definição do mercado, produto e processo produtivo | 68 |
| 4.2.2 Etapa 2 – Formação e preparação da equipe de trabalho | 73 |
| 4.2.3 Etapa 3 – Identificação das variáveis do processo produtivo | 74 |
| 4.2.4 Etapa 4 – Levantamento dos recursos das atividades | 77 |
| 4.2.5 Etapa 5 – Correlação entre as dimensões externas e internas da flexibilidade ... | 78 |
| 4.2.6 Etapa 6 – Correlação entre as dimensões internas da flexibilidade e atividades do processo produtivo | 80 |
| 4.2.7 Etapa 7 – Correlação entre as dimensões internas da flexibilidade | 84 |
| 4.2.8 Etapa 8 – Análise conjunta dos dados | 88 |
| 4.3 Considerações finais do capítulo | 88 |
| | |
| CAPÍTULO 5 – APLICAÇÃO DO MODELO PROPOSTO | 90 |
| 5.1 Apresentação da Empresa | 90 |
| 5.2 Descrição da Aplicação do Modelo | 90 |
| 5.2.1 Etapa 1 – Definição do mercado, produto e processo produtivo | 90 |
| 5.2.2 Etapa 2 – Formação e preparação da equipe de trabalho | 92 |
| 5.2.3 Etapa 3 – Identificação das variáveis do processo produtivo | 92 |
| 5.2.4 Etapa 4 – Levantamento dos recursos das atividades | 94 |
| 5.2.5 Etapa 5 – Correlação entre as dimensões externas e internas da flexibilidade ... | 96 |
| 5.2.6 Etapa 6 – Correlação entre as dimensões internas da flexibilidade e atividades do processo produtivo | 97 |
| 5.2.7 Etapa 7 – Correlação entre as dimensões internas da flexibilidade | 100 |

| | |
|-----------------------------------------------------------------------------|------------|
| 5.2.8 Etapa 8 – Análise conjunta dos dados | 102 |
| 5.3 Considerações finais do capítulo | 103 |
| | |
| CAPÍTULO 6 – CONCLUSÕES E SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS | 105 |
| 6.1 Conclusões | 105 |
| 6.2 Sugestões para trabalhos futuros | 106 |
| REFERÊNCIAS | 108 |

LISTA DE FIGURAS

| | |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 2.1 Sistema físico de produção | 24 |
| Figura 2.2 Vantagem competitiva via flexibilidade e tecnologia de informação | 25 |
| Figura 2.3 Características dos paradigmas tecno-econômicos | 26 |
| Figura 2.4 Objetivos de desempenho da manufatura | 27 |
| Figura 2.5 Flexibilidade, custos e objetivos da manufatura | 28 |
| Figura 2.6 Fatores que influenciam no desempenho da função de operações | 31 |
| Figura 3.1 Definições propostas para a flexibilidade | 34 |
| Figura 3.2 Classificação da flexibilidade | 36 |
| Figura 3.3 Diferentes interpretações do <i>mix</i> de produto relacionado com tipos de flexibilidade | 37 |
| Figura 3.4 Dimensões da flexibilidade de manufatura citadas com maior frequência . | 38 |
| Figura 3.5 Estrutura para analisar a flexibilidade de manufatura | 39 |
| Figura 3.6 Elementos da flexibilidade e potenciais indicadores | 39 |
| Figura 3.7 Elementos da flexibilidade de manufatura | 40 |
| Figura 3.8 Pesquisa sobre operacionalização dos elementos da flexibilidade | 41 |
| Figura 3.9 As dimensões da faixa e resposta dos quatro tipos de flexibilidade | 42 |
| Figura 3.10 A flexibilidade de uma operação depende da flexibilidade dos seus recursos | 43 |
| Figura 3.11 Implicação nos recursos dos tipos de flexibilidade | 44 |
| Figura 3.12 “Fúnil” da flexibilidade | 47 |
| Figura 3.13 Hierarquia das dimensões da flexibilidade | 48 |
| Figura 3.14 Relacionamento entre as dimensões de flexibilidade | 52 |
| Figura 3.15 Relação entre tipos de flexibilidade | 54 |
| Figura 3.16 Diagrama dos relacionamento | 55 |
| Figura 3.17 Flexibilidade de máquina da produção automobilística Americana e Japonesa | 56 |
| Figura 3.18 Flexibilidade mão-de-obra da produção automobilística Americana e Japonesa | 57 |
| Figura 3.19 Flexibilidade <i>mix</i> da produção automobilística Americana e Japonesa | 58 |

| | |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 3.20 Flexibilidade de novo produto da produção automobilística Americana e Japonesa | 59 |
| Figura 3.21 Flexibilidade de modificação produto da produção automobilística Americana e Japonesa | 60 |
| Figura 3.22 HoF Relacionado habilidades e características de flexibilidade | 62 |
| Figura 3.23 Parâmetros gerados pela flexibilidade | 63 |
| Figura 4.1 Demonstração gráfica das correlações entre as variáveis vinculadas à flexibilidade | 66 |
| Figura 4.2 Fluxograma das etapas do modelo | 68 |
| Figura 4.3 Segmentação de mercado, produtos e processos de negócios | 69 |
| Figura 4.4 Quadro para levantamento de mercados e produtos da empresa | 69 |
| Figura 4.5 Matriz para determinação do mercado a ser analisado | 70 |
| Figura 4.6 Pesos para correlações | 71 |
| Figura 4.7 Matriz para seleção do produto a ser analisado | 72 |
| Figura 4.8 Esquema representativo das atividades do processo produtivo | 76 |
| Figura 4.9 Descrição dos recursos das atividades | 77 |
| Figura 4.10 Peso do nível de influência | 78 |
| Figura 4.11 Exemplo da matriz de correlação entre as dimensões internas e externas da flexibilidade | 79 |
| Figura 4.12 Correlação entre recursos das atividades e as dimensões da flexibilidade. | 81 |
| Figura 4.13 Gráfico do peso relativo dos recursos em relação às dimensões da flexibilidade | 83 |
| Figura 4.14 Gráfico do peso relativo dos recursos em relação às atividades | 84 |
| Figura 4.15 Matriz de correlação entre as dimensões internas da flexibilidade | 85 |
| Figura 4.16 Justificativa das correlações entre às dimensões internas da flexibilidade | 87 |
| Figura 5.1 Levantamento de mercados e produtos da empresa pesquisada | 91 |
| Figura 5.2 Grau de importância das dimensões da flexibilidade para o cliente | 93 |
| Figura 5.3 Levantamento das atividades e recursos | 95 |
| Figura 5.4 Correlação entre as dimensões internas e externas da flexibilidade | 96 |
| Figura 5.5 Matriz de correlação entre os recursos das atividades e as dimensões internas da flexibilidade | 98 |
| Figura 5.6 Gráfico do peso relativo dos recursos em relação às dimensões internas da flexibilidade | 99 |

| | |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Figura 5.7 Gráfico do peso relativo dos recursos em relação às atividades do processo produtivo | 100 |
| Figura 5.8 Matriz de correlação entre as dimensões internas da flexibilidade | 101 |
| Figura 5.9 Justificativa das correlações entre às dimensões internas da flexibilidade . | 102 |

CAPÍTULO 1 – INTRODUÇÃO

No mercado atual, as empresas estão enfrentando incertezas originárias de vários fatores mercadológicos, advindas do crescimento da concorrência, gerada pela quebra de paradigmas econômicos, sociais, tecnológicos, ambientais, organizacionais e, principalmente, pelo aumento dos níveis de consciência dos clientes.

O crescimento da concorrência é um fator mercadológico que, geralmente, se reflete nas empresas por meio das necessidades dos clientes, exigindo que os produtos também acompanhem a quebra dessas mudanças.

No Brasil, o aumento da importância dos fatores mercadológicos ocorreu, de forma brusca, no início da década de 90, com a entrada de novos produtos oriundos de diversos países. Esta entrada de produtos abalou as estruturas empresariais, exigindo nova postura competitiva das empresas que conseguiram resistir ao aumento da concorrência, época caracterizada pela busca constante de agilidade e eficiência para acompanhar a nova configuração competitiva.

Da mesma maneira, o mercado interno onde as empresas brasileiras competiam, foi invadido por novos concorrentes, exigindo flexibilidade para reagir. Entretanto, estas empresas também tiveram a chance de entrar em outros mercados. A entrada nestes novos mercados exigiu, novamente, flexibilidade da manufatura, pois além de acompanhar a evolução das necessidades do mercado em que atuavam, tiveram que satisfazer as necessidades dos novos compradores.

Nesta nova configuração do ambiente competitivo, o fator mercadológico independe das ações internas das empresas, provocam alterações substanciais do posicionamento estratégico dos processos de manufatura em relação à flexibilidade, objetivando buscar absorção e resposta eficiente às quebras de paradigmas.

Neste sentido, a habilidade da manufatura em responder apropriadamente às incertezas do mercado determinará a estabilidade e desempenho do negócio. Slack (1993) considera a flexibilidade como um amortecedor para a manufatura administrar seus processos sob condições de variedades ou incertezas.

Além das variáveis externas, a flexibilidade de manufatura é exigida pelas incertezas internas, que segundo Slack (1993) “nem tudo é confiável” e o inesperado, ou pelo menos o não planejado, pode ocorrer, como por exemplo: problemas com fornecedores, quebras de

máquinas, erros de previsões de demanda requerem algum grau de flexibilidade da função manufatura.

Como consequência do ambiente competitivo, Bengtsson & Olhager (2002a) afirmam que a flexibilidade está se tornando elemento importante para a manufatura das empresas com a função de responder às mudanças do ambiente, como a redução do ciclo de vida dos produtos, aumento dos níveis de customização, mantendo os preços e comercialização globalizados.

Decursivo das incertezas internas e externas, a flexibilidade de manufatura vem sendo considerada um diferencial competitivo e estratégico para as empresas, porém sua característica multidimensional dificulta o gerenciamento dos recursos no sentido de adequar o grau de flexibilidade frente as variáveis existentes.

Com base no exposto, pode-se formular a seguinte pergunta de pesquisa: é possível avaliar o impacto dos recursos das atividades do processo produtivo sobre as dimensões internas da flexibilidade de manufatura de uma empresa, com vistas a identificar pontos de melhoria de sua flexibilidade?

A partir da pergunta de pesquisa, formulam-se os objetivos que nortearão o presente trabalho.

1.1 Objetivos do trabalho

O trabalho tem como objetivo geral desenvolver um modelo para identificar e avaliar o impacto dos recursos de manufatura sobre a flexibilidade.

Para alcançar o objetivo geral, têm-se os seguintes objetivos específicos:

- determinar a importância dada pelos clientes às dimensões externas da flexibilidade da manufatura;
- identificar as dimensões internas da flexibilidade de manufatura e suas correlações com as dimensões externas;
- determinar as correlações entre as dimensões internas da flexibilidade da manufatura e os recursos das atividades do processo produtivo;
- determinar as correlações entre as dimensões internas da flexibilidade da manufatura.

1.2 Justificativa e importância

O investimento no acompanhamento da evolução do mercado pelas empresas está se intensificando, pois a identificação e determinação da importância das dimensões externas da flexibilidade para os clientes são atividades complexas. A determinação do grau de importância das dimensões externas tende a direcionar os investimentos na manufatura para fatores do processo produtivo que realmente geram valor, reduzindo a probabilidade de excesso ou falta de flexibilidade da manufatura, que podem tirar o foco da empresa e prejudicar seu desempenho. Em sua pesquisa, Corrêa & Slack (1994) constataram que os gerentes de oito empresas enfatizaram que tanto ou mais importante é “evitar de ter que ser flexível” do que o “ser flexível”, e isto contribui na validação de que a identificação precisa das dimensões mais importantes para os clientes evita investimentos em ações que não agregam valor.

No entanto, um dos fatores que dificultam o gerenciamento da flexibilidade é a existência de correlações de difícil identificação. Parker & Wirth (1999), afirmam que “o verdadeiro desafio para os gerentes e pesquisadores não é apenas apreciar a existência de uma variedade de tipos de flexibilidade, mas também a existência de relações e *trade-offs* entre elas”.

A manutenção da flexibilidade exige da empresa elevados investimentos de recursos financeiros e organizacionais, podendo ocorrer um *trade-off* com a eficiência. Com isso, Slack (1993) cita a necessidade de confinar a flexibilidade nas partes específicas da operação, restringindo a variedade ou a incerteza.

A identificação das correlações das dimensões externas com as dimensões internas da flexibilidade não é suficiente para os gestores tomarem decisões com confiança, pois estas informações não indicam onde as ações devem ser executadas. Por este motivo, deve-se determinar o grau de influência dos recursos das atividades do processo produtivo sobre as dimensões internas da flexibilidade. A determinação do grau de influência fornecerá subsídios para os gestores identificarem pontos de melhoria no processo produtivo que tendem a contribuir para a melhoria das dimensões da flexibilidade.

Por meio do modelo a ser proposto neste trabalho, pretende-se contribuir no sentido de solucionar a primeira parte do questionamento realizado por Corrêa (1994), onde indaga que para um sistema de manufatura ter capacidade de executar certo nível de flexibilidade, quais seriam os recursos a serem desenvolvidos e de que maneira.

A identificação dos pontos de melhoria é uma questão importante para os gestores da manufatura, disponibilizando informações para a estruturação da flexibilidade de acordo com as necessidades do cliente.

Embora tenha havido, na última década, importantes avanços buscando o entendimento da manufatura flexível, há, ainda, muito trabalho que deve ser feito para elevar o entendimento de seu complexo fenômeno (VOKURKA & O'LEARY-KELLY, 2000).

Cabe ressaltar que existe uma lacuna na literatura no que se refere ao desenvolvimento de sistemáticas que contribuam para a identificação de potenciais de melhoria no processo produtivo, com foco na flexibilidade de manufatura.

Estes fatos reforçam a importância do trabalho ora desenvolvido.

1.3 Delimitação do trabalho

A pesquisa será voltada para o estudo da influência dos recursos tecnológicos, organizacionais e suprimentos da manufatura sobre as dimensões internas da flexibilidade, baseado em levantamento qualitativo da percepção dos gestores e em consonância com a percepção dos clientes.

Não serão abordadas dimensões da flexibilidade de outros setores da empresa, bem como suas correlações com o sistema de manufatura.

Este trabalho não identificará quantitativamente o grau de flexibilidade da manufatura, apenas avaliará as variáveis que interferem na mesma.

Neste trabalho será considerado o conceito de produto ampliado, em que a palavra produto considera juntamente o serviço prestado pela empresa.

Não será desenvolvido um sistema moldado especialmente para o universo dos Sistemas Flexíveis de Manufatura – SFM. Com base na situação encontrada na literatura como por exemplo, Slack (1993) e Slack *et al.* (1997), onde na primeira obra o autor afirma que os objetivos de desempenho da manufatura são os mesmos da função produção. Assim, neste trabalho, considerar-se-ão sinônimas as palavras manufatura e produção.

1.4 Estrutura do trabalho

Este trabalho está dividido em seis capítulos, incluindo a introdução.

O Capítulo 2 apresenta uma visão geral da evolução da competitividade e o aumento da importância da flexibilidade de manufatura para a sobrevivência da empresa no mercado atual.

No Capítulo 3, apresenta-se o resultado da pesquisa sobre os conceitos, classificação e modelos que buscam a gestão da flexibilidade.

Capítulo 4 aborda o modelo proposto para auxiliar na gestão da flexibilidade da manufatura.

O Capítulo 5 descreve as características da empresa pesquisada, bem como a aplicação do modelo.

Finalmente, o Capítulo 6 apresenta as conclusões e sugestões para trabalhos futuros.

CAPÍTULO 2 – FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

O objetivo deste capítulo é descrever as mudanças no ambiente competitivo e como a flexibilidade da manufatura pode responder a essas mudanças, além de servir de diferencial estratégico para a empresa. O capítulo inicia com a descrição de como as mudanças no mercado geram incertezas no ambiente empresarial, impactando nas decisões gerenciais da manufatura. Em vista disto, será apresentado de que modo a flexibilidade pode ser utilizada para reagir às mudanças e também absorver ineficiências operacionais das organizações.

Também será apresentada a conceituação da flexibilidade em termos gerais e em suas diferentes dimensões, bem como algumas iniciativas para gerenciá-las.

2.1 Mudanças no Mercado Brasileiro

As grandes mudanças, no mercado brasileiro, geralmente estão vinculadas às mudanças mundiais, que estavam sendo previstas desde 1970, quando a empresa AT&T recebeu um relatório secreto produzido por Toffler (1985), que previa a necessidade de radicais mudanças na organização das grandes corporações, decorrentes das transformações da sociedade.

No Brasil, as maiores mudanças comerciais surgiram após o rompimento das barreiras de importações que protegiam as empresas, nos anos 80, ocorrendo um aumento da concorrência no mercado. Em um primeiro momento, isto se refere à entrada de produtos importados com qualidade acima dos nacionais e preço de venda inferior aos custos de produção dos similares brasileiros; posteriormente, pela instalação, no país, de parques fabris multinacionais fundamentados em tecnologias de ponta e alta produtividade.

As empresas nacionais, que estavam habituadas ao mercado com pouca concorrência, foram atacadas por um grande número de produtos concorrentes, oriundos da abertura das importações. Muitas empresas que estavam atreladas a processos produtivos defasados tecnologicamente não resistiram à nova configuração do mercado. Nas organizações com características mais flexíveis, o impacto foi na mesma proporção, a diferença estava no fato de terem reagido mais rapidamente às novas mudanças.

Para constatar a velocidade das mudanças no mercado interno, observa-se o exemplo da importação de computadores. Segundo Paduam (2002), no ano de 1986, foram importados

menos de dez computadores completos durante o primeiro semestre e, em 1995, menos de dez anos depois estima-se que existiam no país cerca de 500.000 PCs instalados.

Para as empresas acompanharem a velocidade das mudanças do mercado, exigiram-se profundas alterações internas nas organizações, que quebraram estruturas hierárquicas e romperam paradigmas gerenciais.

Este ambiente de mudanças constantes no Brasil fez com que uma equipe de pesquisa da Universidade de São Paulo identificasse, em 1994, uma tendência nas empresas multinacionais em enviar seus executivos para as subsidiárias brasileiras com o objetivo de treiná-los sob condições severamente adversas, pois o Brasil era considerado um laboratório de condições instáveis e incertas (CORRÊA – 1994).

2.1.1 Mudanças nas Organizações

As novas configurações do mercado, competitivo, ágil e incerto, exigiram das empresas mudanças internas constantes, tanto na concepção e manufatura dos produtos como na estrutura organizacional, para amparar a nova dinâmica mercadológica e buscar competitividade.

A entrada dos novos produtos concorrentes introduziu, no mercado, uma nova concepção de produtos, baseada em diferenciais como tecnologia, velocidade e competitividade, impactando diretamente na manufatura em um grande número de empresas brasileiras, que estavam atreladas a sistemas de produção estáticos e organização hierarquizada verticalmente.

A idéia da manufatura baseada em hierarquia rígida, que obedecia a regras e fluxos sacramentados pelos gestores, perdeu força a partir desta nova dinâmica. Como se pode citar, a visão de Shingo (1996), que afirma que a produção deve ser vista como uma rede constituída por fenômenos de intersecção entre processo e operações, questionando a validade da utilização de *layouts* funcionais que agrupem máquinas do mesmo tipo, causando desperdício de tempo com transporte.

Para acompanhar a evolução de uma manufatura estática para uma dinâmica, sem perder competitividade, as empresas tiveram que promover a reorganização de sua estrutura funcional, sofrendo algumas mudanças, como da estrutura vertical para uma estrutura horizontal. Esta reorganização possibilitou a redução de desperdícios com retenção de informações, flexibilizando a tomada de decisão e aumentando a velocidade de resposta ao mercado.

Um fator que contribuiu para a competitividade da manufatura foi o crescimento do número de informações disponíveis para os gestores, possibilitado pela evolução da Tecnologia de Informação – TI. Com isso, os gestores passaram a basear suas decisões em informações concretas da situação interna, referentes ao desempenho da manufatura; e externas, por meio das informações sobre as necessidades dos clientes.

A configuração da competitividade faz com que as empresas estejam constantemente em busca de novas tecnologias para acompanhar o mercado e, segundo Corrêa (2001), as mudanças estão sendo consideradas uma regra e não mais a exceção.

O aumento da velocidade da mudança pode ser considerado uma tendência irreversível, comprovada pela redução do ciclo de vida dos produtos. No momento em que novas tecnologias são desenvolvidas e apresentadas ao mercado por uma empresa, geram novas necessidades aos clientes, deixando os concorrentes ultrapassados tecnologicamente. Para Corrêa (2001), no futuro, a mudança será a principal concepção para o gerenciamento das organizações e seus efeitos dominarão as atividades dos gestores.

A incerteza causada pelas mudanças afeta profundamente o planejamento estratégico da manufatura, podendo limitar a atuação da empresa ou desvirtuar seu foco de atuação.

Esta percepção é formada com base em Corrêa & Gianesi (1994), quando afirmam que para um método ser eficaz no apoio à estratégia de manufatura no Brasil tem que considerar “as mudanças e como responder bem a elas“. Corrêa & Gianesi (1994) identificaram alguns aspectos considerados essenciais para auxiliar no desenvolvimento estratégico da manufatura:

- em função da frequência e do impacto, as mudanças deveriam ser o principal dispositivo para o processo de replanejamento, e não apenas o tempo, como base para o replanejamento, não permitindo que, por exemplo, esperar 6 meses ou mais para alterar a direção estratégica, quando uma mudança relevante tenha acontecido;
- as mudanças são tão frequentes que não há apenas dois estados, “inicial e final”, e deve-se definir taxas de melhoria em cada critério competitivo, ao longo do tempo para que a empresa atinja o “estado final”;
- as mudanças atingem várias áreas operacionais, dificultando a administração. Todas as áreas devem adotar uma postura pró-ativa, com o objetivo de antecipar e conter as possíveis mudanças. Segundo os autores, a literatura advoga a favor do papel da manufatura mas, nos métodos propostos, o que se observa é a característica “*top-down*” de postura reativa e que estes métodos confiam basicamente na atitude das pessoas sem um método definido;

- a quebra de barreiras organizacionais é essencial para que a empresa possa responder adequadamente às mudanças ambientais.

Com isso, observa-se a importância do entendimento e acompanhamento dos sinais do mercado por todas as áreas da empresa e da sua participação no planejamento estratégico da manufatura. Porter (1996) também descreve sobre a importância de se entender os sinais do mercado por meio dos concorrentes, o que pode ser considerado uma ação pró-ativa.

Além do acompanhamento dos concorrentes, a manufatura deve procurar entender as necessidades dos clientes; pois, excluindo-se as mudanças resultantes de ações dos governos, pode-se traçar uma estratégia para a manufatura baseada na tendência das duas variáveis, concorrentes e clientes.

2.1.2 Segmentação das mudanças

Corrêa & Slack (1996) tipificam em dois os principais tipos de mudanças em uma organização: mudanças não-planejadas e mudanças planejadas.

No primeiro tipo, a empresa não tem controle sobre a ocorrência das mudanças, mas pode absorver e responder, por exemplo, nas quebras de máquinas, variações de demanda e falta de recursos, sendo dividida ainda em dois segmentos: interna ou externa à organização.

As mudanças planejadas acontecem em função de decisões gerenciais, como implementação de programas de qualidade, geralmente ligadas ao desenvolvimento da organização.

Nos dois tipos de mudanças, a flexibilidade pode contribuir para amenizar seus impactos. Nas mudanças não-planejadas, respondendo rapidamente; nas planejadas como amortecedor até a nova situação ou amenizando equívocos nas ações planejadas.

Pode-se considerar que a mudança não planejada é a que exige maior esforço dos gestores. Corrêa & Slack (1996) citam cinco dimensões das mudanças, não-planejadas, que podem exigir ações distintas dos gestores da manufatura:

- novidade da mudança – requisitos como novos requerimentos de qualidade, novos critérios de competitividade e novos volumes de produção são exigidos pelas mudanças;
- frequência da mudança – pode ser causada pelas mudanças do *mix* de produtos requeridos pelos clientes ou pela quebra de máquinas;
- incerteza da mudança – pode ser causada pela falta de informação interna e imprevisibilidade, tendo como exemplo as ações dos governos;

- tamanho da mudança – é definido pelo agrupamento das três anteriores;
- velocidade da mudança – é o item que exige maior desempenho de toda a empresa.

Pode-se observar que as cinco dimensões citadas podem exigir maior grau de flexibilidade da manufatura, para que possa absorver mais rapidamente os novos requisitos, com frequência incerta e com diversos volumes de produção.

2.1.3 Administração das mudanças

Segundo Corrêa (2001), duas formas complementares podem ser utilizadas para administrar as dimensões das mudanças não planejadas; a primeira, controlando as mudanças; a segunda, limitando seus efeitos.

Para exercer o controle das mudanças, foram identificadas por Corrêa & Slack (1996) algumas ações gerais utilizadas pelos gestores da manufatura de quatro empresas, duas brasileiras e duas inglesas, manufatureiras do ramo metal-mecânico, pertencentes ao setor automobilístico:

- monitoração e previsão – objetivam controlar e reduzir os níveis de incertezas. Uma das empresas mantém escritórios de projetos em centros avançados de tecnologia para acompanhar o desenvolvimento de novas tecnologias de produtos e processos;
- coordenação e integração – objetivam reduzir as incertezas do fornecimento de insumos, integrando e coordenando os clientes internos e externos;
- foco e confinamento – objetivam reduzir as trocas e preparação de máquinas por meio de lotes maiores e concentrando em cada célula de fabricação uma faixa estreita de produtos;
- delegação e subcontratação – têm o objetivo de reduzir a necessidade da empresa de responder a mudanças em determinadas tecnologias;
- desenvolvimento de múltiplas fontes e substituição – visam manter várias fontes de fornecedores para reduzir a dimensão da mudança, quando da interrupção do fornecimento por um fornecedor; e substituir as máquinas com alta frequência de quebra por outras mais confiáveis para reduzir o grau de incerteza e as mudanças não esperadas;
- negociação, propaganda e promoções – objetivam reduzir a frequência das mudanças solicitadas, por meio de negociação com clientes. Reduzir o tamanho das mudanças nos volumes de produção por meio de promoções e negociação com clientes internos pode reduzir o número de trocas, padronizando componentes;

- manutenção, atualização e treinamento – têm por objetivo investir em manutenção preventiva para reduzir frequência, dimensão e incertezas das mudanças causadas por indisponibilidade de equipamentos, atualização dos dados dos sistemas para reduzir as mudanças causadas por falta de cuidados com registros e treinamento para reduzir as mudanças causadas por erros.

A segunda maneira de administrar as dimensões das mudanças, de acordo com Corrêa (2001), é a utilização da flexibilidade, que será discutida no capítulo 3.

Mesmo com o desenvolvimento de métodos e de vários tipos de ações para restringir os efeitos das mudanças, verifica-se que reduzir ou eliminar a incerteza, ainda exigirão estudos aprofundados.

2.1.4 Incertezas na Manufatura

A incerteza pode estar antes ou depois da mudança, antes pela dúvida da ocorrência da mudança e depois pelos efeitos que desencadeará.

Para Slack (1993), as incertezas podem ser classificadas como de curto e longo prazos. Como exemplos de incertezas de curto prazo o autor cita problemas com fornecedores, quebras de máquinas e erros de previsão de demanda, que exigem algum grau de flexibilidade da manufatura para compensá-las. As incertezas de longo prazo estão basicamente centradas nos tipos de produtos para o futuro e no volume necessário. Além destas duas incertezas diretas, Slack (1993) cita a incerteza causada pela “ignorância”, devido à falta de direcionamento estratégico da empresa, decorrente de não se saber quais capacidades serão necessárias e, conseqüentemente, quais capacidades planejar.

Slack (1997) concentra sua descrição sobre as incertezas de curto prazo, classificando-as em incerteza de fornecimento e incerteza de demanda, comentando que estas incertezas afetam as ações de planejamento e controle da produção.

2.2 Manufatura

No conceito de manufatura ou produção, não há consideráveis distorções: é basicamente a transformação de recursos orientados pela necessidade do cliente e orientações estratégicas. Como exemplo, Slack (1997) escreve que “a função produção produz os serviços e bens demandados pelos consumidores”

Para Souza (1999), produção é a transformação de insumos em bens tangíveis (produtos) ou intangíveis (serviços), por meio de um processo econômico.

Severiano Filho (1999) interpreta as expressões “sistema de produção” e “processo produtivo” como sinônimos do que pode ser considerado um sistema físico com entradas e saídas, seguindo as definições da organização (figura 2.1)



Figura 2.1 – Sistema físico de produção (SEVERIANO FILHO, 1999).

2.2.1 Vantagem competitiva na manufatura

Segundo Slack (1993), a manufatura é vista como um peso para os esforços competitivos da empresa e que grande parte do tempo são investidos a apagar incêndios causados por problemas inesperados. O desafio, segundo o autor, é transformar a manufatura de limitadora das decisões estratégicas para uma manufatura com desempenho superior aos concorrentes e ter uma especificação mais próxima das necessidades dos seus consumidores.

Na figura 2.2, Buiar (2000) descreve como a vantagem competitiva da manufatura pode ser almejada via a flexibilidade potencializada pela tecnologia de informação. Para a autora, a tecnologia de informação fortalece o processo dinâmico de resposta às mudanças, por meio de sua função comunicação, ressaltando que este fortalecimento se dá quando a definição de regras não seja dada *a priori*. Mas, para alcançar a vantagem competitiva, a tecnologia de informação e a flexibilidade devem ser avaliadas, seguindo critérios como: inovação, qualidade, custos e tempos, finalizando com a análise dos recursos que concorrem no processo produtivo.

Corrêa (2001) afirma que o desenvolvimento da manufatura entre os anos 1990 e 2000 foi considerado diferente em função de fatores como a tecnologia de informação, que contribuiu para a comunicação interna à empresa e entre a empresa e seus clientes.

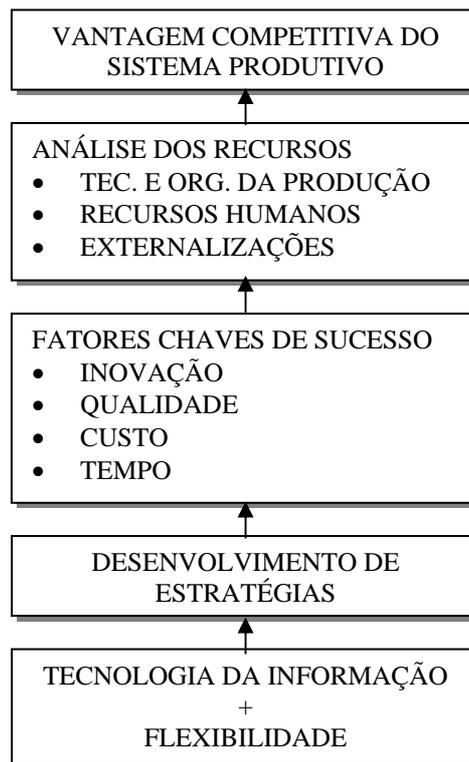


Figura 2.2 – Vantagem competitiva via flexibilidade e tecnologia de informação (BUIAR, 2000).

A busca constante por competitividade e o acompanhamento das necessidades dos clientes exige das empresas uma evolução constante, quebrando paradigmas, principalmente técnico-econômicos, como os apresentados na figura 2.3 a seguir.

O novo paradigma tende a exigir maior flexibilidade dos sistemas de produção, e um entendimento das necessidades dos clientes para customizar os produtos, investir em treinamentos para os funcionários terem múltiplas habilidades e trabalhar fatores pouco dominados pela manufatura, como é o caso do uso da informação.

Buscar a vantagem competitiva da manufatura é um objetivo constante dos gestores, baseados nas necessidades dos clientes e posicionamento dos concorrentes. Para Slack (1993), uma vantagem em manufatura significa “fazer melhor”, e uma operação de manufatura de sucesso baseia-se em trazer para a fábrica a visão do consumidor, para lembrar dos aspectos que são importantes para eles; e dos concorrentes, para proporcionar um referencial no qual a manufatura será comparada. Com isso, Slack (1993) afirma que “os consumidores e concorrentes são ambos centrais para uma operação de manufatura competitiva porque definem suas metas sucintamente: satisfazer um e ser melhor que outro”.

| Antigo Paradigma | Novo Paradigma |
|------------------------------|-----------------------------------------------------------------|
| Intensivo em energia | Intensivo em informação |
| Grandes unidades de produção | Desverticalização das empresas e chances para pequenas empresas |
| Mercado de trabalho extenso | Reduzido mercado de trabalho |
| Produto homogêneo | Produto diferenciado |
| Produto padronizado | Customização |
| Mix estável de produtos | Mudanças rápidas no mix de produto |
| Equipamentos especializados | Sistema de produção flexível |
| Habilidades especializadas | Habilidades múltiplas |

Figura 2.3 – Características dos paradigmas técnico-econômicos (CARLEIAL, 1996 *apud* BUIAR, 2001).

Slack (1993) descreve cinco aspectos de desempenho da manufatura fundamentais para a empresa adquirir uma vantagem competitiva superior:

- *fazer certo – não cometer erros, fazer produtos que realmente são o que devem ser, produtos sem erros e sempre de acordo com as especificações de projeto. Seja qual for a forma como isso é posto, através desse conceito a manufatura dá uma VANTAGEM DE QUALIDADE para a empresa;*
- *fazer rápido – fazer com que o intervalo de tempo entre o início do processo de manufatura e a entrega do produto ao cliente seja menor do que a da concorrência. Através disso a Manufatura proporciona uma VANTAGEM DE VELOCIDADE à empresa;*
- *fazer pontualmente – manter a promessa de prazos de entrega. Isso implica estar apto a estimar datas de entrega com acuidade (ou, alternativamente, aceitar as datas de entrega solicitadas pelo cliente), comunicar essas datas com clareza ao cliente e, por fim, fazer a entrega pontualmente. Com isso, a Manufatura dá à empresa a VANTAGEM DA CONFIABILIDADE;*
- *mudar o que está sendo feito – ser capaz de variar e adaptar a operação, seja porque as necessidades dos clientes são alteradas, seja devido a mudanças no processo de produção, causadas, talvez, por mudanças nos suprimentos dos recursos. Significa estar apto a mudar o quanto seja necessário e com rapidez suficiente. Com isso, a função da Manufatura dá à empresa a VANTAGEM DA FLEXIBILIDADE;*
- *fazer barato – fazer produtos a preços mais baixos do que os concorrentes conseguem administrar. Ao longo prazo, a única forma de conseguir isto é através da obtenção de recursos mais baratos e/ou transformando-os mais eficientemente do que os concorrentes. Com isso, a Manufatura dá à empresa uma VANTAGEM DE CUSTO;*

Para Slack (1993) estes são os elementos básicos que em a manufatura dever ser melhor para contribuir na competitividade.

Entre estes cinco objetivos, Slack (1993) considera o papel da flexibilidade muito importante para o desempenho da manufatura, pois ao contrário da qualidade, velocidade, confiabilidade e custos, ela é um meio para outros fins.

A figura 2.4 apresenta uma adaptação das idéias e interpretações de Slack (1993), envolvendo os objetivos e recursos da manufatura que contribuem para maior desempenho e competitividade da mesma.

Nesta interpretação, a flexibilidade por meio dos recursos representa as “molas” que contribuem para o desempenho, reduzindo o impacto nos custos de alterações nos objetivos. Os recursos Tecnologia Flexível, Mão-de-obra Flexível e Redes de Suprimentos Flexível, definidos por Slack (1993), facilitam o gerenciamento da flexibilidade em função de serem recursos trabalhados diariamente pelos gestores.



Figura 2.4 – Objetivos de desempenho da manufatura (adaptado de SLACK, 1993).

A figura 2.5 detalha esquematicamente a estrutura de ligações entre os objetivos da manufatura e os custos demonstrados na figura 2.4, em que se pode observar desigualdades entre as “molas”. O objetivo desta desigualdade é representar o nível de flexibilidade do recurso em relação ao objetivo. Quando a mola estiver comprimida, significa que o recurso ainda possui certo grau de flexibilidade para atender às futuras necessidades de mudanças dos padrões dos objetivos da manufatura. Caso contrário, quaisquer alterações nos objetivos poderão gerar custos suplementares ao produto.

Neste sentido, verifica-se que a variação dos objetivos de desempenho é até certo ponto absorvida pela flexibilidade dos recursos da manufatura e que um recurso pode ser mais flexível para um determinado objetivo e rígido para outro.

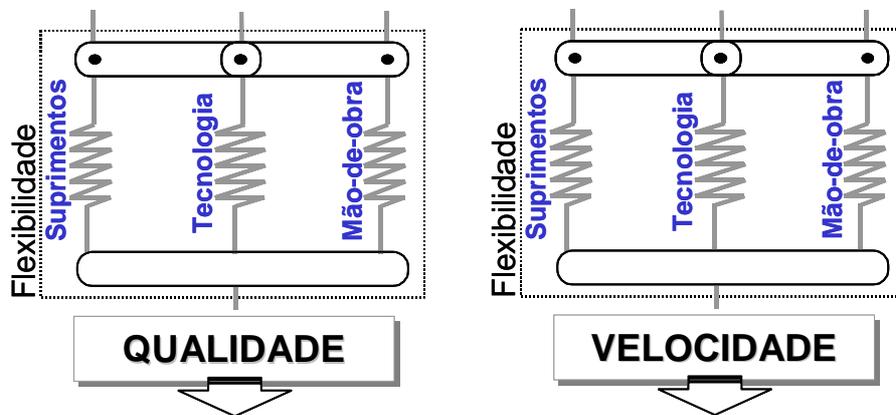


Figura 2.5 – Flexibilidade, custos e objetivos da manufatura (adaptado de SLACK 1993).

Observando sob outra perspectiva, Corrêa & Slack (1994) afirmam que em modelos que consideram apenas a flexibilidade como amortecedor (SLACK, 1993) subentende-se uma situação passiva, deixando de considerar a flexibilidade como ferramenta para vantagem competitiva pró-ativa.

2.2.2 Manufatura Flexível

Buiar (2000) comenta que os maiores competidores dos grandes empresários do setor de confecções são as pequenas empresas que podem alterar, de um dia para o outro, as características de sua produção.

Vokurka & O’Leary-Kelly (2000) afirmam que a manufatura flexível reflete a habilidade da empresa em responder às mudanças das necessidades de seus clientes, bem como às incertezas das mudanças na competitividade, e que um simples crescimento da

manufatura flexível, não necessariamente significa um crescimento da “performance” da empresa. Isto dependerá do grau de crescimento, junto com a manufatura flexível, dos fatores ambientais, estratégia, atributos organizacionais e tecnológicos.

Para Vokurka & O’Leary-Kelly (2000) a flexibilidade não é um termo que representa uma simples variável, mas uma grande classe de variáveis.

A flexibilidade da manufatura é uma característica multidimensional complexa que exige grandes investimentos, mas em muitos casos é responsável pela sobrevivência da empresa no mercado.

Para Slack (1993), a empresa raramente vende flexibilidade, mas sim, o que um sistema produtivo flexível pode produzir. O autor também afirma que antes de decidir como ser flexível, deve-se refletir sobre a necessidade de ser flexível.

Gupta & Goyal (1989) afirmam que, buscando equilíbrio entre eficiência e flexibilidade, a manufatura pode ser eficiente nos custos e customizada todo o tempo.

Para Bengtsson & Olhager (2002b), a flexibilidade está se tornando importante para a manufatura, para responder ao aumento das mudanças, redução do ciclo de vida dos produtos, crescimento da demanda de customização de produto a preço de venda padrão e comercialização globalizada.

Corrêa (1992), em sua pesquisa com indústrias automotivas, identificou que os gerentes de uma empresa, localizada na região industrial de Midlands, na Inglaterra, consideravam a flexibilidade como uma reserva ou ativo, utilizado algumas vezes, mas não todo o tempo.

Serrão (2001) afirma que “dentre as fontes de vantagens competitivas mais difundidas (custo, tempo, qualidade e flexibilidade), a flexibilidade de manufatura tem emergido como um elemento-chave para a diferenciação e potencialização da competitividade”

Gupta & Goyal (1989) comentam que o mais importante é que a flexibilidade personifica o valor competitivo da manufatura. Por exemplo, em um problema básico de incerteza da demanda, a habilidade de um sistema de manufatura responder apropriadamente a esta incerteza determinará a estabilidade e aproveitamento da unidade de negócio.

A flexibilidade de um sistema produtivo tem que ser dinâmica e representar a capacidade de gerar novas idéias e respondê-las rapidamente, não importando a origem, resultando na construção de vantagem a partir delas, antecipando-se aos concorrentes (CARLSSON, 1989)

Para Slack (1993), há inúmeras razões pelas quais as operações querem ser flexíveis, por exemplo:

- *Lidar eficazmente com uma larga faixa de partes, componentes ou produtos existentes;*
- *Adaptar produtos a requisitos específicos dos consumidores;*
- *Ajustar níveis de saídas para estar apto a corresponder às variações de demanda, tais como a sazonalidade;*
- *Expedir produtos prioritários ao longo da fábrica;*
- *Lidar com quebras de equipamento;*
- *Proporcionar os ajustes na capacidade, quando a demanda é muito diferente do previsto;*
- *Lidar com falhas dos fornecedores (internos e externos);*
- *Para que futuras gerações de produtos possam ser manufaturadas na mesma fábrica;*
- *Porque não existe idéia clara de quanta capacidade será necessária no futuro;*
- *Porque não há nenhuma previsão aceitável ou plano para o futuro, de modo que opções precisam ser mantidas abertas.*

As primeiras quatro razões representam a variedade de atividades que a manufatura tem que lidar no dia-a-dia, ou seja, no curto prazo. Nas três seguintes, procura-se a flexibilidade para manter o desempenho apesar das incertezas de curto prazo. Relacionando-se ao longo prazo, Slack (1993) cita as duas razões seguintes com o objetivo de preparar a flexibilidade da operação para as condições emergentes. A última razão difere das duas anteriores pelo fato de que está voltada para a falta de idéia clara do que pode vir a ser esperado dela, mas num futuro relativamente próximo.

Estes são alguns dos fatores que contribuem para que Slack (1993) considere a flexibilidade como o amortecedor da operação, protegendo contra choques internos e externos. A figura 2.6, a seguir, demonstra os fatores que fazem parte do universo das incertezas e que influem no desempenho da manufatura.

Slack (1993) afirma ainda que a flexibilidade contribui para o desempenho da manufatura, melhorando variáveis como a confiabilidade, custos e velocidade. A confiabilidade é melhorada quando a manufatura é flexível o suficiente para lidar com interrupções inesperadas no fornecimento, problemas de entrega, capacidade de processo ou trabalhos confinados.

Para amenizar estes problemas, uma manufatura flexível pode executar ações como transferir pessoas entre departamentos ou re-rotear a produção em processos versáteis. Os custos são melhorados com a otimização da utilização da tecnologia de processo, da mão-de-obra ou dos recursos materiais, por meio da superação de problemas com troca e preparação, excesso de material em processo e demanda flutuante entre os grupo de produtos. A

velocidade definida como entrega rápida, rápido desenvolvimento de novos produtos ou rápida personalização/adaptação podem ser melhoradas com uma manufatura flexível.

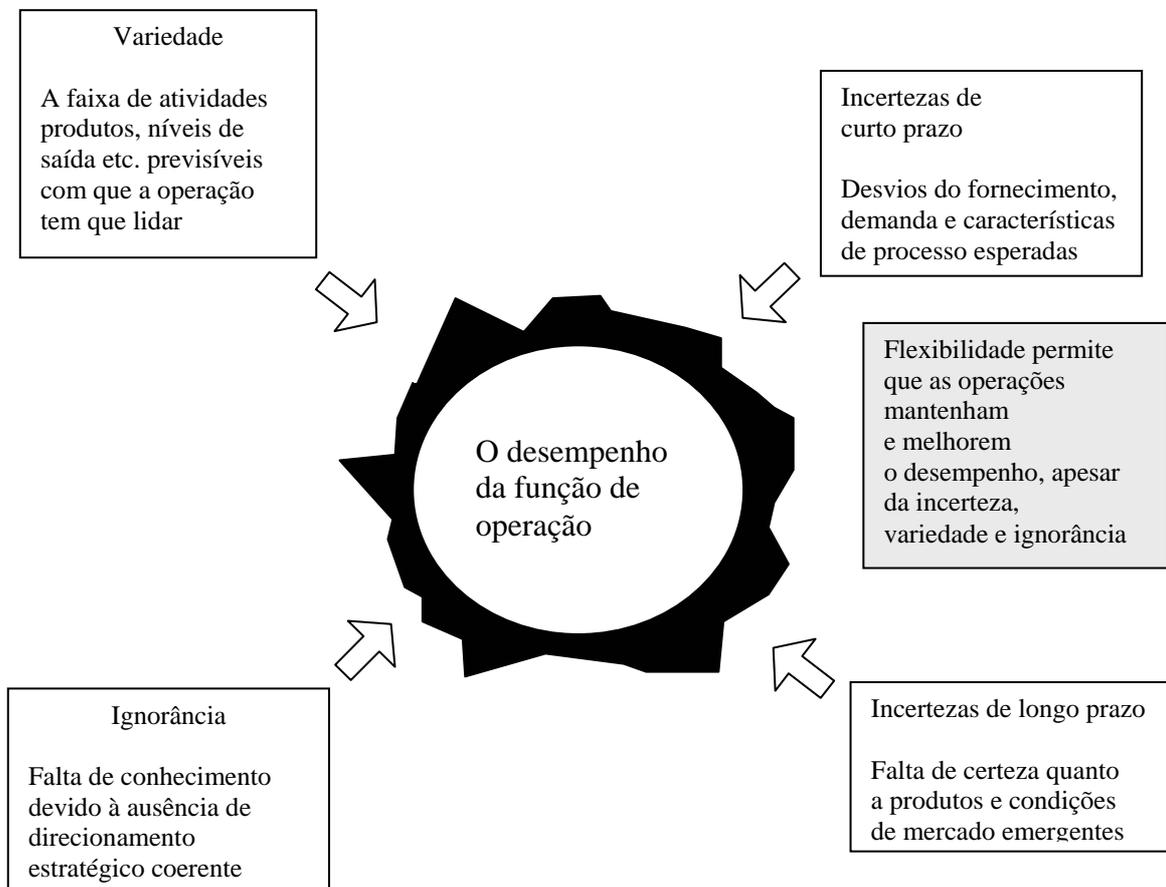


Figura 2.6 – Fatores que influenciam no desempenho da função de operações (SLACK, 1993).

A flexibilidade também pode ser um dispositivo que auxilia no desenvolvimento e testes de novos mercados e idéias, pois com uma manufatura flexível a empresa mantém a produção normal e consegue produzir produtos testes, possibilitando sentir a resposta do mercado aos novos produtos.

2.3 Considerações Finais do Capítulo

A manufatura das empresas nacionais vem encontrando desafios constantes decorrentes do aumento da competitividade e das incertezas vinculadas às mudanças de curto e longo prazos. Em função desta situação, a flexibilização da manufatura está se tornando um

diferencial competitivo, tanto para absorver as mudanças do mercado como para preparar-se para as incertezas internas, decorrentes, por exemplo, da iminência de quebra de máquinas ou problemas com fornecedores.

Para que a empresa possa utilizar a flexibilidade como diferencial competitivo é necessário identificar e analisar as variáveis envolvidas com a flexibilidade.

CAPÍTULO 3 – DIMENSÕES DA FLEXIBILIDADE

Neste capítulo será apresentada, inicialmente, a conceituação teórica da flexibilidade, bem como as variáveis que englobam o tema. Após, apresentam-se formas de classificação da flexibilidade e correlações entre suas dimensões. Para finalizar, serão abordados temas como o dimensionamento e a mensuração da flexibilidade de manufatura.

3.1 Flexibilidade

Para Slack (1993), quando desconsiderados os limites de tempo e de custo, todas as mudanças são teoricamente possíveis, podendo-se desfazer um sistema e implantar outro. Caso isto ocorra, não pode ser considerada flexibilidade, e sim uma mudança fundamental. O autor complementa, afirmando que “onde termina a flexibilidade e começa a mudança fundamental é, de certa forma arbitrária, embora considere que flexibilidade significa mudanças em uma atividade operacional sem mudanças substancial ou fundamental nas suas instalações físicas”.

Segundo Ferreira (2000), flexibilidade é “qualidade de ser flexível, elasticidade, destreza, agilidade”, dentre outros. Ao analisar o significado de flexibilidade descrito em tal dicionário, observa-se que a mesma significa a capacidade de passar para outra situação, havendo a possibilidade de retorno ao ponto original.

Em função do crescimento de sua importância, a flexibilidade tem se tornado, nos últimos anos, o objetivo de diversos estudos teóricos e práticos. Mesmo com certo avanço nas pesquisas, ainda não se definiu um conceito aceito pela maioria dos estudiosos. A figura 3.1 apresenta um levantamento realizado por Serrão (2001), em que estão dispostas algumas definições sobre o tema.

Mesmo sendo uma fonte potencial de contribuições ao desempenho estratégico da manufatura de vantagem competitiva (CORRÊA – 1994), observa-se que entre os autores ainda não há um conceito concreto e pacífico. O mapeamento e entendimento da flexibilidade são buscas constantes e de vital importância para as empresas.

| Autor | Definição |
|-------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Zelenovic, 1982 | A medida da capacidade de um sistema de produção adaptar-se a mudanças nas condições de ambiente e necessidade de processo. |
| Frazelle, 1986 | A habilidade de responder ou adaptar às mudanças ou novas situações, rapidamente e com pouco custo. |
| Salerno, 1992 | A habilidade de um sistema para assumir ou transferir entre diversos estados sem deterioração significativa, presente ou futura, de custos, Qualidade e tempo, sendo uma variável de Segunda ordem, não homogênea, definível a partir de aspectos intra e extra-fábrica. |
| Salck, 1993 | A habilidade de mudar ou de fazer algo diferente. |
| Upton, 1994 | A habilidade de mudar ou reagir com pouca penalidade de tempo, esforço, custo ou desempenho. |
| Mandelbaum <i>apud</i> Corrêa, 1994 | A habilidade de responder efetivamente a circunstâncias em mudanças. |
| Golden & Powell, 2000 | A capacidade para adaptar. |
| Cox <i>apud</i> Beach et al., 2000 | A rapidez e facilidade com as quais uma empresa pode responder a mudanças nas condições de mercado. |
| D'Souza & Willams, 2000 | Uma estrutura multidimensional que representa a habilidade da função produção fazer os ajustes necessários para reagir às mudanças no ambiente sem sacrifícios significativos para o desempenho da empresa. |

Figura 3.1 – Definições propostas para a flexibilidade (SERRÃO, 2001).

3.1.1 Tipos/dimensões da flexibilidade

Segundo Koste & Malhotra (1999), a flexibilidade é dividida em tipos ou dimensões, e cada dimensão é constituída de elementos. A utilização das expressões tipo ou dimensão varia segundo o autor: Gupta & Goyal (1989), Slack (1993, 1997 e 1999), Corrêa & Slack (1994) e Mohamed *et al.* (2001) utilizam a expressão “tipos de flexibilidade” e Koste & Malhotra (1999), Serrão (2001) e Bengtsson & Olhager (2002) utilizam “dimensões de flexibilidade”.

Para SLACK (1993), os tipos de flexibilidade são:

- *flexibilidade de novos produtos - habilidade de introduzir e produzir novos produtos ou de modificar os existentes;*
- *flexibilidade de mix - habilidade de mudar a variedade dos produtos que estão sendo feitos pelas operações dentro de um dado período de tempo;*
- *flexibilidade de volume - habilidade de mudar o nível agregado de saídas de operação;*
- *flexibilidade de entrega - habilidade de mudar datas de entrega planejadas ou assumidas.*

Corrêa & Slack (1994) incrementam esta lista, inserindo um tipo de flexibilidade chamada de “flexibilidade de robustez”, relacionada com a habilidade de responder a mudanças não planejadas na disponibilidade de recursos e no suprimento de seus insumos.

Em decorrência de seus estudos, Gupta & Goial (1989) identificam oito tipos de flexibilidade filtradas de Browne (1984 *apud* Gupta & Goyal - 1989) e consideradas por Parker & Wirth (1999) como sendo as definições geralmente utilizadas pela literatura:

- *flexibilidade de máquina - a habilidade de repor ferramentas quebradas ou descartadas, mudar ferramentas em um magazine de ferramentas, e reunir ou montar as estruturas necessárias, sem interferência ou longos períodos de setup. Esta é a facilidade do sistema em fazer as mudanças necessárias para produzir um dado conjunto de tipos de peças;*
- *flexibilidade de processo - habilidade de variar os passos necessários para completar uma tarefa. Isto permite que diversas tarefas diferentes sejam completadas no sistema, usando uma variedade de máquinas;*
- *flexibilidade de produto - habilidade para mudar a produção para um novo produto, dentro de um espectro de peças definido, economicamente e rapidamente;*
- *flexibilidade de rotina - habilidade de variar as seqüências de uso da máquina (por exemplo, no caso de quebra) e para continuar a produção de um determinado conjunto de peças. Esta habilidade existe quando há diversas rotas de processamento viáveis ou quando cada operação pode ser executada em mais de uma máquina;*
- *flexibilidade de volume - habilidade de operar um FMS (Flexibility Manufacturing Systems) lucrativamente em diferentes volumes de produção;*
- *flexibilidade de expansão - a capacidade de construir um sistema e expandi-lo conforme necessário, fácil e modularmente;*
- *flexibilidade de seqüência de processo - habilidade de trocar a ordem de diversas operações para cada tipo de peça;*
- *flexibilidade de produção - habilidade de rapidamente e economicamente mudar a variedade de peças para qualquer produto que um sistema de manufatura flexível possa produzir. Um sistema de manufatura flexível não atinge flexibilidade de produção até que todas as outras flexibilidades tenham sido alcançadas.*

Após conduzir pesquisa e análise da literatura, Koste & Malhotra (1999) mapearam dez dimensões da flexibilidade consideradas mais importantes e constantemente citadas:

- *flexibilidade de máquina - o número de heterogeneidade (variedade) de operações que uma máquina pode executar, sem incorrer em elevadas penalidades de transição ou grandes mudanças nos resultados de desempenho;*
- *flexibilidade de mão-de-obra - o número de heterogeneidade (variedade) de tarefas/operações que um trabalhador pode executar sem incorrer em elevadas penalidades de transição ou grandes mudanças nos resultados de desempenho;*
- *flexibilidade de movimentação de material - o número de caminhos existentes entre centros de processamento e a heterogeneidade (variedade) de material que pode ser transportado ao longo desses caminhos sem incorrer em elevadas penalidades de transição ou grandes mudanças nos resultados de desempenho;*
- *flexibilidade de roteamento - o número de produtos que tem rotas alternativas e a extensão das variações entre as rotas usadas sem incorrer em levadas penalidades de transição ou grandes mudanças nos resultados de desempenho;*
- *flexibilidade de operações - o número de produtos com planos de sequenciamento substitutos e a heterogeneidade (variedade) dos planos usados sem incorrerem*

- elevadas penalidades de transição ou grandes mudanças nos resultados de desempenho;*
- *flexibilidade de expansão - o número e a heterogeneidade (variedade) de expansões que podem ser acomodadas sem incorrer em elevadas penalidades de transição ou grandes mudanças nos resultados de desempenho;*
 - *flexibilidade de volume - a extensão das mudanças e o grau de flutuação no nível agregado de saídas que o sistema pode acomodar sem incorrer em elevadas penalidades de transição ou grandes mudanças nos resultados de desempenho;*
 - *flexibilidade de mix de produtos - o número e a variedade (heterogeneidade) de produtos que podem ser produzidos sem incorrer em elevadas penalidades de transição ou grandes mudanças nos resultados de desempenho;*
 - *flexibilidade de novos produtos - o número e a heterogeneidade (variedade) de novos produtos que são introduzidos na produção sem incorrer em elevadas penalidades de transição ou grandes mudanças nos resultados de desempenho;*
 - *flexibilidade de modificação - o número e a heterogeneidade (variedade) de modificações de produtos que são realizadas sem incorrer em elevadas penalidades de transição ou grandes mudanças nos resultados de desempenho;*

Mesmo sendo um assunto com disparidade de opiniões, podem-se observar semelhanças nas definições. Browne *et al* (1984 *apud* Gupta & Goyal - 1989) apresenta a matriz que compara as diferentes classificações de dimensões da flexibilidade, na figura 3.2.

| Autores | Máquina | Processo | Produto | Roteamento | Volume | Expansão | Operação | Produção |
|--------------------------------|----------|------------------|----------------|------------|---------|----------|----------|-----------------|
| Mandelbaum (1978) | | Ação | | | | | | Estado |
| Buzacott (1982) | Máquina | Trabalho | | | | | | |
| Son and Park (1987) | Processo | | Equipamento | | Demanda | | | Produto |
| Zelenovic (1982) | | Adaptação | | | | | | Aplicação |
| Gerwin (1982) | | Design | Parts | Roteamento | Volume | | | Mix |
| Frazelle (1986) | | Design | Parts | Roteamento | Volume | | | Mix |
| Carter (1986) | Máquina | Mix | Mix | Roteamento | | Expansão | | Produção |
| Azzone and Bertele (1987) | | Processo | Produto | Roteamento | | | | Produção |
| Barad and Sipper (1988) | Máquina | Processo | | Roteamento | | | Operação | |
| Chatterjee <i>et al</i> (1984) | | Parte Específica | Mix de Partes | Roteamento | | | | |
| Gustavsson (1984) | | | Produto | | Demanda | Máquina | | |
| Slack (1983) | | Qualidade | Novos Produtos | | Volume | | | Mix de Produtos |

Figura 3.2 – Classificação da flexibilidade (BROWNE *at al*, 1984 *apud* GUPTA & GOYAL, 1989).

Em função da característica multidimensional da flexibilidade de manufatura, ocorrem casos em que uma dimensão poderá possuir diversas definições, como exemplifica a figura 3.3 de Bengtsson & Olahger (2002a).

| Autor (Ref) | Mix de produtos relacionado com tipos de flexibilidade | Definições |
|-------------------------------|---------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Buzacott (1982) | flexibilidade de trabalho | A habilidade do sistema para acompanhar as mudanças nas tarefas a serem processadas pelo sistema |
| Browne <i>et al.</i> (1984) | flexibilidade de produto | A habilidade de mudar para produzir um novo (conjunto) de produto(s) muito economicamente e rapidamente |
| | flexibilidade de produção | O universo de tipos de peças que um sistema de manufatura flexível pode produzir |
| Son and Park (1987) | flexibilidade de produto | A adaptabilidade de um sistema de manufatura a mudanças no <i>mix</i> de produtos |
| Sethi and Sethi (1990) | flexibilidade de produto | A facilidade com quais novas peças podem ser adicionadas ou substituídas por peças existentes. |
| | flexibilidade de processo | O estabelecimento dos tipos de peças que o sistema pode produzir sem maiores preparações |
| | flexibilidade de produção | O universo de tipos de peças que o sistema de manufatura pode produzir sem adicionar maiores equipamentos |
| Hyun and Ahn (1992) | flexibilidade de produto | A habilidade de lidar com ordens difíceis e sem padrão e levar a introdução de um novo produto |
| | flexibilidade de <i>mix</i> | A adaptabilidade do sistema de manufatura a mudanças no <i>mix</i> de produtos |
| Gerwin (1993) | flexibilidade de <i>mix</i> de produto | Capacidade de produzir um número de linhas de produtos e/ou variações numerosas dentro de uma linha |
| Olhager (1993) | flexibilidade de <i>mix</i> de produto | A habilidade de mudar quantidades de produção relativas entre os produtos de um <i>mix</i> de produtos |
| Grubbström and Olhager (1997) | flexibilidade de <i>mix</i> de produto | A habilidade para adaptar o <i>mix</i> de produtos a mudanças na demanda de mercado |
| Berry and Cooper (1999) | flexibilidade de <i>mix</i> de produto | A habilidade para produzir uma grande variedade de produtos ou variantes com custo de mudança supostamente baixo |

Figura 3.3 – Diferentes interpretações do *mix* de produto relacionado com tipos de flexibilidade (BENGTSSON & OLHAGER, 2002a).

Na figura 3.3 observa-se que não existe unanimidade nas definições da dimensão de *mix* de produtos relacionado aos tipos de flexibilidade.

Para Bengtsson & Olhager (2002a), o *mix* de produto flexível geralmente refere-se à habilidade do sistema de manufatura em reagir às mudanças do *mix* de produtos e é tipicamente a dimensão que possui relativa diferença para o cliente.

Na figura 3.4 Serrão (2001) apresenta dimensões citadas com maior frequência na literatura.

| Dimensões da Flexibilidade | | | |
|----------------------------------|------------------------------------------|------------------------------|--------------------------------------------|
| FLEXIBILIDADE DE ENTREGA | FLEXIBILIDADE DE EXPANSÃO | FLEXIBILIDADE DE MÃO-DE-OBRA | FLEXIBILIDADE DE MÁQUINA |
| FLEXIBILIDADE DE MIX DE PRODUTOS | FLEXIBILIDADE DE MODIFICAÇÃO DE PRODUTOS | FLEXIBILIDADE DE OPERAÇÃO | FLEXIBILIDADE DE MATERIAL |
| FLEXIBILIDADE DE SEQUENCIAMENTO | FLEXIBILIDADE DE NOVOS PRODUTOS | FLEXIBILIDADE DE ROTEAMENTO | FLEXIBILIDADE DE MOVIMENTAÇÃO DE MATERIAIS |
| FLEXIBILIDADE DE VOLUME | FLEXIBILIDADE DE PROCESSO | FLEXIBILIDADE DE PRODUTO | FLEXIBILIDADE DE PRODUÇÃO |

Figura 3.4 – Dimensões da flexibilidade de manufatura citadas com maior frequência (SERRÃO, 2001).

3.1.2 Elementos da flexibilidade

Com o objetivo de reduzir a ambigüidade gerada em torno da conceituação da flexibilidade, Upton (1994) estruturou a flexibilidade em 3 níveis, conforme mostra a figura 3.5 a seguir.

- dimensão – é a situação pela qual a flexibilidade é requerida, como por exemplo tipo da mudança;
- período de tempo – define a unidade de tempo usado, geralmente utilizando: minuto-a-minuto, dias, meses ou anos. Este item é dividido por Upton (1994), baseado em Carlsson (1989), em 3 sub-itens: operacional (alteração em curto espaço de tempo em aspectos como rotinas, procedimentos, padronização e equipamentos da planta da manufatura), tático (alteração em médio espaço de tempo para aspectos como decisões tomadas antes da implantação da planta) e estratégico (aspectos vinculados ao futuro, como: tipos de produtos que serão manufaturados, onde localizar a planta da empresa e magnitude do projeto);
- elementos da flexibilidade – faixa: pode ser representado como o número de posições ou a distância entre os extremos da faixa de mudança; mobilidade: é a habilidade de movimentação entre as dimensões da flexibilidade; e uniformidade: é a habilidade de alterar a performance em função das mudanças.

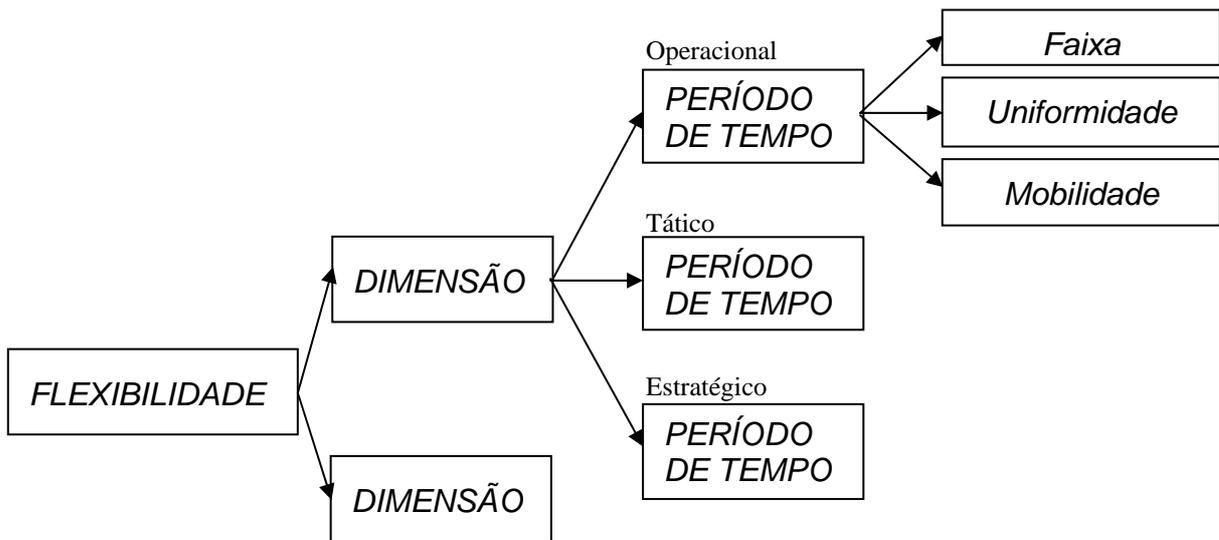


Figura 3.5 – Estrutura para analisar a flexibilidade de manufatura (UPTON, 1994).

Segundo Koste & Malhotra (1999), para dominar a flexibilidade, é necessário compreender os diferentes tipos ou dimensões da flexibilidade, bem como os seus elementos. Com base nisso, os autores ampliaram a estrutura dos elementos da flexibilidade desenvolvida por Upton (1994), conforme apresentado na figura 3.6.

| Elementos | Indicadores |
|----------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------|
| Número de faixa (R-N) | Número de opções (operações, tarefas, produtos etc) |
| Heterogeneidade de faixa (R-H) | Heterogeneidade de opções (diferenças entre operações, tarefas, produtos etc) |
| Mobilidade (M) | Penalidades de transmissão (tempo, custo e esforços de transmissão) |
| Uniformidade (U) | Similaridade do desempenho (qualidade, custo, tempo etc) |

Figura 3.6 – Elementos da flexibilidade e potenciais indicadores (KOSTE & MALHOTRA, 1999).

Inicialmente, o elemento faixa não era subdividido em número (RN) e heterogeneidade (R-H), como se observa em Slack (1983) *apud* Koste & Malhotra (1999) e Slack (1993), que era voltado para o número de posições: faixa de produtos projetados, faixa produtos produzidos, nível de saída de produtos e antecipação de datas de entregas. A

subdivisão proposta por Koste & Malhotra (1999) apresentada na figura 3.6. foi desenvolvida com base em Upton (1994), que questionava a extensão entre as posições.

Para exemplificar, Koste & Malhotra (1999) citam o exemplo de duas linhas de produção, em que a unidade A produz dois modelos de sedan e a unidade B um sedan e uma minivan. Na unidade A, os modelos utilizam a mesma plataforma, enquanto que na B utiliza-se uma plataforma para cada modelo, fazendo com que as necessidades de processamento sejam diferentes entre as unidades. Analisando apenas o elemento faixa, pode-se considerar que as unidades possuem a mesma flexibilidade, produzindo dois modelos. Entretanto, considerando a heterogeneidade de faixa, a unidade B poderia ser considerada mais flexível.

Com isso, Koste & Malhotra (1999) definem que o elemento número de faixa (R-N) identifica o número de opções e o elemento heterogeneidade (R-H) demonstra as diferenças entre as opções.

O terceiro elemento, mobilidade (M) identificado por Upton (1994), representa a habilidade de movimentação entre as dimensões da mudança. Slack (1983) *apud* Koste & Malhotra (1999) considera o tempo e custo para definir a facilidade de movimento.

O quarto e último elemento citado por Koste & Malhotra (1999) é a uniformidade (U), também definida por Upton (1994) como sendo a habilidade de não alterar a “performance” com a mudança de posição, ou seja pequena penalidade de tempo, esforços e custo.

Com base em Koste & Malhotra (1999), Serrão (2001) representa graficamente na figura 3.7 a estrutura dos elementos da flexibilidade.

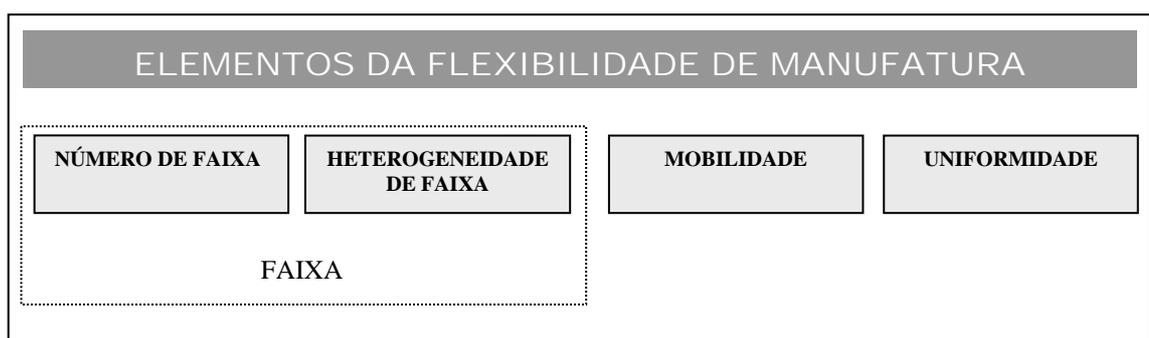


Figura 3.7 – Elementos da flexibilidade de manufatura (SERRÃO, 2001).

Em pesquisa e análise de 50 estudos publicados entre 1967 a 1997, Koste & Malhotra (1999) mapearam a utilização dos elementos da flexibilidade (Número de faixa (R-N), Heterogeneidade de faixa (R-H), Mobilidade (M) e Uniformidade (U)) na determinação do grau de flexibilidade das 10 mais importantes dimensões da flexibilidade, identificando

quais os elementos da flexibilidade foram utilizados pelos autores, com objetivo de mensurar a flexibilidade (ver figura 3.8).

| Dimensões da flexibilidade | <i>Elementos da Flexibilidade</i> | | | |
|----------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------|---------------------------------------------------------|-----------------------------------------|
| | Número de faixa (R-N) | Heterogeneidade de faixa (R-H) | Mobilidade (M) | Uniformidade (U) |
| Máquina | [3][4][8][10][11][12][14][16][25][26][27][29][30][34][36][37][38][42][43] | [11] | [3][8][10][11][12][14][26][27][29][30][43] | [4][14][16][25][36][37][42] |
| Mão-de-obra | [1][7][14][19][29][30][32][33][34][35][39][41][42][48] | | [1][14][19][22][32][33][48] | [7][14][19][32][33][39][41][42][48] |
| Movimentação de material | [13][14][26][27][43] | | [14] | [14][43] |
| Rotina | [11][14][16][24][26][27][29][43] | [4][11][16][23][24] | [14][24] | [6][10][11][12][14][16][29] |
| Operação | [10][26][29][43] | [5][10][26][28][29][43] | | |
| Expansão | [10][11][14][29][43] | | [10][14][26][27][43] | [14] |
| Volume | [2][10][14][15][18][21][24][26][27][29][40][42][43][44][45][46][47] | | [14][23][24][29][42][44][45] | [2][10][14][26][27][29][42][43][46][47] |
| Mix | [2][8][9][10][11][16][17][18][20][23][26][27][29][31][40][43][44][45][46][47][49] | [11][16][24][46][47][49][50] | [2][11][17][20][24][44][45][49] | [8][11][31] |
| Novos produtos | [2][10][14][15][17][18][20][23][26][27][29][40][43][44][45][46][47] | [24] | [2][10][14][15][17][18][24][26][27][40][43][44][45][47] | [14] |
| Modificação | [14][15][17][18][20][23][24][29][40][45] | | [14][15][17][24][45] | [14] |

[1] Atkinson (1985); [2] Azzone and Bertele (1989); [3] Barad (1992); [4] Benjaafar (1994); [5] Benjaafar and Ramakrishnan (1996); [6] Bernardo and Mohamed (1992); [7] Bobrowski and Park (1993); [8] Boyer and Leong (1996); [9] Brennesholtz (1996); [10] Browne *et al* (1984); [11] Carter (1986); [12] Chandra and Tombak (1992); [13] Chatterjee *et al* (1984); [14] Chen *at al* (1992); [15] Cox (1989); [16] Das and Nagendra (1993); [17] Dixon (1992); [18] Dixon *at al* (1990); [19] Elvers and Treleven (1985); [20] Ettlíe and Penner-Hahn (1994); [21] Fiegenbaum and Karnani (1991); [22] Fryer (1974); [23] Gerwin (1987); [24] Gerwin (1993); [25] Gupta (1993); [26] Gupta and Somers (1992); [27] Gupta and Somers (1996); [28] Hutchinson and Pflughoeft (1994); [29] Hyun and Ahn (1992); [30] Jensen and Malhotra (1996); [31] Jordan and Graves (1995); [32] Kher and Malhotra (1994); [33] Malhotra and Kher (1994); [34] Malhotra and Ritzaman (1990); [35] Malhotra *et al* (1993); [36] Mandelbaum and Brill (1989); [37] Nagurar (1992); [38] Nandkeolyar and Christy (1992); [39] Nelson (1967); [40] Noble (1995); [41] Park and Bobrowski (1989); [42] Ramasesh and Jayamar (1991); [43] Sethi and Sethi (1990); [44] Slack (1983); [45] Slack (1987); [46] Suarez *et al* (1995); [47] Suarez *et al* (1996); [48] Treleven and Elvers (1985); [49] Upton (1995a); [50] Upton (1997)

Figura 3.8 – Pesquisa sobre operacionalização dos elementos da flexibilidade (KOSTE & MALHOTRA, 1999).

Ao analisar a figura 3.9, Koste & Malhotra (1999) verificam que o elemento heterogeneidade de faixa (R-H) é fracamente citado, considerando sua importância para o completo entendimento e mensuração das dimensões da flexibilidade.

Slack (1993) limitou as dimensões da flexibilidade em duas, faixa e resposta, descritos na figura 3.9.

| Tipo de flexibilidade | Flexibilidade de faixa | Flexibilidade de resposta |
|----------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Flexibilidade de produto | A faixa de produtos, a qual a empresa tem a capacidade de projetar, comprar e produzir | O tempo necessário para desenvolver ou modificar o produto e o processo até o ponto em que a produção regular possa começar |
| Flexibilidade de <i>mix</i> de produto | A faixa de produtos que a empresa pode produzir em um dado período de tempo | O tempo necessário para ajustar o <i>mix</i> de produtos que está sendo manufaturado |
| Flexibilidade de volume | O nível absoluto de saídas agregado que a empresa pode atingir para dado <i>mix</i> de produtos | O tempo que leva para mudar o nível de saída agregado |
| Flexibilidade de entrega | Quanto as datas de entrega podem ser trazidas para frente | O tempo que leva para reorganizar o sistema de manufatura de modo a replanejar para novas datas de entrega |

Figura 3.9 – As dimensões da faixa e resposta dos quatro tipos de flexibilidade (SLACK, 1993).

Estes conceitos foram desenvolvidos pelo autor para fazer duas distinções, primeiramente sobre a flexibilidade de faixa, que indica o quanto a operação pode ser mudada e flexibilidade de resposta, distinguindo quão rapidamente uma operação pode ser mudada.

3.1.3 Recursos da flexibilidade

Para Slack (1993), antes de definir o tipo de flexibilidade de um sistema, é necessário definir o tipo de flexibilidade que os recursos necessariamente deverão possuir. Neste caso, o autor afirma que a flexibilidade de recursos significa a habilidade de mudar, inerente:

- à tecnologia de processo da operação;
- aos recursos humanos da operação;
- às redes de suprimentos, os sistemas que fornecem e controlam a operação.

Para cada exigência do mercado, pode-se requerer mais um recurso do que outro, por exemplo, quando a empresa compete em mercados que exigem alto grau de flexibilidade de novos produtos, precisa-se de uma tecnologia de processo com faixa suficiente para trabalhar com uma ampla variedade de novos produtos. No caso de empresas com larga faixa de produtos (flexibilidade de *mix*), esta deverá ser apoiada por rápidas trocas e preparações de suas tecnologias de processo, da mesma maneira que a flexibilidade de volume pode ser apoiada na habilidade de alocação de pessoal.

Na figura 3.10 está representada a estrutura da flexibilidade da operação baseada na flexibilidade dos recursos.

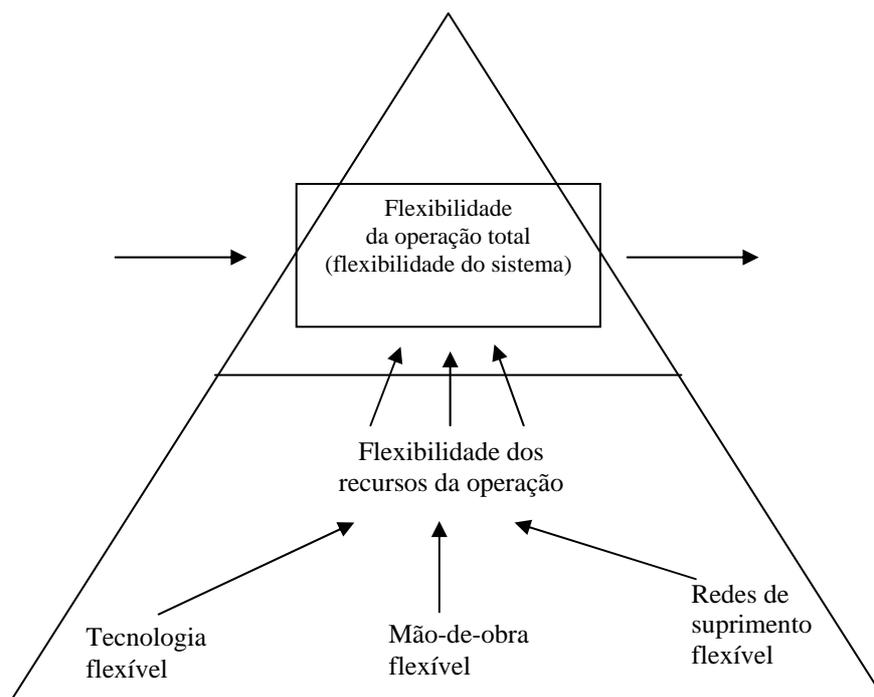


Figura 3.10 - A flexibilidade de uma operação depende da flexibilidade dos seus recursos (SLACK, 1993).

A flexibilidade da rede de suprimentos pode ser necessária naqueles casos em que os clientes exigem flexibilidade de entrega, ou seja, os detalhes variam, dependendo das circunstâncias competitivas, mas a base para a flexibilidade do sistema é originada dos recursos.

Com isso, Slack (1993) é contundente em afirmar que “ seja qual for a flexibilidade de sistema que uma operação de manufatura quer atingir, ela a obtém diretamente da flexibilidade dos seus recursos individuais”

Na figura 3.11, a seguir, Slack (1993) exemplifica as mais importantes características de recursos que são requeridas pelos diferentes tipos de flexibilidade.

| Recursos | Flexibilidade de produto | Flexibilidade de mix de produto | Flexibilidade de volume | Flexibilidade de entrega |
|------------------------|-----------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------|
| Tecnologia de processo | Faixa de capacidade de processo | Faixa de capacidade de processo | Capacidade total de processo | Capacidade total de processo |
| | Capacidade de tecnologia de projeto | Tempos de mudança de processo Escala de integração do processo | Velocidade com a qual o processo pode ser localizado em uma determinada faixa de produtos | Velocidade com a qual o processo pode ser localizado em uma determinada faixa de produtos |
| Recursos humanos | Faixa de habilidades de projeto | Faixa de habilidade de processo | Capacidade de hora extra | Capacidade de hora extra |
| | Faixa de habilidades de processo | Transferibilidade de tarefas diretas e indiretas | Transferibilidade da mão-de-obra | Transferibilidade da mão-de-obra |
| | Transferibilidade de trabalho | | | |
| Redes de Suprimentos | Fornecimento de mão-de-obra para projeto e processo | Tempo de compra de itens | Habilidade de recrutar mão-de-obra nova ou temporária | Tempo de compra de itens |
| | Habilidade de modificar tecnologia de processo | | Habilidade de organizar e subcontratar fornecimentos | Habilidade de recrutar mão-de-obra nova ou temporária |
| | Habilidade de gerenciamento de projeto | Capacidade de reprogramação | Processamento de pedidos e sensibilidade de previsões | Habilidade de reprogramar atividades |

Figura 3.11 – Implicação nos recursos dos tipos de flexibilidade (SLACK, 1993).

Gupta & Goyal (1989) e Gupta & Somers (1992) classificaram os recursos tecnologia e recursos humanos como flexibilidade estrutural, e os processos e procedimentos que gerenciam a manufatura classificaram-nos de flexibilidade infra-estrutural.

3.1.4 Aspectos que influenciam a flexibilidade

A utilização da flexibilidade nas empresas foi amparada pela criação e evolução de conceitos como engenharia simultânea, redução dos níveis hierárquicos, trabalho em equipe, fixação dos conceitos de qualidade, remuneração variável, remuneração por competência e

metodologias de custos. Estes conceitos proporcionaram maior controle da organização, abrindo o campo de visão dos gestores da manufatura e aumentando a confiabilidade no momento da tomada de decisão referente à flexibilidade.

Serrão (2001) constatou que tradicionalmente a literatura acredita que a utilização intensificada de tecnologias vinculadas à Tecnologia Avançada de Manufatura, por exemplo, Projeto e Manufatura Auxiliado por Computador (*Computer and Manufacturing – Aided Design CAD/CAM*), Manufatura Integrada por Computador (*Computer Integrated Manufacturing – CIM*), Controle Numérico (*Computer Numeric Control Machine – CNC*), Células Flexíveis de Manufatura (Flexible Manufacturing Cell – FMC) e Sistemas Flexíveis de Manufatura (Flexible Manufacturing System – FMS), seria a única forma de garantir níveis elevados de flexibilidade na manufatura. No entanto, segundo Gerwin (1993), *apud* Serrão (2001), “isso não é verdade, pois a aplicação das AMTs é apenas um dos modos para obtenção da flexibilidade”.

Em alguns casos, a utilização da automatização dos processos pode limitar a flexibilidade. Suarez *et al.* (1996) constataram por meio de pesquisa realizada em 31 plantas produtoras de placas de circuito impresso – PCI, localizadas na Europa, Japão e Estados Unidos, que os processos com equipamentos tradicionais tendiam a ser mais flexíveis nas dimensões de *mix* de produtos e novos produtos que os processos mais automatizados.

Vokurka & O’Leary-Kelly (2000) acreditam que as empresas estão competindo com base na flexibilidade da manufatura em função da evolução de programas envolvendo a manufatura flexível, como: *Just-in-Time*, evolução das técnicas, tempos baseados em métodos e agilidade da manufatura.

Para Serrão (2001), técnicas de gerenciamento da produção tais como: *Just-in-Time*, Gerenciamento da Qualidade Total (*Total Quality Management – TQM*), Controle da Qualidade Total (*Total Quality Control – TQC*), Planejamento das Necessidades de Material (*Material Requirements Planning – MRP II*) e manutenção preventiva, podem exercer influência positiva sobre a flexibilidade de uma empresa.

3.1.5 Limites da flexibilidade

Para Slack (1993), mesmo com muitos argumentos a favor do incremento da flexibilidade, não se pode generalizá-la para todas as operações sob quaisquer circunstâncias. Antes de investir na flexibilização, as alternativas devem ser consideradas, pois a flexibilidade tem custos associados e não deveria ser desperdiçada em áreas em que não é necessária.

Para evitar a flexibilidade, Slack (1993) apresenta 3 estratégias amplas:

- a) competir em bases não flexíveis – a empresa deve refocalizar sua postura competitiva, reduzindo os limites de faixa de produtos, tentar estabilizar a demanda, desencorajar alterações freqüentes e transferir para a “flexibilidade de marketing”;
- b) reduzir a necessidade de flexibilidade – a redução de flexibilidade pode ser por meio de políticas internas ou reduzindo a complexidade gerada internamente;
- c) confinamento – confinar a necessidade de flexibilidade em partes específicas da operação.

A redução da flexibilidade vai depender do foco de mercado, objetivos da empresa e da estratégia para competir com a concorrência. Para reduzir a necessidade de flexibilidade, Slack (1993) tende a questionar o produto e suas partes com o objetivo de reduzir a complexidade interna. O confinamento pode ser orientado para as partes que possam ser controladas com maior facilidade.

3.2 Classificação das dimensões da flexibilidade

De Toni & Tonchia (1998) indicam uma tendência da literatura para 4 classificações das dimensões da flexibilidade: horizontal ou por fase, vertical ou hierárquica, temporal e por objeto de variação. Além desta classificação, os autores ainda mencionam outra classe formada pela junção de duas ou mais das 4 classificações anteriores.

3.2.1 Classificação horizontal ou por fases

Esta classificação refere-se a todas as fases que constituem a cadeia de valor de Porter, incluindo desenvolvimento/compra e distribuição/serviços aos clientes. Em termos de flexibilidade, De Toni & Tonchia (1998) fazem uma distinção entre flexibilidade interna (produto/processo e produção flexível) e flexibilidade externa (compra e distribuição flexível).

Pode-se incluir na classificação horizontal Suarez *et al.* (1996), que sugerem a classificação dos tipos (dimensões) da flexibilidade, hierarquizando-os com base nos efeitos sobre a posição competitiva da empresa, dividindo em flexibilidade de primeira ordem e baixa ordem, conforme figura 3.12 a seguir.

Os autores sugerem, com base em todos os diferentes tipos de dimensões propostos pela literatura, que há 4 tipos básicos que representam a flexibilidade de primeira ordem, descritos na figura 3.12, e afetam diretamente o posicionamento estratégico da empresa no mercado, pois são percebidas pelos clientes.

Os tipos de flexibilidade de baixa ordem são aquelas trabalhadas internamente na manufatura, afetando diretamente os tipos de primeira ordem.

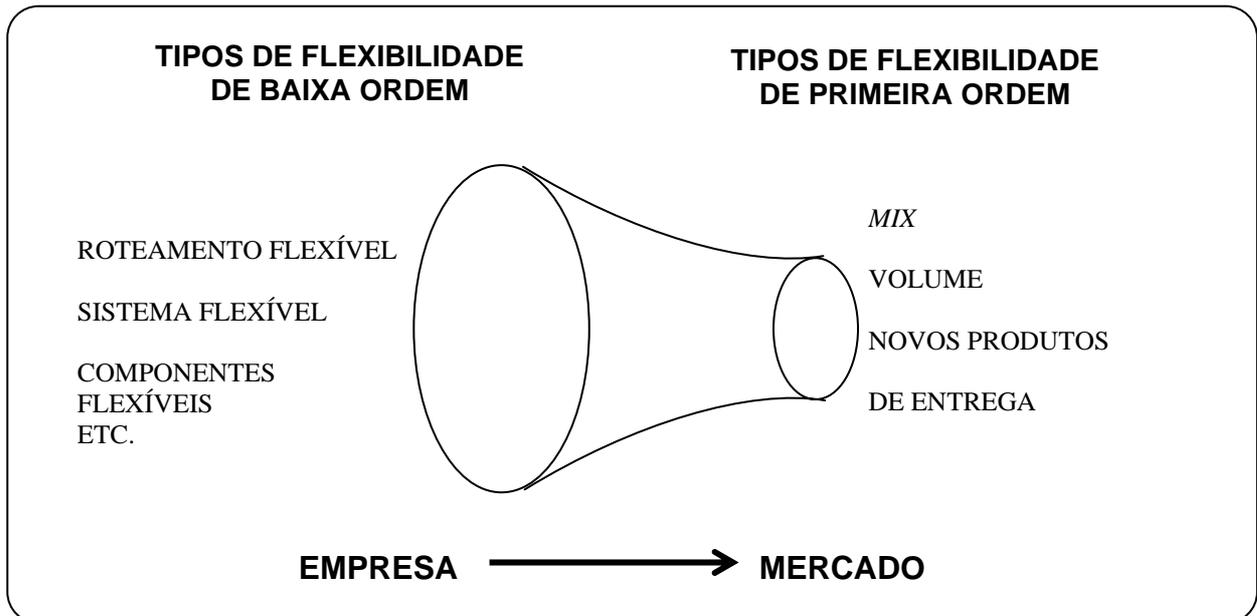


Figura 3.12 – O “Funil” da flexibilidade (SUAREZ *et al*, 1996).

Cabe ressaltar que antes desta estrutura idealizada por Suarez *et al.* (1996), Upton (1994) havia descrito que a flexibilidade pode atuar em duas frentes, sendo um conjunto de capacidades: internamente: “o que nós podemos fazer” e uma fonte de vantagem competitiva em um particular ambiente, externamente: “o que o cliente observa”, destacando a importância da distinção entre capacidades e a necessidade competitiva derivada dos clientes.

3.2.2 Classificação vertical ou hierárquica

Para De Toni & Tonchia (1998), a classificação vertical (ou hierárquica) da flexibilidade consiste em analisar os objetos que estimulam a flexibilidade de duas maneiras: análise separada dos recursos de um sistema (nível micro) ou análise de todo o sistema (nível macro).

A hierarquização das dimensões de flexibilidade relacionadas com a flexibilidade de manufatura, definida por Koste & Malhotra (1999), que não foi citada na revisão bibliográfica

realizada por De Toni & Tonchia (1998), foi estruturada a partir da análise de 18 estudos, sendo 14 conceituais e 4 empíricos, apresentada na figura 3.13.

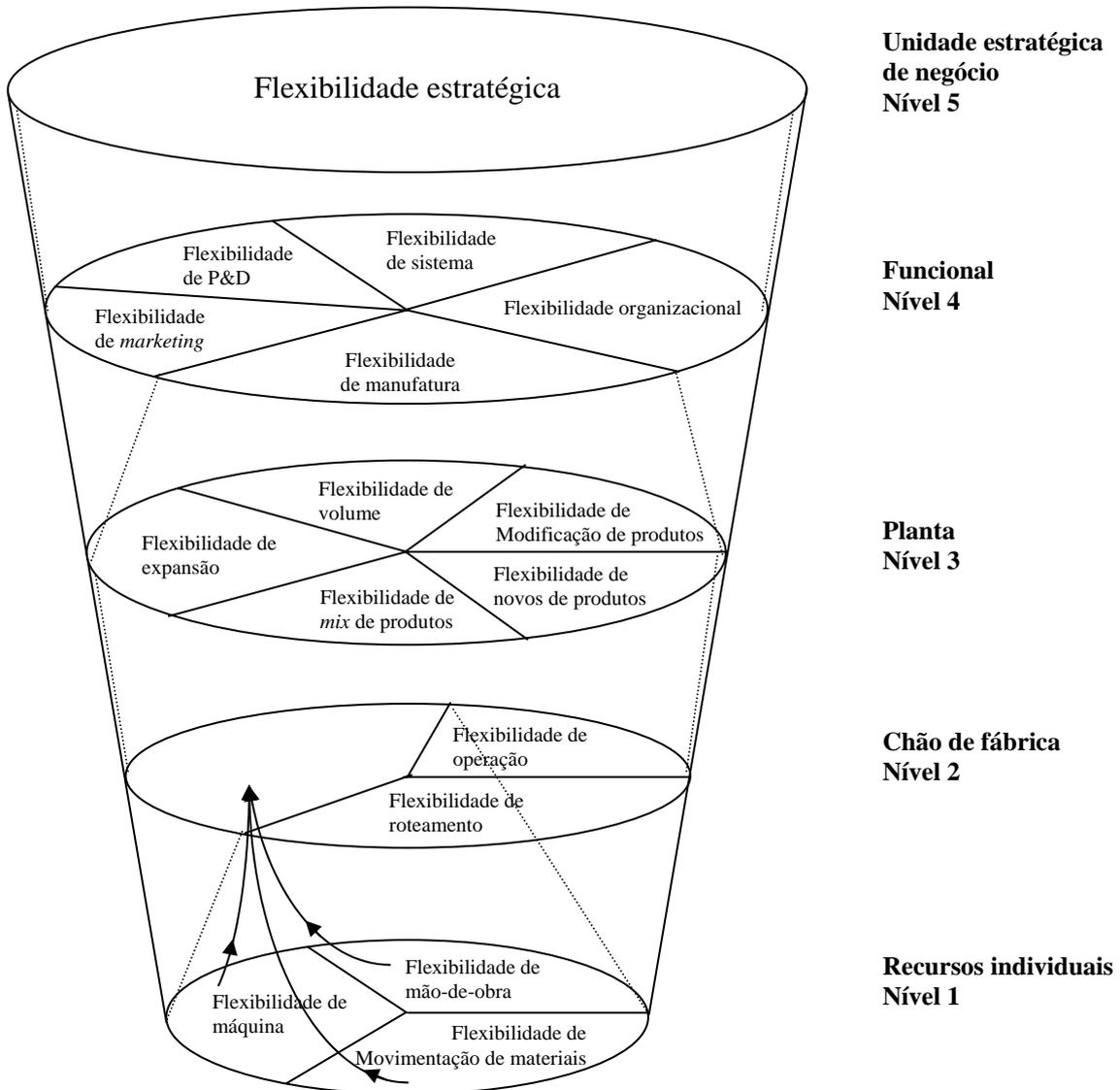


Figura 3.13 – Hierarquia das dimensões da flexibilidade (KOSTE & MALHOTRA, 1999).

A figura 3.13 apresenta os 5 níveis da hierarquia das dimensões da flexibilidade: recurso individual (nível 1), “chão-de-fábrica” (nível 2), planta (nível 3), funcional (nível 4) e unidade estratégica de negócios (nível 5). O nível 1 é representado pelas flexibilidades de mão-de-obra, máquina e movimentação de materiais que compõem um bloco para o nível 2, formado pela flexibilidade de operação e roteamento. No nível 3 estão as flexibilidades de maior proximidade com os clientes e podem representar a competitividade da empresa e servem de apoio para a flexibilidade de manufatura (nível 4). O nível 5 está representado pela

flexibilidade estratégica da organização, apoiada em todas as dimensões da flexibilidade do nível funcional.

3.2.3 Classificação temporal

Segundo De Toni & Tonchia (1998), a classificação da flexibilidade em base temporal, encontrada na literatura, usualmente acompanha as seguintes linhas de classificação:

- *flexibilidade instantânea – habilidade de imediatamente selecionar o centro do trabalho mais apropriado para conduzir as operações requeridas pelo ciclo de trabalho de uma certa parte;*
- *flexibilidade de curtíssimo prazo – habilidade de modificar a seqüência e o mix de partes produzidas;*
- *flexibilidade de curto prazo – habilidade de modificar certas especificações de projeto de partes de produtos;*
- *flexibilidade de curto a médio prazo – habilidade de um sistema trabalhar em níveis máximos de produtividade quando os volumes de produção variam;*
- *flexibilidade de médio prazo – representada pela possibilidade de adicionar ou eliminar partes do mix de partes que está sendo produzido;*
- *flexibilidade de médio a longo prazo – representada pela possibilidade de modificar a capacidade produtiva pela adição ou eliminação de centros de trabalhos;*
- *flexibilidade de longo prazo – representada pela possibilidade de adaptar o sistema a novos tipos de produtos ou mix de componentes.*

A classificação temporal, segundo Koste (1999) e Upton (1994), segue a realidade das decisões dentro das empresas – operacional, tático e estratégico. No curto prazo (operacional) destacam-se as dimensões de flexibilidade que respondem às mudanças diárias, como por exemplo re-roteamento de produtos e desvios por quebra de máquinas. Para o médio prazo (táticas) as dimensões da flexibilidade lidam com mudanças ocasionais como de *mix* de produtos. No longo prazo (estratégicas), as dimensões respondem a mudanças de baixa freqüência com introdução de um novo produto.

A classificação temporal favorece o planejamento das ações operacionais, táticas e estratégicas da empresa, pois as dimensões da flexibilidade são observadas baseadas em uma lógica horizontal

3.2.4 Classificação por objetos de variação

Segundo De Toni & Tonchia (1998), a classificação por objetos de variação da flexibilidade é considerada um tema comum na literatura.

Para De Toni (1998), Gerwin foi o primeiro a mencionar as diversas dimensões de flexibilidade por meio de objeto de variação:

- relativo aos materiais – pode ser definido como a habilidade de lidar com variações inesperadas de entradas, mensurada por meio de tolerâncias dimensional e físico-químicas dos materiais;
- relativo ao volume – pode ser definido como a habilidade de lidar com variações na demanda, e mensurada pela razão entre média da variação do volume de produtos e a capacidade máxima de produção. Gustavsson (1984) *apud* De Toni & Tonchia (1998) sugere que a flexibilidade de volume pode ser mensurada pela razão entre os investimentos necessários para aumentar a produção e o investimento global da planta;
- relativo ao produto (flexibilidade de modificação) - pode ser definido como a habilidade de acompanhar a demanda de venda em termos de especificações de produtos, e é mensurada pelo número de mudanças em um certo período de tempo ou a razão entre investimentos necessários para modificar a produção existente e o investimento global da planta;
- - relativo ao *mix* - pode ser definido como a habilidade de acompanhar os requisitos de vendas quando previsto nos produtos em um certo tempo e mensurado pela variação da faixa;
- relativo à mudança – habilidade de variar em tempo a produção do *mix* em relação ao ciclo de vida de um determinado produto. Para exemplificar, os autores destacam a diferença entre flexibilidade de *mix* e flexibilidade de mudança. A primeira é a habilidade do processo de manufatura produzir um determinado número de produto ao mesmo tempo e flexibilidade de mudança é a habilidade do processo lidar com adições e subtração do *mix* todo tempo;
- referente ao ciclo padrão (re-roteamento flexível) – mensurado por meio do número de rotinas possíveis, ideais para lidar com falhas de máquinas.

3.2.5 Classificação estática e dinâmica

Para Carlsson (1989), apesar da flexibilidade ser considerada abstrata pela literatura, deve englobar a habilidade para lidar não apenas com a flutuação de demanda, mas com todas as formas de turbulência no ambiente. Com isso, surge a classificação e oposição entre eficiência estática (flexibilidade estática – combinação dos fatores de forma ótima) e eficiência dinâmica (flexibilidade dinâmica), sendo esta última a capacidade de um sistema

produtivo gerar novas idéias e responder rapidamente a novas idéias, onde quer que elas tenham se originado, de forma a construir vantagens a partir delas, antecipando-se aos concorrentes.

Para Zarifian (1990) *apud* Buiar (2000), a literatura faz distinção de flexibilidade estática e dinâmica da seguinte maneira:

- flexibilidade estática – voltada para responder à variação da demanda, em situações em que há a possibilidade de antecipação da variação.

Com isso o autor conceitua dois tipos de produtividade:

- *clássica – padronizando a fabricação dos componentes do produto, diversificando unicamente as fases finais de montagem desses produtos (princípio da diferenciação tardia). Esse princípio é aplicado, por exemplo, na indústria automobilística: a diversificação dos modelos é feita na montagem final, a partir de elementos básicos padronizados (como os motores);*
 - *nova abordagem – desenvolvendo dispositivos técnicos flexíveis que permitem mudanças rápidas de regulação ou do tipo de fabricação rápida, em função das variações registradas no mercado consumidor.*
- Flexibilidade dinâmica – voltada para situações em que a demanda não pode ser antecipada, destacando o prazo de resposta no primeiro plano e a padronização para segunda etapa. Como exemplo, o autor cita que não importa se o fabricante foi o primeiro ou não em investir no lançamento de um novo produto, mas ele tem que ser o primeiro a vender (tempo de resposta).

Hyun & Ahn (1992) *apud* Serrão (2001) também classificam a flexibilidade estática e dinâmica. A flexibilidade estática está voltada, na maioria dos casos, para a capacidade da tecnologia de processo em responder às incertezas sobre produtos e estrutura produtiva fixas, sendo pouco eficiente em situações de mudanças. O nível de flexibilidade é alterado com a introdução de tecnologias avançadas de manufatura (*Advanced Manufacturing Technology – AMT*). Ao contrário, a flexibilidade dinâmica representa a capacidade de um sistema lidar com as variações freqüentes em um sistema não estacionário.

A hierarquização das dimensões da flexibilidade é tema que merece atenção em função de sua característica dinâmica, pois segundo Slack (1988) *apud* Vokurka & O'Leary-Kelly (2000), o modelo hierárquico da flexibilidade, representada pela manufatura, dependerá do tipo de estratégia competitiva adotada pela empresa.

3.3 Correlações entre as dimensões de flexibilidade

A identificação e o entendimento das correlações existentes entre as dimensões da flexibilidade podem ser considerados um tema que gera discussões e pouco consenso. Esta situação pode ser causada pela característica multidimensional da flexibilidade, bem como pela existência de *trade-offs* entre estas variáveis. Gunasekaran *et al.* (1993) *apud* Parker & Wirth (1999) afirmam que o completo entendimento entre os vários aspectos da flexibilidade, ampliará o desenvolvimento e mensuração dos *trade-offs*, contribuindo para a estratégia de manufatura.

Na figura 3.14, Koste e Malhotra (1999) apresentam a relação entre as dimensões da flexibilidade, segundo alguns autores:

| | Maquina | Mão-de-obra | Movimentação de materiais | Operação | Roteamento | Expansão | Volume | Mix | Novos produtos | Modificação de produtos |
|-------------------------------|---------|-------------|---------------------------|------------|--------------|---------------------|-------------------------------------------|--------------------------------------------|--------------------------------------------|------------------------------------|
| Máquina (12) | | | | [3] [4] | [14] | [5][8] [14] | [3][4][6][8] [13] [15][16][1 7] | [1][2][3][4] [5][8][14] [15][16][17] | [1][3][4][5] [6][8][14] [15][16][17] | [1][3][4][5] [6][8][14] [15] |
| Mão-de-obra (7) | | | | | | [8] | [5][6][7][8] [15] | [1][2][7][8] [15] | [1][5][6][7] [8][15] | [1][5][6][7] [8][15] |
| Movimentação de materiais (8) | | | | | [12] [14] | [3][5] [14] [18] | [3][10][11]][13][14] | [3][5][10] [11][13][14] | [3][5] [10][13][14] | [3][5] [10][13][14] |
| Operação (3) | | | | | [14] | [8][14] | [18][14] | [8][14] | [8][14] | [8][14] |
| Roteamento (4) | | | | | | [3][5][8] | [3][5][8] | [5][8] | [5][8] | [5][8] |
| Expansão (2) | | | | | | | | | | |
| Volume (2) | | | | | | | | | | |
| Mix (2) | | | | | | | | | | |
| Novos produtos (2) | | | | | | | | | | |
| Modificação de produtos (1) | | | | | | | | | | |

Citações: [1] Beckman (1990) [2] Boyer and Leong* (1996) [3] Browne *et al* (1984) [4] Carlsson (1989) [5] Chen *et al* (1992) [6] Cox (1989) [7] Gerwin (1987) [8] Hyun and Ahn (1992) [9] Levary (1992) [10] Manji (1991) [11] Anonymous in MMH (1997) [12] Nagurar (1992) [13] Schonberger (1982) [14] Sethi and Sethi (1990) [15] Slack (1987)* [16] Suarez *et al* (1995)* [17] Suarez *et al* (1996)* [18] Witt (1990)

* Indicação de pesquisa empírica

Figura 3.14 – Relacionamento entre as dimensões de flexibilidade (KOSTE & MALHOTRA, 1999).

Na figura 3.14 estão condensadas as citações dos autores quanto ao relacionamento entre as dimensões da flexibilidade de manufatura. Os números entre parênteses “()” representam o número de artigos em que a dimensão foi discutida, a paridade ou imediata hierarquia entre a dimensão e as outras dimensões citadas, como por exemplo máquina flexível foi identificada como base para a construção de outras dimensões em doze estudos. O número inserido nos colchetes “[]” representa o estudo que propôs a relação entre dimensões. Os números após os colchetes representam o número de estudos que propuseram a relação.

Os autores observam que em apenas um estudo, Sethi and Sethi (1990), foi discutida a relação e indicado que a flexibilidade de máquina suporta o desenvolvimento da flexibilidade de roteamento, ao contrário da relação flexibilidade de máquina com flexibilidade de *mix*, citada em 10 estudos com sendo um requerimento para o desenvolvimento da flexibilidade de produto de *mix*. Outra constatação da análise da figura 3.14 é o fato de que cinco dimensões (expansão, volume, *mix*, novos produtos e modificação de produtos) não estão relacionadas com outras dimensões, indicando que estas dimensões não suportam o desenvolvimento das outras dimensões, mas são desenvolvidas por elas.

A análise de Koste & Malhotra (1999) identificou que nenhuma dimensão contribui para o desenvolvimento das dimensões máquina, mão-de-obra e movimentação de material e, com isto, pode-se considerar que estão em um nível abaixo das outras dimensões e que também não se identificou relação entre estas dimensões.

Parker & Wirth (1999) também estudaram as relações entre as dimensões de flexibilidade e afirmou que a real mudança para os gestores e pesquisadores não foi somente a descoberta de vários tipos de flexibilidade, mas a existência de relações complexas e *trade-offs* entre os tipos. Em seu estudo, envolvendo flexibilidade de máquina, processo, produto, rotina e operação, os autores identificaram relações e *trade-offs*, apresentado no quadro 3.15. Cabe ressaltar que algumas células da figura 3.15 estão em branco em função de não terem sido estudadas pelos autores.

Na pesquisa de Parker & Wirth (1999), sintetizada na figura 3.15, constatou-se que o incremento da flexibilidade de máquina contribui para o desenvolvimento de quase todos os tipos de dimensões, exceto a flexibilidade de volume, que possui relação negativa. Ao contrário, a relação necessariamente não é a mesma, no caso de um incremento da flexibilidade de produtos não causará impacto positivo na flexibilidade de máquina.

Gupta & Goyal (1989) afirmam que o entendimento dos *trade-offs* em um sistema de manufatura pode aumentar a organização interna de um sistema flexível estruturado, mas segundo Bech *et al.* (2000), a dificuldade está em quantificar a relação entre os tipos de

flexibilidade. Com isso, Da Silveira (1998) e Da Silveira & Slack (2001) afirmam que a importância do paradigma *trade-offs* é a que mais cresce entre os objetivos da manufatura.

| | Máquina | processo | produto | rotina | volume | Expansão | operação | Produção |
|----------|---------|----------|---------|--------|--------|----------|----------|----------|
| máquina | | ++ | ++ | ++ | -- | | ++ | ++ |
| processo | | | ++ | ++ | -- | | | |
| Produto | | | | | -- | | | |
| Rotina | | | | | +- | | ++ | |
| Volume | | | | | | | | |
| Expansão | | | | | | | | |
| Operação | | | | | | | | |
| Produção | | | | | | | | |

++ relação positiva; -- relação negativa; +- relação mista

Figura 3.15 – Relação entre tipos de flexibilidade (PARKER & WIRTH, 1999).

Para Da Silveira (1998), a evolução da estratégia da manufatura convergiu para o gerenciamento dos *trade-offs* da seguinte maneira: “enquanto o papel da estratégia de produção era, nos anos 70, o de escolha entre dimensões estratégicas estáticas e, nos anos 80, de competição em todas as dimensões, a década de 90 caracteriza-se pelo gerenciamento de *trade-offs* dinâmicos entre essas dimensões, visando à melhoria contínua do sistema”.

Com isso, Serrão (2001) afirma que a compreensão do relacionamento entre as dimensões da flexibilidade pode desenvolver o gerenciamento competitivo da flexibilidade, o que se fixa com uma área importante para os estudos da flexibilidade de manufatura.

Suarez *et al.* (1996) analisaram 31 plantas de produção de placas de circuitos impressos na Europa, Japão e Estados Unidos, e constataram a existência de relacionamentos positivos e negativos entre variáveis envolvidas no processo (figura 3.16).

O diagrama demonstrado na figura 3.18 contém o detalhamento dos relacionamentos, identificados pelos autores entre dois tipos básicos de flexibilidades externas: flexibilidade de novos produtos e flexibilidade *mix*, e com fatores e políticas que afetam ou não a flexibilidade.

No diagrama demonstrado na figura 3.16 o sinal “+” denota um relacionamento positivo, “0” denota o não relacionamento e “-” representa um relacionamento negativo, como por exemplo o envolvimento da mão-de-obra possui relacionamento positivo com os dois tipos de flexibilidade.

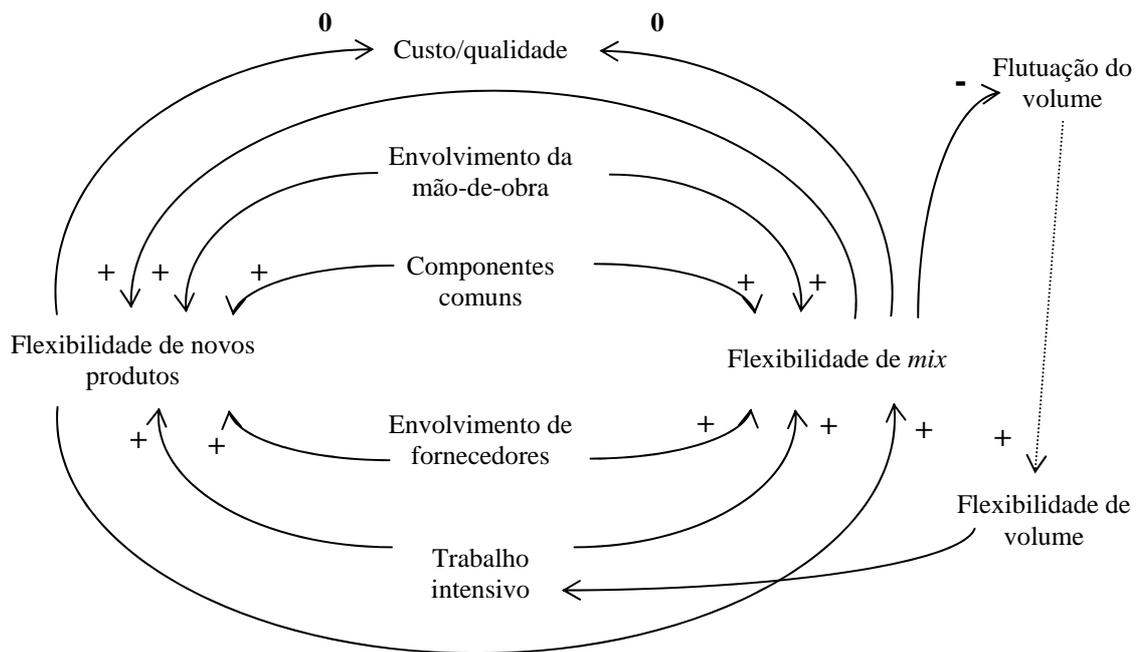


Figura 3.16 – Diagrama dos relacionamentos (SUAREZ *et al*, 1996).

3.4 Dimensionamento da flexibilidade

Parker & Wirth (1999) afirmam que, como não existe uma estrutura apropriada para mensuração e desenvolvimento dos tipos de flexibilidade, os resultados são esporádicos.

Gupta & Goyal (1989) apresentam duas maneiras de mensuração da flexibilidade, uma baseada nas conseqüências econômicas e outra baseada em critérios de performance:

- conseqüências econômicas – monitoramento das conseqüências econômicas da habilidade do sistema de se adaptar à mudança, por exemplo redução no volume de produção devido a perturbações tais como quebra de máquinas e flutuações na demanda podem conduzir perdas. Essas perdas ou conseqüências econômicas de tal redução do volume podem ser usadas para medir a flexibilidade;
- critérios de performance – utiliza critérios quantitativos como a quantidade de tempo para o sistema se adaptar a uma transformação na rotina de trabalho, número de peças trabalhadas e adição e remoção de peças.

Koste & Malhotra (2000) propuseram uma metodologia de comparação de algumas dimensões de flexibilidade por meio de seus elementos (demonstrado na figura 3.7 anteriormente) para empresas automotivas japonesas e americanas. Para a comparação dos elementos de flexibilidade foram selecionadas empresas similares em termos de processo

produtivo e prioridades competitivas. Neste estudo foram abordados 5 dimensões de flexibilidade para comparação: máquina, mão-de-obra, *mix*, novos produtos e modificação, escolhidas por serem, freqüentemente, discutidas nas pesquisas e por se destacarem na indústria automotiva.

A comparação entre a flexibilidade de máquina (figura 3.17) foi baseada em um processo de estamparia, utilizado em ambas as manufaturas. Koste & Malhotra (2000), observaram que a produção americana trabalha dedicada em partes específicas, limitando o número de diferentes operações (R-N) de estampagem, contrastando com a produção japonesa, em que o processo é alterado a cada 2-3 horas. A heterogeneidade de faixa (R-H) não é considerada em função dos processos analisados realizarem apenas a ação de estampar. A mobilidade (M) é baseada no tempo de mudança de máquina (*set up*), outro item de superioridade japonesa.

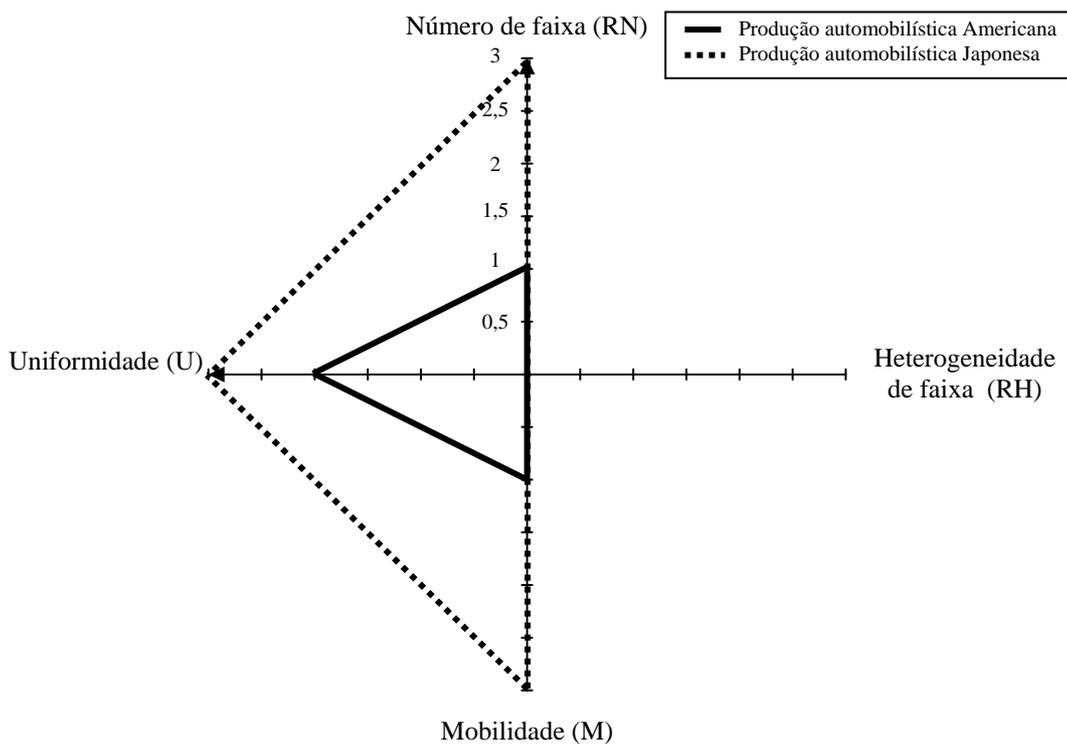


Figura 3.17 – Flexibilidade de máquina da produção automobilística americana e japonesa (KOSTE & MALHOTRA, 2000).

A plotagem dos elementos baseia-se em um *ranking* relativo em função da posição competitiva. Com isso, o *ranking* reflete a diferença de posição entre dois grupos de produção, onde uma “baixa” posição corresponde à pontuação 1, “moderada” à pontuação 2 e “alta” à pontuação 3.

A comparação da flexibilidade de mão-de-obra está apresentada na figura 3.18, que apresenta a produção japonesa em melhor posição no elemento número de faixa (R-N), decorrente da maior rotatividade dos funcionários nas tarefas da produção. Koste & Malhotra (2000) comentam que os trabalhadores americanos são classificados em maior número de classes (67.1 classes) que os japoneses (11.9 classes), e que a segmentação do trabalho em classes essencialmente limita a heterogeneidade entre as tarefas (R-H), impactando, também, na mobilidade (M), que para aos trabalhadores americanos a probabilidade de mudar de tarefas é menor que para os japoneses.

A superioridade do elemento uniformidade, segundo Koste & Malhotra (2000), pode ser decorrente do número de horas de treinamento dos trabalhadores, que no Japão é de 380,3 horas contra 46,4 nas empresas americanas. Isto demonstra o nível de desenvolvimento da mão-de-obra entre a produção japonesa e americana.

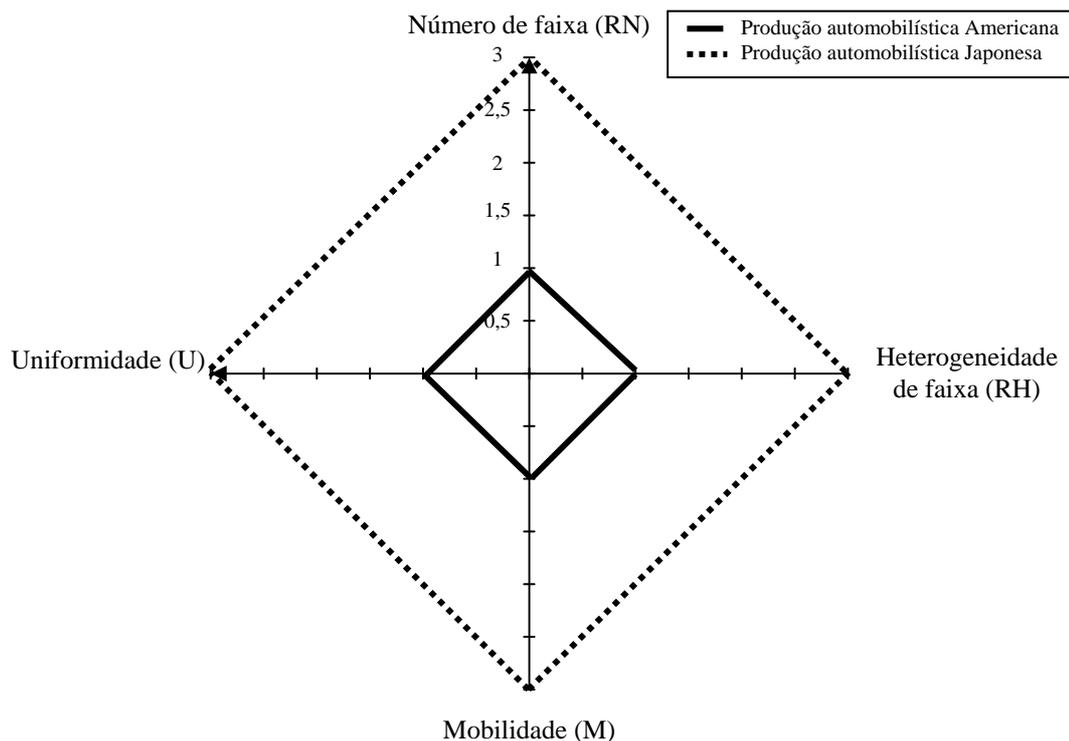


Figura 3.18 – Flexibilidade mão-de-obra da produção automobilística Americana e Japonesa (KOSTE & MALHOTRA, 2000).

No caso da flexibilidade de *mix* de produtos, demonstrado na figura 3.19, observa-se que a produção japonesa possui melhor desempenho em três dos quatro elementos. Este desempenho é reflexo da flexibilidade da produção, como por exemplo, empresas americanas fabricam quarenta e cinco modelos anualmente em quarenta e duas plantas contra oitenta e

cinco das japonesas fabricados em vinte plantas, demonstrando o alto número de modelos por planta (R-N) o que, conseqüentemente, eleva a heterogeneidade (R-H) da produção japonesa.

Segundo Koste & Malhotra (2000), o desempenho maior da produção japonesa no elemento mobilidade (M) é decorrente do rebalanceamento das linhas de produção, que no Japão é realizado doze vezes por ano contra apenas três vezes nas americanas.

O menor número de realinhamento da produção realizado pela produção americana não implica a qualidade dos automóveis, fazendo com que o elemento uniformidade (U) seja igual para os dois processos de produção.

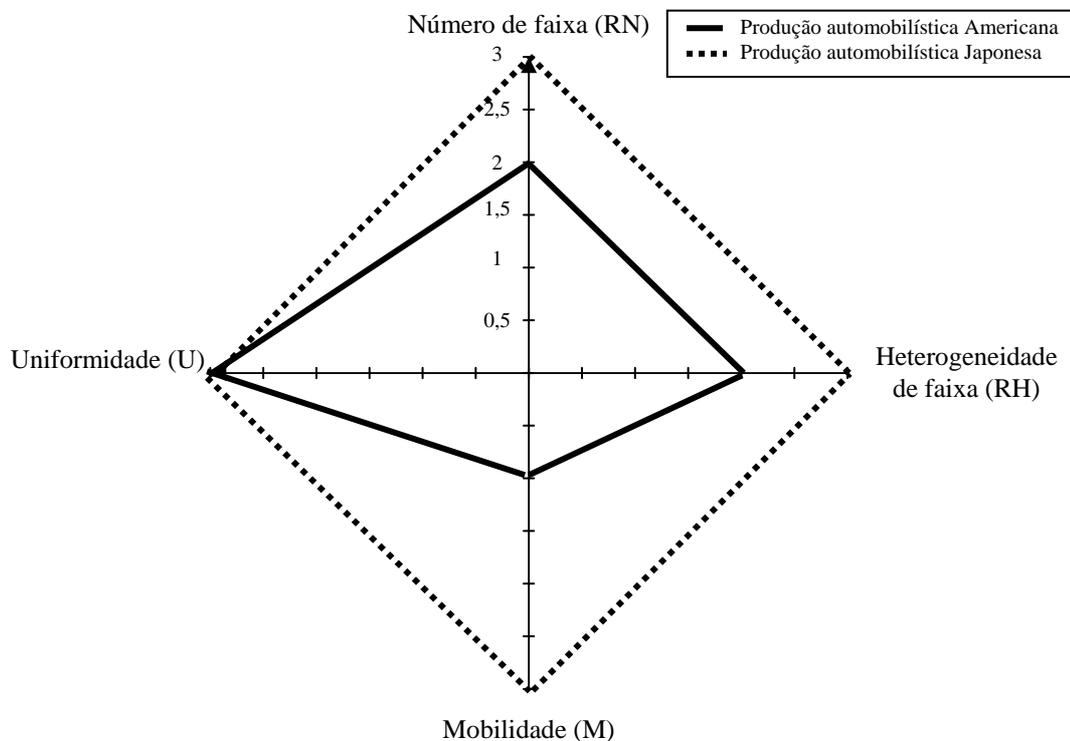


Figura 3.19 – Flexibilidade *mix* da produção automobilística Americana e Japonesa (KOSTE & MALHOTRA, 2000).

A figura 3.20 a seguir apresenta a situação da flexibilidade de novos produtos em que, novamente, a produção japonesa possui desempenho superior em três dos quatro elementos.

Mesmo com maior número (R-N) de novos produtos introduzidos no mercado por ano (aproximadamente 5 por ano *versus* 1 por ano das americanas), a produção japonesa possui uma baixa heterogeneidade (R-H) nos modelos, inversamente o que acontece nas americanas.

Para analisar o elemento mobilidade (M), foi considerado o tempo de desenvolvimento de produtos, constatando o melhor desempenho da produção japonesa, desenvolvendo um

novo produto em aproximadamente 46,2 meses, representando um tempo de 23% menor que as americanas (60,4 meses).

O baixo desempenho da uniformidade (U) no desenvolvimento dos produtos nas empresas americanas faz com que em cada dois produtos desenvolvidos um sofra atraso de entrega e para cada novo produto introduzido no desenvolvimento ocorre um acréscimo de cinco meses no tempo total de entrega. A experiência japonesa, em pequenas mudanças, contribui na redução do número de atraso no desenvolvimento de novos produtos, resultado em apenas um atraso para cada 6 produtos desenvolvidos.

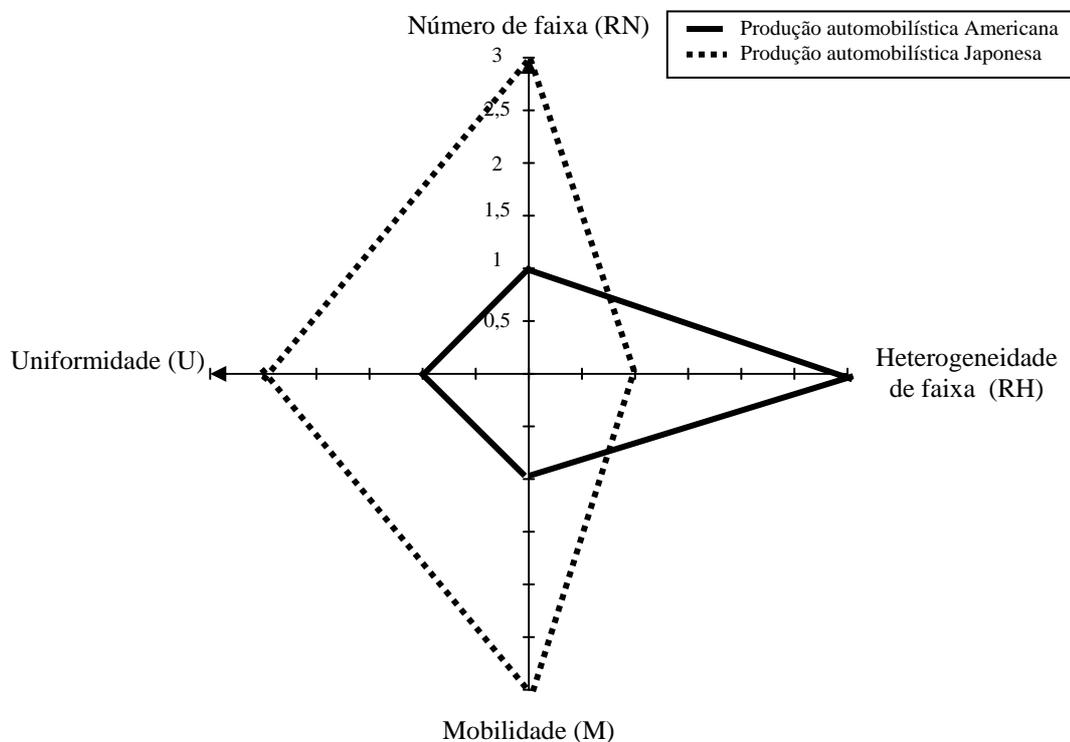


Figura 3.20 – Flexibilidade de novo produto da produção automobilística Americana e Japonesa (KOSTE & MALHOTRA, 2000).

A flexibilidade de modificação é abordada por meio da análise das opções de modificações dos automóveis oferecidos pelas empresas (figura 3.21 a seguir). Neste caso, ocorre uma similaridade em 3 elementos: mobilidade (M), uniformidade (U) e heterogeneidade de faixa (R-H), diferenciando no elemento número de modificações (R-N), com superior desempenho da produção americana situada no nível 3 enquanto que os japoneses no nível 2. Segundo Koste e Malhotra (2000), a limitação no número de alteração para as empresas japonesas pode ser decorrente da adaptação da produção sofrida após a II

Guerra Mundial, em que a produção era limitada quanto ao número de opções para os clientes.

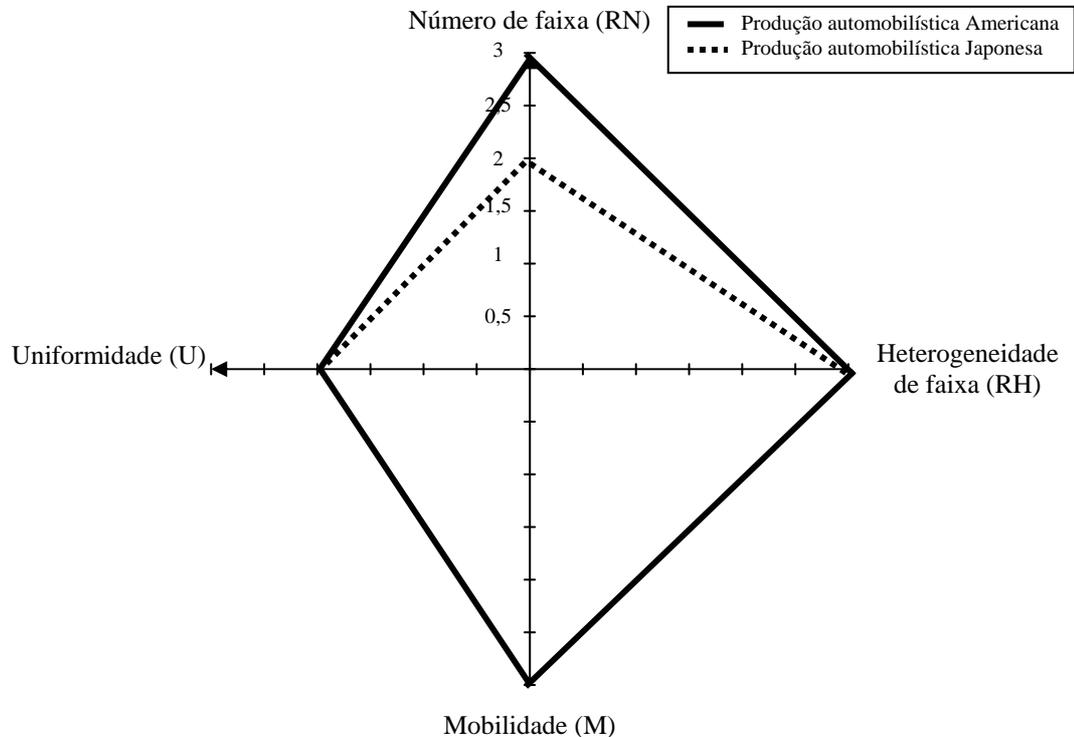


Figura 3.21 – Flexibilidade de modificação produto da produção automobilística Americana e Japonesa (KOSTE & MALHOTRA, 2000).

3.4.1 Modelo de mensuração da flexibilidade na manufatura

Koste & Malhotra (2000) comparam a flexibilidade com a qualidade, afirmando que para melhorar a capacidade da manufatura frente a estes itens é necessário mensurá-la. De Toni & Tonchia (1998) concluíram que a mensuração da flexibilidade ainda é para a academia e para os ciclos marginais um item em desenvolvimento.

Upton (1995) *apud* Koste & Malhotra (2001) observam que “há dez ou quinze anos atrás, a qualidade estava na mesma situação que a flexibilidade hoje: vaga e difícil de melhorar, e ainda de compreensão crítica”. A idéia de iniciar pela mensuração é reforçada por Kaplan (1997), afirmando que “o que não é medido não é gerenciado”. O autor também afirma que as empresas que quiserem sobreviver devem gerenciar suas organizações por meio de sistemas de gestão e medição de desempenho derivado das estratégias e capacidades.

Olhager & West (2002) notaram que havia poucos estudos relacionando perspectivas de mercado e flexibilidade da manufatura. Em função desta percepção, realizam uma adaptação da metodologia do desdobramento da função qualidade - QFD (*Quality Function Deployment*) para relacionar a flexibilidade de manufatura com os requisitos de mercado.

Esta adaptação da estrutura do QFD, chamada de desdobramento da flexibilidade de manufatura (MFD), tem como objetivo desenvolver a flexibilidade e necessidade dos clientes dentro das variações dos sistemas de manufatura, agregando e detalhando o termo flexibilidade, tendo como estrutura central a casa de qualidade – HoQ (*House of Quality*), demonstrado na figura 3.22 a seguir.

A seqüência de utilização da tabela descrita na figura 3.22, segue a numeração (1 a 8), iniciando com as necessidades e expectativas dos clientes, traduzida em diferentes *habilidades* (passo 1) e que geralmente são prioridades competitivas suportadas pelos sistemas de manufatura flexíveis: qualidade, velocidade de entrega, confiabilidade de entrega, custo, faixa de produtos e inovações.

Destas habilidades inseridas na HoQ, algumas possuem maior importância do que outras, como por exemplo, habilidades ganhadoras de pedidos e habilidades qualificadoras, que estão inseridas no item 2 - *importância relativa* (passo 2). Para maior competitividade é utilizado *benchmarks* baseado na *percepção dos clientes* (passo 3) sobre uma boa companhia. Olhager & West (2002) enfatizam que para uma empresa competir em uma ou várias prioridades - O que -, é necessário enfatizar certas *características de flexibilidade* (passo 4) - como - em ordem para construir suporte às capacidades, neste caso representado por três dimensões de flexibilidade: volume, *mix* e novos produtos.

Cada dimensão de flexibilidade foi dividida em três dimensões: faixa, que representa o espaço da ação medida, resposta, que representa o tempo e custo necessário para transferir dentro do espaço de uma ação e finalmente, extensão, que representa o tempo e custo necessário para mudar de espaço da ação, como por exemplo expandir ou contrair.

Para determinar como as habilidades (prioridades competitivas) são relacionadas com as características de flexibilidade, deve-se completar a *matriz de relacionamento* (passo 5). Outro importante relacionamento é a correlação entre as nove características de flexibilidade, chamada de matriz de *correlação* (passo 6) localizada na parte superior da HoQ.

Com objetivo de entender e melhorar a “performance”, a empresa necessita estabelecer rigorosa *mensuração dos objetivos* (passo 7). Embora esta mensuração seja específica do sistema de manufatura, dificulta a comparação com os concorrentes, por este

motivo Olhager & West (2002) definem a *mensuração do alvo* (passo 8) que a empresa deve apontar.

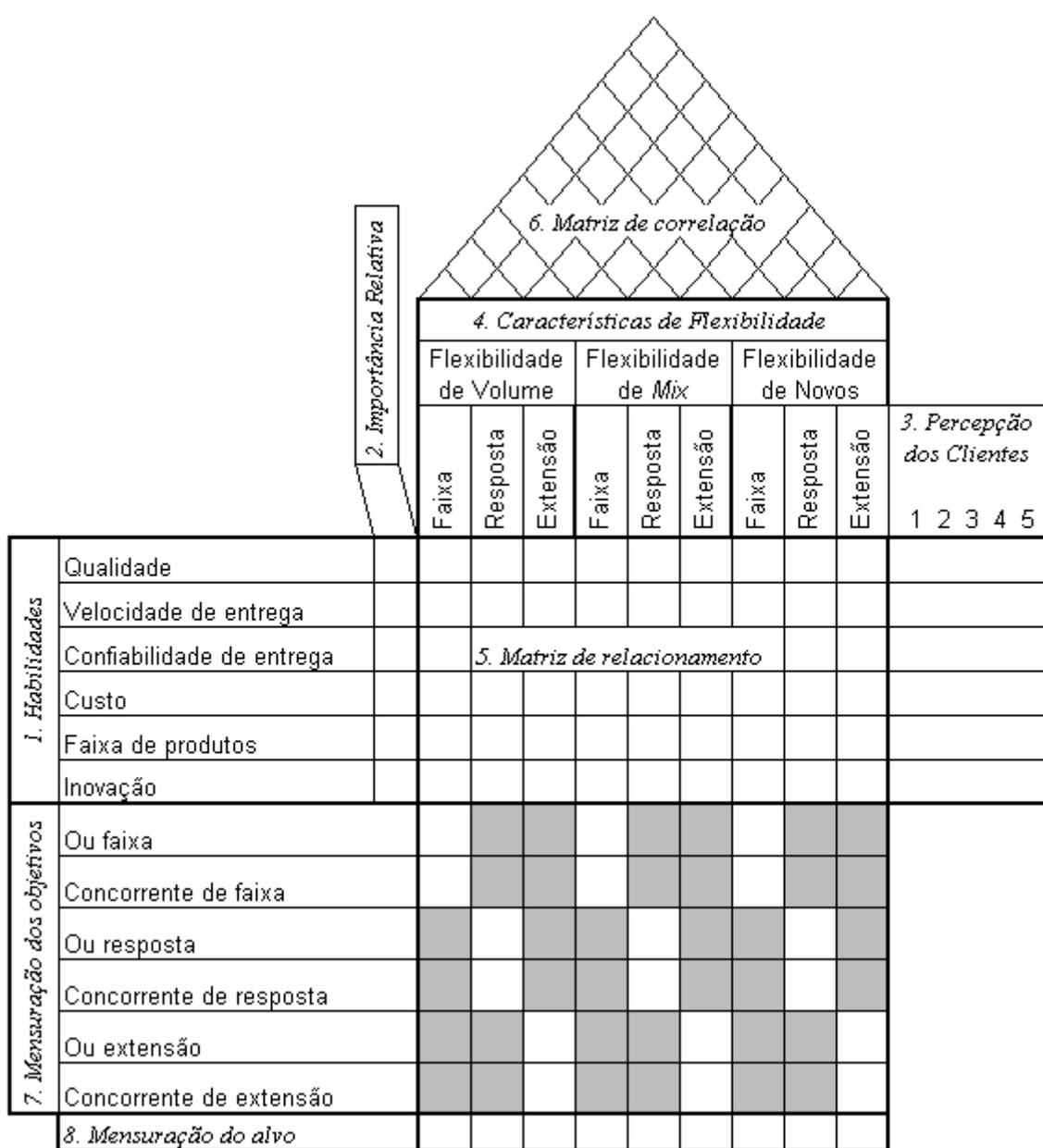


Figura 3.22 – HoF - relacionando habilidades e características de flexibilidade (OLHAGER & WEST, 2002).

3.5 Considerações Finais do Capítulo

As mudanças do mercado causadas pelo rompimento de barreiras comerciais entre países e a globalização exigiram nova postura competitiva das organizações, gerando incertezas e dificultado o planejamento e gerenciamento da manufatura.

Decorrente do aumento da competitividade no mercado, a manufatura está sendo considerada um diferencial estratégico para a organização no sentido de reagir às mudanças e incertezas do mercado. Com isso, a literatura enfatiza a importância do desenvolvimento de estratégias e ferramentas para auxiliar na evolução da flexibilidade da manufatura.

A flexibilidade pode ser utilizada pelo empresário como apoio na prospecção de novos mercados, por meio de alterações nos produtos, desenvolvimento de lotes piloto etc. Também pode ser utilizada para sentir o mercado, procurando responder a questões como: Qual a reação do mercado ao entregar o produto antes do prazo?

A flexibilidade pode dar suporte para gerar mais flexibilidade, como por exemplo em treinamentos voltados para melhoria da flexibilidade. Para que o funcionário se ausente de sua função, é necessário que alguém mantenha seu posto de trabalho. Esta substituição exige flexibilidade do funcionário que assumirá o posto de trabalho durante o treinamento do funcionário responsável.

O que se encontra em algumas manufaturas brasileiras é uma certa acomodação dos gestores, no sentido de criar uma filosofia de sempre reagir à situação. Geralmente a manufatura trabalha no limite de sua capacidade produtiva, seja por restrições orçamentárias ou por desorganização. A impressão que se tem é de que a manufatura está sempre “correndo atrás da máquina e apagando incêndios corporativos”. Os gestores pouco se dedicam em gerenciar propriamente dito, passam a maior parte do tempo em reuniões, tentando desenvolver soluções para o que já aconteceu, deixando para pensar no que vai acontecer, quando acontecer.

A flexibilidade pode gerar novos parâmetros para os clientes, como por exemplo na entrega de produtos. Ao entregar o produto antes do prazo determinado, pode gerar uma expectativa de que os produtos serão sempre entregues neste novo prazo, conforme ilustrado na figura 3.23.

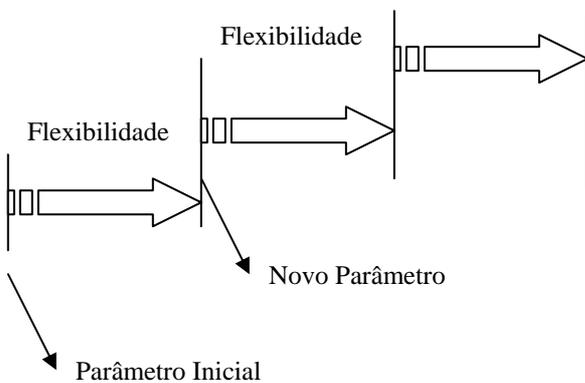


Figura 3.23 – Parâmetros gerados pela flexibilidade

A implantação de uma manufatura mais flexível pode ser comparada com a implantação de sistemas de qualidade. No início, houve uma grande resistência dos gerentes de produção, porque isto implicaria mais trabalho, além dos habituais do dia-a-dia. O aumento da flexibilidade acarreta mais controles, aumento de variáveis, aumento do risco. O que pode ser uma solução para esta barreira, é a horizontalização das organizações, para que a responsabilidade não seja concentrada apenas nos gerentes.

Outro fator que dificulta a implantação de uma flexibilidade eficiente, é o fato de alguns gestores de manufatura de empresas brasileiras afirmarem que são flexíveis por terem a capacidade de mudar produtos da linha de produção, customizar produtos, encaixar novo pedido no meio da produção etc.

Esta percepção dos gestores das empresas pode estar equivocada, pois geralmente não possuem indicadores de desempenho eficientes e não analisam o impacto desta “flexibilidade” no desempenho do processo produtivo.

As dimensões da flexibilidade devem ser identificadas para cada tipo de empresa, dependendo do ramo de atuação. A importância da cada dimensão pode variar, como por exemplo, flexibilidade de produto não tem a mesma importância para empresa que trabalha com *commodity* de outra do ramo de sob encomenda.

O desmembramento da flexibilidade em recursos realizado por Slack (1993) é importante sob a ótica do gerenciamento diário da manufatura, porque os gestores não gerenciam diretamente a flexibilidade, mas os recursos disponíveis.

A facilidade de desenvolver a flexibilidade pode ser influenciada pelo ramo de atuação, localização e recursos envolvidos, com por exemplo, empresas do ramo de confecções localizadas nas cidades de Blumenau, Brusque e Gaspar, no vale do Rio Itajaí Açu, no Estado de Santa Catarina. Em função de estarem situadas em um pólo têxtil, possuem flexibilidade de mão-de-obra, matéria-prima e equipamento. Analisando outra situação de uma empresa de confecções localizada no sul do mesmo estado, em região com pouca característica têxtil, possui apenas flexibilidade de mão-de-obra.

Baseado nas afirmações de Slack (1993), que citava a importância da flexibilidade dos recursos (tecnologia, mão-de-obra e redes de suprimentos) para a flexibilidade da operação total, bem como nas pesquisas de Suarez *et al.* (1996) que classificaram as dimensões da flexibilidade em internas e externas e Parker & Wirth (1999) que analisaram as correlações entre as dimensões da flexibilidade, será apresentado, no próximo capítulo, um modelo que visa à melhoria da flexibilidade da manufatura.

Este modelo pretende preencher uma lacuna representada pela falta de modelos voltados para a melhoria da flexibilidade de manufatura, baseados em variáveis de domínio dos gestores, como por exemplo tecnologia, suprimentos e recursos organizacionais.

CAPÍTULO 4 – MODELO PROPOSTO

Neste capítulo, será apresentada a proposta de um modelo que visa à identificação de potenciais de melhoria da flexibilidade da manufatura, por meio da análise da relação entre as dimensões da flexibilidade e seus recursos envolvidos.

4.1 Apresentação do Modelo

Basicamente o modelo trabalha com três grupos de variáveis vinculadas à flexibilidade, sendo o primeiro grupo composto das dimensões externas da flexibilidade, o segundo apresenta as dimensões internas da flexibilidade e o terceiro as variáveis vinculadas às atividades do processo produtivo.

De modo geral, neste modelo considera-se que as atividades do processo produtivo contribuem ou restringem o nível de flexibilidade das dimensões internas e, conseqüentemente, que estas dimensões influenciam o desempenho das dimensões externas da flexibilidade.

A figura 4.1 demonstra graficamente as correlações entre as variáveis que serão analisadas por meio do modelo proposto.

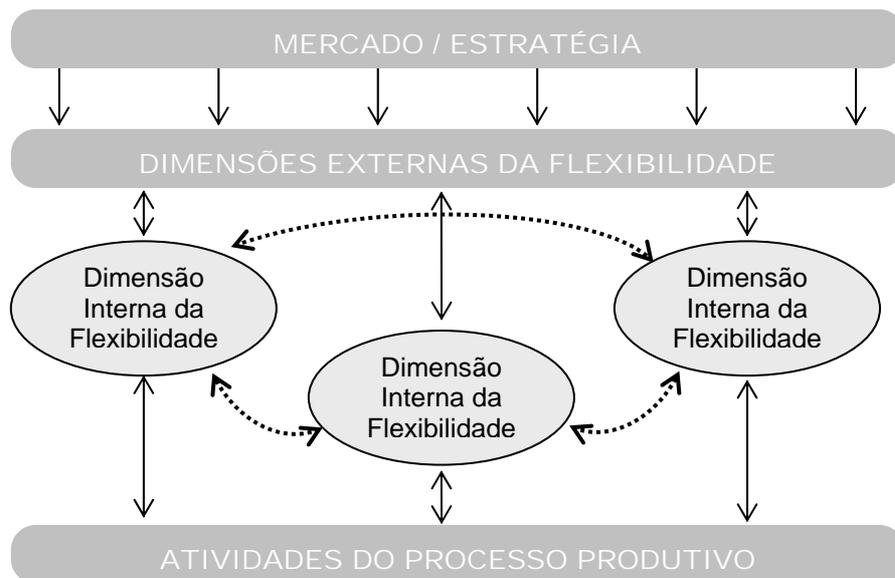


Figura 4.1 - Demonstração gráfica das correlações entre as variáveis vinculadas à flexibilidade.

A utilização da sistemática inicia-se pela definição das dimensões externas a serem analisadas. Esta definição pode ser orientada pelo grau de importância dos clientes em relação às dimensões externas da flexibilidade ou por meio de definições estratégicas, dos gestores da empresa, de quais dimensões externas serão analisadas no modelo.

Seguindo a lógica do modelo, identifica-se a correlação entre as dimensões externas e internas da flexibilidade. Este último grupo de dimensões será utilizado para identificar sua correlação com as atividades do processo produtivo, por meio dos recursos de cada atividade.

Para finalizar, o levantamento de dados do modelo realiza a correlação entre as dimensões internas da flexibilidade, que é um fator importante para os gestores da manufatura e mencionado pelos autores na revisão bibliográfica. Neste último passo, o modelo procura identificar a correlação entre as dimensões internas da flexibilidade com o objetivo de mapear e disponibilizar informações para o gerenciamento dos *trade-offs* existentes.

O modelo é composto de 8 etapas, apresentadas a seguir, e que serão detalhadas posteriormente:

- Etapa 1- Definição do mercado, produto e processo produtivo;
- Etapa 2 – Formação e preparação da equipe de trabalho;
- Etapa 3 – Identificação das variáveis do processo produtivo: dimensões internas e externas da flexibilidade e atividades do processo produtivo;
- Etapa 4 – Levantamento dos recursos das atividades;
- Etapa 5 – Correlação entre as dimensões externas e internas da flexibilidade;
- Etapa 6 – Correlação entre as dimensões internas da flexibilidade e atividades do processo produtivo;
- Etapa 7 – Correlação entre dimensões internas da flexibilidade;

- Etapa 8 – Análise conjunta dos dados.

A figura 4.2 apresenta o fluxograma das etapas do modelo proposto.

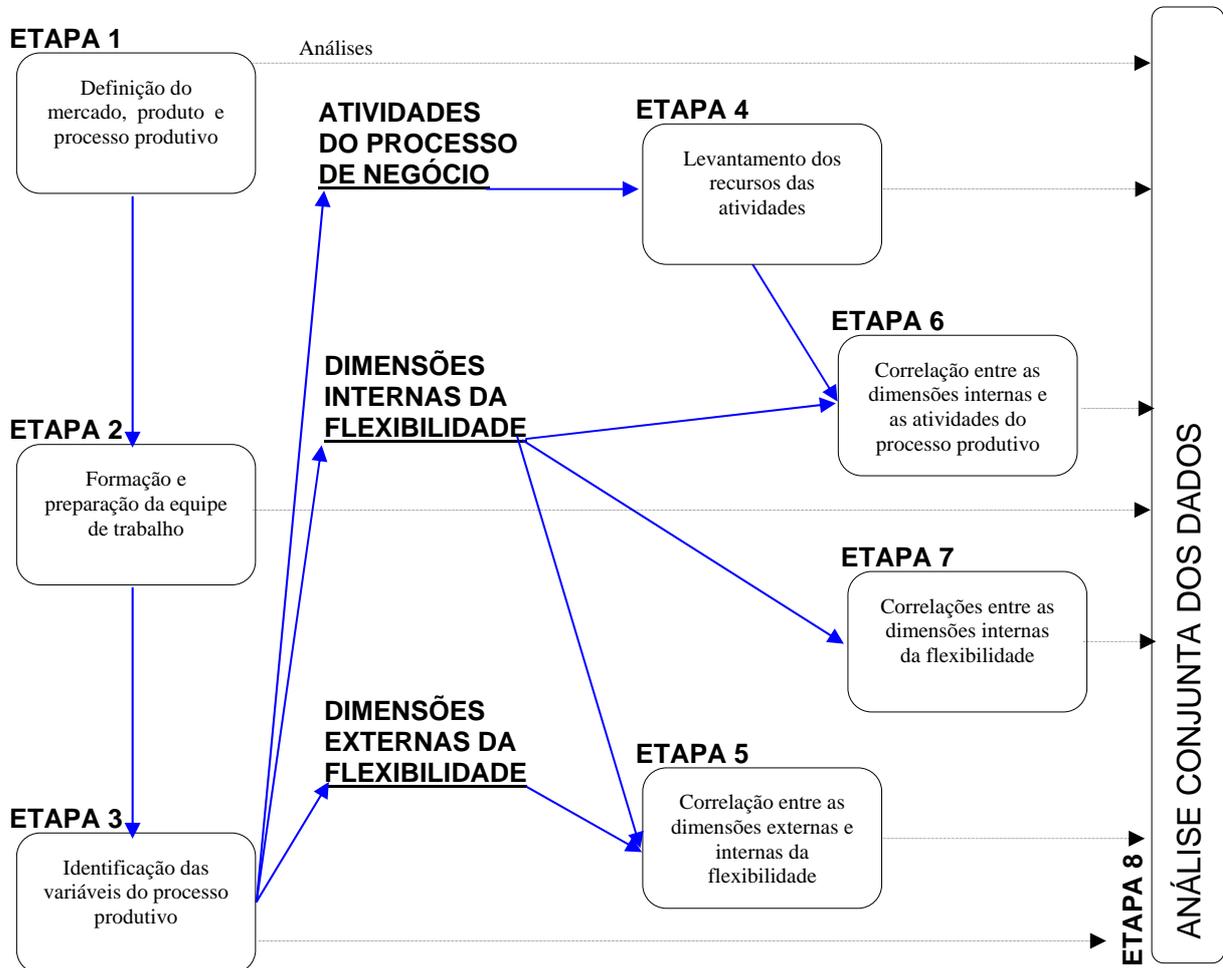


Figura 4.2 – Fluxograma das etapas do modelo proposto.

4.2 Descrição das Etapas do Modelo

A seguir, serão apresentadas e detalhadas todas as etapas do modelo, visando a sua melhor compreensão.

A seqüência das etapas é uma proposta que poderá ser alterada em função das características e necessidades da empresa.

4.2.1 Etapa 1- Definição do mercado, produto e processo produtivo

Nesta etapa, será segmentada a atuação comercial da empresa, com objetivo de definir o mercado a ser analisado, bem como um produto alvo e seu processo produtivo. Esta etapa

também servirá para orientar na delimitação das variáveis a serem trabalhadas neste modelo, tais como: atividades do processo produtivo, produtos, equipamentos e recursos organizacionais, que serão detalhadas no decorrer do modelo.

Na figura 4.3 está apresentado um esquema de segmentação da atuação da empresa, separando em mercados, produtos e processos produtivos.

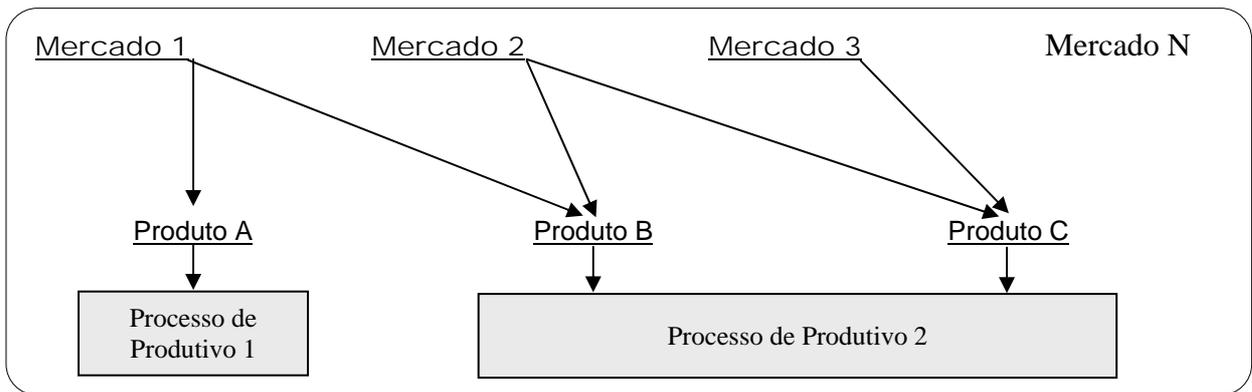


Figura 4.3 – Segmentação de mercado, produtos e processos produtivos.

A segmentação da atuação da empresa, apresentada no esquema da figura 4.3, pretende demonstrar que um produto pode atender a vários mercados, respeitando as necessidades de cada um, e que um processo produtivo pode atender a vários mercados por meio de diversos produtos. Isto exige flexibilidade do processo produtivo, pois o mesmo produto pode sofrer mudanças para satisfazer as necessidades de cada mercado.

Assim, no sentido de contribuir para a determinação do mercado-alvo, orienta-se que seja preenchido, inicialmente, o quadro representado pela figura 4.4.

| Mercado | Descrição do mercado | Produtos | Percentual do Faturamento |
|----------------|-----------------------------|-----------------|----------------------------------|
| | | | |
| | | | |
| | | | |

Figura 4.4 – Quadro para levantamento de mercados e produtos da empresa.

Caso a empresa não possua uma definição clara dos mercados em que atua, a segmentação do mercado pode ser iniciada pela segmentação dos produtos, utilizando critérios como:

- produtos com familiaridade de processo;

- produtos com características semelhantes;
- produtos com objetivos estratégicos semelhantes etc.

Se a empresa produz apenas um produto, com poucas variações entre os mercados, segue-se direto para a Etapa 2, desconsiderando o preenchimento da matriz representada pela figuras 4.5. Pode-se considerar, neste caso, que a empresa atua num único mercado.

Caso a empresa atue em vários mercados, sugere-se que a mesma selecione apenas um mercado que pretenda analisar. O mercado a ser selecionado pode ser delimitado pelas características e necessidades de cada segmento, a que a empresa atende ou pretende atender.

O estabelecimento do mercado a ser analisado poder ser realizado com o auxílio da matriz contida na figura 4.5.

| <i>Critérios de Competitividade</i> | Grau de Importância do Critério | MERCADOS | | | | | TOTAL |
|-------------------------------------|----------------------------------------|-----------------|-------------------------------------------------------|-----------|-----|-----------|--------------|
| | | Mercado 1 | Mercado 2 | Mercado 2 | ... | Mercado N | |
| Critério 1 | ● | ● | | | | | |
| Critério 2 | ● | ● | | | | | |
| Critério 3 | ● | ● | Situação dos MERCADOS em relação aos critérios | | | | |
| ... | ● | ● | | | | | |
| Critério N | ● | ● | | | | | |
| Somatório dos pontos | | ↓ | | | | | |
| Distribuição percentual | | | | | | | 100% |

Figura 4.5 – Matriz para determinação do mercado a ser analisado.

Para o entendimento da matriz contida na figura 4.5 são utilizados os seguintes itens:

- Critérios de competitividade – definidos como critérios estratégicos de avaliação do desempenho da empresa. Como por exemplo: ameaça da concorrência do mercado interno, ameaça da concorrência do mercado externo, possibilidade de expansão do mercado, impacto ambiental, vantagem estratégica em estar em determinado mercado, lucratividade, satisfação dos clientes, faturamento entre outros;

- Grau de Importância do Critério – é o grau de importância definido pelos gestores da empresa. Para definir o grau de importância, serão atribuídos pesos que variam de zero a dez para cada critério, em que zero representa nenhuma importância e dez a máxima importância para a empresa. Esta definição pode ser orientada por ferramentas como *benchmarking* ou a Técnica de Mudge – Avaliação Numérica de Relações Funcionais, que podem ser estudadas em Zapelini (2002) e Csillag (1995), respectivamente;
- Mercados – representam os mercados em que a empresa atua, como por exemplo: países do Mercosul, mercado interno, Europa, terceirizações ou delimitado por tipo de produto;
- Situação dos mercados em relação aos critérios – nesta área será alocada a situação ou posicionamento do mercado em relação a cada critério, seguindo os pesos contidos na figura 4.6. Para o preenchimento da matriz (ver figura 4.5) realiza-se a seguinte questão: Qual a situação ou posição do mercado “X” em relação com critério “Y”? Como por exemplo: Qual a situação/posição do mercado “interno em relação” ao critério “satisfação dos clientes”?

| Situação/Posição | Peso |
|-------------------------|-------------|
| <i>Favorável</i> | 1 |
| <i>Moderada</i> | 3 |
| <i>Crítica</i> | 9 |

Figura 4.6 – Pesos para correlações.

Mesmo que a situação ou posição de um mercado esteja favorável em relação a um determinado critério, os gestores da empresa podem determinar que este mercado ainda necessita de melhorias.

A determinação do mercado a ser analisado será orientada pelo somatório do produto entre o grau de importância do critério e a situação/posição do mercado, ou seja, o mercado que possuir o maior valor no somatório dos pesos é o que necessita ser analisado, pois está em desvantagem competitiva ou está em situação crítica, nos critérios considerados (ver última linha da figura 4.5).

Depois de definido o mercado, inicia-se a escolha do produto, dentro deste mercado selecionado, que será analisado e que orientará o mapeamento do processo produtivo a ele vinculado.

A sistemática é semelhante à utilizada na determinação o mercado alvo (figura 4.5) e será auxiliada pela matriz contida na figura 4.7.

| | | PRODUTOS | | | | | |
|-------------------------------------|----------------------------------------|-----------------|-----------|-----------|-----|-----------|------|
| <i>Critérios de Competitividade</i> | Grau de Importância do Critério | Produto 1 | Produto 2 | Produto 3 | ... | Produto N | |
| | | Critério 1 | ● | ● | | | |
| Critério 2 | ● | ● | | | | | |
| Critério 3 | ● | ● | | | | | |
| ... | ● | ● | | | | | |
| Critério N | ● | ● | | | | | |
| Somatório dos pontos | | ↓ | | | | | |
| Distribuição percentual | | | | | | | 100% |

Figura 4.7 – Matriz para seleção do produto a ser analisado.

Os elementos que compõem a matriz contida na figura 4.6, são:

- Critérios de competitividade – são critérios estratégicos de avaliação do desempenho do produto dentro e fora da empresa. Como por exemplo, internamente, podem-se citar critérios como: facilidade de produção, reaproveitamento da matéria-prima, fornecimento da matéria-prima, lucratividade etc. Como exemplo de critérios de competitividade externa citam-se: ameaça da concorrência do mercado interno, ameaça da concorrência do mercado externo, possibilidade de expansão das vendas no mercado, impacto ambiental, vantagem estratégica do produto, satisfação dos clientes etc;
- Grau de Importância do Critério – é o grau de importância definido pelos gestores da empresa. Para definir o grau de importância, serão atribuídos pesos que variam de zero a dez para cada critério, em que zero representa nenhuma importância e dez a máxima importância para a empresa. Da mesma forma, também poderão ser utilizadas

ferramentas como *benchmarking* ou a Técnica de Mudge – Avaliação Numérica de Relações Funcionais, lembrando que podem ser estudadas em Zapelini (2002) e Csillag (1995) respectivamente;

- Produtos – são os produtos que a empresa oferece para o mercado em análise;
- Situação do produto em relação ao critério – Nesta área, será alocada a situação ou posição do produto em relação a cada critério, seguindo os pesos contidos na figura 4.6. Para o preenchimento, realiza-se a seguinte questão: Qual a situação/posição produto “X” em relação ao critério “Y”? Como por exemplo: Qual a situação/posição do “produto 1” em relação à “lucratividade”?

A seleção do produto a ser analisado é semelhante à sistemática utilizada para a definição do mercado alvo, ou seja, será orientada pelo somatório da multiplicação entre o grau de importância do critério e a situação/posição do produto em relação ao critério. O produto da empresa que possuir o maior valor no somatório de pontos é o que necessita ser analisado, pois está com deficiência competitiva ou necessita de melhorias estratégicas (resultado obtido na última linha da figura 4.7).

Esta etapa é finalizada com a identificação do processo produtivo responsável pela fabricação do produto selecionado.

Orienta-se que, inicialmente, o modelo deve ser aplicado em processos simples para que as pessoas envolvidas na análise (e.g. gerentes, supervisores e diretores) entendam a sistemática e para que os resultados sejam observados em curto espaço de tempo, motivando-os para novas aplicações.

Como esta primeira etapa é de caráter estratégico, deverá ser realizada pelos gestores da empresa.

4.2.2 Etapa 2 – Formação e preparação da equipe de trabalho

Após a identificação do processo produtivo a ser analisado, inicia-se a escolha da equipe para implantação do modelo. A equipe deve ser formada, no mínimo, por uma pessoa de cada setor em que o processo a ser analisado possui contato. Estas pessoas podem ser gerentes, supervisores ou funcionários com conhecimentos mais profundos dos processos em análise.

Antes de iniciar os trabalhos da equipe, será realizado pelos gestores da empresa um repasse das diretrizes do trabalho aos componentes do grupo, disponibilizando informações como: objetivos do trabalho, resultados esperados, apresentação dos componentes da equipe, planejamento das atividades, definição do coordenador etc. Para a definição do coordenador, orienta-se que seja realizada pelos componentes da equipe, reduzindo a sensação de imposição pelos gestores.

Após o repasse das diretrizes, deverá ser realizado um nivelamento do conhecimento dos componentes da equipe sobre temas como: visão de processos, conceitos de flexibilidade e conceitos de qualidade para os clientes. Este repasse poderá ser realizado por algum funcionário que detenha tais conhecimentos ou por consultores externos.

No sentido de tornar o trabalho uma sistemática de melhoria contínua, orienta-se que cada componente da equipe permaneça no máximo em dois trabalhos consecutivos e que sejam substituídos gradativamente, fazendo com que nos grupos sempre participem componentes que já tenham participado de outros trabalhos.

Cada componente, juntamente com o coordenador da equipe, deverá repassar aos funcionários do seu setor as diretrizes gerais do trabalho. Esta apresentação formal contribui para redução de informações equivocadas entre os funcionários da empresa.

Todas as etapas seguintes serão realizadas pela equipe ora formada, que poderá solicitar orientação externa à empresa, no sentido de conhecer e aplicar ferramentas específicas para soluções de problemas.

4.2.3 Etapa 3 – Identificação das variáveis do processo produtivo

Com a definição do mercado-alvo, do produto a ser analisado e a identificação do processo produtivo responsável pela fabricação do produto, realizado na Etapa 1, inicia-se a identificação e a análise das variáveis vinculadas ao referido processo produtivo.

Esta etapa também tem como objetivo homogeneizar o nível de conhecimento de cada componente da equipe em relação aos setores envolvidos na implantação do modelo, como por exemplo, fazer com que os componentes que trabalham nas máquinas da produção conheçam detalhadamente o almoxarifado onde são dispostas as ferramentas de reposição, pois a falta de afinidade entre estes setores pode limitar a flexibilidade da manufatura.

Para melhor analisar as variáveis envolvidas no processo produtivo, as mesmas foram divididas em dois grupos: variáveis externas e internas.

As variáveis externas ou características e atributos do produto (bem ou serviço) percebidos pelo mercado, são representadas pelas dimensões externas da flexibilidade. É a partir delas que a empresa pode traduzir as necessidades dos clientes em um grau de importância de cada tipo de flexibilidade. Serve também de parâmetro para comparação de desempenho com concorrentes, como por exemplo, a flexibilidade de entrega pode ser uma necessidade dos clientes ou um parâmetro para medir a competitividade da empresa frente à concorrência. As dimensões externas da flexibilidade, em conjunto com outras características do produto são avaliadas pelos clientes, para determinar a compra ou não do produto.

O método para determinação do grau de importância de cada dimensão externa será determinado pela equipe de trabalho, respeitando as restrições de tempo e recursos da empresa. Para a definição do grau de importância das dimensões externas, sugerem-se pesquisas com os clientes mais representativos, filtrando-os por meio de métodos, como por exemplo curva ABC de vendas. O grau de importância identificado nesta etapa será inserido na matriz contida na figura 4.11 da Etapa 5.

Como exemplo de dimensões externas da flexibilidade pode-se citar:

- flexibilidade de volume;
- flexibilidade de *mix*;
- flexibilidade de novos produtos;
- flexibilidade de entrega;
- flexibilidade de inovação do produto;
- flexibilidade de alteração de produtos.

Por sua vez, as variáveis internas são dispostas em dois grupos:

- dimensões internas da flexibilidade – representam a de ligação entre dimensões externas percebidas pelos clientes ou definidas pelos gestores e as atividades do processo produtivo (ver figura 4.1). A definição das dimensões internas da flexibilidade deve considerar as características do processo produtivo identificado na Etapa 1. Como por exemplo, em uma confecção, a característica flexível das máquinas de costura, em princípio, não prejudica o desempenho das dimensões externas da flexibilidade. Isto não acontece com a flexibilidade de roteamento, que pode limitar fortemente o desempenho das dimensões externas da flexibilidade. Por isto, a equipe de trabalho deve escolher as dimensões internas que, segundo sua percepção, mais influenciam as dimensões externas. O grau de

influência das dimensões internas da flexibilidade sobre as dimensões externas será definido na Etapa 5.

Como exemplo de dimensões internas da flexibilidade, citam-se:

- flexibilidade de máquina;
 - flexibilidade de operação;
 - flexibilidade de inovação do processo;
 - flexibilidade de sequenciamento;
 - flexibilidade de roteamento.
- atividades do processo produtivo – serão consideradas apenas as atividades diretamente vinculadas ao processo produtivo em análise e ao produto definido na Etapa 1 (figura 4.7), limitado-se aos setores com maior influência na manufatura. A definição das atividades será realizada por meio do mapeamento do processo, considerando suas características. Em um processo que possuir operações com características semelhantes ou com o mesmo objetivo específico, podem ser agrupadas em uma única atividade. Como por exemplo as operações da atividade de separar a matéria-prima da ordem de produção (verificar qualidade da matéria prima, organizar no *pallet* e enviar para a próxima atividade), podem ser agrupadas em uma atividade chamada preparação da matéria-prima (ver esquema na figura 4.8).

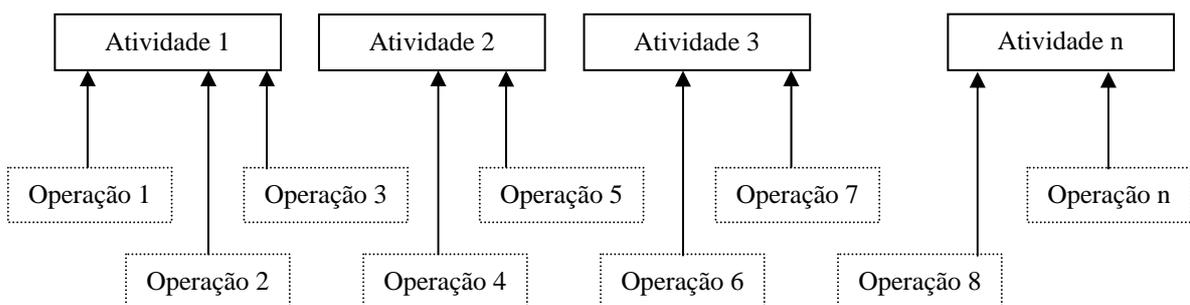


Figura 4.8 – Esquema representativo das atividades do processo produtivo.

Quando o processo contiver um número expressivo de atividades que possa prejudicar a análise, recomenda-se que as atividades com certo grau de semelhança sejam agrupadas em sub-processos, com isso favorecendo a análise.

As atividades levantadas, bem como suas operações, serão inseridas nas duas primeiras colunas do quadro (atividades e operações), representado pela figura 4.9, que será complementado na Etapa 4.

Ao final desta etapa, deverão estar definidas as dimensões externas e internas da flexibilidade, bem como as atividades do processo produtivo. Tais elementos serão utilizados nas próximas etapas do modelo. No decorrer da implantação, poderá surgir a necessidade de ajustes como retirada ou inserção de dimensões da flexibilidade e agrupamento ou divisão de atividades.

4.2.4 Etapa 4 – Levantamento dos recursos das atividades

Esta etapa tem como objetivo levantar e analisar os recursos utilizados pelas atividades no processo produtivo.

Para analisar, detalhadamente a relação das atividades do processo produtivo com as dimensões internas da flexibilidade e possibilitar ações de melhorias pontuais, sugere-se que sejam desmembrados os recursos utilizados pelas atividades em três grupos: tecnológico, organizacional e suprimentos:

- **recurso tecnológico** – representa as características físicas da manufatura como: tecnologia de máquina, automação, ferramentas, grau de integração entre as máquinas e capacidade de máquina;
- **recurso organizacional** – aborda questões voltadas para a habilidade dos recursos humanos envolvidos no processo produtivo, considerando fatores como desempenho, facilidade de treinamento e tecnologia utilizada para tratamento das informações;
- **recurso suprimentos** – para a análise deste recurso, considera-se a qualidade da matéria prima, disponibilidade e volume de matéria prima, pontualidade e relacionamento com fornecedor e sua capacidade de variar volumes e prazos.

Ao final desta etapa, a equipe de implantação deverá ter preenchido o quadro representado pela figura 4.9, que contém as características dos recursos de cada atividade.

| | | RECURSOS | | |
|-----------|-----------|-------------|-------------|----------------|
| Atividade | Operações | Tecnológico | Suprimentos | Organizacional |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |

Figura 4.9 – Descrição dos recursos das atividades.

4.2.5 Etapa 5 – Correlação entre as dimensões externas e internas da flexibilidade

O objetivo desta etapa é identificar a dimensão interna da flexibilidade que mais influencia negativamente no desempenho das dimensões externas da flexibilidade. Para isso, inicialmente será identificado o grau de correlação entre as dimensões externas e internas da flexibilidade, baseando-se para isso na percepção dos componentes da equipe de trabalho. A intensidade da correlação é definida qualitativamente pelo nível de influência que as dimensões internas da flexibilidade possuem no sentido de assegurar o desempenho das dimensões externas perante o mercado-alvo e também em relação aos concorrentes, ou seja, o quanto a dimensão interna limita o desempenho de determinada dimensão externa.

A pontuação da correlação varia conforme mostra a figura 4.10, onde o peso 0 (zero) significa que, na situação atual, a dimensão interna da flexibilidade não está limitando ou não possui correlação com o desempenho da dimensão externa. O peso 9, significa uma influência fortemente negativa da dimensão interna da flexibilidade sobre o desempenho da dimensão externa da flexibilidade.

Os valores do nível de influência (figura 4.10) serão inseridos nas células da matriz representada pela figura 4.11, onde na primeira coluna estão dispostas as dimensões externas da flexibilidade e na parte superior as dimensões internas da flexibilidade.

| Nível de Influência | Peso |
|----------------------------|-------------|
| Fortemente negativo | 9 |
| negativo | 3 |
| Não está limitando | 0 |

Figura 4.10 – Peso do nível de influência.

A figura 4.11 (a seguir) representa a matriz utilizada para determinação das correlações entre as dimensões internas e externas da flexibilidade. As dimensões externas e internas foram obtidas na Etapa 3, bem como o Grau de Importância das dimensões externas.

Para melhor compreensão do preenchimento da matriz de correlação de dimensões, representada pela figura 4.11, será descrita a sistemática em forma de exemplo.

| | | Dimensões Internas da Flexibilidade | | | | | Nível da influência negativa sobre as dimensões externas | |
|-------------------------------------|--------------------|-------------------------------------|--------------------|--------------------|-------------------|--------------------|----------------------------------------------------------|------------|
| | | Dimensão Interna 1 | Dimensão Interna 2 | Dimensão Interna 3 | ... | Dimensão Interna n | | |
| Dimensões Externas da Flexibilidade | Dimensão Externa 1 | 8 | 3 24 | 9 72 | | | $\Sigma DE_1 = 96$ | |
| | Dimensão Externa 2 | 2 | 9 18 | | | | $\Sigma DE_2 = 18$ | |
| | Dimensão Externa 3 | | | | | | | |
| | ... | | | | | | | |
| | Dimensão Externa n | | | | | | | |
| Peso relativo | | | $\Sigma DI_1 = 42$ | $\Sigma DI_2 = 72$ | $\Sigma DI_3 = 0$ | ... | $\Sigma DI_n = 0$ | 114 |
| % do peso relativo total | | | 36,8 % | 63,2 % | 0% | | 0% | 100% |

Figura 4.11 – Exemplo da matriz de correlação entre as dimensões internas e externas da flexibilidade.

Inicialmente, será alocado o grau de importância de cada dimensão externa da flexibilidade. Estes valores foram identificados na Etapa 3, mas, neste exemplo, os valores são hipotéticos. Posteriormente, aloca-se na metade superior da célula que representa o cruzamento da linha que representa a dimensão externa 1 com a coluna da dimensão interna 1 da flexibilidade, o nível de influência, respeitando os pesos da figura 4.10. Neste caso, o nível de influência foi 3, significando que a dimensão interna 1 possui influência negativa sobre o desempenho da dimensão externa 1.

Para orientar na determinação do nível de influência, pode-se realizar o seguinte questionamento: considerando a situação atual da manufatura da empresa, qual o nível de influência (valores retirados da figura 4.10) da dimensão interna “ X ” sobre o desempenho da dimensão externa “Y”?

Considera-se o conceito de flexibilidade adotado neste modelo como sendo a capacidade de mudar o que está sendo feito em curto espaço de tempo sem alterações consideráveis nos custos. Cabe ressaltar que o tempo da alteração e a faixa da mudança

devem ser determinados pela equipe, para cada processo produtivo, como por exemplo o tempo de entrega para empresas que produzem navios ou projetos de caldeiraria é diferente daquele de empresas que fabricam produtos repetitivos.

O próximo passo é o preenchimento da metade inferior da referida célula com o valor (nota) obtido por meio da multiplicação do grau de importância da dimensão externa da flexibilidade pelo respectivo nível de influência da dimensão interna sobre a dimensão externa. Neste exemplo, $8 \times 3 = 24$. Este procedimento se repete para todas as demais células da matriz, em que houver correlações entre as dimensões.

Para calcular o peso relativo total das correlações para cada dimensão interna, somam-se os valores (notas) de cada correlação. Neste exemplo, para a dimensão interna 1 será de 42 ($\Sigma DI_1 = 42$) e para a dimensão interna 2 será de 72 ($\Sigma DI_2 = 72$), o que representam 36,8 e 63,2%, respectivamente, do valor total dos pesos relativos (114 pontos).

A dimensão interna que mais influencia negativamente as dimensões externas da flexibilidade será aquela que apresentar maior percentual do peso relativo total (neste exemplo, é representada pela dimensão interna 2). Os valores percentuais de cada dimensão interna serão utilizados como grau de importância na figura 4.12 da Etapa 6.

Outra informação obtida por meio da tabela contida na figura 4.12 é o nível da influência negativa total das dimensões internas sobre cada dimensão externa, ou seja, podendo identificar qual a dimensão externa que mais está sendo influenciada negativamente pela dimensões internas.

Para cada tipo de manufatura, os resultados poderão ser diferentes. Por exemplo, nas empresas do ramo metal mecânico, mais precisamente nas produtoras de moldes para injeção de plásticos, a flexibilidade das máquinas (dimensão interna da flexibilidade) tem grande influência sobre o desempenho das dimensões externas da flexibilidade, o que em uma confecção, a flexibilidade da mão-de-obra (dimensão interna da flexibilidade) é a que, provavelmente, terá maior influência sobre as dimensões externas, pois neste último exemplo, as máquinas não necessitam de grandes ajustes para alteração de produto em produção.

4.2.6 Etapa 6 – Correlação entre as dimensões internas da flexibilidade e atividades do processo produtivo

Esta etapa tem como objetivo identificar o nível de influência dos recursos das atividades sobre o desempenho das dimensões internas da flexibilidade.

As dimensões internas da flexibilidade deverão ser as mesmas utilizadas na Etapa 5, e os recursos das atividades do processo produtivo foram identificados na Etapa 4 do modelo (figura 4.9). Nas duas primeiras colunas (lado esquerdo) da matriz representada pela figura 4.12, são inseridas as atividades do processo produtivo em análise e os três tipos de recursos utilizados pelas atividades (tecnológico, organizacional e suprimentos). Na parte superior da referida matriz serão dispostas as dimensões internas da flexibilidade, bem como seus pesos relativos identificados na Etapa 5 (última linha figura 4.11).

| | | Dimensões Internas da Flexibilidade | | | | | Peso relativo dos recursos em relação às atividades |
|------------------------------------------------------------------------------|-----------------|------------------------------------------|--------------|------------|-----|------------|-----------------------------------------------------|
| | | Dimensão 1 | Dimensão 2 | Dimensão 3 | ... | Dimensão n | |
| Atividades | Pesos Relativos | 0,368 | 0,632 | | | | |
| | Recursos | | | | | | |
| Atividade 1 | Tecnológico | 9 3,31 | 3 1,89 | | | | $\Sigma \text{Tec}_{\text{Atv1}} = 5,20$ |
| | Organizacional | | | | | | $\Sigma \text{Org}_{\text{Atv1}}$ |
| | Suprimentos | | | | | | $\Sigma \text{Sup}_{\text{Atv1}}$ |
| Atividade 2 | Tecnológico | 3 1,10 | | | | | 1,10 |
| | Organizacional | | | | | | |
| | Suprimentos | | | | | | |
| Atividade 3 | Tecnológico | | | | | | |
| | Organizacional | | | | | | |
| | Suprimentos | | | | | | |
| ... | Tecnológico | | | | | | |
| | Organizacional | | | | | | |
| | Suprimentos | | | | | | |
| Atividade n | Tecnológico | | | | | | |
| | Organizacional | | | | | | |
| | Suprimentos | | | | | | |
| Peso relativo dos recursos em relação às dimensões internas da flexibilidade | Tecnológico | $\Sigma \text{Tec}_{\text{Dim1}} = 4,41$ | 1,89 | 0 | | 0 | $\Sigma \text{Geral Tec} = 6,30$ |
| | Organizacional | $\Sigma \text{Org}_{\text{Dim1}}$ | | | | | $\Sigma \text{Geral Org}$ |
| | Suprimentos | $\Sigma \text{Sup}_{\text{Dim1}}$ | | | | | $\Sigma \text{Geral Sup}$ |

Figura 4.12 – Correlação entre recursos das atividades e as dimensões da flexibilidade.

A identificação do nível de influência das atividades sobre as dimensões internas da flexibilidade será realizada por meio de seus recursos, seguindo uma sistemática de questionamento, semelhante à utilizada para identificação das correlações entre as dimensões internas e externas da flexibilidade descrita na Etapa 5.

O preenchimento das células da matriz contida na figura 4.12 inicia-se com a alocação do nível de influência, na metade superior da célula que representa o cruzamento da linha que do recurso tecnológico da atividade 1 com a coluna da dimensão interna 1 da flexibilidade. O nível de influência deve seguir os pesos apresentados na figura 4.10. A sistemática de preenchimento das células é semelhante à utilizada na tabela da figura 4.12. Neste caso, o peso 9 indica que o recurso tecnológico está limitando fortemente o desempenho da dimensão interna 1. Este procedimento deverá ser repetido para todos os recursos das atividades do processo produtivo.

No sentido de orientar a alocação dos níveis de influência das correlações, sugere-se o seguinte questionamento: considerando a situação atual da manufatura da empresa, o recurso “ X ” da atividade “ Y “ apresenta qual nível de influência para o desempenho da dimensão interna Z ”? Lembra-se, novamente, que o conceito de flexibilidade adotado representa a capacidade de mudar o que está sendo feito em curto espaço de tempo sem alterações consideráveis nos custos e que o tempo da alteração e a faixa da mudança devem ser determinados pela equipe para cada processo produtivo.

O próximo passo para alocação dos valores à metade inferior da célula também segue a sistemática representada pela figura 4.11, obtidos por meio da multiplicação do peso relativo da dimensão interna da flexibilidade pelo nível de influência do recurso da atividade sobre esta dimensão interna. No exemplo inserido na figura 4.12, o valor da correlação (nota) entre a dimensão interna 1 e o recurso tecnológico da atividade 1 está representado por $0,368 \times 9 = 3,31$. Este procedimento se repete em todas as demais correlações existentes.

Da matriz representada pela figura 4.12 serão extraídos dois grupos de resultados: “Peso Relativo dos recursos em relação às atividades” e “Peso relativo dos recursos em relação às dimensões internas da flexibilidade”.

Para identificar estes pesos relativos, somam-se os valores (notas) de cada correlação. Neste exemplo, o peso relativo do recurso tecnologia da atividade 1 em relação às dimensões internas é de 5,20 ($\sum \text{Tec}_{\text{Atv1}} = 5,20$) e o peso relativo do recurso tecnologia de todas as atividades sobre a dimensão 1 é de 4,41 ($\sum \text{Tec}_{\text{Dim1}} = 4,41$).

Por meio dos pesos relativos dos recursos em relação às atividades (soma nas linhas), pode-se identificar qual recurso de cada atividade possui globalmente maior influência

negativa sobre a totalidade das dimensões internas da flexibilidade, limitando a flexibilidade total da manufatura.

Com os valores dos pesos relativos dos recursos em relação às dimensões da flexibilidade (soma na coluna), pode-se identificar qual recurso possui maior influência negativa sobre uma determinada dimensão interna da flexibilidade.

Como por exemplo, as facções são empresas especializadas na terceirização da costura das confecções. Neste tipo de manufatura, o recurso organizacional tem forte influência sobre as dimensões internas da flexibilidade. Isto ocorre porque, geralmente, as facções recebem a matéria-prima pronta (cortada) das confecções e as máquinas utilizadas não exigem muito tempo de *set up* para alterar de produto.

Para auxiliar na análise da matriz representada pela figura 4.12, estão representados nas figuras 4.13 e 4.14 os gráficos com valores hipotéticos que poderão ser gerados por meio das informações contidas na matriz da figura 4.12.

A figura 4.13 está representando um exemplo do somatório do peso relativo dos recursos em relação às dimensões internas da flexibilidade (soma da coluna) $\Sigma \text{Tec}_{\text{Dim1}}$, $\Sigma \text{Org}_{\text{Dim1}}$ e $\Sigma \text{Sup}_{\text{Dim1}}$, ou seja, o quanto cada recurso limita o desempenho das dimensões.

No gráfico da figura 4.13 está demonstrando o quanto cada dimensão interna é afetada pelos recursos das atividades, podendo-se verificar alguns detalhes como na dimensão interna 3 que sofre pouca influência do recurso tecnologia, mas é fortemente limitada pelos recursos organizacionais e de suprimentos. Neste caso, a tecnologia não prejudica o desenvolvimento da dimensão 3 de flexibilidade.

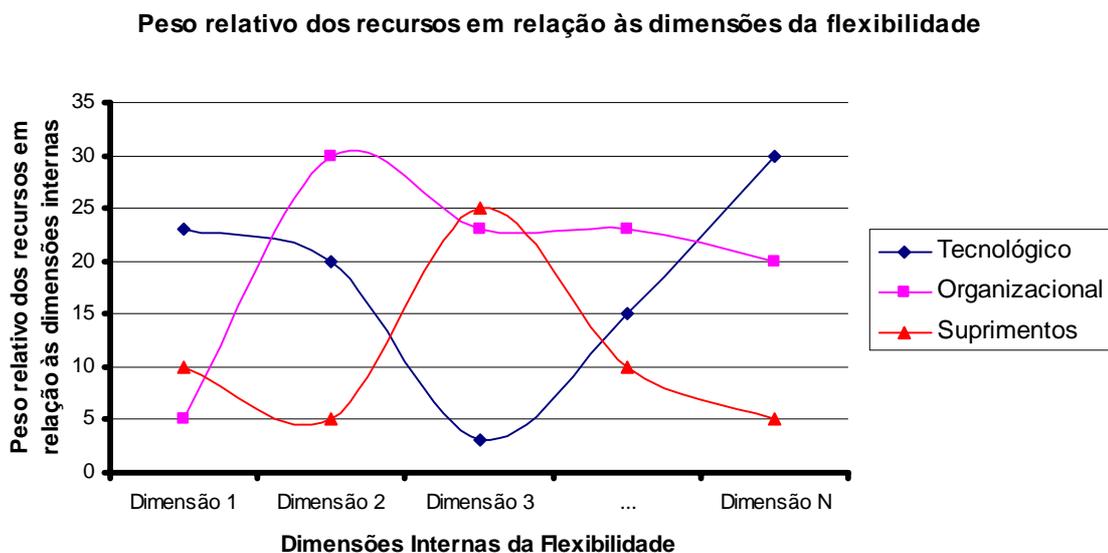


Figura 4.13 – Gráfico do peso relativo dos recursos em relação às dimensões da flexibilidade.

Na figura 4.14 estão plotados os valores hipotéticos dos pesos relativos dos recursos em relação às atividades do processo produtivo ($\Sigma \text{ Tec}_{\text{Dim1}}$, $\Sigma \text{ Org}_{\text{Dim1}}$ e $\Sigma \text{ Sup}_{\text{Dim1}}$), que representam o quanto as atividades, por meio dos seus recursos, limitam o desempenho das dimensões internas da flexibilidade.

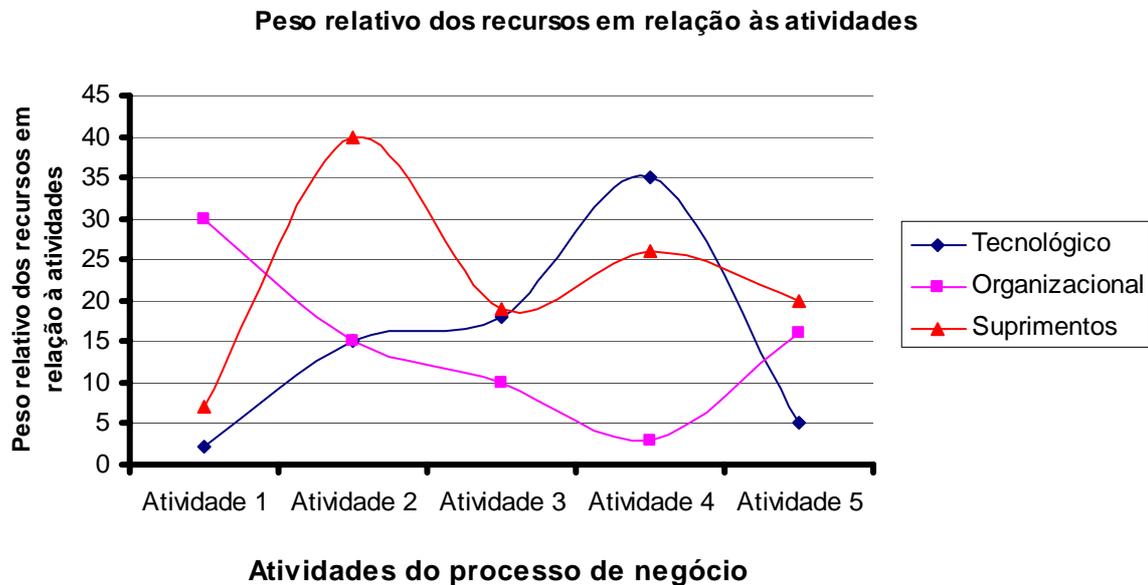


Figura 4.14 – Gráfico do peso relativo dos recursos em relação às atividades.

Na figura 4.14 verificam-se alguns detalhes, como por exemplo na Atividade 1 o recurso organizacional é o maior limitador do desempenho das diversas dimensões internas da flexibilidade. Esta constatação pode direcionar os esforços de melhoria para o recurso organizacional, o qual em função dos valores apresentados na figura 4.14 afeta negativamente o desempenho global da flexibilidade da manufatura. A solução desta deficiência não será contemplada neste modelo, em função de necessitar de uma análise mais detalhada da situação de cada atividade.

4.2.7 Etapa 7 – Correlação entre as dimensões internas da flexibilidade

Conforme verificado no Capítulo 3, item 3.3, podem ocorrer, entre as dimensões internas da flexibilidade, correlações que favoreçam ou dificultem o desempenho uma das outras. Com isso, o conhecimento e o gerenciamento dos *trade-offs* existentes entre as dimensões, torna-se uma informação importante para os gestores da manufatura.

A matriz representada pela figura 4.15 contribui para mapear as possíveis correlações existentes entre as diversas dimensões internas da flexibilidade, considerado uma situação ideal do ambiente produtivo.

| | | Dimensões Internas da Flexibilidade | | | | |
|-------------------------------------|------------|-------------------------------------|------------|------------|-----|------------|
| | | Dimensão 1 | Dimensão 2 | Dimensão 3 | ... | Dimensão n |
| Dimensões Internas da Flexibilidade | Dimensão 1 | | ↑↑ | ↓ | | |
| | Dimensão 2 | ↓ | | | | |
| | Dimensão 3 | | | | | |
| | ... | | | | | |
| | Dimensão n | | | | | |

| LEGENDA | |
|------------------------------|------------------------------|
| Dimensão 1: | |
| Dimensão 1: | |
| Dimensão 1: | |
| ... | |
| Dimensão 1: | |
| Nível de Contribuição | Representação Gráfica |
| Fortemente positivo | ↑↑ |
| Positivo | ↑ |
| Neutro | |
| Negativo | ↓ |
| Fortemente negativo | ↓↓ |

Figura 4.15 – Matriz de correlação entre as dimensões internas da flexibilidade.

Para o preenchimento a matriz representada pela figura 4.15, não será considerada a interferência de outras variáveis, como por exemplo, no caso em que o *layout* da produção não contribuir para a flexibilidade. Esta situação pode ser constatada nas empresas e que a o *layout* da produção é linear, onde um possível aumento da flexibilidade de máquina conseqüentemente não terá uma contribuição considerável para o desempenho da flexibilidade de roteamento. Para um *layout* celular, o aumento da flexibilidade de máquina teria maior chance de contribuir para a flexibilidade de roteamento.

A situação do *layout* é uma das variáveis que, dependendo da sua situação, pode desvirtuar as correlações entre as dimensões internas da flexibilidade. Outros exemplos de variáveis que podem desvirtuar estas correlações são: planejamento e controle da produção, políticas de vendas, situação financeira da empresa etc.

Portanto, esta etapa possui como objetivo identificar o nível de correlação entre as dimensões internas da flexibilidade, por meio de representação gráfica, ou seja, verificar se o aumento de uma determinada dimensão interna favorece ou limita o desempenho das outras dimensões.

Para auxiliar na identificação das possíveis correlações entre as dimensões, utiliza-se o nível de contribuição descrito na legenda da figura 4.15, aplicando-se o seguinte questionamento: Considerando uma situação ideal da manufatura da empresa, ao aumentar o nível da flexibilidade da dimensão interna “X”, qual o nível de contribuição para o desempenho da dimensão interna “Y”? Aponta-se, novamente, que o conceito de flexibilidade adotado, representa a capacidade de mudar o que está sendo feito em curto espaço de tempo sem alterações consideráveis nos custos e que o tempo da alteração e a faixa da mudança devem ser determinados pela equipe para cada processo produtivo.

Para exemplificar a alocação da representação gráfica das correlações, algumas interpretações simuladas de correlações estão inseridas na figura 4.15.

A construção da matriz representada pela figura 4.15 inicia pela inserção das dimensões internas da flexibilidade identificadas na Etapa 3. O próximo passo é o preenchimento da representação gráfica das correlações, em que o questionamento é sempre realizado por linha da matriz, considerando-se que se deseja um aumento das dimensões internas localizadas na primeira coluna (lado esquerdo da tabela representada pela figura 4.15).

No exemplo apresentado na figura 4.15, observa-se que o aumento do nível da flexibilidade da dimensão interna 1 resulta em uma contribuição fortemente positiva sobre o desempenho da dimensão 2 (▲▲), o que não ocorre em relação a sua correlação com a dimensão 3, onde o aumento do nível da flexibilidade da dimensão interna 1 reflete em um nível de contribuição negativo (▼) sobre o desempenho da dimensão 3.

Na análise inversa (célula situada abaixo da diagonal), um aumento do nível da flexibilidade da dimensão interna 2 resulta em uma influência negativa sobre a dimensão interna 1, ou seja, tende a limitar o desempenho da dimensão interna 1. Como exemplo pode-se citar a correlação existente entre a flexibilidade de novos produtos e roteamento, em que, ao aumentar a flexibilidade de produzir novos produtos, teoricamente não contribuiria na

flexibilidade de roteamento, podendo até, em função do número de novos produtos, limitar a flexibilidade de roteamento. Analisando no sentido contrário, o aumento da flexibilidade de roteamento da manufatura, conseqüentemente poderia ocorrer um aumento da flexibilidade de novos produtos.

Após o preenchimento da matriz representado pela figura 4.15, deve-se comparar o que teoricamente aconteceria entre as dimensões internas (correlações positivas e negativa) e o que está acontecendo no processo produtivo. Caso alguma correlação indique, por exemplo, que um aumento de determinada dimensão interna causaria uma influência positiva sobre outra dimensão e isto não esteja ocorrendo na prática, deve-se verificar quais variáveis estão influenciando nesta correlação, como: situação do *layout*, espaço físico, situação financeira da empresa etc.

Sugere-se que para cada correlação que for evidenciada entre as dimensões internas, a equipe faça uma pequena justificativa do porquê da escolha de determinado nível de contribuição (se positivo ou negativo), visando documentar suas decisões e pontos de vista, para que, quando for necessário, se conheçam as bases que a equipe usou para formar opinião a respeito das correlações.

Para auxiliar na documentação das justificativas das decisões do nível de contribuição, a equipe poderá utilizar o quadro representado pela figura 4.16.

| <i>Dimensões Internas</i> | Justificativa da Correlação |
|----------------------------------|------------------------------------|
| Dimensão 1 | |
| Dimensão 2 | |
| Dimensão 3 | |
| ... | |
| Dimensão n | |

Figura 4.16 – Justificativa das correlações entre às dimensões internas da flexibilidade.

As justificativas descrevem o que, em termos de flexibilidade, acontece com as outras dimensões da flexibilidade, a partir do momento em que se considera um aumento da dimensão interna inserida na primeira coluna da figura 4.15.

4.2.8 Etapa 8 – Análise conjunta dos dados

No decorrer da implantação, podem ocorrer constatações de pontos com potenciais de melhoria, o que conseqüentemente geram ações imediatas de melhoria. O objetivo da análise conjunta dos dados é a visualização global das variáveis envolvidas na flexibilidade da manufatura.

Um exemplo de análise conjunta pode ser realizada por meio de respostas a questões como:

- Ao definir uma dimensão externa da flexibilidade para ser analisada, questiona-se: quais as dimensões internas que mais influenciam negativamente nesta dimensão externa, verificando-se isso por meio da matriz representada pela figura 4.11?;
- Ao identificar a dimensão interna que mais influencia negativamente no desempenho da dimensão externa selecionada, questiona-se: qual recurso que mais limita o desempenho desta dimensão interna selecionada? Esta resposta é apresentada na matriz representada pela figura 4.12.

Outra análise pode ser realizada, com ajuda da matriz representada pela figura 4.16. Por uma decisão estratégica da empresa, pretende-se investir em melhoria na flexibilidade interna da empresa. Para orientar os investimentos, pode-se iniciar pela identificação da dimensão interna da flexibilidade com maior interferência positiva sobre as demais dimensões.

Estes exemplos de questões podem desencadear outras indagações referentes à agregação de valor das atividades ou dimensões da flexibilidade, bem como sinalizar impossibilidades na estratégia da empresa .

4.3 Considerações Finais do Capítulo

Inicialmente, o modelo contribui na interpretação das necessidades dos clientes, no que se refere à flexibilidade, bem como na identificação, situação das correlações entre as variáveis externas e internas.

O modelo também contribui na orientação de qual tipo de flexibilidade deverá ser desenvolvida de cada recurso, no sentido de atender às necessidades estratégicas da manufatura ou do cliente. Por exemplo, o modelo pretende contribuir para a solução de questões como: os recursos humanos deverão possuir flexibilidade de desenvolver novos

produtos; ou flexibilidade de mudanças de máquina; ou flexibilidade de alterar a rotina do processo; ou flexibilidade de adiantar pedidos etc? Os recursos tecnológicos devem possuir a flexibilidade de variar o volume da produção; ou flexibilidade de mudar de produto; ou flexibilidade de produzir novos produtos etc? O recurso suprimento deve possuir a flexibilidade de entrega rápida; ou flexibilidade de desenvolver novos materiais; ou flexibilidade de variar o volume etc? O tipo de flexibilidade a ser desenvolvido será decorrente de quais dimensões de flexibilidade a empresa necessita desenvolver.

O modelo permite, também, amenizar a dificuldade levantada por Buiar (2000), em que a autora afirma que “é muito difícil separar a flexibilidade interna e externa, onde uma integra com a outra”. Neste caso, por meio da matriz da figura 4.11 é possível aos gestores e às equipes de melhoria identificar quais dimensões internas estão limitando as dimensões externas da flexibilidade e com isso direcionar os esforços de melhoria.

No próximo capítulo, será apresentada uma aplicação prática do modelo proposto, com o objetivo de avaliar a capacidade do mesmo na determinação de pontos que necessitem de ações de melhorias, visando ajustar o nível de flexibilidade de seus recursos tecnológicos, organizacionais e de suprimentos às necessidades estratégicas da empresa e do mercado.

CAPÍTULO 5 – APLICAÇÃO DO MODELO PROPOSTO

Este capítulo tem como objetivo verificar a aplicabilidade do modelo. A aplicação do modelo será realizada em uma empresa do setor moveleiro localizada no norte do Estado de Santa Catarina.

5.1 Apresentação da Empresa

A empresa em que foi aplicado o modelo possui 10 anos de existência e está localizada na cidade de São Bento do Sul, região considerada um pólo exportador do setor moveleiro do país. A empresa em questão possui 27 funcionários, dos quais 2 exercem funções gerenciais. Os mercados atendidos são: a exportação de móveis prontos e serviços de terceirização para grandes empresas exportadoras, que geram cerca de R\$ 120.000,00 mensais de faturamento.

Empresas deste porte possuem uma característica comum, representada pelo limitado grau de desenvolvimento de setores como financeiro, comercial e *design* de produtos. Este fato pode ser atrelado às características dos mercados em que atua, como por exemplo, na exportação de móveis prontos, o *design* é definido pelo agente de exportação, juntamente com o comprador do país de envio, exigindo poucos ajustes no produto para otimizar a produção. O serviço de terceirização para as grandes empresas exportadoras também não exige desenvolvimento de produtos, pois apenas manufaturam partes de determinados produtos já projetados.

5.2 Descrição da Aplicação do Modelo

A seguir apresenta-se a descrição da aplicação de cada uma das etapas do modelo desenvolvido no Capítulo anterior.

5.2.1 Etapa 1- Definição do mercado, produto e processo produtivo;

Conforme definido no Capítulo 4 (figura 4.4), a aplicação do modelo inicia-se pela determinação do mercado-alvo, produto e processo produtivo, orientando-se pelo

preenchimento do quadro representado pela figura 5.1, que identifica a situação no mês de abril de 2003.

| Mercado | Descrição do mercado | Produtos | Percentual do Faturamento |
|--------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------|----------------------------------|
| Exportação de móveis prontos | Exportação realizada por intermédio de agentes exportadores. Geralmente os pedidos não são constantes, variando conforme a situação do dólar ou das mudanças de estações em países da Europa e Estados Unidos. O agente envia o projeto do móvel para o empresário realizar o orçamento, em que é comum o cliente solicitar ajustes no produto no decorrer da produção. A exportação é realizada em <i>containers</i> com datas programadas e que podem sofrer mudanças, dependendo das necessidades do cliente. | Jogo de quartos e salas, geralmente em madeira de pinus | Atual 0% |
| Serviço de terceirização de peças de móveis para grandes empresas exportadoras | As grandes empresas exportadoras de móveis realizam a terceirização de determinadas peças de seus produtos para pequenas empresas moveleiras. Geralmente as peças são terceirizadas quando a produção interna da grande exportadora não supre os pedidos dos clientes, o que também exige flexibilidade das pequenas empresas terceirizadoras, pois geralmente os pedidos são realizados em curto espaço de tempo. | Quadros* para móveis em pinus Laterais de gavetas | Atual 95% Atual 5% |

* Estrutura interna do móvel produzido em madeira de pinus, sem pintura, responsável pela sustentação das outras peças do móvel como portas e gavetas. Obs.: Produção para um único cliente.

Figura 5.1 Levantamento de mercados e produtos da empresa pesquisada.

Verifica-se, com estas informações obtidas, que as características do mercado exportador exige flexibilidade da empresa, pois dependendo da situação do dólar ou dos países importadores, a participação percentual de um mercado no faturamento da empresas pode variar de 0% a 100%.

Neste caso, em que o faturamento dos quadros representa 95% do total, não será necessário utilizar as matrizes de seleção de mercados e produtos representados pelas figuras 4.5 e 4.7.

O mercado definido como alvo para aplicação do modelo foi o de serviço de terceirização de peças para grandes empresas exportadoras, focado no processo de produção do produto quadro.

5.2.2 Etapa 2 – Formação e preparação da equipe de trabalho

A equipe foi formada pelo empresário, gerente de produção e do auxiliar da gerência. Antes de iniciar os trabalhos da equipe, foi realizado pelo empresário um repasse das diretrizes do trabalho aos componentes do grupo, disponibilizando informações como: objetivos do trabalho, resultados esperados e planejamento das atividades. A definição do coordenador ficou a cargo do empresário.

O nivelamento do conhecimento dos componentes da equipe sobre temas como: visão de processos, conceitos de flexibilidade e conceitos de qualidade para os clientes foi realizado pela pesquisador, autor desta trabalho. Nesta etapa, a equipe definiu que o tempo-padrão de análise da flexibilidade é de um dia útil, ou seja, com base na velocidade do mercado em questão, um dia é um tempo considerado, pela equipe, como sendo o padrão das negociações entre terceirizado e a grande empresa.

A equipe de trabalho realizou reuniões com os funcionários de cada setor da empresa, apresentando o trabalho que estava sendo executado.

5.2.3 Etapa 3 – Identificação das variáveis do processo produtivo

Seguindo a sistemática definida no modelo, inicia-se esta etapa pela identificação das variáveis externas, lembrando que para este modelo as variáveis externas ou características e atributos do produto (bem ou serviço) percebidos pelo mercado, são representadas pelas dimensões externas da flexibilidade e que nesta aplicação foram identificadas pela equipe de trabalho e são representadas pelas seguintes dimensões:

- flexibilidade de volume de produtos – habilidade de variar o volume (quantidade) de entrega dos produtos;
- flexibilidade de *mix* – habilidade de produzir diversos tipos de produtos;
- flexibilidade de novos produtos – habilidade de produzir novos produtos;
- flexibilidade de entrega – habilidade de variar a data de entrega;
- flexibilidade de inovação do produto – habilidade de inovar dos produtos;
- flexibilidade de alteração de produtos – habilidade de alteração dos produtos.

A definição dos tipos de flexibilidade utilizados nesta etapa foi alterada pelos membros da equipe, com objetivo de ajustá-los à realidade do setor.

Para identificar o grau de importância de cada dimensão externa da flexibilidade, a lista com as dimensões e conceitos definidos pela equipe, foi repassada para o gerente de compras do cliente. Solicitou-se que este gerente de compras classificasse as dimensões por ordem de importância para sua empresa, atribuindo notas de zero a dez. A nota zero é atribuída para uma dimensão sem importância e dez representa grande importância para o cliente comprador. Cabe ressaltar que este gerente de compras representa o cliente que atualmente é responsável por 95% do faturamento da empresa pesquisada.

O resultado da classificação realizada pelo gerente de compras (cliente) está apresentada no quadro representado pela figura 5.2.

| Dimensão da flexibilidade | Grau de Importância |
|-----------------------------------------------|----------------------------|
| <i>Flexibilidade de entrega</i> | 10 |
| <i>Flexibilidade de volume de produtos</i> | 9 |
| <i>Flexibilidade de novos produtos</i> | 7 |
| <i>Flexibilidade de alteração de produtos</i> | 5 |
| <i>Flexibilidade de inovação do produto</i> | 3 |
| <i>Flexibilidade de mix</i> | 2 |

Figura 5.2 – Grau de importância das dimensões da flexibilidade para o cliente.

Segundo a equipe de trabalho, a configuração da importância descrita na tabela representada pela figura 5.1 está de acordo com a realidade percebida pela empresa pesquisada.

Por exemplo, analisando o grau de importância da flexibilidade de entrega e de volume, dez e nove respectivamente, verificou-se que este tipo de flexibilidade constantemente é exigido pelo cliente.

Este cliente fornece aos terceirizados programações de compras com previsão de um mês de antecedência, mas o detalhe está no fato de que estas datas, bem como o volume de compras, são alterados constantemente.

Este fato pode ser explicado pela posição da pequena empresa em relação à grande exportadora. Neste caso, a grande exportadora também produz internamente os quadros em questão, repassando para os terceirizados apenas o que excede sua capacidade de produção, o que deixa a pequena empresa em situação de atenção, pois a partir do momento em que diminuem as vendas destes produtos, chegando à situação da manufatura interna da grande empresa suportar esta produção, conseqüentemente haverá uma redução dos pedidos dos terceirizados.

Continuando com a aplicação do modelo, foram identificadas as dimensões internas da flexibilidade que, segundo a equipe de trabalho, representam a realidade da empresa em relação ao mercado alvo definido no início da implantação:

- flexibilidade de operação – habilidade de variar o tipo de operação do posto de trabalho;
- flexibilidade de inovação do processo – habilidade de inovar o processo produtivo;
- flexibilidade de sequenciamento – habilidade de mudar o sequenciamento dos produtos;
- flexibilidade de roteamento – habilidade de manufaturar o produto por várias rotas;
- flexibilidade de movimentação de materiais – habilidade de movimentar a matéria prima pela manufatura.
- Flexibilidade de novos produtos – habilidade de fabricar novos produtos.

Com objetivo de alinhar o modelo à realidade da empresa, a definição das dimensões internas da flexibilidade também foi adaptada, semelhante à realizada com as definições das dimensões externas da flexibilidade.

A seguir, tomando por base a figura 4.9, foram levantadas as atividades e suas operações vinculadas ao processo de fabricação dos quadros (ver figura 5.3).

5.2.4 Etapa 4 – Levantamento dos recursos das atividades

Os recursos levantados nesta etapa estão dispostos na figura 5.3, juntamente com as atividades do processo e suas operações.

A descrição de cada recurso foi realizada pela equipe, respeitando a situação da manufatura na época da implantação do modelo.

As informações contidas na figura 5.3 serão utilizadas na Etapa 6.

| RECURSOS | | | | |
|---------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------|-------------------------------------------|
| Atividade | Operação | Tecnológico | Suprimentos | Organizacional |
| Descarga de Matéria- Prima e Carga de Produtos acabados | Receber matéria prima - MP Alocar MP no estoque Embarcar produto acabado Carregar produto acabado | Carrinho movido manualmente que não permite superposição dos palletes Palletes de madeira | Madeira bruta Plástico para embalar produtos acabados | Realizado por ajudantes da produção |
| Preparação da madeira | Regular a serra circular Classificar madeira Separar madeira com defeito Cortar madeira no comprimento definido | Dois serras circulares, uma pneumática e outra manual | Madeira dos quadros | Dois operadores de máquinas e um ajudante |
| Moldurar | Regula a moldureira Separar madeira com defeito Passar na máquina | Moldureira de porte meio, cinco eixos | Madeira dos quadros | Um operador de máquina e um ajudante |
| Destopar | Regular a destopadeira Passar madeira na destopadeira | Destopadeira com abertura máxima de 2,10 metros | Madeira dos quadros | Um operador de máquina e um ajudante |
| Furação | Regular furadeira Furar madeira | Furadeiras pneumáticas, sendo uma de porte médio e duas pequenas | Madeira dos quadros | Um operador e dois ajudantes |
| Cavilhar | Organizar peças na posição Inserir cola Alocar manualmente cavilhas Encaixar cavilhas com martelo | Apenas um martelo manual | Cavilhas compradas em um único fornecedor Cola para madeira | Realizada por ajudantes |
| Montagem | Preparar peças do quadro Passar cola nas peças Alocar peças na mesa de montagem Prensar quadro Verificar encaixes | Mesa pneumática desenvolvida pelo empresário | Cola para madeira | Um operador e um ajudante |
| Lixar | Obs.: Os produtos são lixados duas vezes na mesma máquina, onde as operações são semelhantes Trocar e regular lixas Passar quadros | Lixadeira contato de porte pequena | Lixas | Um operador e um ajudante |
| Emassação | Verificar falhas nos quadros Inserir massa Ob.: Após emassação os quadros são lixados novamente (2 vez) | Espátulas para colocação manual da massa nas falhas | Massa para correção das falhas | Realizados por ajudantes |
| Secagem Final | Transportar quadros até local Manter calor constante Verificar umidade | Carrinho movido manualmente Estufa aquecida com a queima de madeira Palletes de madeira | Madeira para queima | Realizado por ajudantes |

Figura 5.3 Levantamento das atividades e recursos.

5.2.5 Etapa 5 – Correlação entre as dimensões externas e internas da flexibilidade

A figura 5.4 apresentada a seguir contém as correlações, identificadas pela equipe de trabalho, entre as dimensões externas e internas da flexibilidade.

| | | Dimensões Internas da Flexibilidade | | | | | | Nível da influência negativa sobre as dimensões externas | |
|-------------------------------------|----------------------------------------|-------------------------------------|---------------------------|---------------------------------------|---------------------------------|-----------------------------|--------------------------------------------|----------------------------------------------------------|---------------------------------|
| | | Grau de Importância | Flexibilidade de operação | Flexibilidade de inovação de processo | Flexibilidade de sequenciamento | Flexibilidade de roteamento | Flexibilidade de movimentação de materiais | | Flexibilidade de novos produtos |
| Dimensões Externas da Flexibilidade | Flexibilidade de entrega | 10 | 9 90 | 9 90 | 3 30 | 9 90 | 3 30 | 330 | |
| | Flexibilidade de volume de produtos | 9 | | 9 81 | 3 27 | 9 81 | 9 81 | 270 | |
| | Flexibilidade de novos produtos | 7 | | 3 21 | | 9 63 | 3 21 | 105 | |
| | Flexibilidade de alteração de produtos | 5 | 3 15 | | | | | 15 | |
| | Flexibilidade de inovação do produto | 3 | 9 27 | | | | 9 27 | 54 | |
| | Flexibilidade de mix | 2 | 3 6 | 3 6 | | 9 18 | 9 18 | 48 | |
| Peso relativo | | | 138 | 198 | 57 | 252 | 129 | 48 | 822 |
| % do peso relativo total | | | 17% | 24% | 7% | 31% | 16% | 6% | 100% |

Figura 5.4 - Correlação entre as dimensões internas e externas da flexibilidade.

Analisando a matriz (figura 5.4), constata-se que, considerando-se a situação atual da manufatura da empresa, a dimensão interna Flexibilidade de Roteamento possui a maior influência negativa (31%) sobre o desempenho das dimensões externas da flexibilidade. Por sua vez, a Flexibilidade de Produzir Novos Produtos é a que menos limita o desempenho das dimensões externas da flexibilidade.

Segundo a equipe, a matriz da figura 5.4 representa a realidade da empresa em relação às dimensões internas da flexibilidade, onde em função do ramo de atuação, fabricação de móveis, a flexibilidade de fabricação de novos produtos é uma característica forte desta empresa e também da região onde está instalada.

Outro consenso da equipe é o fato de que, realmente, as atuais opções de roteamento dentro da manufatura estão precárias, limitando a flexibilidade da empresa. Na próxima etapa, serão identificados quais recursos mais influenciam na Flexibilidade de Roteamento.

5.2.6 Etapa 6 – Correlação entre as dimensões internas da flexibilidade e atividades do processo produtivo

A matriz que representa as correlações entre as dimensões internas da flexibilidade, bem como os gráficos destas correlações estão dispostos nas figuras 5.5 a 5.7.

Analisando as atividades (análise horizontal) da matriz contida na figura 5.5, observa-se que os recursos tecnológicos como Descarga de Matéria-Prima e Carga de Produtos Acabado e Lixar com “Peso relativo dos recursos sobre as atividades” igual a 8,5 são os maiores limitadores das dimensões internas da flexibilidade, ou seja, mesmo que os recursos organizacional e suprimentos vinculados a esta atividade não limitem as dimensões, a flexibilidade da manufatura de modo geral está sendo prejudicada pelo recurso tecnológicos destas atividades.

Para identificar a origem do peso relativo 8,5, observam-se as correlações destes recursos (tecnológico) das duas atividades (Descarga de Matéria-Prima e Carga de Produtos Acabado e Lixar) com as dimensões internas da flexibilidade, onde na empresa em análise estão limitando fortemente (peso 9) todas as dimensões internas, exceto a Flexibilidade de Novos Produtos. Observa-se também, na figura 5.5, que os recursos organizacionais e de suprimentos das duas atividades citadas, anteriormente, possuem pesos relativos dos recursos sobre as atividades que não chegam a 50% do peso do recurso tecnológico.

Analisando as dimensões internas da flexibilidade, observa-se, comparando as três últimas linhas da matriz contida na figura 5.5, que a tecnologia é o recurso que mais limita as dimensões internas da flexibilidade, principalmente sobre a dimensão interna 4 (Flexibilidade de Roteamento) que possui maior peso relativo em relação as dimensões externas da flexibilidade, com valor de 0,31 obtido na figura 5.4. Lembrando que este peso relativo da dimensão interna 4 (0,31) representa sua influência negativa sobre as dimensões externas da flexibilidade.

De modo geral, a flexibilidade da manufatura da empresa em análise está sendo limitada pelo recurso tecnológico, obtendo um peso relativo total de 65,56 (figura 5.5, antepenúltima linha), enquanto que os recursos organizacional e de suprimentos obtiveram 32,42 e 25,65 de pesos relativos consecutivamente.

| Pesos Relativos | | Dimensões Internas da Flexibilidade | | | | | | Peso relativo dos recursos em relação às atividades |
|------------------------------------------------------------------------------|----------------|-------------------------------------|------------|------------|------------|------------|------------|-----------------------------------------------------|
| | | Dimensão 1 | Dimensão 2 | Dimensão 3 | Dimensão 4 | Dimensão 5 | Dimensão 6 | |
| Atividades | Recursos | 0,17 | 0,24 | 0,07 | 0,31 | 0,16 | 0,06 | |
| Descarga de Matéria-Prima e carga de produtos acabados | Tecnológico | 9 1,51 | 9 2,17 | 9 0,62 | 9 2,76 | 9 1,41 | | 8,5 |
| | Organizacional | | 3 0,72 | 9 0,62 | 3 0,92 | 9 1,41 | | 3,7 |
| | Suprimentos | | | | 9 2,76 | 9 1,41 | | 4,2 |
| Preparação da madeira | Tecnológico | | 3 0,72 | 3 0,21 | 3 0,92 | 9 1,41 | | 3,3 |
| | Organizacional | 9 1,51 | 9 2,17 | | 9 2,76 | 9 1,41 | | 7,9 |
| | Suprimentos | 3 0,5 | 9 2,17 | | | 9 1,41 | | 4,1 |
| Moldurar | Tecnológico | 3 0,5 | 9 2,17 | 9 0,62 | 9 2,76 | 9 1,41 | 3 0,18 | 7,6 |
| | Organizacional | | 3 0,72 | 3 0,21 | 3 0,92 | | 3 0,18 | 2,0 |
| | Suprimentos | | | | | 9 1,41 | | 1,4 |
| Destopar | Tecnológico | | 9 2,17 | | 9 2,76 | 9 1,41 | | 6,3 |
| | Organizacional | 9 1,51 | 9 2,17 | | | | | 3,7 |
| | Suprimentos | | | | | 9 1,41 | | 1,4 |
| Furação | Tecnológico | 9 1,51 | | 9 0,62 | 3 0,92 | 9 1,41 | | 4,5 |
| | Organizacional | 9 1,51 | 9 2,17 | 9 0,62 | 9 2,76 | 9 1,41 | | 8,5 |
| | Suprimentos | | | | | 3 0,47 | | 0,5 |
| Cavilhar | Tecnológico | | | | 9 2,76 | | | 2,8 |
| | Organizacional | | 3 0,72 | 3 0,21 | | | | 0,9 |
| | Suprimentos | | 3 0,72 | | | | | 0,7 |
| Montagem | Tecnológico | 3 0,5 | 9 2,17 | | 9 2,76 | 9 1,41 | 9 0,53 | 7,4 |
| | Organizacional | | 3 0,72 | | | | 3 0,18 | 0,9 |
| | Suprimentos | | 3 0,72 | | | | | 0,7 |
| Lixar | Tecnológico | 9 1,51 | 9 2,17 | 9 0,62 | 9 2,76 | 9 1,41 | | 8,5 |
| | Organizacional | 3 0,5 | | | | | | 0,5 |
| | Suprimentos | 3 0,5 | 9 2,17 | | | | | 2,7 |
| Emassação | Tecnológico | | 9 2,17 | | | | | 2,2 |
| | Organizacional | | 3 0,72 | | | | | 0,7 |
| | Suprimentos | | 3 0,72 | | | | | 0,7 |
| Secagem | Tecnológico | | 9 2,17 | 9 0,62 | 9 2,76 | 9 1,41 | | 7,0 |
| | Organizacional | 3 0,5 | | 3 0,21 | 3 0,92 | | | 1,6 |
| | Suprimentos | 9 1,51 | 9 2,17 | | 9 2,76 | 9 1,41 | | 7,9 |
| Peso relativo dos recursos em relação às dimensões internas da flexibilidade | Tecnológico | 6,04 | 18,07 | 3,95 | 23,91 | 12,71 | 0,88 | 65,56 |
| | Organizacional | 5,54 | 10,84 | 2,08 | 9,20 | 4,24 | 0,53 | 32,42 |
| | Suprimentos | 2,52 | 8,67 | | 5,52 | 8,95 | | 25,65 |

Legenda:

Dimensão 1: Flexibilidade de operação

Dimensão 2: Flexibilidade de inovação de processo

Dimensão 3: Flexibilidade de sequenciamento

Dimensão 4: Flexibilidade de roteamento

Dimensão 5: Flexibilidade de movimentação de materiais

Dimensão 6: Flexibilidade de novos produtos

Figura 5.5 – Matriz de correlação entre os recursos das atividades e as dimensões internas da flexibilidade.

O gráfico contido na figura 5.6 representa os valores dos pesos relativos dos recursos em relação às dimensões internas da flexibilidade (três últimas linhas da figura 5.5). Na figura 5.6 observa-se graficamente o comportamento da cada recurso em relação à limitação que causa em cada dimensão interna da flexibilidade, como por exemplo, o recurso tecnológico manteve acima dos outros recursos e que o recurso organizacional possui maior influência negativa do que o recurso suprimentos, apenas na dimensão interna Flexibilidade de Movimentação de Materiais.

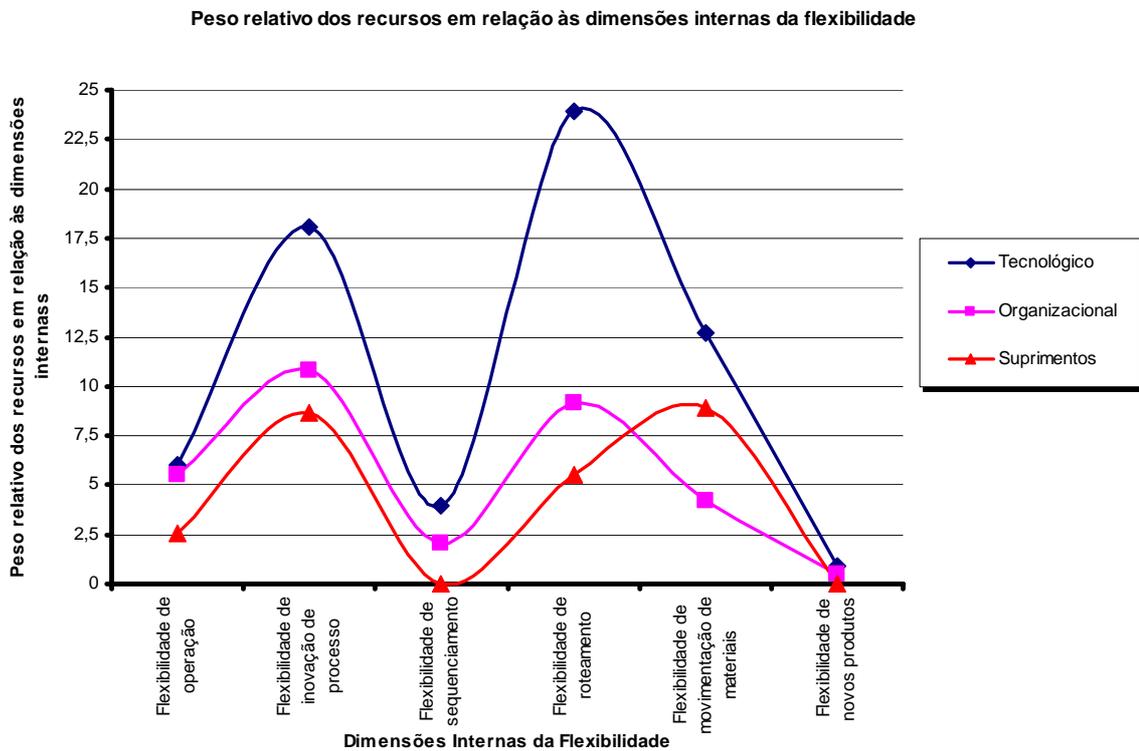


Figura 5.6 – Gráfico do peso relativo dos recursos em relação às dimensões internas da flexibilidade.

Na figura 5.7 (a seguir), os valores inseridos no gráfico são retirados da última coluna (lado direito) da matriz contida na figura 5.5, em que representam o peso relativo dos recursos em relação às atividades. Analisando a disposição dos pontos, verifica-se que em sete das dez atividades o recurso tecnológico é o maior limitador das dimensões internas da flexibilidade e que o recurso organizacional é o segundo maior limitador da flexibilidade, ou seja, nas atividades de preparação da madeira e furação deverá ser analisado detalhadamente o recurso organizacional. Esta análise deverá identificar quais as carências do recurso organizacional

em relação à flexibilidade, como por exemplo: falta de rotinas que agilizem a regulagem de máquinas e troca de produtos.

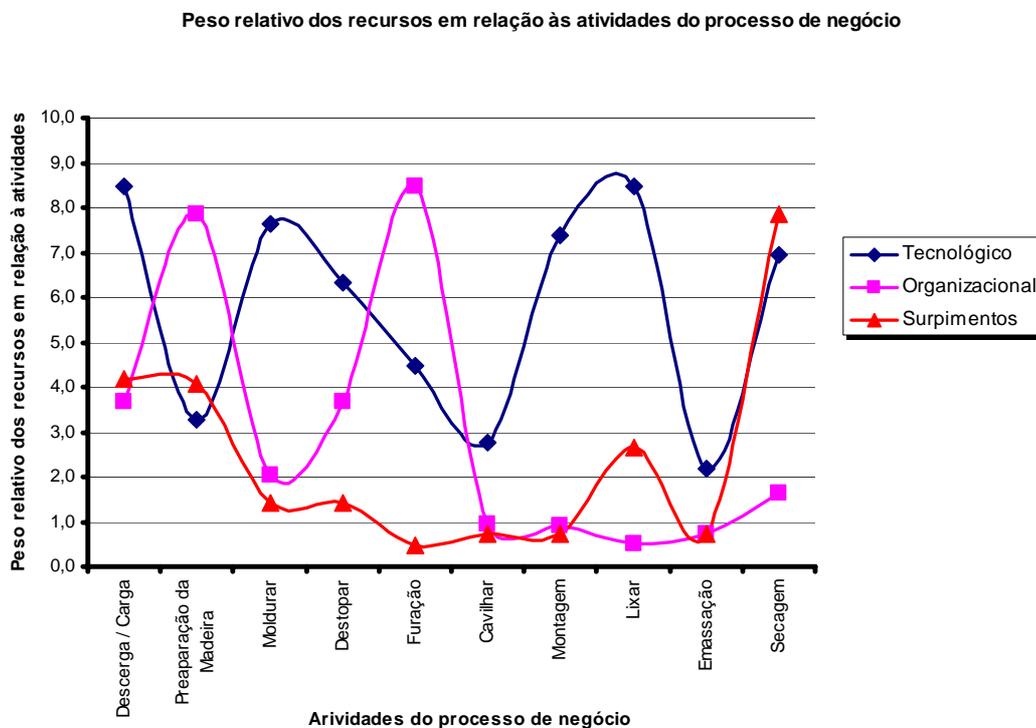


Figura 5.7 – Gráfico do peso relativo dos recursos em relação às atividades do processo produtivo.

Ao final desta etapa, alguns pontos foram analisados, como a possibilidade de contratar outros operadores das furadeiras, bem como alternativas de compra de outras lixadeiras contato.

4.2.7 Etapa 7 – Correlação entre as dimensões internas da flexibilidade

Cabe lembrar que para a execução desta etapa foi considerada uma situação ideal da manufatura, ou seja, desconsiderando outras variáveis que possam interferir no desempenho das dimensões internas da flexibilidade.

Na análise da figura 5.8, constata-se a ocorrência de *trade-offs* entre as dimensões 3 e 6, Flexibilidade de Sequenciamento e Flexibilidade de Novos Produtos respectivamente, em que o aumento da Flexibilidade de Sequenciamento (↑↑) contribui para o desempenho da

flexibilidade de novos produtos, ou seja, quanto maior a flexibilidade de roteamento dentro da manufatura, maior será a flexibilidade para desenvolver novos produtos. Esta correlação não ocorre ao aumentar a flexibilidade da empresa em desenvolver novos produtos, pois quanto maior o número de produtos, maior será a dificuldade de possuir um sequenciamento flexível (↓↓↓).

No caso do *trade-off* existente entre as dimensões 3 e 6 (Flexibilidade de Sequenciamento e Flexibilidade de Novos Produtos), a empresa deverá identificar o número ideal de novos produtos, pois também possui um nível de contribuição fortemente negativo sobre as dimensões 4 e 5, Flexibilidade de Roteamento e Flexibilidade de Movimentação de Materiais respectivamente.

| | | Dimensões Internas da Flexibilidade | | | | | |
|-------------------------------------|------------|-------------------------------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| | | Dimensão 1 | Dimensão 2 | Dimensão 3 | Dimensão 4 | Dimensão 5 | Dimensão 6 |
| Dimensões Internas da Flexibilidade | Dimensão 1 | | ↑ | ↑↑ | ↑↑ | | ↑↑ |
| | Dimensão 2 | ↑↑ | | ↑ | | ↑↑ | ↑↑ |
| | Dimensão 3 | | ↑ | | ↑↑ | ↑ | ↑↑ |
| | Dimensão 4 | | ↑ | ↑↑ | | ↑↑ | ↑ |
| | Dimensão 5 | | | ↑↑ | | | |
| | Dimensão 6 | | ↑↑ | ↓↓↓ | ↓↓ | ↓↓ | |

Legenda

Dimensão 1: Flexibilidade de operação

Dimensão 2: Flexibilidade de inovação de processo

Dimensão 3: Flexibilidade de sequenciamento

Dimensão 4: Flexibilidade de roteamento

Dimensão 5: Flexibilidade de movimentação de materiais

Dimensão 6: Flexibilidade de novos produtos

Figura 5.8 – Matriz de correlação entre as dimensões internas da flexibilidade.

Na figura 5.9 estão descritas as justificativa das correlações entre às dimensões internas da flexibilidade, identificadas pela equipe de trabalho.

As justificativas descrevem o nível de influência que o aumento da dimensão terá sobre as demais dimensões internas da flexibilidade.

| <i>Dimensões Internas</i> | <i>Justificativa da Correlação</i> |
|-----------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Dimensão 1 Flexibilidade de Operação | O aumento da Flexibilidade de Operação terá um nível de contribuição fortemente positivo sobre as dimensões 3, 4 e 5, ou seja, quanto maior a habilidade de variar o tipo de operação do posto de trabalho, positivo será o nível de contribuição sobre estas dimensões. A dimensão 1 não possui correlação com a dimensão 5, pois o aumento da Flexibilidade de Operação não terá influência sobre a Flexibilidade de Movimentação de Materiais dentro da produção. |
| Dimensão 2 Flexibilidade de Inovação de Processos | Esta flexibilidade com todas as dimensões internas, exceto com a dimensão 4, pois segundo a equipe, neste setor a inovação contribui mais com a produtividade dos postos de trabalho do que com a Flexibilidade de Roteamento. |
| Dimensão 3 Flexibilidade de Sequenciamento | A Flexibilidade de Sequenciamento não possui correlação apenas com a dimensão 1, isto porque a Flexibilidade de Operação independe da habilidade de mudar o sequenciamento de produtos. |
| Dimensão 4 Flexibilidade de Roteamento | Esta flexibilidade sofre influência positiva de todas as outras dimensões, ou seja, o seu desempenho depende da contribuição das outras dimensões. |
| Dimensão 5 Flexibilidade de Movimentação de Materiais | Esta dimensão possui influência positiva apenas sobre a Flexibilidade de Sequenciamento, isto porque a habilidade de movimentar a matéria prima pela manufatura contribui fortemente na alteração de rotas de produção. |
| Dimensão 6 Flexibilidade de Novos Produtos | Esta a dimensão que possui influência negativa em três das cinco dimensões internas da flexibilidade (analisando a última linha), mas é mais influenciada positivamente pelas outras dimensões (análise da última coluna). |

Figura 5.9 – Justificativa das correlações entre às dimensões internas da flexibilidade.

4.2.8 Etapa 8 – Análise conjunta dos dados

Com o das etapas anteriores do modelo, compõem-se uma estrutura que permite analisar a flexibilidade sob várias perspectivas externas e internas à organização. Externamente, pode-se conhecer o grau de importância de cada dimensão externa da flexibilidade, em que neste caso, constatou-se que a Flexibilidade de Entrega representa a dimensão mais importante para o cliente (figura 5.2 – grau de importância = 10), seguido da Flexibilidade de Volume (figura 5.1 – grau de importância = 9).

Estas constatações orientaram as análises para a Flexibilidade de Entrega. Por meio da figura 5.4 identificaram-se as dimensões internas que estavam limitando esta dimensão externa, neste caso representadas pelas Flexibilidades de Operação, Inovação e Roteamento, ambas com influência fortemente negativa (9).

Como a dimensão interna Flexibilidade de Roteamento possui o maior peso relativo total (31% - última linha da figura 5.4), concentraram-se as análises nesta dimensão.

Depois de identificada qual dimensão interna seria analisada (Flexibilidade de Roteamento), segue-se à interpretação da matriz contida na figura 5.5, que tem como objetivo identificar o nível de influência das atividades, por meio de seus recursos, sobre esta dimensão interna da flexibilidade. Neste caso, verificou-se que o recurso tecnologia é o maior limitador da Flexibilidade de Roteamento com “Peso relativo dos recursos em relação às dimensões internas da flexibilidade” no valor de 23,91 (ver figura 5.5), contra 9,20 dos recursos organizacionais e 5,52 dos suprimentos.

A influência negativa da Flexibilidade de Roteamento sobre as demais dimensões externas é causada, em parte, pela existência de apenas uma máquina nas atividades de lixar e destopar, restringindo as opções de outras rotas dentro da manufatura.

Como complemento da análise conjunta da flexibilidade da manufatura, utiliza-se a matriz representada pela figura 5.8 para constatar que o aumento da dimensão interna 1 (Flexibilidade de Operação) tende a contribuir no desempenho das demais dimensões internas e apenas a dimensão 3 (Flexibilidade de Sequenciamento) é influenciada positivamente pela dimensão interna 5 (Flexibilidade de Movimentação de Materiais). Esta constatação não restringe a importância da dimensão interna 5, pois esta possui influência diretamente sobre as duas mais importantes dimensões externas, segundo o cliente (ver figura 5.2), na situação atual da empresa, está influenciando negativamente o desempenho destas dimensões externas (Flexibilidade de Entrega e de Volume de Produtos) com peso 9 (ver figura 5.4). Com isso, mostrou-se a importância e a utilidade da análise conjunta dos dados.

5.3 Considerações Finais do Capítulo

Com a implantação do modelo, constatou-se que ele contribuiu para a análise e entendimento de algumas variáveis que interagem com a flexibilidade, e, segundo o empresário, “tornou um termo abstrato em variáveis concretas” gerenciadas diariamente na empresa, representadas pelos recursos das atividades.

Outra importante contribuição do modelo para a manufatura foi trazer para a da empresa a visão do cliente, por meio das dimensões externas da flexibilidade.

No decorrer da implantação do modelo, algumas constatações foram verificadas pelo empresário, como no levantamento dos recursos, apresentou-se a questão: é melhor comprar uma lixaderia contato maior ou duas de pequeno porte? Esta questão será analisada pela equipe de trabalho. Mesmo que o modelo não oriente na geração de soluções, acredita-se que a identificação e o entendimento do problema são fundamentais para sua solução.

6 – CONCLUSÕES E SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

6.1 Conclusões

O aumento da concorrência vem exigindo competitividade das empresas. Esta competitividade é baseada em vários fatores, dentre estes a flexibilidade da manufatura, pois além da flexibilidade contribuir como amortecedor das incertezas causadas pelas constantes mudanças do mercado, possui grande importância à absorção de não conformidades internas.

Como a flexibilidade vem se consolidando como um diferencial estratégico, cresce a necessidade de entender, gerenciar e principalmente potencializá-la. Conforme verificado na bibliografia estudada, constatou-se que mesmo com o crescimento dos estudos sobre este tema, ainda não existe uma consonância das definições e conceitos entre os estudiosos do tema.

Como a base teórica ainda não está totalmente consolidada e consensada, limitando o entendimento, as ferramentas de gerenciamento da flexibilidade estão pouco desenvolvidas e aplicadas na prática. Esta situação de não entendimento e gerenciamento faz com que a utilização da flexibilidade, como diferencial estratégico, não esteja totalmente desenvolvida.

Analisando a situação apresentada na bibliografia estudada, constata-se uma lacuna quanto à existência de ferramentas que possam ser utilizadas pelos gestores das empresas, visando gerenciar e potencializar a flexibilidade da manufatura com base nos recursos do processo produtivo, objetivando satisfazer as necessidades estratégicas da empresa e dos clientes.

Visando preencher esta lacuna, considera-se que o objetivo principal do presente trabalho foi alcançado com o desenvolvimento de um modelo para identificar o impacto dos recursos das atividades de manufatura sobre as dimensões internas da flexibilidade.

Para alcançar o objetivo principal, o cumprimento do primeiro objetivo específico iniciou-se no Capítulo 2 com os autores Suarez *et al.* (1996) que classificaram os tipos de flexibilidade em Baixa Ordem e Primeira Ordem, lembrando que os tipos de flexibilidade de Baixa Ordem são de responsabilidade interna da empresa e os de Primeira Ordem observados pelos clientes. Na aplicação do modelo, o alcance deste objetivo está representado na Etapa 3 do modelo, em que identifica o grau de importância das dimensões externas da flexibilidade para o cliente.

A concretização do segundo objetivo específico teve início no Capítulo 3, em que os autores afirmavam a existência de correlações entre as dimensões da flexibilidade, correlações que foram identificadas na matriz da figura 4.11 do modelo proposto.

Os dois primeiros objetivos específicos serviram de base para o cumprimento do terceiro, que foi alcançado na Etapa 6 do modelo, apresentando as correlações entre as dimensões internas da flexibilidade da manufatura e os recursos das atividades do processo produtivo.

O cumprimento do quarto e último objetivo específico, também iniciou no Capítulo 3, que citava a existência de correlações entre as dimensões da flexibilidade. A determinação das correlações entre as dimensões internas da flexibilidade da manufatura foi realizada na Etapa 7 do modelo proposto.

Baseado nesta situação, o modelo proposto respondeu, afirmativamente, à pergunta de pesquisa.

Após a aplicação do modelo proposto, constataram-se pontos fortes da sistemática, como por exemplo: permitindo aos gestores da manufatura identificar a importância das dimensões externas da flexibilidade para os clientes, identificar os *trade-offs* existentes entre as dimensões internas da flexibilidade, possibilitou aos gestores identificar o nível de influência de cada atividade do processo produtivo, por meio de seus recursos, sobre as dimensões internas da flexibilidade e, principalmente, contribuiu para o gerenciamento da flexibilidade por intermédio de variáveis (organizacional, tecnologias e de suprimentos) que são de domínio dos gestores da manufatura.

Como limitações, cita-se o fato do modelo não permitir o cálculo do grau de flexibilidade da manufatura, bem como não considerar os recursos das atividades indiretas ou de apoio ao processo produtivo.

Por fim, reforça-se a necessidade de estudos visando melhor entender e desenvolver ferramentas que possam auxiliar os gestores da manufatura a adequar a variável flexibilidade às necessidades reais da organização. Neste sentido, apresentam-se algumas sugestões para trabalhos futuros.

6.2 Sugestões para trabalhos futuros

No desenvolvimento deste trabalho, algumas lacunas foram identificadas e poderão ser objeto de trabalhos futuros:

- Desenvolver um modelo que considere outras variáveis internas à manufatura como estratégicas, financeiras e comerciais, que também poderão ter correlações com o desempenho da flexibilidade;
- Desenvolver um estudo para inserir, no modelo proposto, a variável grau de satisfação do cliente em relação ao desempenho das dimensões externas da flexibilidade, pois podem ocorrer situações em que as dimensões externas possuam alto grau de importância, mas o cliente já está satisfeito com as mesmas. Esta situação pode transferir a atenção para ações de melhorias em outras dimensões com menor importância, mas com alto grau de insatisfação por parte do cliente;
- Desenvolver um índice de flexibilidade global da empresa, para que se possa comparar o nível de flexibilidade entre empresas.

REFERÊNCIAS

- BARLETT, C.A. e GHOSHAL, S., Características que fazem a diferença. **Revista HSM management**, n. 9, ano 2, julho-agosto, 1998.
- 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.
- BENGTSSON, J., OLHAGER, J., Valuation of product-mix flexibility using real options. **International journal of production economics**. n. 78, p 13-28, 2002a.
- BENGTSSON, J., OLHAGER, J., The impact of the product mix on the value of flexibility. **The international journal of management science – OMEGA**. n. 30, p 265-273, 2002b
- BROWNE, J., DUBOIS, D., RATHMILL, K., SETHI, S.P., STECKE, K.E., Classification of flexible manufacturing systems. **The FMS magazine** 2 (2), 114-117, 1984.
- BUIAR, D. R., **Vantagem competitiva da flexibilidade via tecnologia de informação: um modelo de auditoria e estudo de caso no polo automotivo paranaense**. 193f. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) Universidade Federal de Santa Catarina, 2000.
- CARLEIAL, L.M. da F. **Reestruturação industrial, relação entre firmas e mercado de trabalho: as divergências na indústria eletrônica na região metropolitana de Curitiba**. Trabalho apresentado como requisito para o Concurso de Professor Titular da Universidade Federal do Paraná, 1996.
- CARLSSON, B. O., Flexibility and the theory of the firm. **International journal of industrial organization**, n. 7, pp. 179-203, 1989.
- CORRÊA, H. L., **Agile manufacturing: the 21st century competitive strategy**. Elsevier, Amsterdam, 2001.
- CORRÊA, H. L., SLACK, N., Framework to analyse flexibility and unplanned change in manufacturing systems. **Computer integrated manufacturing systems**, v. 9, n. 1, 1996.
- CORRÊA, H. L., SLACK, N., Flexibilidade estratégica na manufatura: incertezas e variabilidade de saída. **Revista de administração da USP**, v. 29, n. 1, 1994.

CORRÊA, H. L., The flexibility of technological and human resources in automotive manufacturing. **Integrated manufacturing systems**, v. 5, n. 1, pp. 33-40, 1994.

CORRÊA, H. L., GIANESI, G. N. I., Desenvolvimento dinâmico de estratégia de manufatura para manufatura proativa no Brasil. Anais **ENEGEP**, 1994.

CORRÊA, H. L., **The links between uncertainty, variability of outputs and flexibility in manufacturing systems**. Tese de Ph.D. University of Coventry, 1992.

CSILLAG, J. M., **Análise do valor**. 4 ed. Atlas, São Paulo 1995.

DA SILVEIRA, G. J. C., Das prioridades estratégicas ao gerenciamento de *trade-offs*: três décadas de estratégia de produção. **Revista de administração**, v. 33, n. 3, p 40-46, julho-setembro, São Paulo, 1998.

DA SILVEIRA, G. J. C., SLACK, N. Exploring the trade-offs concept. **International journal of operations & production management**. v. 21, n. 7, 2001.

DANGAYACH, G. S. DESHMUKH, S G. Comprehensive bibliography on manufacturing strategy (350 bibliografias). **Indian institute of technology delhi**, India, 2000.

DE TONI, A., TONCHIA, S., Manufacturing flexibility: a literature review. **International journal of production research**. 36 (6), 1587-1617, 1998.

FERREIRA, A. B. de H., **Novo dicionário da língua portuguesa**. Rio de Janeiro, Nova Fronteira, 2000.

GERWIN, D., Do's and don'ts of computerised manufacture. **Harvard business review**, 60, (2), 107-116, 1989.

GUNASEKARAN, A., MARTIKAINEN, T., YLI-OLLI, P., Flexible manufacturing systems: an investigations for research and applications. **European journal of operational research**, 66, 1-26, 1993.

GUSTAVSSON, S. O., Flexibility and productivity in complex production processes. **International journal of production research**, 22 (5), 801-808, 1984.

GUPTA, Y.P., GOYAL, S., Flexibility in manufacturing systems: concepts and measurements. **European journal of operational research**, v. 43 pp. 119-135, 1989.

GUPTA, Y. P. SOMERS, T. M., The measurement of manufacturing flexibility. **European journal of operational research**, 60, 166-182, 1992.

HYUN, J., AHN, B., A unifying framework for manufacturing flexibility. **Manufacturing review**, v. 5, n. 4, pp 251-260, 1992.

KAPLAN, R. S., NORTON, D.P., **A estratégia em ação**. Ed. Campus, Rio de Janeiro, 1997.

KOSTE, L. L., MALHOTRA, M. K., A theoretical framework for analyzing the dimensions of manufacturing flexibility. **Journal of operations management**, v.18, n. 1, pp 75-93, 1999.

KOSTE, L. L., MALHOTRA, M. K., Trade-offs among the elements of flexibility: a comparison from the automotive industry. **The international journal of management science**. v. 28, pp. 693-710, 2000.

LIM, S. H., Flexibility in flexible manufacturing systems – A comparative study of three systems. **Managing advanced manufacturing technology**, Ed. C.A. Voss, IFS (publications) Ltd., Springer-Verlag, p. 125-147, 1986.

MERCHANT, M. E., Current status of and potential for automation in the metal working manufacturing industry. **Annals of the CIRP**, 24 (2), 573-574.

MOHAMED, Z. M., YOUSSEF, M. A., HUQ, F., The impact of machine flexibility on the performance of flexible manufacturing systems. **International journal of operations & production management**. v. 21 n. 5/6, pp. 707-727, 2001.

OLHAGER, J., WEST, M. B. The house of flexibility: using the QFD approach to deploy manufacturing flexibility. **International journal of operations & production management**. v. 22, n. 1, pp 50-79, 2002

PADUAM, R. Inovação Tecnológica – O Motor da História. **Revista exame**, São Paulo, ano 36, no 10 p 92-1004, maio 2002.

PARKER, R. P., WIRTH, A., Manufacturing flexibility: measures and relationships. **European journal of operational research**, v. 118, n 3, pp. 429-449, 1999.

PORTER, M., **Estratégia competitiva: técnicas para análise de indústrias e da concorrência**. 7ª edição, Ed. Campus, Rio de Janeiro, 1996.

SERRÃO, R.O.B., **Um estudo sobre a flexibilidade de manufatura e sua percepção e efetivação em micro e pequenas empresas**. Dissertação de Mestrado. Departamento de Engenharia Industrial. Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, 2001.

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

SEVERIANO FILHO, C. S., **Produtividade & manufatura avançada**. Ed. Universitária UFPB, 1999.

SHINGO, S., **Sistema de produção com estoque zero: sistema Shingo para melhorias contínuas**. Ed. Bookman, Porto alegre, 1996.

SLACK, N, *at al.* **Administração da Produção**, Ed. Atlas, São Paulo, 1997.

SLACK, N., **Vantagem competitiva em manufatura: atingindo a competitividade nas operações industriais**. Ed. Atlas, São Paulo, 1993.

SLACK, N., Manufacturing systems flexibility – an assesment procedure. **Computer integrated manufacturing systems**, 1 (1), 25-31, 1988.

SLACK, N., Flexibility as a manufacturing objective – Interna manufacturing facilities under short product life cycles. **European journal of operational research**, 60, p 211-223, 1987.

SLACK, N., Manufacturing systems flexibility – an assessment procedure. **Computer integrated manufacturing systems**. 1 (1), 25-31, 1998.

SUAREZ, F. F., CUSUMANO, M. A., FINE, C. H. An empirical study of manufacturing flexibility in printed circuit board assembly. **Operations research**, v. 14, n. 1, pp. 223-240, 1996.

SOUZA, P. P. P., **Simulação de sistemas de manufatura aplicada a um ambiente “lean manufacturing”** Dissertação de mestrado – Engenharia Mecânica, UFSC, 1999.

TOFFLER, A. **A empresa flexível**, 6 ed., Ed. Record, Rio de Janeiro, 1985.

UPTON, D. M., What really makes factories flexible? **Harvard business review**, 74-84, 1995.

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

VOLKURKA, R. J., O'LEARY-KELLY, S. W., A review of empirical research on manufacturing flexibility. **Journal of operations management**, v. 18, n. 4, pp. 485-501, 2000.

YOLMAZ, O.S. and DAVIS, R.P., Flexible manufacturing systems: characteristics and assessments. **Engineering management international**, n 4(3), p. 209-212, 1987.

ZAPELINI, W. B., **Um modelo de avaliação de programas de pós-graduação baseado no benchmarking de competências organizacionais: estudo de caso nas engenharias da UFSC**. Florianópolis, 2002. 238 f. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Santa Catarina.